



EVN



КОМОРА НА ОВЛАСТЕНИ АРХИТЕКТИ И
ОВЛАСТЕНИ ИНЖЕНЕРИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА



mako cigré



IEEE
Republic of Macedonia Section

Зборник на трудови

ЧЕТВРТАТА СТУДЕНСКА КОНФЕРЕНЦИЈА
„ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ И ОДРЖЛИВ РАЗВОЈ“
СКЕЕОР 2016



СКЕЕОР

skeeor.feit.ukim.edu.mk

СКЕЕОР 2016
24.11.2016 - 26.11.2016



VEZESHARRI



Dobra Voda
balance



Ladna



VINSENT GRAFIKA

КМГ ЕОЛ КБАЗАР



Студентска конференција Енергетска ефикасност и одржлив развој

<http://skeeor.feit.ukim.edu.mk/>

Координатор на конференцијата

проф. д-р Маргарита Гиновска

Организатори

Здружение за истражување и промоција на енергетската ефикасност и одржливиот развој СКЕЕОР, Скопје

ФЕИТ – Факултет за електротехника и информациски технологии
Универзитет Св. Кирил и Методиј – Скопје, Р. Македонија

Издавач:

Факултет за електротехника и информациски технологии, Скопје

Редакциски одбор:

Андреј Станковски

Христина Јосифовска

Дизајн на корица:

Емил Петковски

Компјутерска обработка:

Емил Петковски

СОДРЖИНА

Организациска структура на конференцијата	iv
Предговор	vi
А. ОБНОВЛИВИ ИЗВОРИ НА ЕНЕРГИЈА	1
„Преглед и анализа на технологиите за складирање на енергија“ Наташа Јованова, Деан Соколов	2
„Примена на транспарентни фотоволтаични модули во објекти“ Ненад Милошевски, Ирина Стефановска	8
„Системи за складирање на електрична енергија од обновливи извори“ Маја Арсовска	15
„Хибриден систем за снабдување на електрична енергија од мала хидроелектрична централа и фотоволтаичен систем“ Наталија Петрова	19
Б. ЕНЕРГЕТСКИ ЕФИКАСНИ УРЕДИ, МЕРЕЊА И ДИЈАГНОСТИКА	25
„Подобрување на ефикасноста на мотор со перманентни магнети со помош на методот на конечни елементи“ Димитар Трајковски, Проф. Д-р Гога Цветковски	26
„Harmonic analysis of no-load current in distribution transformers“ Dejan Pejovski, Dimitar Trajkovski, Prof. d-r Krste Najdenkoski	32
„Искористување на обновливи извори на енергија преку топлински пумпи во системи за греење и климатизација“ Симона Домазетовска	38
„Испитување на ефикасноста на соларни панели при различни амбиентални температури“ Емил Петковски, Иван Темелковски	43
Ц. ПАМЕТНИ МРЕЖИ И СИСТЕМИ ЗА АВТОМАТИЗАЦИЈА НА ОБЈЕКТИ	50
„Паметна мрежа – Основен концепт“ Стефани Радевска	51
„Анализа на придобивките од паметни мрежи преку карактеристики на паметна кука“ Наталија Тасевска	56
„Концепти на интелигентни електроенергетски мрежи“ Стефан Борозан	63
Д. ЕЛЕКТРИЧНИ ВОЗИЛА И ЕНЕРГЕТСКИ ЕФИКАСЕН ТРАНСПОРТ	69
„Влијанието на електричните возила кон подобрување на стабилноста на напредните мрежи“ Симеона Саздовска, Филип Алексовски	70
Е. ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ ВО ГРАДЕЖНИШТВО И АРХИТЕКТУРА	76
„Application of nanotechnologies in sustainable architecture“ Hristijan Babuka	77
„Пасивни соларни системи“ Симона Мирчевска	86
„Примена на практични мерки за подобрување на енергетската ефикасност на индивидуални куќи со посебен нагласок на енергетски сиромашни домаќинства“ Викторија Поповска, Александра Симеонова	93
„Испитување на изолациски карактеристики на градежни објекти со помош на термална камера“ Владимир Шокаровски	99
Ф. УПРАВУВАЊЕ НА ОДРЖЛИВИ СИСТЕМИ И ПОТРОШУВАЧКА НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА	105
„Заштеда на електрична енергија во домаќинствата и стопанството“ Наташа Костовска, Ангела Јордановска	106

„Effect that fly ash cause and the importance of filtration technology used in coal burning power plants“ Stefani Geleva, Hristina Josifovska	113
„Assessment of residential heating demand in the municipality of Karposh“ Vladimir Gjorgievski, Ljupco Dimov, Natasa Markovska	119
„Правна регулатива од областа на енергетската ефикасност во Република Македонија“ Маја Зенковиќ, Проф. Д-р Марија Кацарска	126
Г. НОВИ ПРИМЕНЕТИ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИЈАЛИ	133
„Споредбена анализа на карактеристиките на енергетски котли со флуидизиран слој и котли на јаглен во прашкеста состојба“ Марија Николоска, Елена Левкова	134
„Искористување на енергетскиот потенцијал на комуналниот отпад и анализа на неговиот удел во вкупните енергетски потреби на Република Македонија“ Сара Младеновска	142
„Имплементација на AS- interface за подобрување на енергетската ефикасност во индустријата“ Теодор Тошев, Ивана Конеска	147
„Искористување на енергетскиот потенцијал на отпадот од депониите во урбаните средини, Case study: City of Skopje“ Верица Минкова, Фросина Донева	153
„Realisation of an experimental thermal – electronic circuit“ Márk Németh, Dr. János Mizsei	158
„Подобрување на енергетската ефикасност во технолошкиот процес на шахтна печка“ Фросина Донева, Љубинка Стојковска	164
„Подобрување на енергетската ефикасност на котелски постројки со искористување на топлината на излезните гасови“ Марија Лазаревиќ	171
„Масло од талог од кафе како потенцијална сировина за добивање на биодизел“ Емилија Видиковиќ, Кристина Грковска	177

ОРГАНИЗАЦИСКА СТРУКТУРА НА КОНФЕРЕНЦИЈАТА

1. Програмско-организациски одбор

- Андреј Станковски
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- Мирјана Садиковиќ
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- Христина Јосифовска
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- Стефан Аговски
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- Емил Петковски
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- Илче Трифуновски
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- Бојана Поповска
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- Сандра Пецева
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- Михаела Цацаноска
Факултет за електротехника и информациски технологии – Скопје

2. Координативно тело

- проф. д-р. Маргарита Гиновска
Координатор од Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- м-р Маја Целеска
Координатор

2. Научен одбор

- проф. д-р Миле Станковски - почесен претседател на Научен одбор
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- проф. д-р Маргарита Гиновска - претседател на Научен одбор
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- проф. д-р Влатко Стоилков - член
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- проф. д-р Христина Спасевска - член
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- проф. д-р Крсте Најденкоски - член
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- проф. д-р Гога Цветковски - член
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- проф. д-р Снежана Чундева - член
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- проф. д-р Александра Крколева - член
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- проф. д-р Љупчо Караџинов - член
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- проф. д-р Атанас Илиев - член
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- проф. д-р Мирко Тодоровски - член
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- доц. д-р Димитар Димитров - член
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- доц. д-р Софија Николова Поцева - член
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- доц. д-р Живко Коколански - член
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- доц. д-р Лихнида Георгиевска-Стојановска - член
Факултет за електротехника и информациски технологии - Скопје
- вон. проф. д-р Тодорка Самарџиоска - член
Градежен факултет – Скопје
- проф. д-р Катерина Донеvsка - член
Градежен факултет – Скопје
- проф. д-р Маријана Лазаревска - член
Градежен факултет – Скопје
- доц. д-р Даме Димитровски - член
Машински Факултет – Скопје
- проф. д-р Ристо Филкоски - член
Машински факултет – Скопје

Предговор

Енергетската ефикасност и одржливиот развој е тематика која често успева да го задржи вниманието на модерниот човек и која го поттикнува да бара решенија за бројните предизвици кои ги наложува модерниот начин на живот. За таа цел по четвртпат студентската конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ СКЕЕОР2016 ја поттикна истражувачката дејност кај студентите и им овозможи да ги искажат своите идеи со цел да се најдат одговорите на актуелните прашања во областа на енергетската ефикасност и одржливиот развој. Во продолжение е зборникот изработен од учесниците на конференцијата од различни образовни профили и научни институции кои со својата научна дејност се трудат да остават белег врз академската заедница и истите тие да придонесат кон рационалното искористување на енергетските ресурси. Традиционално секоја година Факултетот за електротехника и информациски технологии ја пружи својата безусловна поддршка и повторно им овозможи на младите истражувачи да ја покажат својата креативност. Целиот настан не ќе беше ист ако ја немавме и поддршката на компаниите и организациите кои во рамките на своите можности ја помогнаа оваа конференција, за сето тоа им сме неизмерно благодарни. Голема благодарност и до сите претставници од научниот одбор за менторирање и рецензирање на научните трудови, секако и на сите волонтери кои неуморно ја поддржаа теничката реализација на настанот.

Со почит,

Програмско-организациски одбор СКЕЕОР,2016

А. ОБНОВЛИВИ ИЗВОРИ НА ЕНЕРГИЈА

Наташа Јованова¹, Деан Соколов²¹Факултет за електротехника и информациски технологии – Скопје, УКИМ¹natasa.jovanova@yahoo.com ²sokolovdean@gmail.com**ПРЕГЛЕД И АНАЛИЗА НА ТЕХНОЛОГИИТЕ ЗА СКЛАДИРАЊЕ НА ЕНЕРГИЈА****КУСА СОДРЖИНА**

Моменталните трендови во снабдување и користење на електрична енергија се практично еколошки и економски неодржливи. Без преземање на конкретни активности емисиите на стакленичките гасови двојно ќе се зголемат во наредните неколку години, а потребата од фосилни горива ќе ја интензивира грижата околу сигурноста на резервите. На светско ниво веќе се случува енергетска револуција која целосно успешно ќе резултира доколку обновливите извори на енергија (ОИЕ) и технологиите за складирање енергија со висок степен на енергетска ефикасност бидат широко распространети и максимално искористени во секој сегмент на модерното живеење.

Технологиите за складирање електрична енергија (ТСЕЕ) обезбедуваат енергетска сигурност и чиста еколошка средина. Новите дизајни и иновации за складирање водат кон поинтегрирани и пооптимизирани услови ЕЕС. Во таа насока ќе овозможат подобро интегрирање на енергетските како и системите за греење што има голем удел во процесот на декарбонизирање и енергетската револуција.

ТСЕЕ ја апсорбираат енергијата и ја складираат за определен период пред истата да се користи и во текот на овој процес ги надополнуваат недостатоците помеѓу побарувачката и потрошувачката на ЕЕ. ТСЕЕ можат да се имплементираат во големи и мали дистрибуирани/централизиран ЕЕС и имаат потенцијал да ги решат бројните предизвици со кои моментално се соочува енергетиката како и потрошувачите.

Клучни зборови: *декарбонизација, енергетска револуција, енергетска сигурност, квалитет на електрична енергија, енергетско решение.*

1 ВОВЕД

Складирањето на електрична енергија (ЕЕ) се однесува на процесот на конвертирање на ЕЕ од извор на ЕЕ, во форма која може да биде складирана за подоцна повторно да се конвертира во ЕЕ, кога ќе биде потребна за конзумот, [1-3]. Поради тоа, секој електроенергетски системи (ЕЕС) се стреми поголемиот дел од производните постројки да обезбедат ЕЕ при максимална побарувачка, која постојано варира, а максималната побарувачка се случува само во одредени часови годишно (приближно 60 % од максималната побарувачка).

Како резултат на променливите и непредвидливи побарувачки потребно е прилагодување на производство на ЕЕ.

ТСЕЕ се едни од клучните технологии кои овозможуваат проектирање на постројки за производство на големи количини на енергија од ОИ. Порастот на дистрибуираното производство, и растечкото искористување на непостојани технологии на ОИЕ како ветерници и фотоволтаици, го менува начинот на управување и менаџирање со системот. Поради брзото и зголемено производство од ОИЕ на глобално ниво, предизвикот за менаџирање на високо променливото производство расте, па во таа насока потребата за зголемена флексибилност на

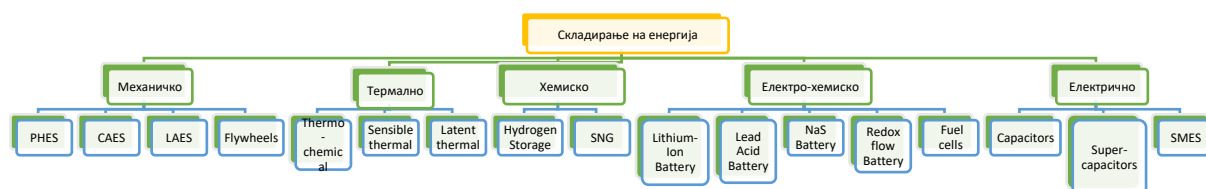
системот е ургентна. Генерално, можноста за брзо празнење на големи количини на складирана ЕЕ или намалување на товарот за време на максимална побарувачка во текот на денот, може да ги намали бројните предизвици и препреки кои се јавуваат со зголеменото учество на ОИЕ во ЕЕС.

Складирањето енергија може да ги балансира промените во снабдувањето и да ја израмни растечката потреба од ЕЕ. Исто така се користи за да се надополни примарното производство, така што во времето на мала побарувачка енергијата може да се складира како резерва.

ЕЕС мора да имаат голем степен на маневрација, за да овозможат побарувачката и потрошувачката да бидат непрекинато балансирани.

Технологиите за складирање на енергија (ТСЕЕ), денес добиваат огромно внимание, поради нивниот потенцијал да ја играат клучната улога во трансформацијата во чиста еколошка иднина. Складирањето енергија ги вклучува сите форми на енергија. За целите на овој труд, дефинирано е како инсталиран систем во ЕЕС со сопствена контрола може да складира ЕЕ генерирана во ЕЕС и истата да се искористи кога е потребно.

Во трудот се анализираат клучните разлики помеѓу технологиите, обезбедувајќи ги потребните податоци за моделирање на трошоците. Како резултат на широкиот спектар на технологии важно е да се започне со краток преглед на типовите на технологии (слика 1), кои можат да бидат искористени и нивната улога во ЕЕС.



Слика 1. Приказ на поделбата на технологиите за складирање на електрична енергија

Во овој труд, подетелно се анализираат технологиите за механичко складирање на енергијата (ПАХЕЦ и СЕКВ). Истите ќе бидат поединечно претставени и споредбено анализирани, со цел да се потенцираат предностите коишто тие ги нудат, за подобрување на ефикасноста во еден ЕЕС.

2 ПУМПНО-АКУМУЛАЦИОНА ХИДРОЦЕНТРАЛА-ПАХЕЦ (PUMPED HYDRO ENERGY STORAGE)

Принципот на работа на пумпно-акумулационите хидроцентрали, се смета за единствен начин за складирање на големи количини на електрична енергија, со одржување на висока ефикасност и економска исплатливост и учествува со 98% од глобалното складирање на енергија во денешниот ЕЕС. Првите електрани од овој тип биле изградени во Швајцарија и Италија во 1890 година (постојење од 100 години),[1].

2.1 Принцип на работа

ПАХЕЦ е систем добиен со прилагодување на конвенционалната хидроелектрична централа, кој служи за складирање и управување со ЕЕ. Оваа технологија ја складира енергијата во форма на вода во горниот резервоар, а се испумпува од долниот резервоар.[2]. Произведената ЕЕ од хидроцентралата се преобразува во потенцијална енергија во форма на вода која се испумпува во горниот резервоар. За време на поголема побарувачка на ЕЕ, акумулираната вода (од горниот резервоар) преку цевка протекува во долниот резервоар и поминува низ турбината, на истиот начин како во конвенционална хидроцентрала. Значи, ПАХЕЦ може да го апсорбира вишокот производство за време на мала побарувачка (ниска тарифа-во текот на ноќта и да ја потроши акумулираната енергија за време на периоди со најголема побарувачка (висока тарифа-во текот на денот).

Големината на складираната енергија зависи од 2 параметри: висинската разлика на резервоарите и волуменот на водата. Во ПАХЕЦ системите главните елементи се реверзибилни, пумпа/турбина и мотор/генератор.

Во зависност од висинската разлика на котите на акумулациите, се користат Пелтонова, Капланова или Францисова турбина кои ја зголемуваат ефикасноста приближно до 90%. Овие турбини се реверзибилни, односно можат да учествуваат како во процесот на производство така и при испумпување. Капацитетите на енергија која што можат да ја достигне ПАХЕЦ, зависи од локацијата и односот на резервоарите и е од редот на неколку MWh до неколку GWh.

Предности:

- Развие на технологија, способна за складирање на огромни количини на енергија
- Висока целокупна ефикасност на системот (70-80%)
- Брзо реагирање – ги следи промените на оптоварувањата на ЕЕС за временски интервал од неколку секунди
- Економски исплатливо складирање на ЕЕ;

Недостатоци:

- Помал број на соодветни локации
- Големи влијанија врз животната средина
- Потреба од извори за големи количини на вода,[3].

2.2 Идни трендови и развој

Германските научници работат на можностите за користење на стар неискористен јаглен за долен резервар на ПАХЕЦ системите. Овој начин на складирање значајно ќе го минимизира влијанието врз животната средина бидејќи целиот процес ќе се одвива подземно. Во зависност од условите и горниот резервоар може да биде сместен во јамите (пештерите).. Иако теоретски е добра идеја, имплементирањето во пракса може да предизвика проблеми како дробење на почвата како резултат на притисокот од огромната количина вода. Реализирањето на ваков проект е доста покомплицирано и поскапо од конвенционалните ПАХЕЦ и истото бара дополнителни тестирања и истражувања. Моментално фокусот на капацитетите за складирање се сеуште конвенционалните ПАХЕЦ, но со намалување на бројот на потенцијални површини, идеата за подземни решенија ќе стане фокусна точка,[3].

3 СКЛАДИРАЊЕ НА ЕНЕРГИЈА СО КОМПРЕСИЈА НА ВОЗДУХ–СЕКВ (COMPRESSED AIR ENERGY STORAGE)

Идејата за развој на технологија за складирање на енергија со компресија на воздух, е последица на големите ескалации на цените на гориво и гас во 70-тите години од минатиот век. Првиот проект за складирање на енергија врз база на компресиран воздух е централата со инсталирана моќност од 290 MW во Huntorf Германија (1978). Втората централа од 110 MW е реализирана во McIntosh, Алабама (1991 година) која работи повеќе од 20 години. Од објавувањето на првиот СЕКВ патент во 1949, развиени се две генерации на СЕКВ системи. СЕКВ системите од втора генерација се со значително подобрени карактеристика, а поради тоа со нив се постигнува и поголема ефикасност, [5].

3.1 Принцип на работа

СЕКВ системите го користат дополнителното производство на енергијата остварено во време на минимална побарувачка на ЕЕ, за да го компресираат воздухот во системот за складирање. Кога мрежата има потреба од дополнителна енергија, воздухот се повлекува од складот, се загрева во процесот на согорување со помош на мала количина на: водород, природен гас, гасифицирана биомаса или гориво. Потоа истиот се предава во турбина за експанзија, каде се користи при производство на ЕЕ. Уредот за компресија/експанзија на воздухот во СЕКВ системите се разликуваат од конвенционалните согорувачи турбини (каде се

споени), во тоа што тие се одделени и работат одделно. Компресираниот воздух може да се складира во неколку типа на подземни медиуми, кои вклучуваат порозни (шупливи) карпи, напуштени рудници, цевки, испразнети гасни/горивни басени или каверни во солни или карпести формации; или, воздухот може да биде -складиран во надземни складови или цевкаси системи за воздух.

Потребни компоненти:

- Мотор/генератор со спојки на двата краеви (за врска со системите на компресија или експанзија)
- Компресори за повеќекратна компресија со внатрешни ладилници за да се намали потребната моќност при компресијата на воздухот, и подоцнежното ладење за да се намали потребниот волумен кој го зафаќа воздухот
- Систем од уреди за експанзија кој се состои од турбоекспандери со согорување помеѓу фазите
- Систем за контрола (за да се регулира и контролира складираната енергија за време на помала побарувачка и потребатата од енергија за време на поголема побарувачка, за да се премине од процес на компресија во процес на производство или за регулирање со реактивната моќност во мрежата)
- Помошна опрема (склад на гориво и негова контрола, систем за ладење, механички системи, електрични системи, разменувачи на топлина)
- Подземни и надземни складови кои вклучуваат цевководи,[6].

3.2 Поделба

Генерално, според обемот на произведена енергија постојат два типа на системи за складирање: од голем и мал размер. СЕКВ системите од голем размер се практични за склад поголем од 5 часа или од 100-1000 MWh. Типичниот капацитет на складирање е во опсег од 300-400 MW за период од 10-30 часа.

Има три главни категории на СЕКВ технологии: дијабатски, адијабатски и приближно изотермни. Дијабатските системи користат додавање на топлина за време на експанзијата за да се зголеми капацитетот на моќност. Оваа категорија е најразвиена и е користена и во Хунторф, Германија и во Мекинтош, Алабама. Адијабатската СЕКВ користи уред за складирање на термална енергија која ја складира топлината испуштена во процесот на компресија, а потоа се користи за да се затопли воздухот при процесот на експанзија. Близу изотермните СЕКВ системи компресираат и експанзираат многу бавно па температурата на воздухот останува приближно константна. (Ова ги намалува дополнителните горива за затоплување на воздухот во процесот на експанзија и суштински ја подобрува ефикасноста на системот).

Придобивки

- Способен за складирање на големи количини на енергија, слично на ПАХЕЦ
- НА- СЕКВ е способна за ефикасности блиску добри како и на ПАХЕЦ (околу 70%)
- Брзо време на реагирање
- Складирање на енергија со помали трошоци;

Недостатоци

- Потреба од (sealed storage caverns)
- Економично само за дневно складирање (за НА-СЕКВ)
- Competing против други потреби за складирање (природен гас, водород)
- Не е целосно развиен, [3].

3.3 Идни трендови и развој

Концептот ADELE кој е заснован на принципот на НА-СЕКВ (Напреден адијабатски процес- Advanced Adiabatic) се смета дека е во финална фаза на развој и ќе биде основа за идните CAES технологии. Предвидено е пуштање на централата во погон во 2018 година. Се

смета дека НА-СЕКВ централите ќе бидат најважната технологија за складирање во Европа во блиска иднина, затоа што не е скап принципот на складирање на големи количини на енергија и пред се има голема целокупна ефикасност. Оваа технологија ќе овозможи побезбедна, поприспособлива мрежа, но повисоки загуби на енергија и со тоа поголеми трошоци. Управувањето со енергетската централа ќе бара проширена електрична мрежа и ќе го направи менаџирањето со конзументот потешко; но, ќе ги намали трошоците и ќе ја зголеми целокупната ефикасност,[3].

4 АНАЛИЗА НА ТЕХНОЛОГИИТЕ ЗА СКЛАДИРАЊЕ НА ЕНЕРГИЈА

Главната цел на овој труд е да се даде преглед на технологиите за механичко складирање на енергијата и нивна компаративна анализа врз основа на следните карактеристики:

Енергетската ефикасност- Големiot степен на енергетска ефикасност на ПАХЕЦ се должи на малите загуби при процесот. Додека, кај СЕКВ, како што се менува температурата при механичките процеси на компресија и експанзија, се менува и воздухот и се јавуваат потешкотии во враќањето на топлина. Кај адијабатските СЕКВ овој проблем е надминат и истите можат да достигнат ефикасност блиску до ефикасноста на ПАХЕЦ (табела 1).

Ефикасност	ПАХЕЦ	СЕКВ(Huntorf)	СЕКВ(Mcintosh)	А.СЕКВ(предложено)
Полнење(%)	>85	80	80	88
Празнење(%)	98	88	89	95
Склад(%)	85	45	51	>85

Табела 1. Енергетска ефикасност на ПАХЕЦ и СЕКВ[8]

Локацијата и волуменот за складирање на енергијата се ограничени поради нивниот дизајн и посебни географски карактеристики. ПАХЕЦ зафаќаат планински врвови со горен и долен резервоар додека големите СЕКВ ги зафаќаат подземните јами (табела 2).

	ПАХЕЦ	СЕКВ(Huntorf)	СЕКВ(Mcintosh)	А.СЕКВ(предложено)
Површина(m ²)	2,160,000	29,947	108,052	26,136
Капацитет (MW)	1,652	321	110	96
Површинска густина(m ² /MW)	1,308	272	491	272

Табела 2. Површина, капацитет и површинска густина на ПАХЕЦ и СЕКВ[8].

Технички карактеристики на ПАХЕЦ и СЕКВ (табела 3).

ТСЕЕ	ПАХЕЦ	СЕКВ
Степен на развој	развиен	Во развој
Инсталирана моќност [MW]	50-3000	50-300
Инсталиран капацитет на енергија [MWh]	500-8000	500-3000
Времетраење на склад	Часови-денови	Часови-денови
Дневно само-празнење [%]	Многу мало	мало

Циклуси	10,000-30,000	8000-12,000
Животен век	40-60	20-40
Трошоци \$ KW	2000-4000 2500-4300	400-800 800-1000
Трошоци \$ KWh	5-100 10-12	2-50 2-120

Табела 3. Технички карактеристики, [9].

5 ЗАКЛУЧОК

Складирањето на големи количини на енергија ќе биде голем предизвик во наредните неколку години. Концептот на ПАХЕЦ е моментално најекономичното решение за оваа задача, но капацитетите за нови центри се ограничени или комплетно искористени. Адијабатските СЕКВ се нов концепт кој сеуште е во развој, но од истиот се очекува да достигне вкупен капацитет споредлив со капацитетот на ПАХЕЦ. Технологиите за механичко складирање споредени со останатите ТСЕС се најразвиени и најискористени и зафаќаат најголем дел од светскиот капацитет за складирање.

6. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

[1] David Appleyard, „Pumped Storage Hydropower Round-up” , <http://www.hydroworld.com/articles/print/volume-23/issue-6/features/pumped-storage-hydropower-round-up.html>, 11.25.2015.

[2] Rachel Carnegie ,Douglas Gotham, David Nderitu, Paul V. Preckel „Utility Scale Energy Storage Systems Benefits, Applications, and Technologies “ , State Utility Forecasting Group, June 2013, стр: 22-24.

[3] Andreas Oberhofer „Energy Storage Technologies & Their Role in Renewable Integration“Global Energy Network Institute (GENI), July 2012, стр.17-19и стр 21-24.

[4] "Electric Energy Storage Technology Options: A White Paper Primer on Applications, Costs, and Benefits," EPRI, Palo Alto, CA, 2010.

[5] Rachel Carnegie, Douglas Gotham, David Nderitu, Paul V. Preckel, Utility Scale Energy Storage Systems, June 2013

[6] EPRI, 2002. Handbook for Energy Storage for Transmission or Distribution Applications. Report No. 1007189. Technical Update December 2002. Document can be found at: www.epri.com

[7]IEA analysis and EPRI (Electric Power Research Institute) (2010), “Electrical Energy Storage Technology Options”, Report, EPRI, Palo Alto, California.

[8] Patrick Johnson,, ASSESSMENT OF COMPRESSED AIR ENERGY STORAGE SYSTEM (CAES) “ ,The University of Tennessee at Chattanooga Chattanooga, Tennessee May, 2014.

[9][Jihong Wang](#), [Mark Dooner](#), [Jonathan Clarke](#), „Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation “School of Engineering, The University of Warwick, Coventry CV4 7AL, UK, 16 October 2014.

Ненад Милошевски¹, Ирина Стефановска²¹ФЕИТ/ТМФ, Скопје¹nenad.milosevski93@gmail.com²irinastefanovska@live.com

ПРИМЕНА НА ТРАНСПАРЕНТНИ ФОТОВОЛТАИЧНИ МОДУЛИ ВО ОБЈЕКТИ

КУСА СОДРЖИНА

Бидејќи секоја година потрошувачката на енергија се зголемува и достапноста на фосилните горива се намалува, научните истражувања се осврнуваат претежно кон алтернативните извори на енергија. Еден од најдостапните извори на енергија е сонцето и поради тоа голем дел од научниците се фокусираат да најдат начин подобро и поефикасно да ја искористат оваа енергија за добивање на топлина и електрична енергија. Со помош на фотоволтаичниот ефект кај полупроводниците, директно може да се добие електрична енергија од сончевата. За да максимално се искористи оваа енергија, се развива технологија која ќе овозможи некои традиционални градежни материјали да се заменат со материјали кои имаат функција на фотоволтаичен модул. За ова најчесто се користат фотоволтаичните модули од втората генерација, кои се направени од полупроводници како тенок филм нанесени на некој евтин материјал. Зголемената примена на овие фотоволтаични модули се должи на ниската цена спрема ефикасноста на добивање на енергија. Во овој труд ќе се разгледаат овие типови на фотоволтаични модули, типовите на системи кои се применуваат во градбите како и исплатливоста за нивна примена.

Клучни зборови: фотоволтаични модули во објекти, тенок филм, соларна енергија

1 ВОВЕД

Потрошувачката на електрична енергија се зголемува се повеќе секоја година, додека резервите на фосилни горива се намалуваат. Покрај тоа фосилните горива се одговорни за зголемената концентрација на јаглерод диоксид во атмосферата па затоа човекот пробува да најде алтернатива со која ќе ја заштити животната средина. Соларната енергија е една од најдобрите алтернативи. Соларната енергија паѓа на површината на земјата со јачина од околу 12 GWh. Тоа значи дека енергијата што ја добиваме од Сонцето за само еден ден може да ги задоволи потребите на луѓето за наредните 20 години.

Фотоволтаичните модули се електрични уреди кои се користат за конверзија на соларната енергија во електрична енергија преку фотоволтаичниот ефект. Фотоволтаичниот ефект бил откриен од Becquerel во 1839, но дури во 1950 бил создаден уред со полупроводници кои успеале да ја конвертираат соларната енергија во електрична. Од тогаш тие почнале да се унапредуваат и ден денес фотоволтаичните модули се прават од различни материјали со различна структура.

Од 2002 па наваму употребата на фотоволтаични модули расте, но сепак од нив се добива помалку од 0.1% од потребната енергија на годишно ниво. Главната причина за ова се високите трошоци за изградба и инсталација на модулот, како и релативно малата ефикасност на модулите.

Еден од поновите трендови кој ни го привлече вниманието е употребата на фотоволтаични модули при изградба на објекти. Тие може да се користат како замена за традиционалните материјали за изградба на фасада, кровови па дури и прозорци.

2 ТИПОВИ НА ФОТОВОЛТАИЧНИ МОДУЛИ

Технологиите за изработка на соларни ќелии се класифицираат во 3 генерации:

- I генерација- технологии на база на силициум;
- II генерација – тенкослојни филмови;
- III генерација- нови технологии во експериментална фаза.

Повеќе од 50 години на пазарот доминирале технологиите на база на силициум кои имаат добра ефикасност, но се доста скапи. Тенкослојните филмови ги намалуваат трошоците со тоа што се користи доста тенок слој на апсорбер на некој евтин супстрат, но и нивната ефикасност е помала од онаа на првата генерација. Концептот на третата генерација сеуште се испитува во лабораториите, но таа ветува дека со намалени трошоци ќе може да се постигне повисока ефикасност.[1]

2.1 I генерација – технологии на база на силициум

- Монокристален силициум – најкористениот материјал за изработка на фотоволтаични модули. Од физичка гледна точка силициумот не е идеалниот материјал за фотоволтаичните модули. Тој треба да има голема дебелина за да ја абсорбира 90% од светлината во однос на други полупроводници, но сепак тој се користи најмногу бидејќи е релативно евтин материјал и е вториот најзастапен елемент во земјената кора. За овие фотоволтаични модули потребно е да се направи монокристал на силициум со висок квалитет и висока чистота. Ефикасноста на комерцијално достапните Si модули е од 14-17%. Поголема ефикасност може да се постигне со користење на аморфен силициум, дури до 22,3%.
- Поликристален силициум – користењето на монокристален силициум е доста скапо поради технологијата која се користи за растење и обработка на кристалот, па така со користење на поликристален силициум може да се намали цената на фотоволтаичните модули. Ефикасноста е помала од монокристалните поради високата густина на граници на зрна како и дефекти во зрната.

2.2 II генерација – тенкослојни филмови – целата технологија е базирана на нанесување на тенок слој од некој апсорбер на субстрати со ниска цена. Со тоа цената на овие модули е 2-5 пати помала од онаа на модулите од прва генерација. Ефикасноста на овие модули е помала од 12%.

Кристален силициум – доста голем интерес за создавање на овие модули е покажано во последните две децении. Причината за тоа е можноста да се користат материјали со ниска цена. Меѓутоа употребата на силициумот во облик на тенок филм има неколку предизвици. Прво, апсорпцијата на светлина доста се намалува поради нискиот коефициент на апсорпција на кристалниот силициум. Второ, доста се намалува ефикасноста како резултат на рекомбинација на границите на зрна и дефектите во зрната. Првиот проблем се решава со создавање на текстура на површината на полупроводникот со тоа што светлината која се рефлектира од површина има можност да се апсорбира на друго место на површината. Вториот предизвик може да се реши со зголемување на величината на зрната во тенкиот филм. Ова може да се постигне со нанесување на филм со аморфни или нано-зрна и потоа со загревање и споро ладење да се предизвика раст на зрно.

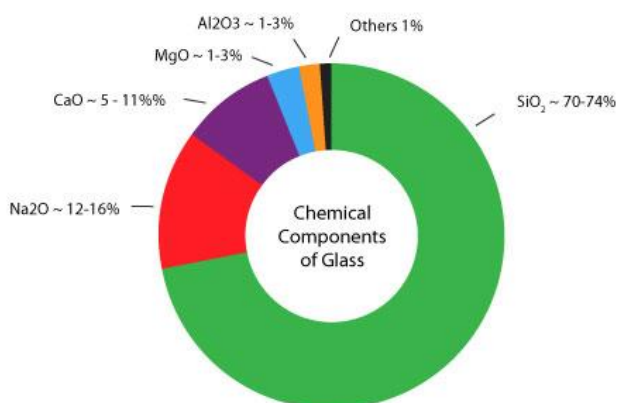
- Аморфен силициум – аморфниот силициум најчестосе нанесува со PECVD (Plasma-enhanced chemical vapor deposition) на релативно ниска температура и притисок и како резултат на тоа филмот од силициум се формира во облик на аморфна фаза. Ефикасноста на овие модули е 5-6%.

- CdTe– овие модули се најраспространети на пазарот бидејќи имаат релативно висока ефикасност од 10% и истовремено имаат ниска цена. Стандардната структура на овие модули е базирана на екстремно права архитектура. Прво, транспарентни спроводливи оксиди (TCO) се нанесуваат на евитно стакло, а потоа се нанесува тенок слој од CdS, слој од CdTe апсорбер и слој на некој метал. Како предизвик кај овие модули е зголемувањето на ефикасноста како и искористувањето на Cd откако ќе помине животниот век на модулот.
- CIGS (Cu(In,Ga)Se₂)- овие се уште еден тип на модули кои доста се истражуваат во поново време бидејќи може со нив да се постигне ефикасност од 20% при ниски цени. CIGS слојот може да се нанесе на метален или полимерен супстрат при релативно ниски температури. Со нанесување на полимерна подлога овие модули може да бидат многу флексибилни со што би се зголемила нивната употреба.
- Органски и Dye-Sensitized соларни ќелии (Graetzel) – тенките филмови кај овие модули се направени од полимери и бои. Работат на принцип на екситација на електрони, сосема различно од останатите видови технологии кои работат на принцип на пренесување на електричен полнеж. Највисоката ефикасност што може да се добие од овие ќелии е 6%. Иако се многу евтини за производство, имаат многу помал век на траење во однос на останатите технологии.

3 МАТЕРИЈАЛИ ЗА МОДУЛОТ

Кога станува збор за фотоволтаични модули кои се користат во градбите, најкористени се оние од втората генерација. Тие имаат ниска цена и добра ефикасност. Покрај тоа има можност да се употребуваат различни материјали како подлога со што самиот модул ќе има различни својства како транспарентност, еластичност и флексибилност итн.

Кај транспарентните фотоволтаични модули како заштитна облога за модулот се користи соларното стакло. Во некои случаи стаклото може и да се користи како супстратот на кој ќе се нанесат фотоволтаичните материјали.



Сл.1 Состав на стаклата[2]

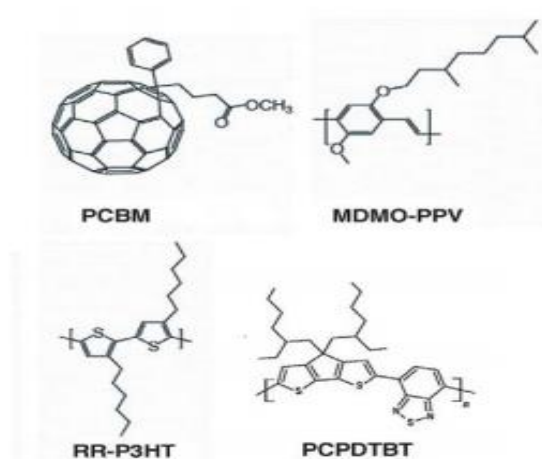
Како и кај комерцијалните стакла главната компонента на ова стакло е SiO₂. Зголемената количина на алкални елементи ја подобрува површинската спроводливост на стаклото. Специфичната густина на стаклото е 2500 kg/m² за 1 mm ширина. Кај типичните модули се користи стакло кое е 3 mm дебело. Стаклото што се користи мора да има висока механичка цврстина и треба да рамно. Најчесто се користи Pattern Glass кое е нормално стакло “украсено,, со некаква текстура на површината, најчесто во облик на дијаманти или е само матирано. Тоа овозможува да не се рефлектира светлината и поубаво да изгледаат соларните модули. Воглавно особините кои треба да ги поседува едно соларно стакло се:

- да биде транспарентно со висока пропустливост на сончеви зраци за да се овозможи висока ефикасност на целокупниот фотоволтаичен модул;
- да има висока механичка цврстина за да може да издржи снег и силен ветер;

- во зависност од употребата може ќе треба да биде обложено со некаков заштитен слој;
- пожелно е да има самочистечки особини со цел да се намалат трошоците за одржување.

Кај флексибилните фотоволтаични модули како подлога се користат полимерите. Едно од најважните својства кај полимерите кои се користат за оваа намена е флексибилноста, но и да се отпорни на пукање и кршење. Полимерот не смее да се развлекува односно да се деформира под притисок. Температурата на топење на овие полимери мора да е доволно висока за да може да ги поднесат температурите на обработка на фотоволтаичните модули. Коефициентот на термичка експанзија мора да е низок за да не дојде до оштетување на слојот од полупроводник доколку има загревање на полимерот. Покрај ова тој треба да е и термички стабилен. Површината на полимерот треба да е многу мазна бидејќи се нанесува тенок филм од полупроводник. Доколку површината не е мазна, полупроводникот нема да биде еднакво нанесен на целиот полимер, а со тоа ќе се појават дефекти кај крајниот продукт.

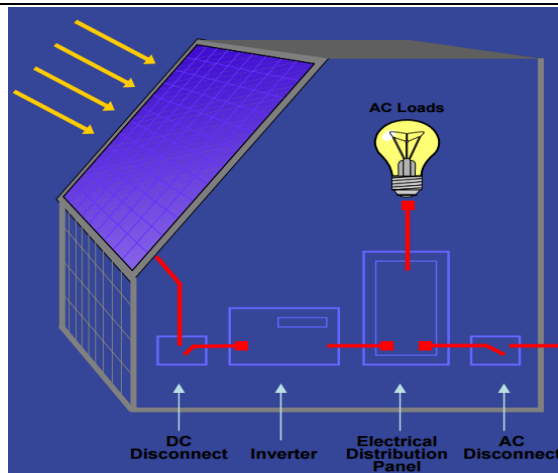
Предноста на полимерите е тоа што може да се синтетизираат да ги имаат својствата кои ни се потребни, доста се лесни и се релативно евтини материјали, меѓутоа е доста тешко да се синтетизираат полимери кои ќе ги имаат сите посакувани својства. Најголем проблем претставува температурата на топење. Тоа може да се реши со зголемување на температурата на топење на полимерот или со намалување на температурите за изработка на целиот производ. Двете опции се многу тешки за постигнување. Полимерите исто така може да се користат за добивање на транспарентни фотоволтаични модули. Често користени полимери за нивна изработка се: PCBM, MDMO-PPV, RR-P3HT, PCPDTBT.



Сл. 2 Структурни формули на полимери применети кај Фотоволтаични модули

4 ПРИНЦИПИЈЕЛНА ШЕМА НА СИСТЕМОТ

За практично искористувања на електричната енергија добиена од фотоволтаичните модули, потребно е таа да се донесе на инвертор, со што би се трансформирала во наизменична со исти карактеристики како и струјата добиена од мрежа. Во автономните системи, често се употребуваат батерии за складирање на вишокот електрична енергија. Оваа енергија може да се користи за: електрични генератори, загревање на собна температура, локално осветлување и слично.



Сл.3 Принципиелна шема на системот[3]

Овој системот е составен од:

- Фотоволтаичен модул;
- Контролер за полнење, кој ја регулира енергијата која влегува и излегува од батеријата (за автономни системи);
- Батериски системи за складирање на енергија (вообичаено за автономни системи);
- Инвертор за трансформирање на еднонасочната струја добиена од ФВ во наизменична компатибилна на струјата од мрежа;
- Соодветна опрема за монтирање на системот, ожичување и заштитна опрема;
- Системот може да бидат или мрежно поврзани или автономно. Доколку е вклучен на мрежа, намената на системот е да ги намали трошоците за електрична енергија.

5 ПРИМЕНА ВО ГРАДБИТЕ

Постојат повеќе типови на системи кои се применуваат во градбите, меѓутоа за сега едни од најприменуваните се:

Рамни/наклонети кровови - Модулите се поставуваат врз самите кровови, со тоа што го продолжуваат животниот век на самите кровови, бидејќи ги штитат од УВ-зрачење и кондензација.



Сл. 4 Системи за рамни и наклонети кровови

Фасадни- Модулите се вметнати во самите стакла кои се користат како фасади за градбите. Системот е доста исплатлив бидејќи ваквите фасади имаат добри карактеристики на пропустливост, а истовремено се искористува енергијата од сонцето која обичаено е неискористена.



Сл. 5 Фасадни фотоволтаични системи

Полутранспарентни - Најчесто се користат како покриви, со тоа што имаат пропустливост на светлина од околу 20%.



Сл. 6 Полутранспарентни кровни системи[4]

6 ЧЕКОРИ КОИ СЕ ПРЕВЗЕМААТ ЗА ИНСТАЛАЦИЈА НА СИСТЕМИТЕ

- Темелна анализа на енергетската ефикасност на системот, односно анализа за исплатливоста на инвестицијата.
- Бирање меѓу систем приклучен на мрежа и автономен систем. Поголем дел од ваквите системи се приклучени на мрежа, но доколку станува збор за објект кој не конзумира премногу електрична енергија, а се наоѓа надвор од градска средина, тогаш исплатливо е да се имплементира автономен систем. Потоа, соодветно на избраниот систем, треба да се избере и соодветен електроенергетски преобразувач. Автономен системите исто така имаат потреба и од батерија за складирање на електричната енергија која не се користи во даден момент. Понекогаш, за да се избегне прекумерно користење на батерии, се употребува и електричен генератор (хибриден систем).
- „Поместување на енергетскиот пик“ - имено, доколку енергетската побарувачка на кореспондира со енергијата која се добива од ФВ системот, за системи поврзани на мрежа поефикасно е сепак да се користат батерии за складирање на енергијата.
- Примена на соодветна вентилација - при поголемо загревање на модулите, нивната ефикасност опаѓа, односно се појавуваат загуби на енергија. Со соодветни системи за вентилација, модулите се ладат и работат поефикасно. Ова најчесто се применува кај системи чиј модул е направен од кристален силициум отколку кај модули со thin-film аморфен силициум.
- Евалуација на термичките карактеристики на модулите со цел да се дизајнира соодветна вентилација за системите.
- Кај полу-транспарентните модули можеме да ја одредиме бојата на самите стакла, со што би креирале уникатен амбиент.

- Треба да се земат во предвид климатските услови за кои се дизајнира системот, на пример дали локацијата е на место каде што е вообичаено ладно и има снег, што би значела поголема ефикасност или е топло и во индустриска зона, што би значела помала ефикасност.
- Ориентација на системот и потенцијално засенување - при самиот дизајн на системот, треба да се има во предвид дека тој не е и нема да биде засенет од дрвја или околни објекти. [5]

7 ПЕРСПЕКТИВА

Во иднина, технологијата ќе се стреми кон:

- Подобрување на третата генерација на модули, кои треба да бидат поевтини и поефикасни
- Зголемена примена на транспарентните модули, односно на органските фотоволтаични модули
- Поголема примена на нанотехнологиите во фотоволтаичните модули

8 ЗАКЛУЧОК

Со примена на фотоволтаични модули во градбите се овозможува искористување на енергија која вообичаено е неискористена. Со ова се допринесува да се намалат трошоците за електрични енергија на објектите и да се зголеми нивната енергетска ефикасност. Бидејќи воглавно ваквите технологии имаат релативно краток рок на враќање на инвестицијата (од 1 до 3 години) во иднина би било исплатливо имплементирање на овие системи уште при самата изградба на објектите.

9 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА:

- [1] "Nanotechnology of Photovoltaics" by LoucasTsakalakos
- [2] Solar Glass
http://www.greenrhinoenergy.com/solar/technologies/solar_glass.php
- [3] Building Integrated Photovoltaics by Steve Coonen -
<http://doc.xueqiu.com/1457a3acfff1183feb42de44.pdf>
- [4] Integration of Shading Devices and Photovoltaic Panels into existing building facades
<http://www.sesam-uae.com/greenbuilding/presentation/5.%20Wassim%20Bahr,%20AUD.pdf>
- [5] Building Integrated Photovoltaics by Steven Strong
<http://www.solar design.com/library/pdf/Building-Integrated-Photovoltaics-Sтивен-Strong-2005.pdf>

Маја Арсовска

¹ Факултет за електротехника и информациски технологии-Скопје

¹maja.arsovska91@gmail.com

СИСТЕМИ ЗА СКЛАДИРАЊЕ НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА ОД ОБНОВЛИВИ ИЗВОРИ

КУСА СОДРЖИНА

Интермитентноста на обновливите извори на енергија условува да заедно со системите за производство исто така има и системи за складирање на електрична енергија. Целта на овој труд е да даде осврт на постојните технологии за складирање на енергија, оние кои се најчесто користени досега и правецот во кој тие се развиваат. Во самиот труд покрај македонската се користи и англиската терминологија на системите за складирање.

Клучни зборови: обновливи извори, системи, складирање, батерии

1 ВОВЕД

Обновливите извори на енергија се клучни за да избегне употребата на фосилни гориви и емисијата на штетните гасови за производство на електрична енергија. Се повеќе во ЕЕС (електроенергетските системи) се интегрираат обновливи извори. И покрај зголемената интеграција на обновливите извори, како основен нивни недостаток се јавува непостојаност и неможност да се предвиди колку од тој извор имаме на располагање што смета на сигурноста и стабилноста на системот доколку има дисбаланс на производство и потрошувачка. Едно од најактуелните решенија за справување со овој проблем се системите за складирање во склоп на системот за производство.

Системите за складирање се важни од повеќе причини. Тие ги намалуваат трошоците за електрична енергија со тоа што ја складираат електрична енергија во часови на минимална потрошувачка и истата ја користат во часови на врвна потрошувачка со што се намалува цената на електричната енергија за крајниот потрошувач. Покрај тоа системите за складирање се користат за одржување на стабилноста на ЕЕС при испад во мрежа и за подобрување на квалитетот на електричната енергија. Системите за складирање може да бидат дел од помали системи во резиденцијални објекти, дел од средни системи во индустриски објекти или дел од големи системи во производствени центри.

Со цел да се реши проблемот со глобалните климатски промени обновливи извори за производство на електрична енергија од ветерници и фотоволтаици се повеќе се користат. Тоа значи дека снабдувањето на електрична енергија ќе биде под влијание на различни обновливи извори, а производството на електрична енергија ќе ги следи временските услови.

1.1 Параметри за дефинирање на системите за складирање

- Капацитет на складирање – количината на расположлива енергија во системот за складирање по завршувањето на процесот на полнење. Капацитетот на складирање е дефиниран според целосната складирана енергија W_{st} која е поголема од употребената енергија во одреден момент на работење W_{ut} . (1)
- Расположлива енергија – детерминирана од димензиите на генератор-мотор системот кој се користи при процесот на конверзија на складираната енергија. P_{max} – врната потрошувачка е често користена за претставување на максималната енергија во процесот на полнење и празнење. (1)
- Време на празнење – дефинирано со равенката:

$$\tau(s) = \frac{W_{st}}{P_{max}}.$$

каде што:

$\tau(s)$: време на празнење, дефинирано во секунди (s)

W_{st} : тотална складирана енергија, дефинирана во ват-часови (Wh)

P_{max} : врвна потрошувачка, дефинирана во вати (W) (1)

1.2 Класификација на системите за складирање

Главната поделба на системите за складирање е според енергијата која се користи.

Според тоа тие се поделени на: механички, електрохемиски, хемиски, електрични и термални.

1.2.1 Механички системи за складирање

Најупотребуваните механички системи за складирање се : Системи со испумпување на вода (анг. pumped hydro storage, PHS), системи со компресиран воздух (анг. compressed air energy storage, CAES) и системи за складирање со замаец (анг. flywheel energy storage, FES).

Од сите горенаведени системи најкористени се системите со испумпување на вода коишто претставуваат 99% од глобално инсталираните системи за складирање. (2)

1.2.2 Електрохемиски системи за складирање

Електрохемиските системи за складирање главно се поделени секундарни и проточни батерии. Во секундарни спаѓаат: оловно-киселински (анг. lead acid), никел-кадмиумски (NiCd), никел-метал хидридни (NiMH), литиум-јонски (анг. Li-ion), воздушни (анг. metal air), содиум сулфурни (анг. sodium sulphur) и содиум никел флоридни (анг. sodium nickel chloride). Кај секундарните батерии енергијата се полни и празни низ електродите.

Во проточни батерии спаѓаат: редокс проточни батерии (анг. redox flow battery, RFB) и хибридни проточни батерии (анг. hybrid flow battery, HFB). Проточните батерии исто така може да се полнат и празнат со тоа што кај нив енергијата е складирана во еден или повеќе електроактивни видови кои што директно во електрична и обратно. Проточните батерии се повеќе се користат за складирање на електрична енергија во времетраење од часови или денови со моќност од неколку MW.

1.2.3 Хемиски системи за складирање

Од хемиски системи за складирање ќе обрнеме внимание на водородот и синтетичкиот природен гас (анг. synthetic natural gas, SNG) како носители на енергија кои имаат голем удел во системите за складирање на електрична енергија. Основната цел на хемиските системи за складирање е да се употреби вишокот електрична енергија за производство на водород преку водна електролиза. И покрај тоа што ефикасноста на овие системи е ниска споредено со останатите системи за складирање, сепак тие се единствени кои овозможуваат складирање на големи количини на енергија до ранг на TWh и за подолги временски периоди. (2) (1)

1.2.4 Електрични системи за складирање

Од електричните системи за складирање се состојат од двослојни кондензатори (анг. double-layer capacitors, DLC) и суперпроводни магнетни енергетски системи за складирање (анг. superconducting magnetic energy storage, SMES).

Двослојните кондензатори кои се познати и како суперкондензатори се технологија која е позната 60 години и истата е со голем развоен потенцијал кој може да доведе до многу поголема капацитивност и густина на енергија споредено со конвенционалните кондензатори. Главните карактеристики на суперкондензаторите се високи капацитивни вредности (од редови на илјадници фаради) и можноста за брзо полнење и празнење при екстремно ниска отпорност кои не се дел од карактеристиките на конвенционалните кондензатори. Истите може да достигнат енергетска густина која е за 10 пати поголема од онаа на конвенционалните кондензатори, а речиси истата може да биде достигната само од високо-напонски литиумски батерии. Заради нивните карактеристики DLC се соодветни за употреба при куси врски на полнење/празнење, а не се соодветни за складирање на енергија за подолг временски период заради високиот опсег на самополнење, нивната ниска енергетска густина и големите инвестициони трошоци.

Суперпроводните магнетни енергетски системи за складирање работат на системот на електродинамика. Енергијата е складирана во магнетното поле креирано од протокот на директната струја во суперпроводната намотка, која се одржува под нејзината суперпроводна критична температура. Денес се достапни материјали со критична точка на температура од 100^0 K. Главната компонента на овие системи за складирање е намотката од суперпроводен материјал. Предноста на SMES е брзо време на реакција кое е скоро инстантно. Големи SMES системи со поголема енергија од 10MW главно се користат при високо-напонски физички експерименти и при нуклеарна фузија.

1.2.5 Термални системи за складирање

Термалните (енергетски) системи за складирање складираат топлина која подоцна може да се употребува во индустриси и резиденцијални објекти за греење и ладење, топла вода и електрична енергија.

1.3 Нови трендови

Системите за складирање на енергија се важни за интеграцијата на обновливите извори на електрична енергија од повеќе аспекти. Не само што ќе се користат за да го балансираат производството и потрошувачката туку и во употреба на децентрализирани системи во резиденцијални објекти. Системите за складирање се повеќе се користат за да го поддржат производството на електрична енергија од ветерници и фотоволтаици.

- Децентрализирани системи за складирање за зголемување на самоснабдување од фотоволтаици (KWh)
- Електрични возила
- Регулација на излезната моќност кај ветерните и фотоволтаичните центри

2 ЗАКЛУЧОК

Во овој труд се прикажани системите за складирање на електрична енергија со посебен осврт на електрохемиските системи за складирање (батерии), хемиските системи за складирање и електричните системи за складирање како најкористени системи за складирање на електрична енергија од обновливи ивори. Со самиот пораст на користење на обновливите извори на електрична енергија и нивна интеграција во електроенергетските системи се очекува поголем развој и на системите за складирање. Посебно со зголемување на интеграцијата на ветерните и фотоволтаичните центри во ЕЕС се очекува тие да учествуваат и во пазарите за балансна енергија. За да се овозможи нивното учество на овие пазари системите за складирање на електрична енергија ќе бидат од клучно значење.

3 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА.

1. **J.I. San Martin, I.Zamora, J.J. San Martin, V. Aperribay, P. Eguia.** *Energy Storage Technologies for Electric Applications.* 2011.
2. **IEC.** *Electical Energy Storage.* 2011.

Наталија Петрова

Факултет за електротехника и информациски технологии – Скопје, УКИМ

natalija.petrova11@yahoo.com

ХИБРИДЕН СИСТЕМ ЗА СНАБДУВАЊЕ НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА ОД МАЛА ХИДРОЕЛЕКТРИЧНА ЦЕНТРАЛА И ФОТОВОЛТАИЧЕН СИСТЕМ

КУСА СОДРЖИНА

Во овој труд е дадена анализа на работата и поврзувањето на еден хибриден систем составен од мала хидроелектрична централа и фотоволтаичен систем. Во трудот се анализирани два начина на работа на системот – автономен (островска работа) и поврзан на мрежа. Како случај на анализа се разгледува дневен дијаграм на потрошувачка на електрична енергија на рибник и поголем туристички комплекс, во близина на Кавадарци, на реката Бошаваца. Според податоците за протокот на вода на реката и измереното сончево зрачење на оваа локација се врши димензионирање на потребните компоненти. Со цел да се добие поголема прецизност и оптимизација на дизајнот на изградба се користи софтверската алатка HOMER. Резултатите добиени од анализата се користат за да се направи проценка за изводливоста на овој проект, како и ефективноста која се добива со негова реализација. Исто така направена е и анализа на трошоци потребни за изградба и е даден готовински прилив на пари во разгледуван период од 25 години.

Клучни зборови: *хибриден систем, мала хидроелектрична централа, фотоволтаичен систем, софтверска алатка HOMER*

1 ВОВЕД

Употребувањето на само еден обновлив енергетски извор може да резултира со недостаток за сигурно и постојано снабдување со електрична енергија. Развојот на технологијата во однос на начините за обезбедување на електрична енергија од обновливи извори ни дава можност да направиме меѓусебно поврзување на повеќе системи. Од една страна заради економски аспект преку рекламирање и охрабрување кон овој чекор а од друга страна се јавуваат инвестициите за проширување и одржување на инсталираниот капацитет.

Проблеми може да настанат заради големите варијации на излезната моќност од ФВ систем и намалувањето на протокот на вода за време на сушните сезони. Оттука произлегува една алтернативна можност да се надминат овие проблеми со комбинирање на хидро турбина и ФВ панел. [1]

Хибридните енергетски системи се комбинација од две или повеќе обновливи извори на енергија. Како такви, обезбедуваат високо ниво на енергетска сигурност и доверливост преку интегриран микс од комплементирани методи за производство и често вклучуваат систем за складирање (батерија, горивни ќелии) и back up систем (генератор) за да осигураат постојано снабдување.[2]

Еден островски (изолиран) енергетски систем има потреба некаде да ја чува генерираната електрична енергија и вообичаено се чува во батерии. Меѓусебно поврзаните батерии обезбедуваат електрична енергија во текот на ноќта и за време на облачните периоди.[2]

Овие системи може да бидат поврзани на електроенергетски систем, односно на мрежа или да работат островски(изолирано).[2] Генерално, се преферира да се прошири веќе постоечка мрежа но не е секогаш прифатливо заради фактот што повеќето региони кои не се снабдени со електрична енергија се лоцирани во потешко пристапни региони, како на пр. во некој планински регион, шума и се оддалечени еден од друг, што повлекува многу големи инвестиции за изградба на мрежа.

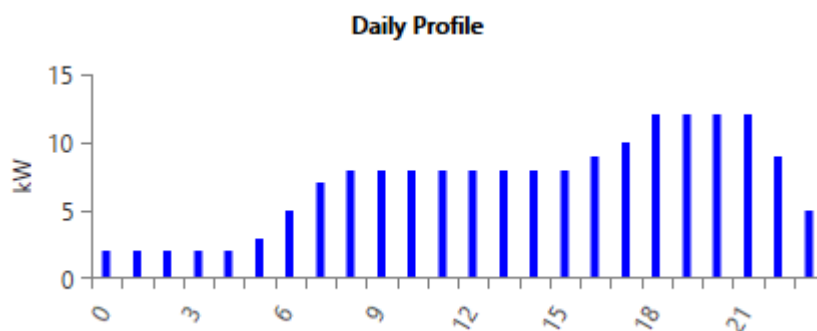
Оттука, во денешно време островското снабдување со електрична енергија за тешко пристапните региони кои се доста оддалечени од централната мрежа станува атрактивна и алтернативна опција. Правните норми во Македонија не дозволуваат островско напојување иако постои техничка можност, но моментално почната е процедурата и се очекува нивно брзо воведување.

1.1 Хибриден систем – МХЕЦ и ФВС

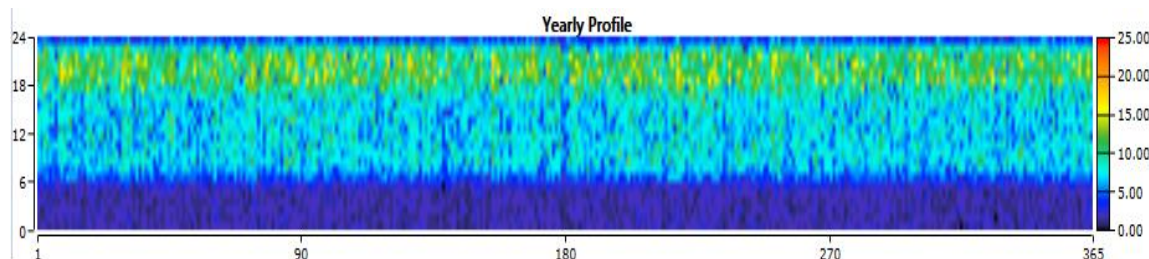
Како пример, ќе разгледаме хибриден систем кои се состои од мала хидроелектрична централа и фотоволтаичен систем кој не е поврзан на мрежа, односно работи островски. Овој хибриден систем има за цел да обезбеди сигурно снабдување со електрична енергија за потребите на рибник и туристички комплекс кој се наоѓа на оддалеченост од околу 35 км од дистрибутивната мрежа.

1.1.1 Оптоварување на системот

На сл.1 е прикажано оптоварувањето на системот во текот на еден ден каде на хоризонталната оска е прикажано времето во часови, а на вертикалната оска моќноста во kW. На сл.2 е дадено годишното оптоварување, односно времето во денови и во часови, на хоризонталната и на вертикалната оска соодветно, а со бои е прикажана моќноста. Просечното годишно оптоварување изнесува 50 KWh/d.



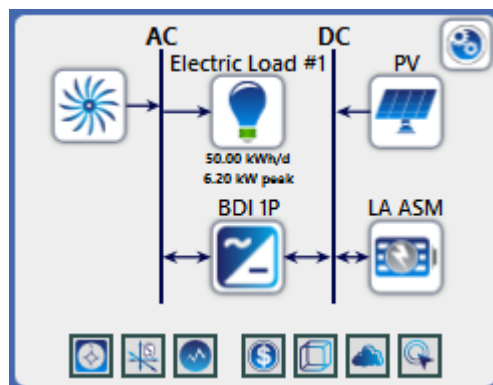
Сл. 1 Дневно оптоварување



Сл. 2 Годишно оптоварување

1.1.2 Состав на Хибриден систем

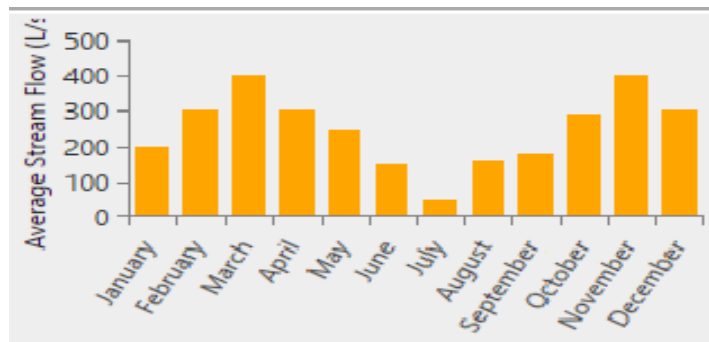
Соодветно на оптоварувањето и фактот што станува збор за островски режим на работа се поставува и батерија за акумулирање на произведената енергија од ФВ систем. Како што може да се забележи од сл.3 каде е дадена шемата на овој хибриден систем, на AC собирница е приклучена хидро турбината, а на DC собирница ФВ систем и батерија, како и инвертор за претворање на DC во AC напон.



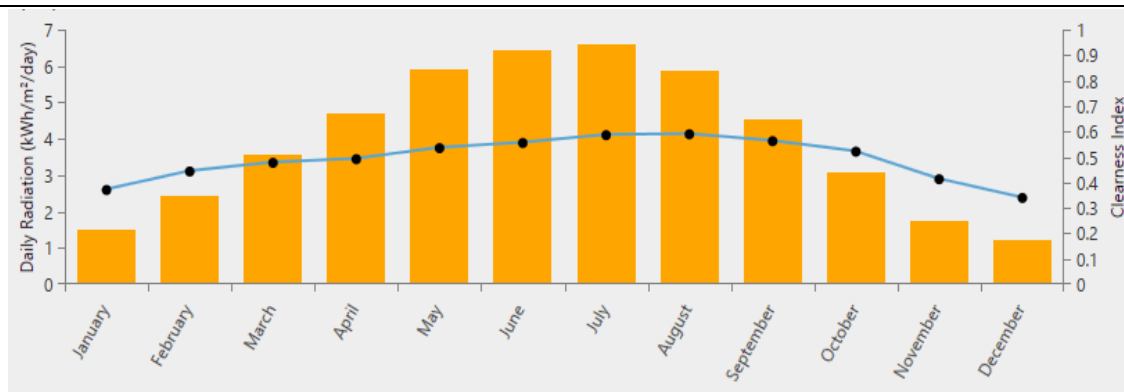
Сл. 3 Шема на хибриден систем

1.1.3 Енергетски ресурси

Нето висинскиот пад на кој се планира да се изгради малата хидроелектрана е 22m. Протокот на вода[L/s] во тек на една година е прикажан на сл4., каде може да се забележи дека во тек на месец јуни е најмал. На сл.5. е прикажано годишното сончево зрачење по месеци за соодветната локација.



Сл. 4 Годишен проток на вода



Сл. 5 Годишно сончево зрачење

1.2 ОПТИМИЗАЦИЈА СО HOMER

Големиот број на опции и варијации како во однос на технологијата која ќе се користи така и во однос на трошоците потребни за реализација на овој проект со цел да се овозможи што е можно поголемо искористување на достапните ресурси може многу да го усложни процесот на донесување на одлуките. Меѓутоа, алгоритмите за оптимизација и анализа на сензитивноста кои ги користи HOMER прават тоа да изгледа многу полесно.[3] HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Electric Renewables) е софтверска алатка која што овозможува симулација на хибриден енергетски систем, врши оптимално димензионирање на компонентите, како и анализа на чувствителност врз основа на различни фактори.[4]

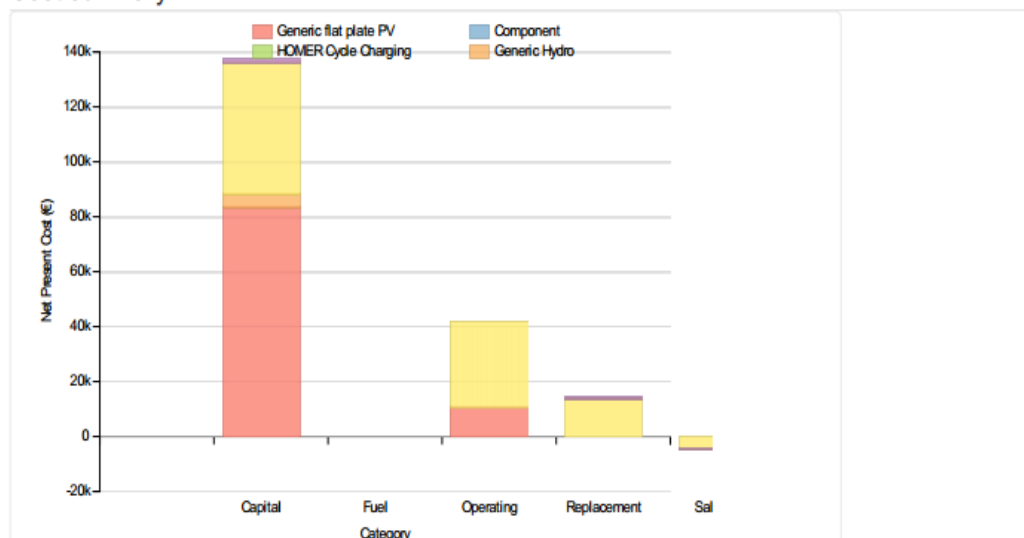
System architecture

PV	Generic flat plate PV	83	kW
Storage	Generic 1kWh Lead Acid [ASM]	238	strings
Hydro	Generic Hydro	34	kW
Converter	System Converter	8	kW
Dispatch Strategy	HOMER Cycle Charging		

Таб. 1 Компоненти на хибриден систем

Според HOMER добиваме дека најдобро и најоптимално решение е моќноста на МХЕЦ да биде 34kW, а оптоварувањето ќе биде покриено со производството од ФВ кој има моќност од 83kW. Конверторот да е со моќност од 8kW и батериите да се поставени во 238 стрингови.(таб.1).

Cost summary



Cost Summary

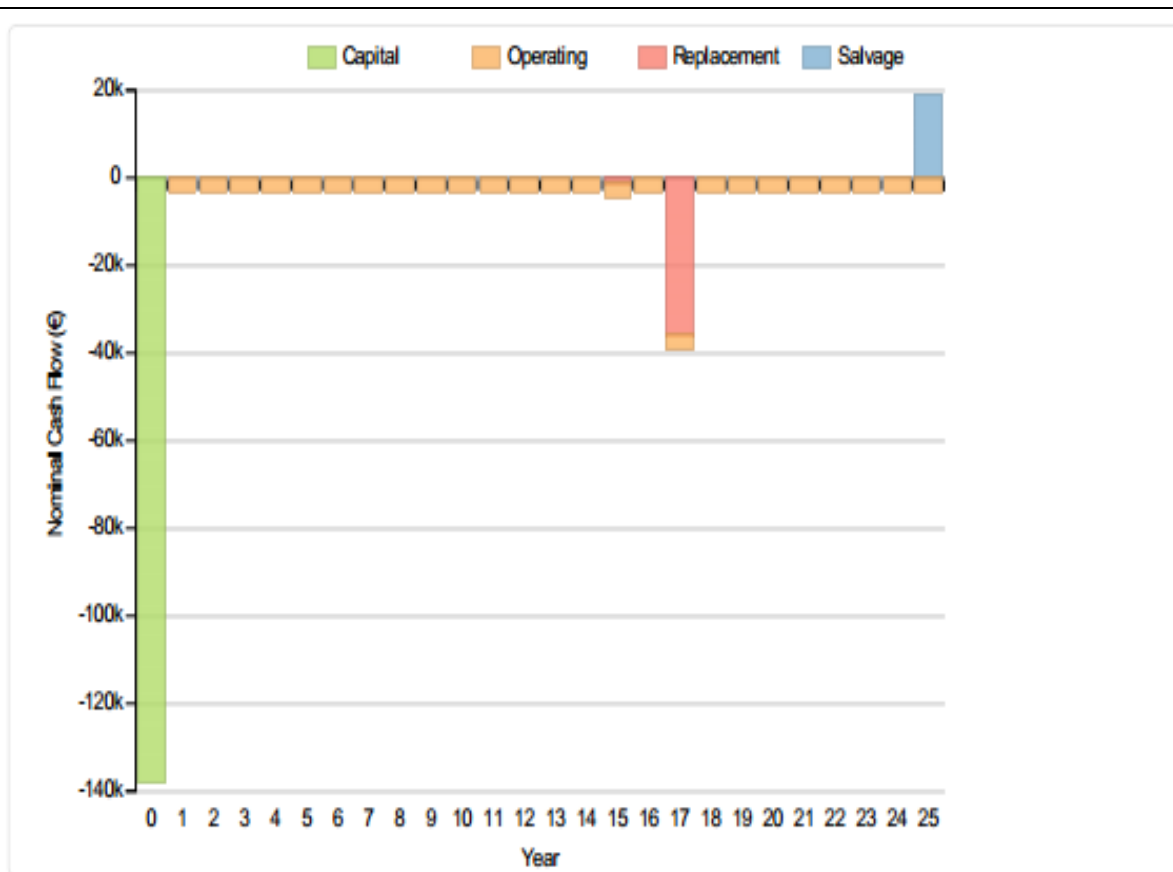
Total net present cost	188873	€
Levelized cost of energy	0,801	€/kWh

Сл. 6 Сумарни трошоци

На сл.6 се прикажани вкупните нето сегашните трошоци кои изнесуваат 188 873€ и производната цена на електрична енергија која изнесува 0,801€/kWh.

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
Generic flat plate PV	83 333	0	10 773	0	0	94 106
Generic Hydro	5 000	0	0	0	0	5 000
HOMER Cycle Charging	0	0	0	0	0	0
Generic 1kWh Lead Acid [ASM]	47 600	13 716	30 767	0	-4 329	87 754
System Converter	1 600	509	0	0	-96	2 013
System	137 533	14 225	41 540	0	-4 425	188 873

Таб. 2 Поединечни нето сегашни трошоци



Сл. 7 Cash flow - Готовински прилив

Поединечните трошоци за секоја од компонентите се дадени во таб.2., односно капиталните трошоци, трошоците за замена, трошоци за одржување и нивните сумарни вредности. На сл.7 е даден графички приказ на готовинскиот прилив (cash flow) во тек на разгледуван период од 25 години.

2 ЗАКЛУЧОК

Реализација на еден ваков хибриден систем кој не е поврзан на мрежа може да обезбеди сигурно и постојано снабдување со електрична енергија за потрошувач кој се наоѓа во рурална средина. Според податоците за потребните енергетски ресурси, потрошувачката на електрична енергија и оптимизацијата извршена во HOMER се добива дека вкупната инсталирана моќност на овој систем е 117kW, а вкупните нето сегашни трошоци за негова изградба се 188 873€.

3 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Teixeira, L.E., Caux, J., Beluco, A., Bertoldo, I., Louzada, J.A.S. and Eifler, R.C. (2015) „Feasibility Study of a Hydro PV Hybrid System Operating at a Dam for Water Supply in Southern Brazil“, Journal of Power and Energy Engineering, 3, 70-83. <http://dx.doi.org/10.4236/jpee.2015.39006>
- [2] Yohannes Tesfaye, Dr - Ing. Edessa Dribssa „Application of Micro-Hydro PV/Battery off- grid Hibryd Energy System for Ethiopian rural area “,Addis Ababa Institute of Technology School of Graduate Studies, Energy Center, Addis Ababa University, Ethiopia, Aug 2014, page 4-10
- [3] National Renewable Energy Laboratory „Energy Efficiency and Renewable Energy“, USA, 2008
- [4] Homer Energy, National Renewable Energy Laboratory, „Getting started guide Homer version 3.7“, aug 2016,page 9-12, <http://www.homerenergy.com/pdf/HOMERHelpManual.pdf>

Б. ЕНЕРГЕТСКИ ЕФИКАСНИ УРЕДИ, МЕРЕЊА И ДИЈАГНОСТИКА

Димитар Трајковски^{1,2}, Проф. д-р Гога Цветковски¹

¹Факултет за електротехника и информациски технологии во Скопје

²Раде Кончар Сервис и поправка на електрични производи ДОО, Скопје

dimitartrajkovski1@gmail.com

gogacvet@feit.ukim.edu.mk

ПОДОБРУВАЊЕ НА ЕФИКАСНОСТА НА МОТОР СО ПЕРМАНЕНТНИ МАГНЕТИ СО ПОМОШ НА МЕТОДОТ НА КОНЕЧНИ ЕЛЕМЕНТИ

КУСА СОДРЖИНА

Во овој труд ќе биде разработена современа методологија за анализа на електричните машини користејќи го методот на конечни елементи. Најнапред ќе биде даден краток осврт на методот на конечни елементи и неговата примена во проектирањето и анализата на електричните машини. Потоа ќе биде даден приказ на синхрониот мотор со перманентни магнети кој е објект на ова истражување во кој ќе бидат прикажани основните конструкции, принцип на работа и основни карактеристики. Во текстот понатаму ќе биде претставен начинот на моделирање на моторот за потребите на анализата со помош на методот на конечни елементи. Од спроведените пресметки и истражувања ќе бидат претставени одредени електромагнетни и електромеханички карактеристики врз база на кои ќе бидат изведени и одредени заклучоци. Врз база на заклучоците ќе биде предложено ново конструктивно решение на моторот и потоа на ова решение повторно ќе бидат извршени пресметки и анализа со помош на методот на конечни елементи. На крајот ќе бидат прикажани споредбени карактеристики од двата модели и ќе бидат изведени одредени заклучоци.

Клучни зборови: синхрон мотор со перманентни магнети, метод на конечни елементи, ефикасност.

1 ВОВЕД

Синхроните мотори со перманентни магнети уште со самото нивно појавување се до денешен ден побудуваат особен интерес како кај производителите така и кај академијата за нивно истражување и понатамошно усовршување. Со текот на времето се усовршувале материјалите од кои се изработуваат моторите, особено тоа се однесува на перманентните магнети, а со тоа се намалуваа димензиите, но и се појавувале нови видови на топологии и изведби.

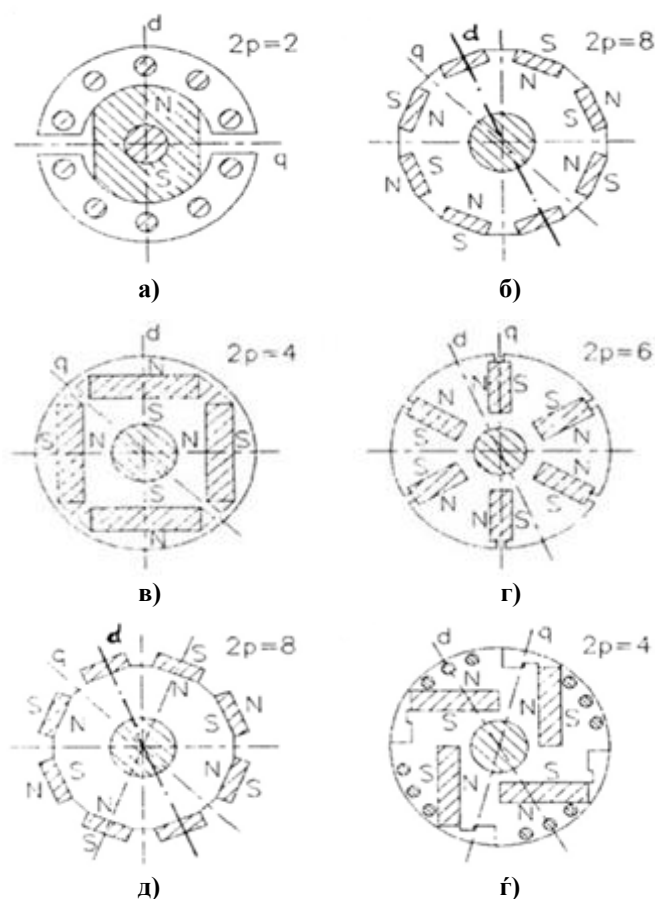
Синхроните мотори [1,2], според изгледот на роторот, конструкцијата, материјали и задачи, се класифицираат во четири основни групи:

- Мотори со електромагнетна возбуда
- Мотори со перманентни магнети
- Релуктантни мотори (мотори чиј што ротор е со изразени полови и изработен од феромагнетен материјал и не содржи намотка или перманентни магнетни полови)
- Хистерезни релуктантни мотори (мотори чиј што ротор е изработен од тврд феромагнетен материјал кои не содржат перманентни магнетни полови на роторот).

Вообичајно, синхроните мотори со перманентни магнети се градени со една од следниве конфигурации на роторот [3-5] (Слика 1):

- а) класичен (Мерил ротор), со истакнати полови, ламинирани полови стапала и кафезен ротор,

- б) ротор со вградени перманентни магнети,
- в) ротор со внатрешно поставени перманентни магнети,
- г) ротор со симетрично поставени вкопани перманентни магнети,
- д) ротор со површински поставени перманентни магнети,
- ѐ) ротор со асиметрично поставени вкопани перманентни магнети.



Слика 1. Конфигурации на ротори кај синхрони мотори со перманентни магнети

2 КОНСТРУКТИВНА ИЗВЕДБА И ПРИНЦИП НА РАБОТА

2.1 Конструктивна изведба на статорот

Статорското јадро кај овој тип на мотори е направено од челични магнетни лимови збогатени со силициум, со канали во кои се сместуваат статорските намотки. Јадрото е ламинирано за да се минимизираат виорните струи. Лимовите се изработуваат со дебелина од 0,3-0,5 mm.

2.2 Конструктивна изведба на роторот

На оската на роторот се поставува роторското јадро на кое се поставуваат перманентните магнети. Оската може да е изработена од цврст, нискојаглероден челик додека роторското јадро се изработува исто така од челични магнетни лимови како и статорот. Во пракса можат да се сретнат ротори со магнети изработени во цилиндрична форма, и магнети со не-кружни површини односно делови од кружни површини.

Кај овие мотори се користат магнети со висока вредност на магнетната индукција со што се подобрува излезната моќност и моментот на моторот. Тие мора да бидат многу добро прицврстени за оската, и ова е еден од главните предизвици во процесот на производство. Како резултат на големата брзина на вртење на роторот при работа се појавуваат радијални сили кои

делуваат во насока на истегнување на магнетите на роторот, и затоа е потребно овие сили да бидат минимизирани во процесот на нагло забрзување и забавување.

2.3 Принцип на работа на моторите

Овие мотори имаат ротори со постојани магнети, кои произведуваат константно радијално магнетно поле. Тие се разликуваат од конвенционалните синхронни машини во отсуството на возбудната намотки, па нема потреба за доведување на електрична енергија на роторот, односно нема потреба од лизгачки прстени и четкички. Освен отсуство на возбудна намотка, исто така нема потреба од ротациски трансформатори и тиристорски регулатори на напон, кои значително го поедноставуваат дизајнот, управувањето и одржувањето. Бидејќи нема возбудна намотка на роторот, а магнетниот флукс со текот на времето е непроменлив, загубите во роторот се практично занемарливи. Статорскиот пакет е со едноставна конструкција и овозможува добар пренос на топлината од него кон кукиштето и потоа кон околниот надворешен простор. Принципот на работа на синхроните мотори со перманентни магнети се базира на принципот на магнетна спрега помеѓу магнетните полови на спротивниот поларитет.

Имено, познато е дека магнетите со спротивниот поларитет се привлекуваат едни со други. Ова им овозможува, кога два магнети со спротивни поларитети се магнетно спрегнати, и кога едниот од нив се врти, другиот го следи неговиот пат.

Кога магнетниот пол N на ротирачкото поле на статорот поминува во близина на магнетниот пол S на роторот, магнетниот пол S на роторот настојува да го прати магнетниот пол N на статорот и така доаѓа до движење на роторот. Заради оваа причина, синхроните мотори се вртат со постојана брзина на вртење.

Брзината на ротирање не зависи од оптоварувањето на погонската машината која ја движи моторот. Важно е само да се напомене дека моментот на оптоварување на моторот не треба да е премногу голем затоа што може тој да излезе од синхронизам, т.е. моќноста помеѓу магнетната спрега на статорот и роторот не е доволно голема за да може магнетното поле на роторот да го следи магнетното поле на статорот.

3 АНАЛИЗА НА КАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА РАЗНИ ТОПОЛОГИИ НА СИНХРОНИТЕ МОТОРИ СО ПЕРМАЕНТНИ МАГНЕТИ СО КОРИСТЕЊЕ НА МЕТОД НА КОНЕЧНИ ЕЛЕМЕНТИ (АНГ. FEM –FINITE ELEMENT METHOD)

Предмет на истражувањата во овој труд е трифазниот синхрон мотор со перманентни магнети кој ги има следниве номинални податоци: моќност од 1,5 kW, струја 3,9 A, напон 295 V, и брзина 1500 min⁻¹. На површината на роторот од моторот се поставени четири перманентни магнети изработени од SmCo со $B_r=1,05$ T и $H_c=-764$ kA/m.

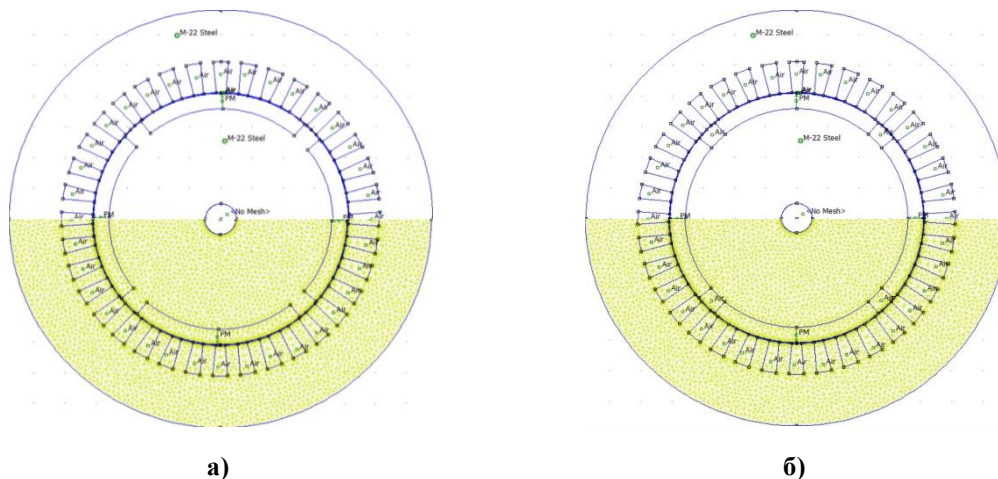
Однапред дефинираните димензии и карактеристики за моторот се користат како влезни податоци за нумеричката анализа на моторот, со помош на Методот на Конечни Елементи-МКЕ. Овој метод е денес широко прифатен, како при проектирање, така и при анализа на електричните машини. Во овој труд пресметката на електромагнетното поле во моторот ќе биде изведена со помош на софтверскиот пакет за дводимензионална пресметка FEMM.

Користејќи ги можностите на софтверскиот пакет FEMM [6] со помош на постпроцесорскиот дел на програмот, за потребите на ова истражување, ќе може да се определат и прикажат:

- Распределба на магнетното поле во целиот домен на моторот,
- Распределбата на пулзациониот момент на моторот за различни позиции на роторот во празен од,
- Распределбата на електромагнетниот момент на моторот за различни позиции на роторот, при номинално струјно оптоварување.

Приказ на моделите на синхронни мотори со перманентни магнети со различни топологии на роторот се дадени на Слика 2(а и б). За добивање на распределбата на пулзациониот момент на моторот за различни позиции на роторот (од 0° до 10° со чекор од 1°) во празен од,

најнапред се креира мрежата со одреден број на јазли и потоа се акивира модулот кој врши дводимензионална пресметка на магнетното поле во целиот домен на моторот, за подоцна да можеме да ги отчитаме резултатите. За добивање на распределбата на електромагнетниот момент на моторот за различни позиции на роторот (од 0° до 180° со чекор од 6°), при номинално струјно оптоварување, прво се дефинираат струите во каналите, а потоа се повторува истата процедура на пресметка на магнетното поле за секоја позиција на роторот поединечно.

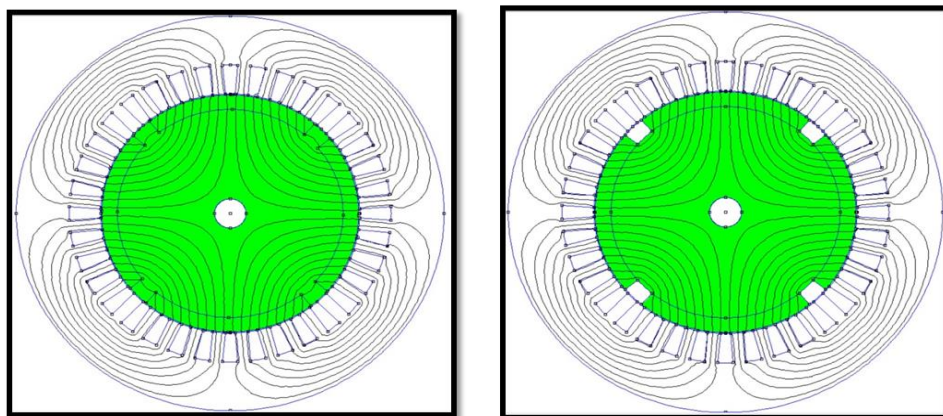


Слика 2. Топологии на синхроните мотори со перманентни магнети и приказ на мрежата на конечни елементи

а) Вградени перманентни магнети; б) Површински перманентни магнети

Откако ќе се извршат анализите на моторот, се отчитуваат резултатите за распределбата на пулзациониот момент на моторот за различни позиции на роторот во празен ѓод и распределбата на електромагнетниот момент на моторот за различни позиции на роторот, при номинално струјно оптоварување.

Најнапред се означува роторот заедно со магнетите, а потоа преку опцијата Block integrals се одбира Torque via Weighted Stress Tensor се добива вредноста на моментот на пулзација (Слика 3, а и б).

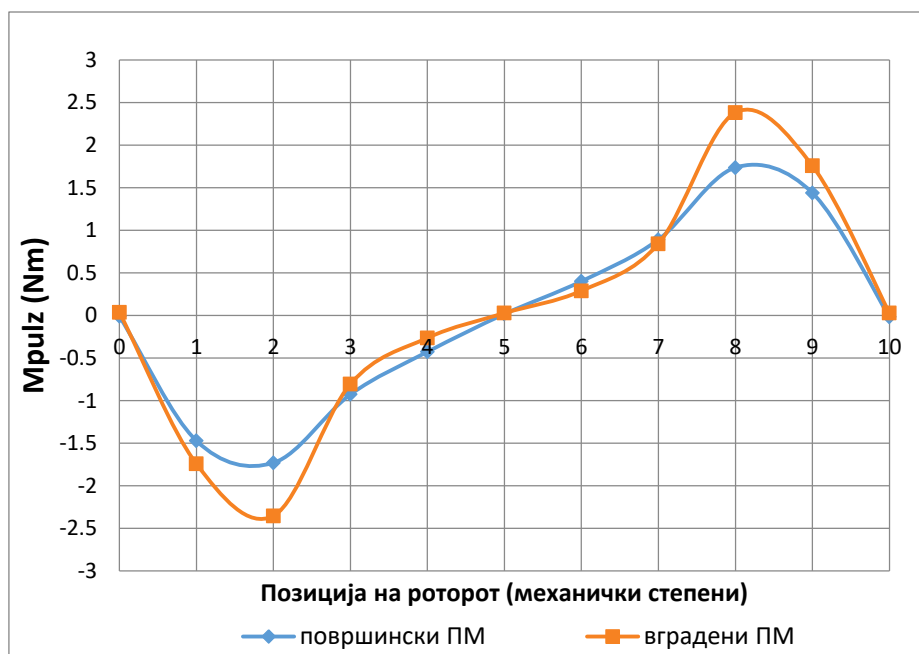


Слика 3. Распределба на полето во моторот и означување на роторот и магнетите за очитување на вредностите на моментот на пулзација и електромагнетниот момент;

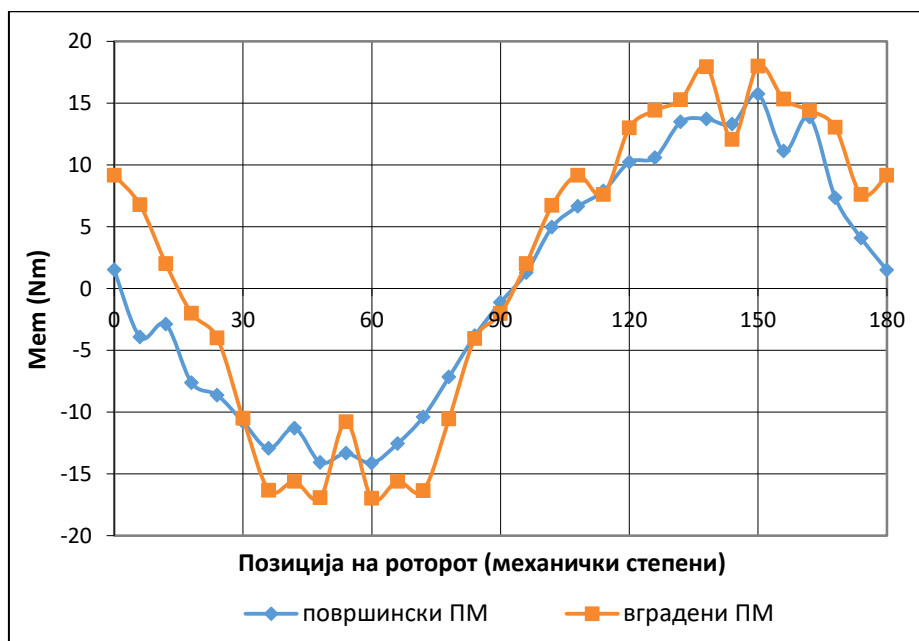
а) Вградени перманентни магнети; б) Површински перманентни магнети

Истата процедура се повторува за сите позиции на роторот соодветно како што е објаснето погоре, како и соодветно за пресметка на електромагнетниот момент.

По завршување на пресметките за двата модела на овој тип на мотор, добиени се респределбите на пулзациониот момент и електромагнетниот момент кои се прикажани на слика 4 и слика 5, соодветно.



Слика 4. Распределбата на пулзациониот момент на моторот за различни позиции на роторот во празен бд



Слика 5. Распределбата на електромагнетниот момент на моторот за различни позиции на роторот при номинално струјно оптоварување

Од распределбата на пулзациониот момент за различни позиции на роторот може да се заклучи дека моторот со површински поставени перманентни магнети има помала вредност на пулзациониот момент во однос на моментот на моторот со вградени перманентни магнети. Тоа се должи на униформниот облик на воздушниот зјај кај површински поставените магнети

доколку се има предвид фактот дека магнетната пермиабилност на магнетите е со вредност блиска до единица колку што изнесува и на воздухот. Во однос на електромагнетниот момент тој кај моторот со вградени перманентни магнети има поголема вредност и е со поголеми осцилации во однос на моментот кај моторот со површински поставени перманентни магнети. Тоа значи дека за целосна анализа на топологиите на моторите потребно е да се направи целосна анализа на двата моменти на моторите и потоа да се извлечат соодветни заклучоци. Поединечната анализа може некогаш да не доведе до погрешни заклучоци.

4 ЗАКЛУЧОК

Предмет на анализа во овој труд се синхроните мотори со перманентни магнети кои со различна поставеност на перманентните магнети на роторот. Во трудот е даден кус осврт на типовите и изведбата на трофазните синхрони мотори со перманентни магнети. Од анализите може да се воочи дека различната поставеност на перманентните магнети, води до различни пулзациони моменти при празен бд и различни електромагнетни моменти при номинално струјно оптоварување.

Во случај кога моторите со перманентни магнети се применуваат за високо ефикасни задвижувања со ниска вредност на бучава, амплитудата и фреквенцијата на пулзациите на моментот се особено важни големини; нивната големина треба да биде сведена на доволно мала вредност, за што се користат различни методи, во зависност од изворот кој ги генерира.

При решавање на електромагнетните проблеми со примена на МКЕ, постојат неколку методи за пресметка на електромагнетниот момент во електричните машини: со методот флукс–струја; со диференцирање на магнетната коенергија во воздушниот зјај; со пресметка на линиски интеграл на Максвеловиот тензор во воздушниот зјај. Во поново време предност добива методот базиран врз пресметка на волуменски интеграл на тежинскиот стрес тензор во доменот на воздушниот зјај.

Во понатамошното истражување покрај пресметките на овие моменти ќе биде извршена споредбена анализа на следниве параметри и карактеристики на моторите:

- Распределбата на магнетното поле во напречниот пресек на моторот за разни позиции на роторот за празен од и разни други струјни оптоварувања,
- Распределбата на магнетната индукција во воздушниот зјај на моторот за разни позиции на роторот за празен од и разни други струјни оптоварувања,
- Вредностите на магнетниот флукс под еден пол во воздушниот зјај на моторот за разни позиции на роторот и струни оптоварувања.

Со помош на сите овие карактеристики ќе биде можно да се извлечат соодветни заклучоци за квалитетот и енергетската ефикасност на предложените роторски решенија.

5 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Petar Gugić: *Električni servomotori*, Školska knjiga, Zagreb, 1987.
- [2] Лидија Петковска: *Микромашини*, Електротехнички факултет, Скопје, 1995.
- [3] Peter Moreton, *Industrial Brushless Servomotors*, Newnes, Oxford, 2000.
- [4] Jacek Gieras, Mitchell Wing, *Permanent Magnet Motor Technology*, Marcel Dekker Inc., New York,
- [5] T.J.E. Miller, *Brushless Permanent Magnet and Reluctance Motor Drives*, Oxford University Press, 1989.
- [6] D. Meeker, *FEMM – User's Manual ver. 4.2*, 2015.

Dejan Pejovski¹, Dimitar Trajkovski², prof. d-r Krste Najdenkoski³,

^{1,2} Rade Koncar – Service and Repairs of Electrical Products, Skopje

³ Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies, Skopje

1dejan.pejovski@koncar.com.mk 2dimitar.trajkovski@koncar.com.mk 3krste@feit.ukim.edu.mk

HARMONIC ANALYSIS OF NO-LOAD CURRENT IN DISTRIBUTION TRANSFORMERS

ABSTRACT

Applying a sinusoidal voltage to a distribution transformer results in a non-sinusoidal magnetizing current due to the non-linear relationship between magnetizing force H and flux density B , also known as magnetizing curve. Although the no-load current in modern transformers is very low (0.1-0.5% of the rated current), it is generally responsible for the no-load losses. Considering the number of distribution transformers connected to the power grid, these no-load losses are constantly generated regardless of the transformer's load, thus introducing significant energy consumption. According to the no-load losses, transformers are classified in several categories described in IEEE 519-2014 Standard and EcoDesign Directive 2009/125/EC. This paper presents the measurements of voltage and current harmonics, conducted for several three-phase distribution transformers with different rated apparent power and same voltage level, operating at no-load conditions. The current and voltage waveforms are examined, as well as the total harmonic distortion when the rated voltage is applied to the primary side of the transformer. This paper provides a detailed view of the transformer's no-load harmonic impacts, with several methods proposed for their reduction. The transformers were tested at the Testing station at Rade Koncar – Service and Repairs of Electrical Products in Skopje.

Keywords: *voltage harmonics, no-load current harmonics, total harmonic distortion.*

1 INTRODUCTION

The magnetic circuit is one of the most important active parts of the transformer. It consists of laminated iron core and carries magnetic flux linked to the windings, thus enabling energy flow from one electrical circuit to another. The iron core provides a low reluctance path to the magnetic flux thereby reducing magnetizing current to a particular level [1]. When the transformer operates at no-load conditions, meaning that rated voltage is applied to the primary windings and the secondary circuit is opened, the generated losses consist of two parts: hysteresis losses and eddy current losses.

Hysteresis losses originate from the molecular magnetic domains in the core laminations, resisting being magnetized and demagnetized by the alternating magnetic field. Each time the magnetising force produced by the primary winding changes because of the applied AC voltage, the domains realign in the same direction as the force. The energy to accomplish this realignment comes from the input power and is not transferred to the secondary winding, thus being considered as a loss. Because various types of core materials have different magnetizing abilities, the selection of core material is an important step in reducing core losses. These losses depend upon the area of the magnetizing B - H loop, shown in Fig. 1, and of the frequency [2, 3]. The specific hysteresis losses per unit mass of the core can be calculated by using Eq. (1):

$$P_h = K_h \cdot f \cdot B_m^s \text{ (W/kg)}, \quad (1)$$

where K_h is the hysteresis constant depending on the material characteristics, f is the frequency in Hz, and B_m is the maximum flux density in T.

The alternating magnetic flux induces an EMF in the transformer core, proportional to the flux density and the frequency. The resulting circulating current depends inversely upon the resistivity of the material and directly to the thickness of the core. By using a laminated core, i.e. thin sheets of silicon steel instead of a solid core, the path of the eddy current is broken up without increasing the reluctance of the magnetic circuit [2]. The difference between eddy current paths is shown in Fig. 2.

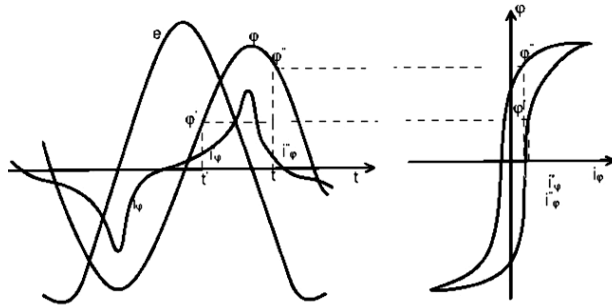


Figure 1. Nonlinear B - H loop and magnetizing current determination

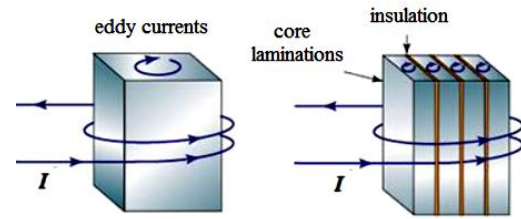


Figure 2. Eddy currents in different magnetic core types

The eddy current losses can be calculated from Eq. (2):

$$P_v = K_v \cdot f^2 \cdot B_m^2 \cdot d^2 \text{ (W/kg)}, \quad (2)$$

where K_v is the eddy currents constant and d is the lamination thickness in m.

The performances of transformers are constrained by several factors. Some of the most relevant of them, which affect the no-load current of the transformer, are explained below:

- **Flux density:** it is the driving factor for no-load current. As this current consists of two components, active I_a and magnetizing I_μ , the magnetizing component varies depending upon flux density and B - H curve. The typical shape of B - H loop for a distribution transformer and the graphical method for determining the waveform of the no-load current are shown in Fig. 1 [3,4].
- **Saturation effect:** transformers may be drawn into saturation for two reasons. An increase in the applied voltage, which causes a symmetrical saturation, and the flow of DC current into the transformer. Ferromagnetic materials cannot support infinite magnetic flux densities: they tend to saturate at a certain level (dictated by the material and core dimensions). This means that further increase in magnetic field force does not result in proportional increase in magnetic field flux. Choosing the right lamination material for a particular application is a very important design step, since lamination properties are directly linked to the power losses and transformer efficiency. At present, material properties are precisely determined for 50/60Hz and 1.0/1.5T sinusoidal. Electromagnetic designers have to decide on the material based on this single operating point, although in practical operating conditions, transformers are very likely to operate at higher flux densities, leading to saturation of the core. At this situation, the core acts as a source of current harmonics generator in the flux or the magnetic field, some of which will flow directly to toward the primary and secondary windings [1,4].
- **Stacking technique:** there are two main stacking techniques for the transformer core. In the Step lap joint, the overlapping length is divided into few steps. In But lap joint there is only one step. The Step lap technique results in lower exciting current, but the total harmonic distortion (THD) and most of the harmonic components of the Step lap core are higher than in the But lap cores [4].

2 METHODOLOGY AND MEASUREMENT PROCEDURE

The main purpose of this research is to examine the voltage and current harmonics on a transformer operating at no load conditions. Different distribution transformers with rated apparent power of 160kVA, 400kVA and 1000KVA, and rated voltage 21(10.5)/0.4KV are tested with sophisticated instruments at the Testing Station in Rade Koncar – Service and Repairs of Electrical Products. The transformer core is made of cold rolled grain oriented steel laminations with 0.27mm thickness. Since these transformers can provide two rated voltage levels on the primary side, with series or parallel connection of the two half-windings, the measurements are done at 10.5kV voltage level reduced by 2.5%, i.e. $U_{10}=10.237V$. Also the total voltage and current distortions $THD(U)$ and $THD(I)$ are recorded.

The measurement of current and voltage harmonics are done during the no-load losses and currents measurements by the same test connection with a power analyzer. The measurement circuit connection diagram is shown in Fig. 3. The supply voltage of the transformer at the test laboratory should be sinusoidal. To obtain linear magnetizing characteristics of the supply circuit devices, it is therefore important to choose the generator and matching transformer connections appropriately. The measurement currents and voltages are connected to the analyzer through measurement current and voltage transformers. Because of this, the operation areas of the measurement transformers should also be linear [4].

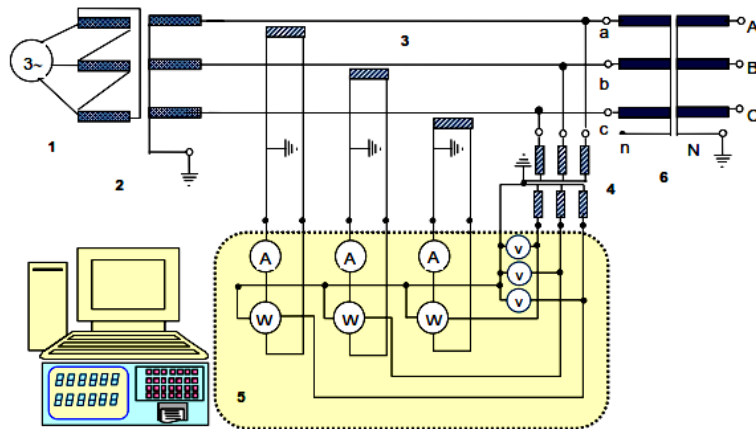


Figure 3. Harmonics measurement circuit diagram: 1. Power supply, 2. Supply (intermediate) transformer, 3. Measurement current transformers, 4. Measurement voltage transformers, 5. Harmonics analyzer/power analyzer, 6. Transformer under test.

3 RESULTS AND DISCUSSION

The high voltage (HV) winding resistance, no-load power losses and no-load current are measured with the same power analyzer and a universal unimeter. The results are shown in Table 1, which also provides some of the basic transformer data.

Table 1. Measured and calculated parameters of the examined distribution transformers

Rated power (kVA)	Vector group	HV winding resistance at 16°C (Ω)	HV winding resistance at 75°C (Ω)	No-load current I_0 (%)	No-load current I_0 (A) at 10.237V	No-load measured losses P_0 (W)
160	Yzn5	40.37	49.86	0.11	0.00992	292
400	Dyn5	13.73	16.96	0.14	0.01823	617
1000	Dyn5	4.53	5.59	0.12	0.03907	1180

The voltage and current waveforms for the first transformer (160kVA), obtained with the power analyzer, together with the total harmonic distortions are shown in Fig. 4 and Fig. 5 respectively.

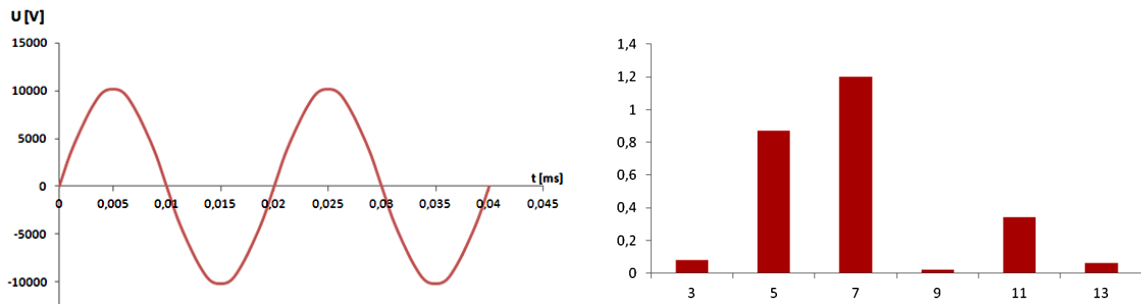


Figure 4. Primary voltage waveform (left) and voltage harmonic spectrum (right) for 160kVA transformer at $U_{10}=10.237V$

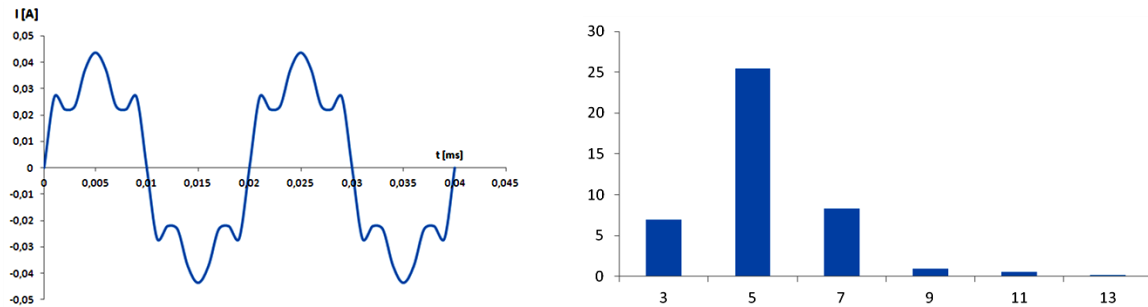


Figure 5. Primary current waveform (left) and current harmonic spectrum (right) for 160kVA transformer at $U_{10}=10.237V$

From Fig. 4 and Fig. 5 can be discussed that the total voltage harmonic distortion is highest for the 7th and the 5th harmonics, although they are within the limits allowed by standards ($< 5\%$, [6]). The triple voltage harmonics are mitigated, while the 11th harmonic is slightly greater than the 9th. The voltage does not experience significant waveform distortions and it is very close to the ideal sine wave. For the entire measured harmonic spectrum $THD(U)=1.3\%$.

On the other hand, the no-load current harmonics exceed the allowed limits: the 5th harmonic as the highest and the 7th are distorted more than the limit of 8% [6]. The total current distortion is $THD(I)=28.0\%$, which can be discussed from two different perspectives. Since the root mean square value of the no-load current is very small ($< 0.01A$), the measured distortion is most likely not to cause any significant troubles to the power grid. However, this distortion increases the losses in the transformer core, and can cause protection relays reaction unless they are properly configured. All high order current harmonics above the 7th are difficult to be measured, therefore they can be disregarded in the calculations.

In Fig. 6 and Fig. 7 are shown the waveforms of the voltage and no-load current for the second transformer (400kVA) and the harmonic spectrums respectively.

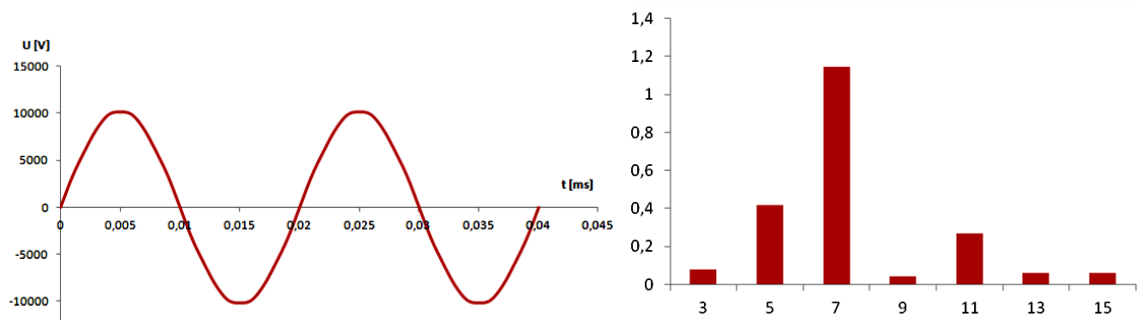


Figure 6. Primary voltage waveform (left) and voltage harmonic spectrum (right) for 400kVA transformer at $U_{10}=10$.

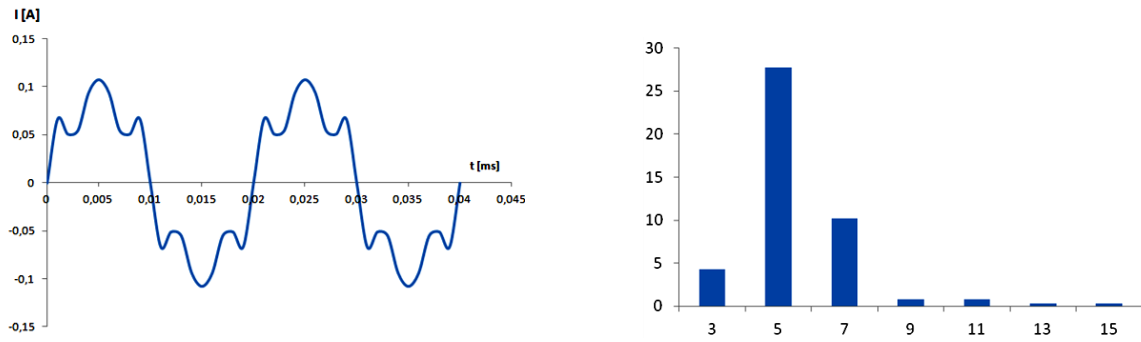


Figure 7. Primary current waveform (left) and current harmonic spectrum (right) for 400kVA transformer at $U_{10}=10.237V$

The situation is similar to the previous case. Total voltage distortion is $THD(U)=1.25\%$, and the highest harmonic components are the 7th and the 5th. All of these distortions are within the standard limits, which is not the case with the no-load current. The total distortion is $THD(I)=29.85\%$, and the highest harmonic components are the 5th and the 7th.

The third transformer (1000kVA) also showed similar results. The waveforms and the harmonic spectrum distributions for primary voltage and no-load current are shown in Fig. 8 and Fig. 9 respectively. The voltage waveform is almost ideal, with a distortion of only $THD(U)=1.27\%$, with the 7th harmonic being the highest. The no-load current again is significantly distorted, with $THD(I)=27.3\%$, and the 5th and the 7th harmonic components being the highest.

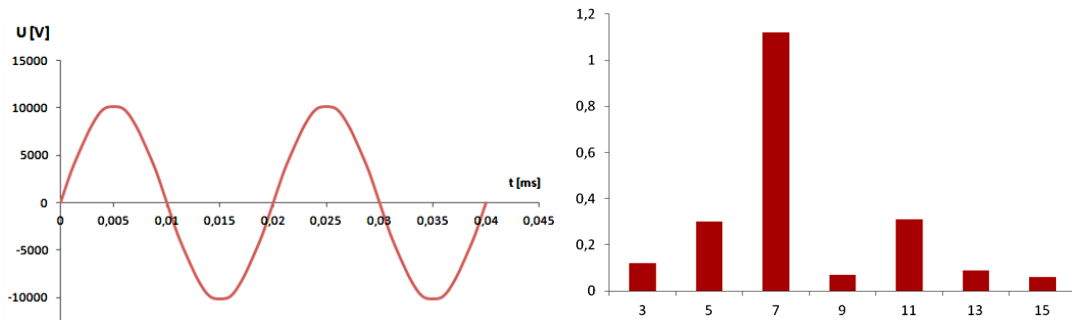


Figure 8. Primary voltage waveform (left) and voltage harmonic spectrum (right) for 1000kVA transformer at $U_{10}=10$.

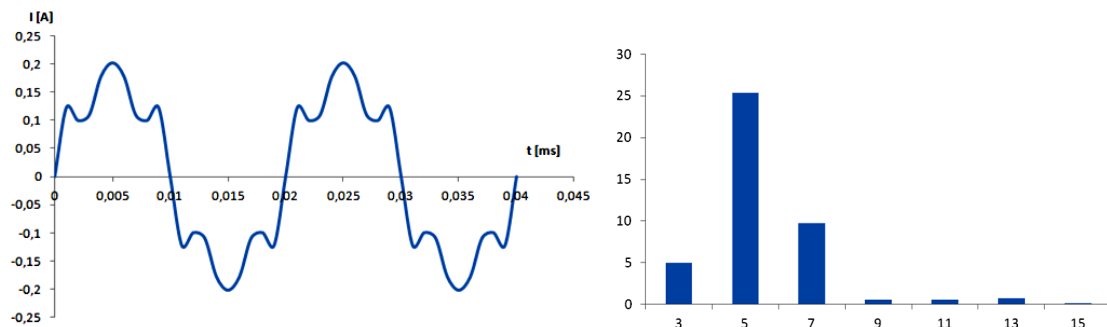


Figure 9. Primary current waveform (left) and current harmonic spectrum (right) for 1000kVA transformer at $U_{10}=10.237V$

Three phase transformer's vector group has an important impact on the harmonic spectrum. When the primary windings are delta (D) connected, the triple harmonics are restricted to flow only within the phase windings, and hence they will not appear in the line currents. However, they might increase the winding temperature above the allowed limits, and much attention must be paid. This also refers to the voltage harmonics. In star (y) connection, the neutral point can be grounded, therefore

providing no path for the triple harmonics. They flow through the neutral line to the ground, and are not reflected on the other side of the transformer [7].

In the recent years much attention is paid to the transformer no-load losses by the customers. That led to creating a special standard for transformer losses reduction, EN 50464-1 [8]. According to this standard, distribution transformers up to 2500kVA depending on their no-load losses can be classified in 5 categories, and each of them has particularly specified the value of no-load losses, as shown in Fig.10. From these measurements can be concluded that tested transformers belong to Co category, and actually show smaller losses than guaranteed, which is on the right way to reaching even greater energy efficiency.

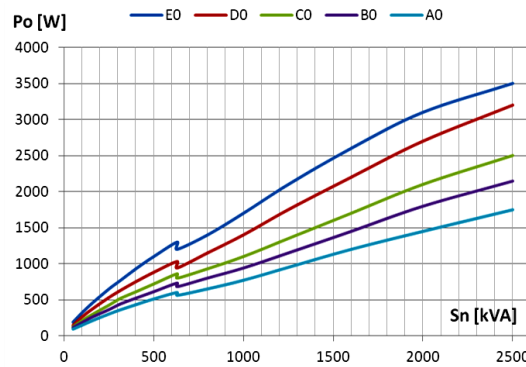


Figure 10. Transformer no-load losses classification according to EN 50464-1

4 CONCLUSION

In this research the voltage and current waveforms and harmonic distortions were analyzed for three different three-phase distribution transformers, operating at no-load conditions. The measurement of harmonic spectrum was done with a power quality analyzer during the standard no-load test. According to the expected theoretical assumptions, the voltage waveform is almost ideal sine wave, experiencing slight distortions of about 1.25-1.3%. The highest high order harmonics in the spectrum were noticed to be the 7th and the 5th. Due to the vector group of the transformers, the triple harmonics are mitigated. The no-load current showed notable total harmonic distortion of about 28%. The waveforms were almost exactly the same, regardless of the rated power. This was due to the 5th harmonic being most dominant in the spectrum, and then the 7th and the 3rd. Although these currents might not be a threat to the power system, they increase transformer no-load losses, which are constant regardless of the load.

5 REFERENCES

- [1] Daut I., Hasan S., Taib S. "Magnetizing Current, Harmonic Content and Power Factor as the Indicators of Transformer Core Saturation". Journal of Clean Energy Technologies, Vol. 1, No.4, October 2013, pp.304-307.
- [2] Digalovski M., Najdenkoski K., Rafajlovski G. "Impact of Current High Order Harmonics to Core Losses of Three-Phase Distribution Transformer". EuroCon 2013, Zagreb, Croatia, 1-4 July 2013. pp. 1531-1535.
- [3] Rao N.M., Mandal M., "Distribution Transformers – Impact of Harmonics, Estimation of Losses and Life-Expectancy and Mitigation of Ill Effects", NTPC Electric Supply Company Ltd.
- [4] Desai R., Patel A., Gupta V., "Identification of Various Internal Faults of Transformer Based on No-load Current Analysis", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Vol. 2, Issue 2, February 2012, pp.222-226.
- [5] Odoglu H. "Transformer Tests", Balikesir Elektromekanik Sanayi Tesisleri A.S., June 2009.
- [6] IEEE Recommended practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems 519-2014, IEEE Power and Engineering Society, August 2014.
- [7] Baghzouz Y., Gong X.D., "Analysis of Three-Phase Transformer No-Load Characteristics". IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 10 No. 1, February 1995, pp. 18-26.
- [8] European Standardisation for Transformer Losses Reduction EN 50464-1, 2007.

Симона Домазетовска
Машински факултет, Скопје
simona.domazetovska@hotmail.com

ИСКОРИСТУВАЊЕ НА ОБНОВЛИВИ ИЗВОРИ НА ЕНЕРГИЈА ПРЕКУ ТОПЛИНСКИ ПУМПИ ВО СИСТЕМИ ЗА ГРЕЕЊЕ И КЛИМАТИЗАЦИЈА

КУСА СОДРЖИНА

Топлинските пумпи претставуваат нов современ начин за производство на топлина / студ во системите за греење и климатизација. Тие се ефтин и еколошки чист начин на греење. Топлинските пумпи ја користат енергијата од нискотемпературен топлински извор, кој што претставува неискористлива топлина во однос на температурата на околината, чиј извор може да биде : бунарска вода, вода од река, геотермални води, надворешен воздух... Најефикасен и најприменлив топлински извор во околината на Скопје претставува бунарската вода, која што покрај нејзината застапеност, се карактеризира со константност на температурата.

Топлинските пумпи се составени од четири главни компоненти: испарувач, компресор, кондензатор и пригушен вентил. Основниот процес кој ја објаснува нивната работа е левиот Карнотов циклус. Како ладилен флуид се користи R-407C кој не ја разорува озонската обвивка, но влијае на ефектот на стаклена градина. Општа карактеристика на топлинските пумпи е дека добиената топлинска енергија е 3 до 4 пати поголема од потрошената електрична енергија за погон на компресорот. Постојат повеќе типови на топлински пумпи : вода-вода, вода-воздух и воздух-воздух.

За греење и климатизација во склоп со топлинските пумпи се како најпамятно решение се користи клима-комора со вентилоконвектор, кои што се опремени со фреквентни регулатори и целосна автоматска контрола. При инсталирање на овој систем за греење/ладење основна задача е да се обезбеди потребно и рамномерно загревање/ладење на просторот, при различни климатски услови, за релативно кус временски период со примена на стандарди (европски стандард EN 12831).

Клучни зборови: *систем за греење/ладење, нискотемпературен топлински извор, бунарска вода.*

1 ВОВЕД

Топлинските пумпи претставуваат нов современ начин за производство на топлина / студ во системите за греење и климатизација. Терминот и патентирањето на топлинските пумпи се актуелизира во далечната 1927 година. Статистичките податоци говорат дека до 2010 година, на светско ниво се инсталирани над 800 милиони топлински пумпи.

Тие се ефтин и еколошки чист начин на греење. Топлинските пумпи ја користат енергијата од нискотемпературен топлински извор, кој што претставува неискористлива топлина во однос на температурата на околината, чиј извор може да биде : бунарска вода, вода од река,

геотермални води, надворешен воздух... Најефикасен и најприменлив топлински извор во околината на Скопје претставува бунарската вода, која што покрај нејзината застапеност, се карактеризира со константност на температурата. Општа карактеристика на топлинските пумпи е дека добиената топлинска енергија е 3 до 4 пати поголема од потрошената електрична енергија за погон на компресорот.

2 ВИДОВИ ТОПЛИНСКИ ПУМПИ

Изворот на топлина кај топлинските пумпи може да биде: земја, вода или воздух. За постигнување на ефектот ладење/греење, одземената топлина независно дали е тоа од земја, вода или воздух, се предава на работниот медиум во системот за ладење/греење. Од овде следуваат и основните изведби на топлински пумпи, а тоа се: земја/вода, вода/вода и воздух/вода.

Во изборот на топлинските пумпи, постојат повеќе фактори кои придонесуваат за да се дефинира топлинскиот извор. Во предвид се зема системот на грејна инсталација, видот на изолација, просторот за кој тој уред е потребен итн.

Како најдобар топлински извор се смета подземната вода, поради тоа што таа има многу добри карактеристики, има висок специфичен топлински фактор, кој што е задолжен за добиената топлина. Подземната вода, има интересни својства, таа има константна температура, која што се движи од 12 до 15 °C. Подземната вода во текот на годината најчесто има температура од 8-13°C, што овозможува користење на топлинската пумпа во најладните денови со максимален греен капацитет. Бунарската вода оладена за 4-5°C мора да се води во бунар на оддалеченост од 15 до 20 метри од всисниот бунат во правец на течење на подземните води.



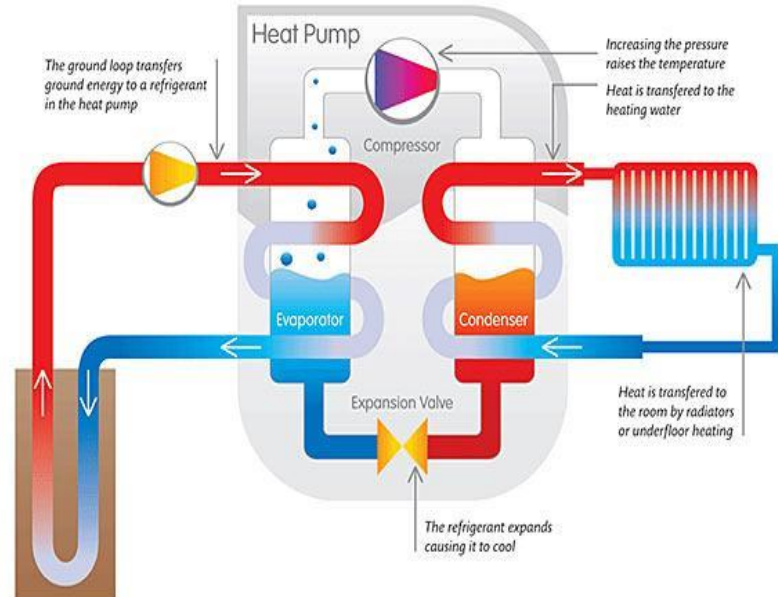
слика 1. Циклус на топлинска пумпа

3 СОСТАВ НА ТОПЛИНСКИ ПУМПИ

Топлинските пумпи се составени од четири главни компоненти и тоа :

- Испарувач
- Компресор
- Кондензатор

○ Пригушен вентил (капиларна цевка)



слика 2. Составни делови на топлинска пумпа

Основниот процес кој ја објаснува работата на топлинските пумпи е левиот Карнотов циклус. Процесот на топлинските пумпи се одвива на следниов начин: нискотемпературниот топлински медиум се носи низ цевки до испарувачот, каде што медиумот почнува да испарува, односно да ја покачува својата температура под дејство на ладилен флуид. Од тука, медиумот со покачена температура оди во компресорот каде што се покачува притисокот. Со притисокот почнува да се покачува и температурата. Од тука, топлината се пренесува на грејното тело, а од кога ќе помине низ грејното тело таа се кондензира во кондензатор. Од кондензаторот, топлинскиот медиум поминува низ експанзионен вентил, каде што се намалува притисокот, и медиумот повторно се враќа во првобитната состојба и е спремен за повторно искористување. Како ладилен флуид најчесто се користи R-407C кој не ја разорува озонската обвивка, но влијае на ефектот на стаклена градина.

Системите со топлинска пумпа се користат за греење на објектите во зимски период и ладење во летен период.

3.1 Зимски режим – греење

Проектни климатски услови:

Надворешни услови - зима: температура $t = -15^{\circ}\text{C}$, релативна влажност = 80%

Внатрешни услови $t = 20 \div 25^{\circ}\text{C}$

Топлинските пумпи ја користат енергијата од нискотемпературен топлински извор (неискористлива топлина во однос на температурата на околината – енергија) која може да биде бунарска вода, вода од река, геотермални води, отпадни топли води, топли гасови од индустриски процеси или воздух од околината.

Одземената топлинска енергија ја подигнуваат на повисоко ниво погодно за греење. Топлинската енергија од нискотемпературниот топлински извор во испарувачот на топлинската пумпа се предава на ладилниот медиум кој одземајќи ја топлинската енергија испарува. Од испарувачот, ладилниот медиум се води во компресорот, каде му се зголемува притисокот, а слободно на тоа и температурата. Кондензирајќи ја предава топлинската енергија загревајќи најчесто вода. Водата се носи во грејните тела или во клима комората каде го загрева воздухот.

3.2. Летен режим - ладење

Проектни климатски услови:

Надворешни услови - лето: температура $t = 35^{\circ}\text{C}$, релативна влажност = 35%

Внатрешни услови $t = 20 \div 25^{\circ}\text{C}$

Во летниот период постројката се користи за ладење на воздухот во објектите. Во овој случај водата се лади во испарувачот на постројката, која потоа во топлинскиот изменувач го лади воздухот кој се внесува во просторот.

4 ГЕОТЕРМАЛНИ ПУМПИ

Еден од најефикасните и најеколошки начини за загревање на еден објект е со помош на геотермална пумпа. Геотермалната пумпа ја има таа способност да од ниско температурни извори (како што се подземната вода и земјата) да ја извлечи енергијата и да ја покачи на повисоко ниво потребно за загревање на објектите. Геотермалните пумпи се делат според начинот на изведба на две групи: изведба со греење со отворен и изведба на греење со затворен круг. Разликата е тоа што кај изведбата на греење со отворен круг како извор на енергија се користи подземната вода, додека кај изведбите со затворен круг се користи топлината од земјата.

Енергетската ефикасност на една геотермална пумпа (COP) е четири. Со други зборови за секој потрошен киловат електрична енергија со помош на геотермалната пумпа се добиваат четири киловати топлина. За најдобри резултати се препорачува употреба на геотермални пумпи кај објекти кои се со добра термичка изолација. Времето на поврат на инвестицијата доколку се вградува во објект кој е добро изолиран е околу 5 години. Друга одлика на геотермалните пумпи е тоа што речиси и да не е потребно нивно одржување и имаат долг век на трааење. Работат тивко, не ја загадуваат околината и дефектите се реткост доколку се квалитетно инсталирани.

Главен недостаток и веројатно единствена причина зошто се ретко застапени е почетната инвестиција која се враќа за период од 5 до 10 години. Најисплатливо е ако се вградува кај нови градби и да се испланира целиот систем пред да се почни да се гради. Доколку се планира да се имплементира кај постоечки градби инвестицијата е нешто поголема а со тоа и времето на поврат на инвестицијата.

Предности на користење на топлинската пумпа се:

- Единствено решение за греење, ладење и потрошувачка на топла вода
- Висока искористеност на енергија и заштеда на трошоците за греење
- Мал простор за сместување на уред
- Тивка работа, без емисија на издувни гасови
- Нема директна емисија на CO_2
- Помала потрошувачка на енергија во споредба со котли на гас, струја и цврсто гориво.

5 ПРИМЕНА НА ТОПЛИНСКИ ПУМПИ

Топлотните пумпи користат обновливи извори на енергија (вода, воздух, сонце) и при тоа директно влијаат на намалување на количината на штетни гасови CO_2 , како и на намалување на потрошувачката на енергија. Имено, од еколошки и енергетски аспект се комплетно прифатливи за таргетите кои ги има поставено Европската унија, но и Македонија - намалување на штетните гасови за 20%, намалување на потрошувачката на енергија за 20% и користење на обновливата енергија во вкупниот енергетски биланс на една земја со 20% до 2020 година.

Овозможуваат голем комфор за корисникот, нивното користење е крајно едноставно, трошоците за одржување се ниски и не бараат секојдневна посветеност како кај останатите

конвенционални системи за греење (пелети, дрва, нафта). И секако со користењето на топлотните пумпи се овозможува и ладење на предвидениот простор, што со користење на друг конвенционален извор на загревање не е можно, односно потребни се дополнителни инвестиции за обезбедување на други системи за ладење на просторот.

Во Европа процентот на вградени топлотни пумпи во новите објекти се движи и до 35% од вкупните системи за греење (гас, градско греење и др.). Во Македонија ц.ц. 75% од населението како извор за греење користат дрво, 13% струја, и ц.ц. 12 % користат централно греење (градско и индивидуално). Според мене, причините за ваквата состојба е секако релативно ниската куповната моќ на нашите граѓани, но и недоволната информираност на јавноста за бенефитите од користењето на топлотните пумпи.

Најдобар начин за искористување на топлината добиена од топлинските пумпи е климатизацијата да се врши со клима комора и вентило конвектор. Во централната клима комора надворешниот воздух се подготвува до параметрите на внатрешната состојба, а вентило — конвекторите го покриваат вкупното топлинско оптоварување (од внатрешни и надворешни извори на осетна и латентна топлина) . Поради заштеда на енергија вентилаторите на клима комората ќе бидат опремени со фреквентни регулатори и целосна автоматска контрола. Клима комората исто така ќе биде опремена со плочест рекуператор на топлина комплетиран со автоматски регулатори за овозможување на by-pass режим на работа. При инсталирање на овој систем за греење/ладење основна задача е да се обезбеди потребно и рамномерно загревање/ладење на просторот, при различни климатски услови, за релативно кус временски период со примена на стандарди (европски стандард ЕН 12831) кои што служат за стандардизирано и правилно проектирање по норми и стандарди.

6 ЗАКЛУЧОК

Топлинската пумпа е уред со чија помош топлотната енергија од една седина се префрлува на друга. Со тој пренос се троши помалку енергија и добиваме ефикасно ладење и греење. Топлинската пумпа ја претвара акумулираната енергија од воздухот, земја или вода, во топлинска енергија, а со тоа спаѓа во најбезбеден начин на греење. За разлика од останатите извори на греење, со топлинските пумпи ослободени сме од непријатен мирис, чад и нечистотија. Топлинската пумпа е најсигурниот начин на иновативно греење. Користењето на оваа пумпа е едно од решенијата со кое би се замениле течните горива со домашните извори на енергија. Топлинската пумпа е уред кој топлинската енергија од ниски температурни нивоа ја претвора во високо температурно ниво, со помош на додатна енергија (електрична енергија) со удел 1/3 до 1/5 од добиената топлотна енергија.

Топлинските пумпи се ефикасен уред каде има комбинација од заштеда на трошоци и еколошко производство на енергија. Целта на овој систем на греење е да ја користи само електричната енергија за погон на компресорот. Во изборот на топлинските пумпи, постојат повеќе фактори кои придонесуваат за да се дефинира топлинскиот извор. Во предвид се зема системот на грејна инсталација, видот на изолација, просторот за кој тој уред е потребен итн.

7 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Симона Домазетовска, „Проект за греење, ладење и вентилација на деловен објект“, Дипломски труд- МФС, Скопје, 2016, стр. 55-62.
- [2] Топлинска пумпа, <http://www.termosistem.com.mk/toplinska-pumpa/> , 21.11.2016.
- [3] „Геотермални пумпи“, <http://energetskaefikasnost.info/geotermalni-toplinski-pumpi> , 23.11.2016.
- [4] Stefan Samsalovic, „Toplotna pumpa“, Smeits, 2009.

ИСПИТУВАЊЕ НА ЕФИКАСНОСТА НА СОЛАРНИ ПАНЕЛИ ПРИ РАЗЛИЧНИ АМБИЕНТАЛНИ ТЕМПЕРАТУРИ

Ментор:

Емил Петковски, Иван Темелковски

Проф. д-р Живко Коколански

Апстракт

Сончевите панели, како современи извори на енергија, секојдневно доживуваат сè поголем подем и развој. Овие системи, иако не користат енергија произведена од класични (фосилни) извори на енергија, имаат огромен потенцијал за надминување и на најголемите енергетски проблеми, па затоа истите се земени како предмет на проучување на ова истражување.

Производството на електрична енергија со помош на сончеви панели и колектори, претставува, како еден од најприфатливите за животната средина, така и најеколошки начин за снабдување со електрична енергија. Освен тоа, сончевите панели се погодни и за местата кои се лоцирани на голема оддалеченост од електродистрибутивната мрежа, како и за непристапните места. Сепак, за произведената енергија да биде доволна за да ги задоволи потребите за потрошувачите, потребно е нејзино рационално искористување.

Токму затоа, секогаш треба да се стреми кон максимално искористување на електричната енергија којашто се произведува. Во таа насока, во овој труд се разгледуваат влијанијата на амбиенталната температура врз ефикасноста на процесот на фотоволтаичната конверзија, при што добиени се резултати кои помагаат да се дојде до вистинска проценка која ќе овозможи најрационално добивање електрична енергија.

Притоа, треба да се напомене дека покрај експерименталната реализација, процесот се анализираа и со помош на LabVIEW-симулација. Употребата на системот за мониторинг е препорачлива за да се знае количеството енергија која е произведена од фотоволтаичниот систем во реално време, како и за да обезбеди вистинската прогноза за тоа како ефикасноста на процесот на конверзијата ќе се промени во текот на времето со промена на температурата.

На крај, треба да се нагласи дека во овој труд се испитуваат температурните карактеристики на три комерцијални примероци на фотоволтаични панели чија примена е декоративно ноќно осветлување. Иако производителот не дава никакви каталошки податоци за панелите, истите ќе се предмет на експериментална анализа, со што, врз основа на добиените резултати, ќе се изведе заклучок за нивните спецификации.

Клучни зборови: Амбиентална температура, енергетска ефикасност, фотоволтаичен панел, виртуелна инструментација

1. Вовед

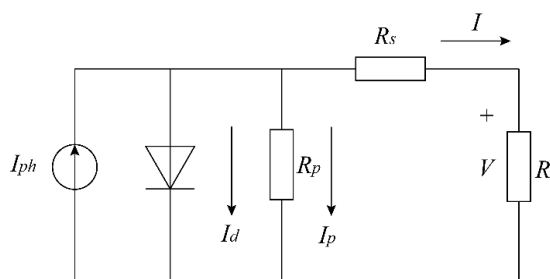
1.1. Сонцето како обновлив извор на енергија. Поим за фотоволтаичен панел.

Фотоволтаичниот генератор најчесто се состои од голем број независни модули - панели. За да се добие потребната моќност и напон, секој панел се состои од повеќе ќелии кои се врзуваат сериски и паралелно. Директното конвертирање на соларната енергија во електрична, се добива преку т.н. **фотоволтаичен ефект**. Овој ефект се користи само кај полупроводници кои формираат p-n спој. При

осветлување на овие полупроводници доаѓа до создавање на парови електрон-шуплини и генерирање електрична струја.

1.2. Математички модел на фотоволтаичен генератор

Во електричните кола, симбол за фотоволтаичните ќелии е диодата, која се комбинира со струен генератор и отпорници, онака како што е прикажано на слика 1.



Слика 1. Еквивалентна електрична шема на фотоволтаична ќелија

Струјниот генератор, всушност, е аналогија на сончевото зрачење, додека отпорниците: R_s – електрична отпорност на водови, R_p – внатрешна отпорност на еквивалентниот струен генератор и R – потрошувач. Од шемата на сл. 1 произлегува основната равенка за моделот на струјно-напонската карактеристика на ќелија:

$$I = I_{ph} - I_0 \left(e^{\frac{q(V+R_s I)}{nkT_c}} - 1 \right) - \frac{V + R_s I}{R_{sh}} \quad (1)$$

каде што I_0 е струјата на заситување на ќелијата [A], V е излезниот напон [V], $q=1.6 \cdot 10^{-19}$ C е полнежот на електронот, $k=1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K е Болцмановата константа, n е коефициентот на идеалност на p-n спојот, T_c е работната температура на ќелијата [K]. Работната температура може да се пресмета со следново равенство:

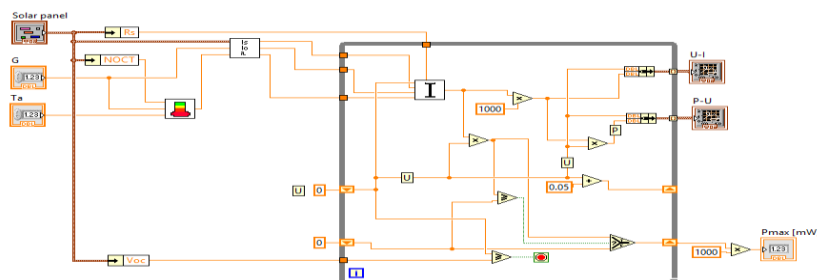
$$T_c = \frac{T_{noct} - 20}{80} G + T_a \quad (2)$$

каде T_{noct} е номиналната работна температура [K], G е интензитетот на сончевото зрачење [W/m^2] и T_a е амбиенталната температура [K].

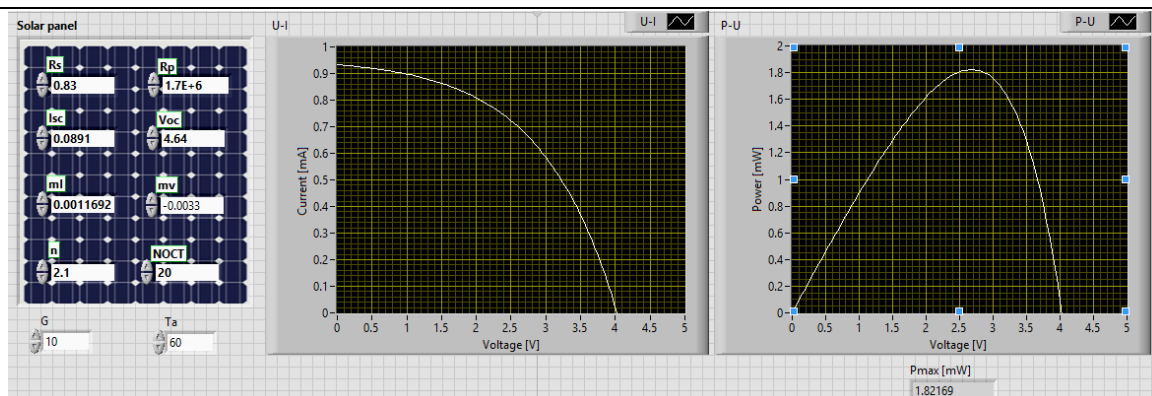
2. Опис на симулацијата во LabVIEW

Поради недостиг на каталожки податоци, одредени претпоставки за карактеристиките на фотоволтаичните ќелии беа направени на база на мерењата извршени на истите. Овие карактеристики се искористени како влезни податоци во симулацијата во LabVIEW.

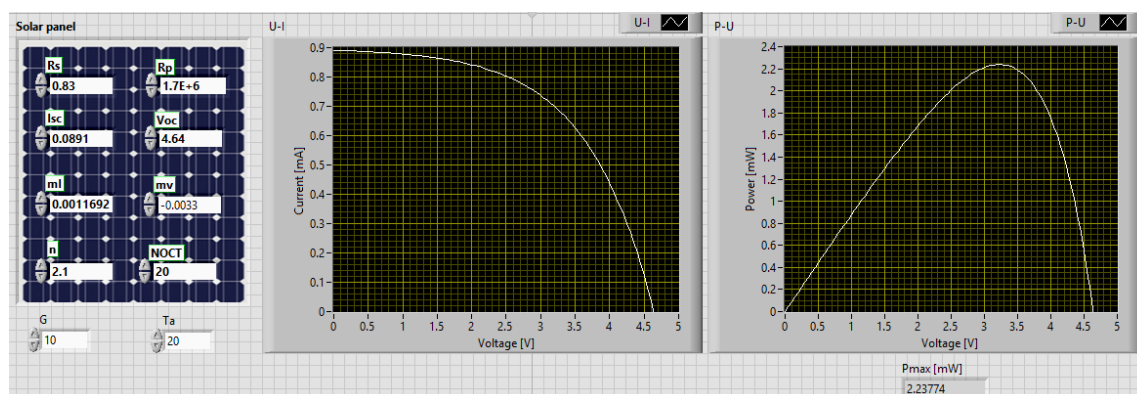
На слика 2 е претставен блок-дијаграмот на виртуелниот инструмент во LabVIEW направен за потребите на овој труд.



Слика 2. Изглед на блок-дијаграмот на виртуелниот инструмент во LabVIEW



Слика 3. Изглед на струјно-напонската карактеристика добиена со помош на LabVIEW



Слика 4. Изглед на зависноста на моќноста од напонот на фотоволтаичните ќелии добиена со помош на LabVIEW

На сл. 3 и сл.4, претставени се графичите за струјно-напонската карактеристика и зависноста на моќноста од напонот на фотоволтаичните ќелии како и максималната моќност на ќелиите. Како што ќе може да се види понатаму во трудот овие криви малку се разликуваат од кривите добиени при експериментално мерење на ќелиите на различна температура. Дополнително, вредноста добиена за максималната моќност во оваа симулација се разликува за помалку од 1% од точните вредности добиени при мерења за било која температура во мерениот интервал.

3. Експериментални мерења и дискусија

Со цел да се добие јасна претстава за влијанието на температурата врз ефикасноста на соларните панели, во продолжение, детаљно е опишана мерната постапка и користените инструменти.

3.1. Опис на мерната постапка

Откако ќе се измери осветленоста на фотоволтаичниот панел со помош на луксметар (модел MASTECH MY-68), по време на стабилизација од 10 минути, ќе се утврди дека осветленоста во рамнината на фотоволтаичните панели изнесува $E=2229 \text{ lx}$. Амбиенталната температура на панелите се контролира со помош на температурна комора тип Binder. Експериментот е вршен во температурен опсег од $10\text{--}60^\circ\text{C}$ со чекор од 10°C . На секоја температура следува период на стабилизација од 10 min по кој се вршат отчитувањата на мерните инструменти. Извршено е мерење на следните параметри: напонот при отворено коло, како и за струјата на куса врска. Притоа, за да може да се менува отпорноста на потрошувачот, во електричното коло се приклучува и декаден отпорник. За тоа време, се усвојуваат одредени вредности на кои ќе се нагоди отпорникот, а потоа, постапно, со помош на мултиметрите (кои се од моделот MASTECH) се отчитуваат вредностите на измерените струи и напони при различни отпорности во колото. Постапката се повторува за уште пет вредности на температурата. Така, од табелата 1 јасно може да се воочи дека температурата има значително влијание врз вредностите на напоните и струите кои се отчитуваат со мултиметрите, а со тоа и врз ефикасноста на самиот соларен панел.

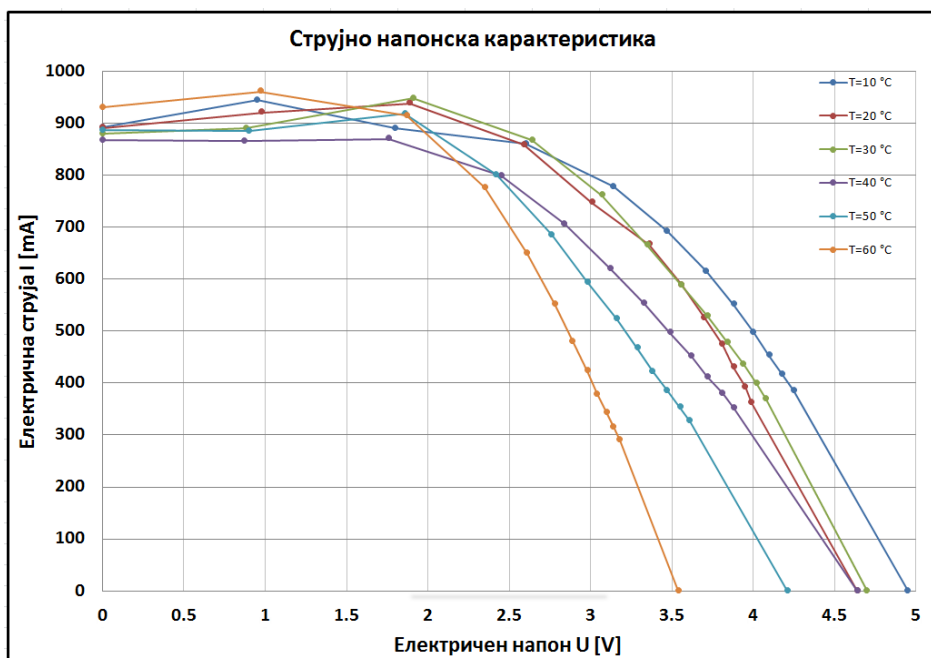
3.2. Резултати од мерењата

Зголемување на температурата на фотоволтаичниот панел доведува до намалување на максималната моќност којашто може да се извлече од тој панел, како и до намалување на напонот на отвореното коло. Струјата на куса врска останува константна или малку се менува со промена на температурата. Овие промени може да се забележат на табелите и графициите. За илустрација, напонот на отворено коло при температура на фотоволтаикот од 10 °C изнесува $U_{oc} = 4,95 \text{ V}$, а максималната моќност изнесува $P_{max} = 2,44292 \text{ mW}$ додека за температура од 60 °C, $U_{oc} = 3,54 \text{ V}$, додека $P_{max} = 1,823 \text{ mW}$.

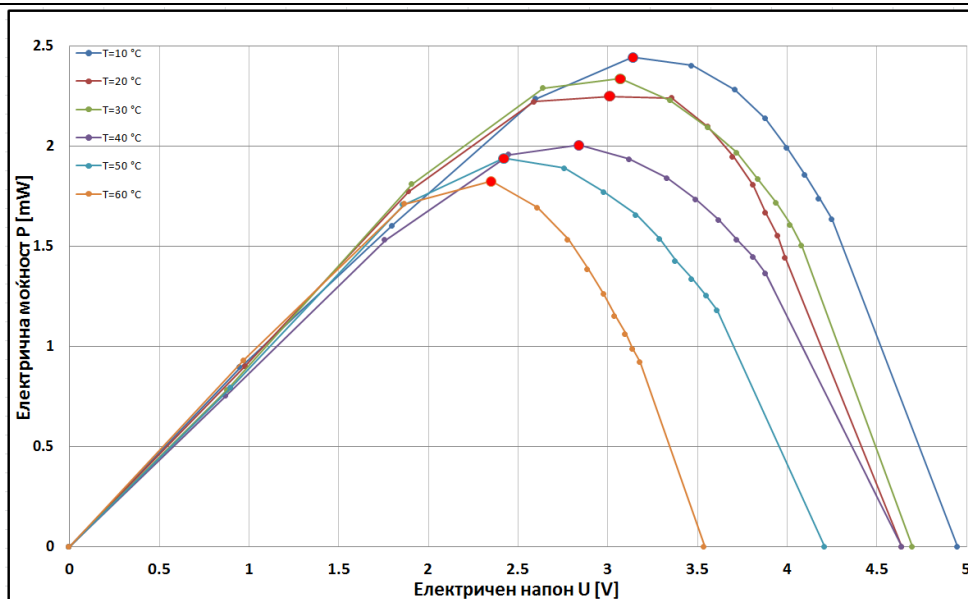
T=60 C			
Rp (kΩ)	U (V)	I (μA)	P (mW)
0	0	930	0
1	0.97	961	0.9322
2	1.87	915	1.7111
3	2.35	776	1.8236
4	2.61	649	1.6939
5	2.78	552	1.5346
6	2.89	480	1.3872
7	2.98	423	1.2605
8	3.04	379	1.1522
9	3.1	343	1.0633
10	3.14	315	0.9891
11	3.18	290	0.9222
inf	3.54	0	0

T=10 C			
Rp (kΩ)	U (V)	I (μA)	P (mW)
0	0	892	0
1	0.95	944	0.8968
2	1.8	890	1.602
3	2.6	860	2.236
4	3.14	778	2.4429
5	3.47	692	2.4012
6	3.71	615	2.2817
7	3.88	551	2.1379
8	4	498	1.992
9	4.1	453	1.8573
10	4.18	416	1.7389
11	4.25	385	1.6363
inf	4.95	0	0

Табела 1. Споредба на добиените резултати од мерењата при две различни температури



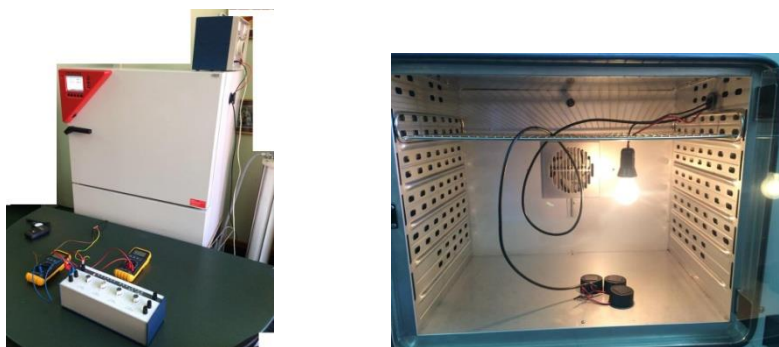
Слика 2. Графички приказ на струјно-напонската карактеристика на испитуваниот фотоволтаичен панел



Слика 3. Графички приказ на точките на максимална моќност за различни температурни криви

3.2. Опис и технички карактеристики на мерните инструменти

На слика 4-а даден е приказ на мерните инструменти со кои се извршени експерименталните мерења.



Слика 4. Приказ на на условите и мерните инструменти со кои се врши експериментот

Температурна комора (тип: BINDER). За да може да се спроведат мерењата при различни температури, беше искористена комората од типот BINDER (види сл. 4-б) со чија помош се доловија различните амбиентални услови.

Мултиметар. За отчитување на вредностите на напонот и струјата во мерењата, употребен е мултиметарот од типот MASTECHMY-68(види сл.5-а).



Слика 5. Приказ на мултиметарот, луксметарот и декадниот отпорник кои беа употребени при мерењата

Луксметар. За да се добие вредноста на интензитетот на сончевото зрачење, во овој труд искористен е луксметар од фирмата MASTECH, тип MS6610, како што е прикажано на сл. 5-б.

Декаден отпорник. Декадниот отпорник кој е употребен при мерењата е прикажан на слика 5-в и истиот има улога на оптоварувањето во електричното коло кое е напојувано од струјниот генератор.

Како што веќе погоре беше кажано, при различни вредности на оптоварувањето, се добиваат различни вредности за излезниот напон и излезната струја.

3.3. Грешки при мерењата

За дигиталниот волтметарсо кој е направено мерењето дадени се каталожките вредности за апсолутната грешка во форма: $\Delta = (A_{pv}\% + B_{dig})$, како што е дадено со табелата 2.

	Мерно подрачје	Резолуција	Грешка
Еднонасочен напон (DC)	326 mV	0.1mV	$\Delta = \pm(0,5\%_{однок.} + 2dig)$
	3.26 V	1mV	$\Delta = \pm(0,3\%_{однок.} + 2dig)$
	32 V	10mV	$\Delta = \pm(0,3\%_{однок.} + 2dig)$
	326 V	0.1V	$\Delta = \pm(0,3\%_{однок.} + 2dig)$
	1000V	1V	$\Delta = \pm(0,5\%_{однок.} + 2dig)$

Табела 2. Каталожки вредности за апсолутната грешка за дигиталниот волтметар

Кога дигиталниот мултиметар, пак, има улога на амперметар, неговите каталожките вредности се зададен со следнава табела:

	Мерно подрачје	Резолуција	Грешка
Еднонасочна струја (DC)	326 μ A	0.1 μ A	$\Delta = \pm(1,2\%_{однок.} + 3dig)$
	3260 μ A	1 μ A	$\Delta = \pm(1,2\%_{однок.} + 3dig)$
	32.6 mA	10 μ A	$\Delta = \pm(1,2\%_{однок.} + 3dig)$
	326 mA	0.1 mA	$\Delta = \pm(1,2\%_{однок.} + 3dig)$
	10A	10 mA	$\Delta = \pm(2,0\%_{однок.} + 5dig)$

Табела 3. Каталожки вредности за апсолутната грешка за дигиталниот амперметар

Ако се земат предвид вредностите на струјата и на напонот при кои се добива максимална моќност од спроведените мерења, односно ако се земе дека $U = 3, 14 \text{ V}$, а $I = 778 \text{ mA}$, лесно може да се одреди апсолутната грешка, како и сведената грешка на инструментот. Притоа, за дигиталниот волтметар се добива:

$$\Delta = \pm \left(\frac{0,3}{100} \cdot 3,14 + 2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \right) = 11,42 \text{ mV}$$

$$\gamma = \frac{\Delta}{U_{mp}} \cdot 100 = \frac{11,42 \text{ mV}}{3,26 \text{ V}} \cdot 100 = 0,35\%$$

За дигиталниот амперметар, пак, се добива:

$$\Delta = \pm \left(\frac{2}{10000} \cdot 778 + 5 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \right) = 5,16 \text{ mA}$$

$$\gamma = \frac{\Delta}{U_{mp}} \cdot 100 = \frac{5,16 \text{ mA}}{10 \text{ A}} \cdot 100 = 0,05\%$$

3.4. Краток осврт на добиените резултати

Треба да се напомене дека, фотоволтаичниот панел користен во овој труд е со непознати спецификации. Меѓутоа, врз основа на добиените податоци и резултати, направен е обид со кој фотоволтаичниот панел кој им беше даден на располагање на експериментаторите се класифицира врз основа на неговите карактеристики, кои се од исклучителна важност за истиот. Така, ако се земе предвид дека монокристалните силициумови панели може да произведат 140 W – 200 W електрична енергија од 1000 W/m² сончево зрачење, како и ако се земат предвид добиените резултати, може да се констатира дека станува збор токму за овој вид панели.

Од спроведените мерења, како и од добиените резултати апсолутната грешка и за класата на точност на мултиметарот, може да се заклучи дека добиените резултати не се сосема точни, но, сепак, истите може да се земат како индикатор за конечните резултати, како и за заклучоците коишто може да се изведат од истражувањето. Притоа, дополнително, треба да се напомене дека при експериментите занемарено е влијанието на влажноста на воздухот, што исто така придонесува врз крајниот исход од испитувањата, а со тоа и врз крајните резултати коишто се добиваат.

Дополнително, симулацијата во LabVIEW којашто беше претставена во овој труд се покажа како веродостојна во однос на измерените параметри на фотоволтаичните ќелии. Тоа значи дека за ваков тип на панели оваа симулација би можела да се искористи за предвидување на напонот и на максималната моќност којашто може да се произведе при различни амбиентални температури.

4. Заклучок

Од досега изложените факти во овој труд, како и од добиените резултати од мерењата коишто беа извршени, лесно може да се забележи дека температурата е од големо значење за електричната енергија којашто се добива од фотоволтаичните панели. Така, за максимално искористување на сончевата енергија, потребно е да се внимава на повеќе услови во кои се одвива конверзијата, затоа што во спротивно ќе се добие електрична енергија којашто е значително под очекуваната вредност.

И сосема на крај, како белег на овој труд, може да се заклучи дека спроведените мерења, како и нивните анализи претставуваат „жив“ сведок дека ефикасноста на сончевите панели е тесно поврзана со температурата.

5. Благодарност

Авторите на овој труд би сакале да изразат голема благодарност на вработените во **Институтот за електротехнички материјали и електрични мерења при Факултетот за електротехника и информациски технологии во Скопје** за огромниот придонес што го дадоа при реализацијата на сите експерименти и мерења, а со тоа и за реализацијата на испитувањата кои се предмет на истражување во овој труд. Исклучителна благодарност до ИЕМЕМ се упатува и за сите мерни инструменти и апарати кои ги овозможуваат на располагање за целите на ова истражување.

6. Користена литература

- [1] Б. Велковски, Д. Пејовски, Систем за снимање струјно-напонска карактеристика на фотоволтаичен генератор преку Arduino Leonardo “.
- [2] JatinNarotam Sarvaiya, Bharath Seshadri, „*Temperature Dependent PV Efficiency*“, PV Asia Pacific Conference.
- [3] Бобан Јакимовски, „Ефикасност на соларен панел со користење систем за автоматско следење на Сонцето“, ФЕИТ-Скопје.
- [4] Modestas Pikutis, Dominykas Vasarevičius, Romanas Martavičius, „The influence of temperature of photovoltaic modules on performance of solar power plant”
- [5] M. Zdravkovic´, A. Vasic´, C´. Dolic´anin, K. Stankovic´, P. Osmokrovic, „Temperature Effects on Photovoltaic Components Characteristics”

Ц. ПАМЕТНИ МРЕЖИ И СИСТЕМИ ЗА АВТОМАТИЗАЦИЈА НА ОБЈЕКТИ

Стефани Радевска

Факултет за електротехника и информациски технологии – Скопје, УКИМ

stefani.radevska@gmail.com

ПАМЕТНА МРЕЖА - ОСНОВЕН КОНЦЕПТ

КУСА СОДРЖИНА

Инфраструктурата на глобалната електрична мрежа која не служи повеќе години, брзо ги достигнува своите ограничувања поради зголемената побарувачка на електрична енергија која се зголемува се повеќе секоја година. Оваа зголемена побарувачка ја прави електричната мрежа да биде повеќе подложна на испади, со што веќе нема да успее да ги задоволи барањата на крајните корисници кои користат се пософистицирани крајни уреди. За да се реши овој предизвик енергетската заедница започнува да ги спојува информатичките и комуникациските технологии со енергетската инфраструктура, со што му овозможува на електричниот систем да стане „паметен“ со цел да може да го мониторира и менаџира производството, складирањето, преносот, дистрибуцијата и потрошувачката на електричната енергија.

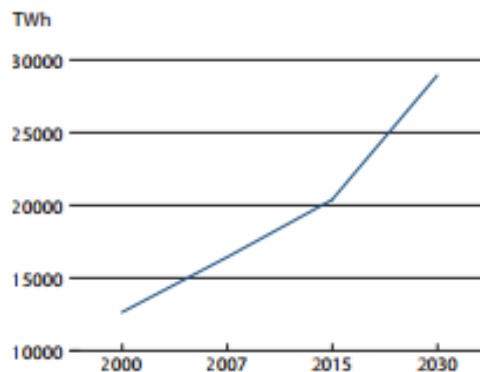
Во овој труд ќе бидат разгледани паметните мрежи, кои може да се дефинираат како иновативна инфраструктура на електричната мрежа која ќе има подобрена ефикасност, сигурност и безбедност, со непречена интеграција на обновливите извори на енергија, преку автоматска контрола и комуникациски технологии. Ќе биде разгледан концептот на паметните мрежи кој се состои од : инфраструктура за напредно мерење, оптимизација на мрежа, домашни мрежи, одговор на побарувачка и возила до мрежа, односно хибридни електрични возила.

Целосно имплементирани, паметните мрежи ќе бидат составени од многу делови како паметни мерачи, далноводи, контролори, но ова нема да се случи одеднаш. Паметните мрежи се развиваат дел по дел во текот на оваа деценија, како и наредната. Се очекува да ја донесат истиот вид на трансформација на начинот на живеење како што ја донесе Интернетот.

Клучни зборови: *паметна мрежа, паметни мерачи*

1 ВОВЕД

Традиционалните енергетски системи се базираат на централизирано генерирање на енергија, кое после тоа се пренесува до крајните корисници преку унидирекциони трансмисиони системи за дистрибуција. Недостаток на овие системи е тоа што електричната енергија мора да биде конзумирана штом е генерирана, заради ова системите имаат проблеми во периоди кога има најголема побарувачка на енергија во одреден период на денот. Општествата имаат се поголема побарувачка на електрична енергија. Помеѓу 2000 и 2007, глобалната побарувачка за електрична енергија, во просек, се зголемувала за 2.5% секоја година, и ова зголемување продолжило за наредните години. До 2030 година се очекува да се зголеми до 30.000 TWh за една година.



Слика 1 Глобална побарувачка на електрична енергија

Дополнително овие системи ќе треба да се спојат со обновливите извори на енергија, како ветерот, соларните панели, биогоривата и други. Новите паметни мрежи мора да се опремени со напредни комуникации и информатички технологии, за да може да следат, анализираат и да ги организираат ресурсите соодветно со побарувачката на електрична енергија.

Паметните мрежи ќе обезбедат повеќе електрична енергија, ќе ја зголемат енергетската ефикасност, сигурноста и квалитет на снабдување на истата. Ќе бидат способни да ја редуцираат емисијата на јаглерод диоксид и други загадувачи. Со помош на мониторингот кај паметните мрежи ќе се избегнуваат нарушувањата како што е губењето на електрична енергија. Тие имаат потенцијал да интегрираат нови технологии за да овозможат складирање на електрична енергија, а со тоа и да се зголеми употреба на електрични возила. Бидирекциона комуникација ќе им овозможи на корисниците да имаат пристап до цените во реално време, со што ќе имаат подобро управување на енергијата со зависност од цената. На тој начин паметните мрежи им дозволуваат на корисниците да заштедат енергија со можност да ја продадат назад на мрежата доколку нив не им е потребна.

2 КОНЦЕПТ НА ПАМЕТНА МРЕЖА

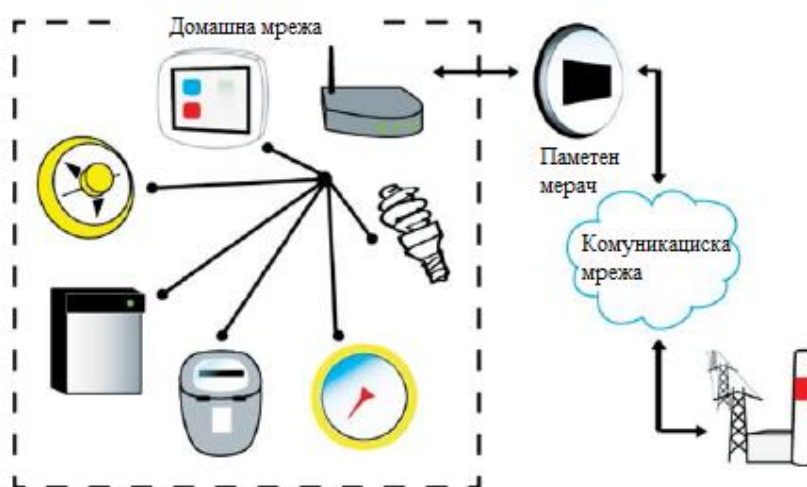
Тоа што обичната мрежа ја прави паметна е новата дигитална технологија која дозволува комуникација во двата правци, помеѓу корисниците и мрежата, како и мониторингот и сензорите за да се одржува мрежата стабилна. Паметната мрежа ќе се состои од контролери, компјутери, автоматизација и нови технологии и опрема кои ќе работат заедно со електричната мрежа за да одговори на брзо променлива побарувачка на електрична енергија. Придобивки од паметната мрежа се:

- Поефикасен пренос на електрична енергија
- Побрзо опоравување во случај на пречки
- Намалени операции и трошоци на претпријатијата, со цел да се намалат трошоците за струја на потрошувачите
- Зголемена интеграција на системите за обновливите извори на енергија
- Можност за складирање на електрична енергија преку хибридни електрични возила
- Вклучување на корисникот во мрежата, преку можноста да продава електрична енергија произведена од сопствени системи како соларни панели
- Подобрување на безбедноста

Главните апликации на паметната мрежа може да се поделат на: инфраструктура за напредно мерење, оптимизација на мрежа, домашни мрежи, одговор на побарувачка и возила до мрежа.

2.1 Инфраструктура на напредно мерење

Претставува целосно интегрирана, двонасочна комуникација која ќе ја направи мрежата динамичен и интерактивен систем за електрична енергија и ќе има размена на податоци во реално време. Во сегашните електрични мрежи се користат различни комуникациски технологии, но нема нивна целосна интеграција со соодветни брзини. За да биде најефективен, комуникацискиот протокол кој ќе биде интегриран во паметните мрежи, ќе мора да постигне универзалност, интегритет, едноставност за користење, ефикасност, стандарди и безбедност. Оваа инфраструктура се состои од три главни компоненти: паметни мерачи на страна на корисниците, комуникациска мрежа помеѓу корисникот и електричната мрежа и домашна мрежа која ќе биде поврзана со домот и паметниот мерач. Овие компоненти и овозможуваат на инфраструктурата да воспостави конекција меѓу домот и електричната мрежа, која ќе им овозможи на потрошувачите одговор на нивно побарување за цените на електричната енергија. Претпријатијата исто така ќе можат да добиваат информации за потрошувачите во реално време со што ќе им овозможи ефективно да управуваат со побарувачката и снабдувањето на електрична енергија.



Слика 2 Инфраструктура на напредно мерење и домашна мрежа со паметен мерач

Паметниот мерач треба да ги извршува следниве три функции : следење на потрошената електрична енергија, да пристапува до уреди прикачени на домашната мрежа и да ја контролира потрошувачката на електрична енергија. Оваа контрола е особено важна во случај кога побарувачката го надминува лимитот на снабдена електрична енергија, што може да биде закана за прекин на услугите.

Паметните мерачи се слични по големина и инсталација како и веќе постоечките електрични мерачи, видливата разлика е дигиталниот панел на паметниот мерач.



Слика 3 Паметен мерач (лево) и постар електромеханички мерач (десно)

2.2 Оптимизација на мрежа

Преку оптимизација на мрежата, претпријатијата ќе бидат во можност да ги предвидат грешките и да посочат на местата каде што има веројатност да се случи прекин, и со тоа да ја пренасочат енергијата околу нарушувањата и загушувањата низ мрежата со цел да се максимизира ефикасноста. Главните придобивки се намалување на бројот на испади во мрежата, подобро искористување на изворите, намалување на трошоците и поголема безбедност. Како и со инфраструктурата за напредно мерење и оптимизацијата на мрежата вклучува хардвер, софтвер и комуникациска мрежа. Најголемиот проект за оптимизација на мрежа е од Болдер, Калифорнија наречен XCel Energy's SmartGridCity, во кој биле инсталирани уреди за мониторинг на повеќе од 4600 трансформатори и 4 подстанции, и биле инсталирани 200 милји кабел од оптички влакна за да се овозможи на компонентите на мрежата да комуницираат. Претпријатијата очекуваат до 30% намалување на загубите поради оптималните перформанси на системот.

2.3 Домашни мрежи

An illustration of a smart home. A two-story house with a brown roof and blue shutters is shown. The house has solar panels on the roof and a smart meter on the side. A yellow car is parked in the driveway, connected to a charging station. A smart meter is also shown on the right side of the house. The house is surrounded by green trees and a blue sky.

54

Оваа мрежа му овозможува на корисникот да ја следи динамичната цена на електричната енергија, со што му дозволува да си закажува кога да ги уклучува уредите. Исто така му овозможува на корисникот да продаде електрична енергија што ја има произведено и складирано од сопствен извор, како на пример од соларни панели, на мрежата доколку има таква потреба.

2.4 Одговор на побарувачка

Во случај на период кога има максимална потрошувачка на енергија, претпријатијата праќаат барање до некои корисници да ги исклучат или да ја намалат потрошувачката на енергија. Претпријатијата со овие корисници се во некој вид на договор во кој има компензација меѓу двете страни. Со помош на паметните мрежи и знаењето во реално време за состојбата на мрежата, овие барања може да се автоматизираат и да бидат поефективни. Со паметните мерачи корисниците сега ќе имаат можност преку нив да се приклучат на овој вид на договор. Вредноста на овој одговор на побарувачка ќе се зголеми многу повеќе кога обновливите извори на енергија ќе зафатат поголем дел од мрежата, бидејќи на тој начин претпријатија ќе можат да побараат од корисниците да ја продадат својата складирана енергија, доколку не ја употребуваат.

2.5 Возила до мрежа

Со развојот на хибридни електрични возила се разви нова можност за складирање на електричната енергија. Автомобилските батерии може да се искористат за складирање на енергијата кога е таа ефтина и после таа да се продаде кон мрежата назад. Комуналните претпријатија може да ги искористат батериите за снабдување на енергија на мрежата кога е потребно во кризни периоди.

3 ЗАКЛУЧОК

Паметните мрежи нудат многу можности, како за претпријатијата така и за крајните корисници, потрошувачите, да ја контролираат потрошувачката на енергија со помош на напредната мерна инфраструктура и бидирекционата комуникација во реално време. Исто така нуди можности за зголемување на интеграцијата, а со тоа и употребата на обновливите извори на енергија, што им овозможува на крајните корисници да произведуваат своја електрична енергија, да ја складираат и потоа да имаат можност да ја продадат назад во мрежата, во момент кога има потреба. Преку мониторирањето паметната мрежа ќе ги избегнува можните испади и проблеми, како и да им го доближи крајните корисници доставувањето на цените во реално време, со цел тие самите да одлучат кога да ги уклучат уредите. Паметните мрежи се сеуште во својот почетен развој, но се очекува да го променат начинот на живеење, бидејќи тие ќе ја намалат искористеност на електрична енергија, со што ќе се намалат трошоците на корисниците, а во исто време ќе овозможи подобрување на сигурноста, безбедноста и намалување на емитурањето на ефектот од стаклената градина.

4 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Vehbi C. Gungor, Dilan Sahin, Taskin Kocak, Salih Ergüt, Concettina Buccella, „*Smart Grid Technologies : Communication Technologies and Standarts*“
- [2] Kerry Schlichting, „*Energy Smart Technologies in the Evolving Power System*“, фебруари 2016
- [3] Dirk Schlesinger, Wes Frye, Christian Feisst, „*Smart Grid, The Role of Electricity in Reducing Greenhouse Gas Emissions*“, Cisco Internet Business Solutions Group, Октомври 2015
- [4] Christian Hicks, „*The Smart Grid Where We Are Today and What the Future Holds*“

Наталија Тасевска¹¹ Факултет за електротехника и информациски технологии – Скопје, УКИМ
tasevska_natalija@hotmail.com**АНАЛИЗА НА ПРИДОБИВКИТЕ ОД ПАМЕТНИ МРЕЖИ ПРЕКУ
КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПАМЕТНА КУЌА****АПСТРАКТ**

И покрај сите напори, производството на електрична енергија во светот сè уште во голема мера зависи од фосилните горива кои што имаат штетно влијание врз околината. За да се минимизираат емисиите на јаглерод диоксид во атмосферата, а да се максимизира количеството на произведена енергија, неопходно е во електроенергетскиот систем да се интегрира енергијата од ветерниците, сончевите панели и останатите обновливи извори, ама производство на енергија од овие извори е нестабилно и испрекинато, што предизвикува дисбаланс на енергетската мрежа и јавува проблеми во дистрибуцијата кои ги прават досегашните енергетски мрежи некомпетентни за иднината. Целта на овој труд е да го дефинира поимот „паметни мрежи“ и да укаже на придобивките од нив за енергетската ефикасност и одржливиот развој, преку анализа на карактеристиките на паметна куќа. Паметните мрежи, покрај енергија, пренесуваат и информации што овозможува постојана комуникација меѓу производителот и потрошувачот на електрична енергија. На овој начин паметните мрежи обезбедуваат подобра прегледност на дистрибуираната и произведената енергија и можат активно да управуваат со побарувачката и производството, односно да го регулираат производството во зависност од побарувачката, што ги прави енергетски ефикасни и економски исплатливи.

Клучни зборови: *автоматизација, дистрибуирано производство, пренос на енергија, сензори, паметна куќа*

Abstract

Despite all the efforts, electrical energy production in the world still depends a lot on fossil fuels which have hazardous impact on the environment. In order to minimize carbon dioxide emissions in the atmosphere and to maximize the amount of produced energy, integrating energy from wind turbines, solar panels and other renewable resources in energy distribution systems is required, but the energy production from these resources is unstable and intermitted which causes imbalance of the energy grid and problems with the distribution, that makes today's energy grids unsuitable for the future. The purpose of this work is to define the concept: "smart grids" and to show the benefits from them for the energetic efficiency and the sustainable development, by analyzing the characteristics of smart houses. Smart grids transmit not only energy, but also information which provides constant communication between the producer and the consumer of electrical energy. This allows them to provide a more accurate usage of distributed and produced energy; also they can regulate the producing in dependence of the consumption which makes them energy efficient and cost effective.

Key words: *automation, distributed production, energy transmission, sensors, smart house*

1 ВОВЕД

Постоечките енергетски мрежи се погодни за пренесување на електрична енергија произведена од големи електрани, ама не се соодветни да се изборат со производството на

енергија од обновливи извори кое што е нестабилно, непрекинато и зависи од низа услови, ниту пак можат да одговорат на постоечките идеи за паметни куќи и паметни градови кои се важен концепт на иднината во поглед на енергетската ефикасност и одржливиот развој. Изградбата на нови електродистрибутивни системи би чинела милијарди евра, затоа целта е да се извлече што е можно повеќе од веќе постоечкиот преносен систем, а тоа е возможно со т.н. паметни мрежи. Паметна мрежа е всушност физичка мрежа чијшто секој дел е поврзан со компјутер што овозможува пренесување на енергија, ама и пренесување на информации, односно двонасочна комуникација меѓу електраните и потрошувачите. Електродистрибуцијата врз основа на остварената комуникација и прибраните податоци донесува заклучок каде и колкаво количество електрична енергија е потребно. Ваквата поврзаност меѓу производителите и корисниците овозможува функционирање на паметните куќи како концепт на модерно домаќинство чијашто автоматика се прилагодува на моменталната активност, расположението, навиките и животниот стил на нејзините корисници, а притоа се остварува енергетска заштеда.

Интеграцијата на паметни уреди и паметни мрежи, односно интегрирање на соодветен софтвер во физичката мрежа и апаратите кои што секојдневно се користат им овозможува на потрошувачите активно да ја управуваат и контролираат енергијата која ја користат. Затоа „паметните“ куќи претставуваат уште еден начин да се живее поефикасно. Во основа паметна куќа се состои од поврзана инфраструктура од енергетски ефикасни и контролирани уреди кои меѓусебно комуницираат и разменуваат информации, што овозможува флексибилно, автоматско извршување на процеси кои во поинаков случај би се извршувале рачно, а ова ја подобрува енергетската ефикасност и безбедноста и пружа соодветен комфор во секојдневниот живот. Всушност „паметна куќа“ е нов концепт кој ги спојува корисниците и снабдувачите со енергија на начин кој што е удобен, економски исплатлив и добар за животната средина.

2 ЕЛЕМЕНТИ НА ПАМЕТНА КУЌА

Идејата на паметна куќа е таа да може да дејствува самостојно, т.е. да одлучува сама за себе преку константно следење на процесите кои се одвиваат во неа со поставување на системи со повратни врски кои ќе го мониторираат однесувањето на елементите во неа и врз основа на тоа и на претходно напишаната програма ќе ги принудат да преземат соодветна акција. Тоа е возможно ако паметната куќа е поврзана на паметна мрежа која постојано го следи текот на енергијата.

Дизајнирањето на паметна куќа се сведува првенствено на инсталирање на енергетски ефикасен систем за затоплување и осветлување на домот и енергетски ефикасни апарати за домаќинството, а подоцна се работи на редуцирање и оптимизирање на времето во кое тие работат. Паметните куќи прават единствена, децентрализирана мрежа која се состои од повеќе помали микропроцесорски контролери кои вклучуваат и исклучуваат различни уреди и праќаат и примаат информации од мрежа. Системот за автоматизација го сочинуваат сензори, прекинувачи, локални контролери и еден централен контролер, односно процесорски елемент кој управува со целиот систем.

Сензори се уреди чија цел е детектирање на настани или промени во околината и креирање соодветен излезен сигнал за истите. Во зависност од намената на системот можат да се користат најразлични сензори, како што се: сензори за детектирање на човечко присуство, на движење, на температурна промена, на светлина и сл.

Прекинувачите што се користат кај паметните куќи праќаат информација на мрежниот систем за промена на својата состојба. Потоа централниот контролер во соработка со контролерот поврзан со некој уред (на пр.: обична сијалица) го прима тој сигнал, го препознава и врз основа на тоа презема одредена акција (на пр.: ја исклучува сијалицата) со помош на локалниот контролер, при што тој ја презема улогата на прекинувач. Иако целиот процес делува како во него да учествуваат два прекинувачи, сепак не е покомплициран туку е пофлексибилен. На овој начин се овозможува во еден период еден прекинувач да се користи за една функција (на пр.: вклучување лампа), а во друг период може без никакви физички промени да се репрограмира за да извршува некоја друга функција (на пр.: исклучување на

надворешното светло). Вмрежувањето на уредите во куќата се остварува со посебни водови, што овозможува да се користат постоечките инсталации, односно автоматизирање на веќе постоечки објект. Меѓутоа во поново време ваквото вмрежување најчесто се прави со блутут технологија.



Сл. 1: Елементи на паметна куќа

Автоматизирани системи се контролираат со специјални уреди кои се всушност придружни елементи на системот кои се активираат со екрани на допир или таблети, а можат да бидат контролирани и со далечински контролери, што овозможува управување со нив и без физичко присуство на човек во објектот, преку апликации инсталирани на паметните телефони.

Мрежата која ги поврзува сите овие системи овозможува целиот објект да се однесува како организиран, хомоген систем во кој ограничувањата ги поставуваат само фантазијата и способностите на креаторот на софтверот кој управува со сите процеси. Сепак постојат група дефинирани правила – стандарди според кои се автоматизира објект. Најпознати се: LonWorks, Konnex и X-10.

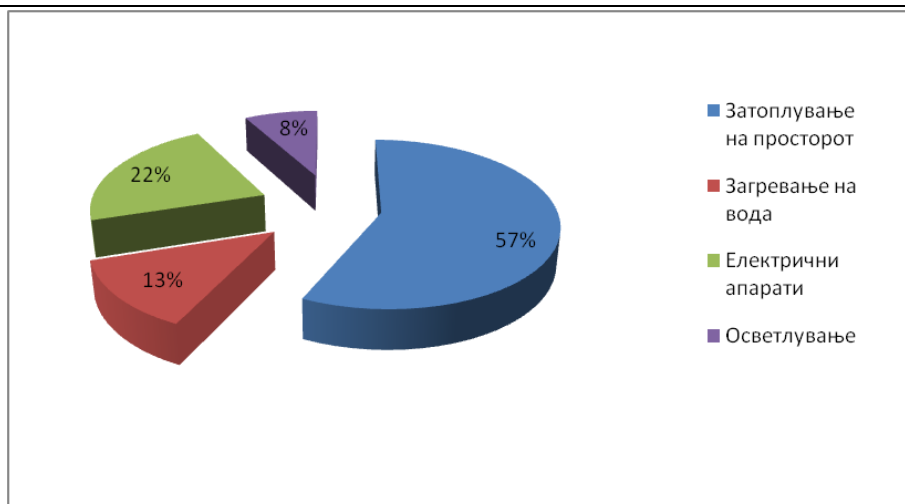
3 МЕРКИ ЗА ПОДОБРУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКАТА ЕФИКАСНОСТ ПРЕКУ АВТОМАТИЗАЦИЈА

За да се подобри енергетската ефикасност на објект се преземаат пасивни и активни мерки. Пасивни мерки се: локација и поставеност на градбата, топлинска изолација на надворешните ѕидови и покривот, поставеност на прозорците и квалитет на стаклата, тип на материјали што се користат за градба и сл. Активните мерки опфаќаат активно менаџирање на енергијата и нејзино искористување тогаш е потребна. Вистински енергетски ефикасните куќи интегрираат комбинација од пасивни и активни мерки со цел креирање на хармонични системи кои ја штедат енергијата преку најразлични методи.

Структура на потрошувачката

Потрошувачката на енергија во едно домаќинство зависи од квадратурата на просторот, бројот на простории кои се затоплуваат, бројот на членови во семејството, нивниот начин и стил на живот, електричните апарати кои се користат и од преземените пасивни и активни мерки за заштеда на енергија.

Според податоците најголем процент од потрошената енергија кај просечно Македонско семејство со четири члена и простор за живот со површина од 60m² отпаѓа на затоплување на домот.



Сл. 2: Структура на потрошувачката на просечно семејство

Ќе разгледаме како влијае врз енергетската ефикасност на еден приватен објект интегрирањето на интелигентна технологија во:

- систем за затоплување на домот
- систем за загревање на вода
- систем за осветлување
- електрични апарати

3.1 Автоматизирање на системот за затоплување на домот

На нашите простори најзастапени енергенси за греење се дрвото и електричната енергија која иако важи за скап енергенс, доста се користи затоа што истата нуди голем комфор (нема чистење на печките, нема ложење, не се потребни посебни простории за складирање на огревниот материјал итн.). Средствата одвоени за затоплување на електрична енергија можат да варираат во зависност од употребата на грејните тела. Меѓутоа независно од тоа, за загревање на стан од 60m² кој се загрева на електрична енергија годишно треба да се одвојат од 21 000 до 30 000 денари, додека за греење на дрва околу 19 800 денари.

За да се намалат средствата потрошени за затоплување на домот неопходно е порационално искористување на енергијата предвидена за овој процес. За таа цел се инвестира во добра изолација и во автоматизирање на системите за затоплување што ја редуцира потрошувачката на енергија. Пред да се инсталира автоматизираниот систем за контрола на системот за затоплување се прави соодветно планирање т.е. се одредува кои простории ќе се затоплуваат, во кој дел од денот ќе се затоплуваат и на која температура. Пресметките покажуваат дека со намалување на температурата за 1 °C трошоците можат да се намалат дури до 6%. Погодно е собата за дневен претстој да се загрева само кога има луѓе во неа, спалната соба да се грее само навечер или рано наутро кога е зафатена. Нема потреба температурата во спалната соба и во ходниците да биде толку висока како температурата во дневната соба, ниту има потреба бањата и кујната да се загреваат постојано. Висината на температурата во секоја просторија одделно се дефинира во зависност од комфорот на корисникот, сепак според светската комисија за здравство температура од 18°C е најпогодна за здрави соодветно облечени луѓе. Така што за дневниот претстој најпогодна е температура од 18-19 °C, за спалната соба – 15 °C, кујна -17 °C, ходници – 16 °C, при што просечната температура во куќата изнесува 16,75 °C. Исто така може да се дефинираат неколку временски режими на работа на системот (на пр.: од 6 -9 h COMFORT – пред корисниците да заминат на работа/училиште, од 9 - 15h STAND BY – кога потрошувачката на енергија е намалена, под претпоставка дека дома нема никој, од 15 - 22h COMFORT, од 22 - 6h ECONOMY – кога нема потреба дневната да се загрева, а температурата во останатите простории е спуштена на минимум).

Прв чекор кон автоматизирање на систем за затоплување на домот е инсталирање на термостат кој константно ја мери разликата меѓу посакуваната и моменталната температура и во зависност од резултатот управува со системот чија што крајна цел е одржување на постојана температура во просторијата. Дополнително се инсталираат сензори за детектирање на движење кои овозможуваат греењето да се исклучи, ако во просторијата не е забележано движење одреден временски период (на пр.: пет минути за бања, четириесет минути за дневен престој) чија големина зависи од стилот на живот на корисникот. Најефикасни се локализираните интелигентни системи за затоплување, односно такви кои што можат да ја контролираат температурата на секоја соба одделно. Овие системи се управуваат далечински, преку апликација на паметните телефони.

За ова автоматизирање да има смисла во поглед на енергетската ефикасност треба да се води сметка и за системите за затоплување кои се користат. Предност има користењето на панелни радијатори или клима инвертери. Клима инвертерите работат на принципот на топлотни пумпи, давајќи повеќе топлина од потрошена електрична енергија. Топлинските пумпи се уреди кои одземаат топлина од една средина (воздух, вода, земја) и ја предаваат на средина со повисоко температурно ниво. Тие се најекономични затоа што за потрошена енергија од 1kWh се добива топлинска енергија од 3kWh, бидејќи 2 kWh се одземени од околниот воздух, што не е случај со останатите уреди кои произведуваат онолку топлина колку што трошат енергија, т.е. во однос 1:1. Освен тоа работата на компресорот кај инвертер технологијата се прилагодува на постигнатата температура - како се постигнува бараната вредност, потрошувачката и бројот на вртежи се намалуваат.

Друга мерка е автоматизирање на системот за засенчување со што се овозможува автоматско отворање на ролетните преку ден за да се искористи топлинската енергија на сонцето, а во поскапите варијанти се поставуваат паметни стакла кои под дејство на светлина стануваат транспарентни и ја пропуштаат светлинската и топлинската енергија.

Ако се земат предвид сите мерки за заштеда на енергија, почнувајќи од локацијата и поставеноста на објектот, изолацијата преку која се спречуваат мајоритентни загуби на топлината, користење на енергетски ефикасни уреди за загревање и комплетно, автоматизирање на системот за греење, возможно е да се заштеди дури до 40% од вкупната енергија што се користи за затоплување на домот.

3.2 Автоматизирање на системот за загревање на вода

Системите за загревање на вода се автоматизираат така што се вклучуваат и исклучуваат во зависност од потребата, притоа најефикасно е да се инсталираат соларни колектори за загревање на вода или да се користи вишокот на енергија од топлинските пумпи. Контролата на соларните системи може да овозможи да нема потреба од користење на помошен уред напојуван со гас или електрична енергија, кој стапува во работа тогаш кога нема доволно сончево зрачење или потребата од топла вода е поголема.

3.3 Автоматизирање на системот за осветлување

Автоматизирањето на системот за осветлување се изведува на најразлични начини. Една опција е централно исклучување на сите светла кога се напушта објектот. Сценското вклучување и исклучување на функционално и внатрешно осветлување влијае врз подобрување на моментното расположение. Возможно е вклучување/исклучување на надворешни светла во зависност од заоѓањето/изгревањето на сонцето. Меѓутоа детектирањето на човечко присуство и вклучување на осветлението само тогаш, и тоа во зависност од количината на природно светло, најмногу влијае врз енергетската ефикасност. Во овие ситуации се користат сензори за движење кои ги исклучуваат светилките кога не детектираат присуство на луѓе. Тие можат да се комбинираат со временски сензори кои ги исклучуваат светилките после одредено време откако во просторијата не е детектирано движење, со давање приоритет на бањата и ходниците, каде што светилките најчесто остануваат заборавени. Друга мерка е поставување на системи за редуцирање на интензитетот на светлината, како што надвор станува посветло, светилката свети послабо, т.е. се користат т.н. димери – посебен вид

на прекинувачи кои можат да бидат управувани на допир или со далечинска контрола. За ваков тип на автоматизација да биде значаен за енергетската ефикасност пожелно е да се користат лед светилки кои имаат ниска потрошувачка на енергија и ослободуваат помалку топлина, а тоа влијае позитивно на системот за ладење на домот. Позитивно влијание има и регулацијата на ролетните и користењето на паметни стакла. Со правилна регулација на светилките и со употреба на енергетски ефикасни светилки може да се намали потрошувачката на енергија за осветлување дури до 50%, односно во бруто потрошувачката на електрична енергија од 4% до 10%, зависно од карактерот на корисникот.

3.4 Автоматизирање на електричните апарати

Автоматизацијата на апаратите за домаќинство е во поглед на нивно користење само тогаш кога се потребни. Притоа потребно е да се користат максимално енергетски ефикасни апарати од класа A++, A+ или A. Најголемо влијание врз енергетската ефикасност има редуцирање на времетраењето на работа на телевизорите и мониторите. Тие се програмираат да се исклучуваат целосно тогаш кога не се користат, наместо да одат во состојба на мирување (stand by) со што сметката за електрична енергија може да се намали дури до 15%. Според пресметките просечно домаќинство троши околу 3500 kWh електрична енергија, од која што 300 до 500 kWh отпаѓа на уредите на во состојба на мирување.

4 МОНИТОРИНГ НА ЕНЕРГИЈА

Најважен елемент од паметна кука е системот за мониторинг на енергија кој се користи во домаќинството со можност да се контролира вкупната потрошувачка на енергија како и енергијата што ја користи секој уред поединечно. Системите за мониторинг на енергија располагаат со податоци за потрошувачката на електрична енергија, моќноста, трошоците, надворешната температура, температурата на топла вода и проценетата емисија на стакленички гасови. Исто така системот може да биде конфигуриран да ја мери обновливата енергија генерирана од фотоволтаични системи или ветрогенератори и да покажува колкав дел од неа е предаден на мрежа. Притоа корисниците можат да пристапат до овие информации во реално време, а може да ги користат и податоците од претходна недела или месец. Системот за мониторинг на енергија сам по себе не штеди енергија, ама информациите со кои тој го снабдува корисникот се одлична алатка за да му помогнат на истиот да стане свесен за количината на потрошената енергија и да го смени своето однесување со цел да ги намали сметките. Со овие системи може да се забележи влијанието од оставање на апаратите во мирување или зголемено присуство на луѓе во домот врз вкупната потрошувачка на енергија. Според пресметките систем за мониторинг на електрична енергија може да ги редуцира вкупните трошоци за електрична енергија од 5% до 15%.

5 ЗАКЛУЧОК

Мерките за автоматизација на елементите на еден објект кои го прават истиот „паметен“ го олеснуваат животот и имаат значајно влијание врз целокупната енергетска ефикасност на одредена заедница, меѓутоа концептот на паметна кука не може да се замисли без паметни мрежи, односно без двонасочна комуникација меѓу корисниците и снабдувачите со електрична енергија која овозможува активно вклучување на корисникот во енергетската заштеда, така што придобивките од паметни куќи во исто време се и придобивки од паметни мрежи. Целта на паметните куќи како напредни автоматизирани системи е постојан мониторинг на текот на електричната енергија со што се дава можност на потрошувачот свесно да влијае врз редуцирање на своите трошоци чиј што краен исход е зголемување на енергетската ефикасност и намалување на потрошувачката на електрична енергија.

6 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://www.pcadvisor.co.uk/test-centre/digital-home/best-smart-thermostats-2016-3583499/>
- [2] <http://architectureau.com/articles/active-systems/>

- [3] <http://www.safewise.com/home-security-faq/how-does-home-automation-work>
- [4] https://www.smartgrid.gov/files/Smart_Grids_for_Dummies_201005.pdf
- [5] <http://www.smarthome.com/sc-what-is-x10-home-automation>

Стефан Борозан¹

¹ Факултет за електротехника и информациски технологии – Скопје, УКИМ

¹ stefan_borozan@hotmail.com

КОНЦЕПТИ НА ИНТЕЛИГЕНТНИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИ МРЕЖИ

КУСА СОДРЖИНА

Овој труд ја прикажува можната насока во која ќе се развиваат современите електроенергетски мрежи, а тоа е имплементација на интелигентните електроенергетски мрежи. Ова е труд заснован на истражувачка работа, чија цел е да се обезбеди вовед во концептите на интелигентните мрежи, да се привлече внимание на нивните предности и предизвици и да се истакнат важните предуслови за нивна идна примена во практиката.

Тргувајќи од потребите и идеите за промени во конвенционалните мрежни структури, во овој труд накратко е објаснето што всушност претставуваат интелигентни електроенергетски мрежи, а потоа се разјаснува зошто токму тие се најпопуларното решение. Потоа, е прикажан преглед на неколку концепти и трендови, како што се микромрежите, виртуелните електрични центри и интегрирањето на електрични возила. Покрај тоа, овој труд настојува да ги објасни функционалностите, управувањето и контролата на секој од горенаведените концепти на интелигентните мрежи, а притоа истакнувајќи го соодветното значење на потребата од интеграција на информациските и телекомуникациските технологии (ИКТ), како и на новите алгоритми за управување со постоечките електроенергетски мрежи.

И покрај информативната природа на трудот, сепак можат да се донесат некои заклучоци, имено за значењето на паметните и ИКТ технологии, промените кои следат како резултат на двонасочната размена на информации и енергија, како и на подобрената енергетска ефикасност која се должи на имплементирањето на интелигентните електроенергетски мрежи.

Клучни зборови: микромрежи, виртуелни електрични центри, електрични возила, ИКТ, ефикасност

1 ДЕФИНИЦИЈА НА ИНТЕЛЕГЕНТНИ МРЕЖИ

Електроенергетските системи (ЕЕС) се комплексни целини, кои се широко географски распространети и содржат огромен број на елементи. Тие, и по повеќе од стотина години развој, сè уште се усовршуваат со цел да се избегнат проблемите и да се одговори на предизвиците кои произлегуваат од постојаните иновации во технологијата, како и очекувањата на корисниците. Во последните десетина години, со појавата на интелигентни уреди, развојот на ЕЕС се стреми кон нова цел, а тоа е интегрирање на овие уреди со помош на ИКТ. Од ваквите размислувања потекнува концептот на интелигентни мрежи (ИМ), кој начелно подразбира множество технологии и опрема кои овозможуваат примена на нови концепти во функционирањето на ЕЕС.

Иако станува збор за концепт во развој, постојат поголем број на дефиниции на ИМ, кои се разликуваат зависно од фокусот на организацијата која ги дефинира. На пример

Европската комисија на неколку места нуди различна дефиниција, но најдетално објаснета и можеби најрелевантна е таа од Работната група за ИМ, која гласи:

„Интелигентни мрежи се електроенергетски мрежи кои можат на ефикасен начин да ги интегрираат однесувањето и активностите на сите корисници приклучени на мрежата, односно на производителите и потрошувачите, како и на оние кои се истовремено производители и потрошувачи, со цел да обезбедат економски ефикасен и одржлив ЕЕС со мали загуби, висок квалитет на електричната енергија и континуирано напојување“, [3]

Дефиницијата е од гледна точка на корисниците, при што точно опишува кои се тие и ги потенцира главните придобивки од примената на ИМ. Од друга страна, фокусот на дефиницијата на ИМ на здружението на инженери IEEE се технологиите кои ја овозможуваат нивната реализација:

„Интелигентните мрежи ги интегрираат технологиите од областа на електроенергетиката, комуникациите и информатиката за да се создаде усовершена инфраструктура за напојување со електрична енергија, притоа овозможувајќи услови за постојано менување и подобрување на апликациите кои се применуваат кај корисниците.“ [4]

Од претходно наведените дефиниции може да се заклучи дека ИМ обединуваат мноштво различни технологии, кои овозможуваат ефикасно користење на расположливите ресурси, континуирано напојување на потрошувачите, како и нови услуги за сите корисници на мрежата. Технологиите кои ја овозможуваат реализацијата на ИМ не се ограничени на одреден сегмент од ЕЕС, туку тие вклучуваат различни технологии за потрошувачите, дистрибутивните и преносните системи и производителите на електрична енергија.

2 ПОТРЕБА ОД ИНТЕЛЕГЕНТНИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИ МРЕЖИ

Самиот термин интелигентни мрежи доаѓа од документите кои ги анализираат потребите за развој на ЕЕС во насока која ќе ги задоволи новите предизвици и барања на корисниците, што значи дека поширокото научно подрачје веќе ја препознава потребата од интелигентни електроенергетски мрежи.

Енергетската политика на Европската унија има три основни цели – одржливост, конкурентност и сигурност во снабдувањето. Мотивацијата произлегува од новите барања и предизвици на нашето општество, како што се: i) обврска за воспоставување економија со мали емисии на стакленички гасови, ii) потреба за надградба и модернизација на постојната енергетска инфраструктура, iii) потреба за зголемување за сигурноста во снабдувањето и избегнување на испади кои зафаќаат голем дел од мрежата, iv) неопходност за справување со задушувачката со користење на пазарни методи, v) растечки барања на корисниците на мрежата, како на потрошувачите така на производителите, и vi) потреба да се унапреди развојот на пазарот на електрична енергија и соодветната регулаторна рамка[5].

Според тоа, новите мрежи треба да се i) флексибилни, за да одговорат на потребите на потрошувачите, имајќи ги на ум предизвиците кои претстојат, ii) достапни за сите корисници на мрежата, применувајќи ги најновите технологии за обновливи извори на енергија и ефикасност, iii) доверливи, за да овозможат сигурност и квалитет во снабдувањето задоволувајќи ги актуелните технолошки барања, и iv) економични, со што се обезбедува најголема корист, по пат на ефикасно управување со енергијата, конкурентност и соодветна регулација [2].

Во оваа смисла, интелигентните мрежи се сметаат за клучна насока на развој кон идните ЕЕС. Електроенергетските мрежи би станале „интелигентни“ заради зголеменото ниво на следење и управување, при истовремена размена на електрична енергија и информации. Целта е да се овозможи имплементација на постоечки и иновативни услуги, како што се автоматизирани системи за енергетска ефикасност, управувањето со оптоварувањата, електричните возила, како идистрибуираното производство и складирањето.

3 КОНЦЕПТИ НА ИНТЕЛЕГЕНТНИ МРЕЖИ

Во понатамошна фаза на развојот на ИМ, една од главните идеи е потрошувачите да имаат многу поголема улога во функционирањето на системите, што секако ќе зависи од потребите и можностите на снабдувачите, но и според желбите и потребите на самите потрошувачи. Различните типови потрошувачи, кои можат флексибилно да ги исклучуваат или вклучуваат сите или дел од своите електрични уреди, за одреден временски период, со употреба на автоматски системи за подобрување на енергетската ефикасност, ќе можат да се вклучат во програми за управување со оптоварувањето. Тие ќе можат да формираат групи од потрошувачи кои се доволно големи да влијаат на оптоварувањата во дистрибутивниот систем со цел намалување на врвните оптоварувања или израмнување на дневниот дијаграм на оптоварување, на тој начин учествувајќи во управувањето со оптоварувањето. Покрај оваа техничка улога, тие добиваат и комерцијална улога на пазарот на електрична енергија или на пазарот на системски услуги и пазарот на балансна енергија [1,2]. Сето ова е од интерес за операторот на дистрибутивниот систем, како и за снабдувачите со електрична енергија. Според истражувањата, интеграцијата на електричните возила дополнително ќе ги зголеми овие можности. [6, 7]

За коректно функционирање и целосно искористување на овие својства на ефикасно управување во мрежата потребни се софистицирани уреди и алгоритми за управување. Притоа главна цел на овој пристап е максимално искористување на производните единици на обновливи извори на енергија, како и спроведување на оптимизациони постапки во мрежата. Управувањето треба да овозможи услови за поголема сигурност во снабдувањето на потрошувачите. Тие, поддржани од дистрибуираните производни единици, во случај на проблеми во дел од мрежата, ќе овозможат останатите делови безбедно да се одвојат и одреден временски период да функционираат во островски режим снабдувајќи ги критичните потрошувачи. Ваков пример се јавува кај микромрежите, за што ќе стане збор во следното поглавје.

Паралелно со ИМ, се проучуваат и развиваат неколку специфични концепти, како што се микромрежите, виртуелните електрични центри и интеграцијата на електрични возила. Тие се всушност специфични реализации на ИМ, кои се засноваат на ефикасно искористување на изворите на електрична енергија, посебно на тие од обновливи извори на енергија.

3.1 Микромрежи

Една од клучните промени во современите дистрибутивни мрежи е интеграцијата на дистрибуирани производни единици (ДПЕ). До неодамна, ЕЕС се градени како робусни, централизирани системи, со преносна и дистрибутивна мрежа, каде моќностите течат од големите производни единици кон потрошувачите. Во тие услови, дистрибутивните мрежи се пасивни мрежи со еднонасочни текови на моќност. Со воведувањето на ДПЕ, тековите на моќност во дистрибутивната мрежа стануваат двонасочни, што ги трансформира во активни мрежи.

Микромрежите се дел од дистрибутивната мрежа и обединуваат различни ДПЕ, дисперзирани системи за складирање на електрична енергија, и потрошувачи на електрична и/или топлинска енергија. Една микромрежа може да биде поврзана со дистрибутивната мрежа, или изолирана од мрежата работејќи во таканаречен островски режим. Сликата 1 претставува пример на структура на микромрежа. [8]



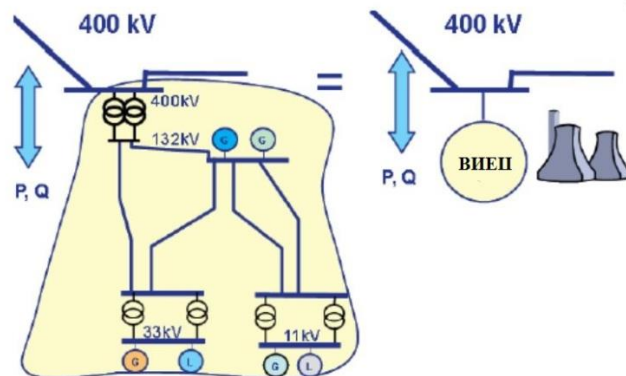
Слика 1. Пример на микромрежа

При работа како дел од дистрибутивната мрежа, целта е микромрежата да го минимизира преземањето на електрична енергија од мрежата, што ги намалува загубите на енергија и обезбедува максимално искористување на енергијата од ДПЕ на обновливи извори на енергија. Во островски режим на работа, вкупното производство на електрична енергија од ДПЕ мора да ја задоволи вкупната потрошувачка во микромрежата.

Од перспектива на мрежата, микромрежата може да се третира како единствено оптоварување или учесник на пазарот кој обезбедува помошни услуги. Од перспектива на потрошувачот, микромрежата пак, придонесува кон зголемување на доверливоста на локалната дистрибутивна мрежа, обезбедува дополнителни социо-економски и еколошки придобивки ги намалува трошоците за снабдување [1]. Во секој случај, со имплементирање на системи за управување со енергија и напредни контролни стратегии, тие носат придобивки за потрошувачите, како и за операторите на мрежата.

3.2 Виртуелни електрични центри (ВИЕЦ)

Идејата на виртуелни електрични центри е по пат на агрегирање и управување на повеќе локални или географски оддалечени ДПЕ, а во некои случаи и одредени потрошувачи, да бидат претставени како единствена електрична централа. Концептот на ВИЕЦ е претставен на сликата 2[9].



Слика 2. Концепт на ВИЕЦ

ВИЕЦ овозможува агрегираните мали ДПЕ да учествуваат на пазарот на електрична енергија, што за единечни ДПЕ е многу тешко затоа што немаат доволен произведен капацитет или флексибилност за учество на пазарот. Затоа, агрегирањето на ДПЕ со различни карактеристики, под заедничко портфолио, овозможува овие електрични центри да станат „видливи“ за операторот на преносниот систем и можат да бидат управувани слично како електрична централа приклучена на преносната мрежа. ВИЕЦ исто така можат да опфатат и потрошувачи кај кои постои можност за далечинско управување, со цел да донесат технички придобивки за системот.

Двата досега разгледувани концепти, микромрежите и ВИЕЦ, се базираат на агрегација на ДПЕ со можност за управување. Разликата е во тоа што микромрежите соединуваат различни ДПЕ, системи за складирање и потрошувачи во помала географска област, додека ВИЕЦ може да обедини локални, но и географски оддалечени центри, системи за складирање и оптоварувања. Всушност, овие два концепти се предвидени како комплементарни во идните системи во кои што ќе постои голем број на ДПЕ. Микромрежите би претставувале мал дел од ЕЕС со локално управување на своето производство и оптоварување. Повеќемикромрежи, претставени како ВИЕЦ, би учествувале во системот за управување со енергија и трговијата со електрична енергија [1].

3.3 Интеграција на електрични возила

Уште еден предизвик за идните ЕЕС се и електричните возила (ЕВ). Различните навики на корисниците и полнењето на возилата по потреба значат стохастички промени во оптоварувањето на еден систем и непредвидливи промени во дневниот дијаграм на оптоварување. Широка имплементација на ЕВ без соодветни контролни стратегии би претставило големи проблеми на управувањето со дистрибутивниот систем, меѓу кои чести промени на вредноста на напонот и проблеми со задушување, од што произлегува потреба за надградба на инфраструктурата. Примената на напредни управувачки стратегии би ги решила овие проблеми и уште повеќе, би обезбедила придобивки за работата на мрежата и сопствениците на ЕВ, преку активно учество во пазарите на електрична енергија и помошни услуги. Покрај тоа, со нивната можност за складирање енергија, ЕВ би дозволиле уште поголем продор на обновливи извори на енергија.

Управувањето со голем број ЕВ на голема географска област е речиси невозможно и затоа повторно се повикува на принципот на агрегација. Слично како кај ВИЕЦ, агрегираните ЕВ ќе можат да учествуваат на пазарот на електрична енергија како еден учесник, претставувани од страна на нивниот агрегатор. Хиерархиски структурираното управување со полнењето на ЕВ, би придонело кон нивно полесно учество на пазарот на електрична енергија и би им дозволило пристапна пазарот на помошни услуги регулација на напон и фреквенција [1].

Концепти на полнење кои би овозможиле широка имплементација на ЕВ, без да ја загрозат работата на мрежата се Smart Charging и Vehicle to Grid (V2G). V2G дозволува агрегаторот на ЕВ да управува со полнењето, како и инјектирањето на електрична енергија во мрежата, односно користење на ЕВ како оптоварувања и како дисперзирани уреди за складирање на електрична енергија. Како резултат на тоа, V2G концептот овозможува користење на ЕВ за регулација на напон и фреквенција во мрежата, и исто така, поместување на врвните оптоварувања со цел израмнување на дијаграмот на оптоварување. [1]. Недостаток на управувањето со полнењето на возилата е што тоа негативно влијае на животниот век на батеријата, и затоа учеството на сопствениците на ЕВ во таков програм мора да биде економски мотивирано.

4 ЗАКЛУЧОК

ИМ се предвидени како електроенергетски мрежи кои ги интегрираат постапките на сите корисници на мрежата, со цел да се обезбеди одржливо, економично и сигурно снабдување со електрична енергија. Тие се најдобрата насока на развој на ЕЕС, со цел реализација на европските иницијативи за зголемено учество на обновливите извори на

енергија во вкупната потрошувачка на енергија, намалување на емисиите на стакленички гасови и поголема примена на енергетски ефикасни технологии.

Овие концепти овозможуваат ДПЕ и потрошувачите да даваат услуги за управување на оптоварувањата во мрежата и да учествуваат во пазарот на електрична енергија и пазарот на помошни услуги.

Земајќи ја во предвид големата важност на стратегиите и уредите за контрола, може да се каже дека ИКТ играат многу важна улога за развојот на ИМ.

Новите технологии и концепти ќе ја придвижат еволуцијата на електроенергетските мрежи кон интелигентни мрежи со напредно децентрализирано управување и брз пренос на податоци[1]. Сепак, во денешни услови, нивна широка имплементација, која би го исполнила целиот потенцијал на овие концепти е сè уште неизводлива.

5 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

[1] A. Krkoleva, V. Borozan, “Control Strategies for Smart Grids”, in Proc. 7th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, Ohrid, Macedonia, 1-7 July, 2012

[2] A. Крколева Матеска, В. Борозан, „Современи стратегии за управување со интелигентни електроенергетски мрежи“, 8. Советување на МАКО СИГРЕ, 2013.

[3] EU Commission Task Force for Smart Grids, Expert Group 1: Functionalities of smart grids and smart meters, Final Deliverable, December 2010.

[4] IEEE Standards Coordinating Committee 21, IEEE Guide for Smart Grid Interoperability of Energy Technology and Information Technology Operation with the Electric Power System (EPS), End-Use Applications, and Loads, September 2011.

[5] N. Hatziargyriou, J. Amantegui, B. Andersen, M. Armstrong, P. Boss, B. Dalle, G. de Montravel, A. Negri, C. A. Nucci, P. Southwell, CIGRE WG “Network of the Future”, Electricity Supply Systems of the future, *Electra*, No. 256, June 2011, pp.42-49.

[6] J. P. Lopes, F. J. Soares, P.R. Almeida, Integration of Electric Vehicles in the Electric Power System, Proceedings of IEEE, invited paper, 2010 /d.

[7] S. Shao, M. Pipattanasomporn, S. Rahman, Demand Response as a Load Shaping Tool in an Intelligent Grid With Electric Vehicles, IEEE Transactions on Smart Grids, Vol. 2, No. 4, December 2011, pp. 624-631.

[8] European Commission, Vision and Strategy for Europe’s Electricity Networks of the Future, EUR 22040-European Technology Platform SmartGrids, ISBN 92-79-01414-5, 2006.

[9] FENIX, SES6-518272, available [online: <http://www.fenix-project.org/>]

Д. ЕЛЕКТРИЧНИ ВОЗИЛА И ЕНЕРГЕТСКИ ЕФИКАСЕН ТРАНСПОРТ

Симеона Саздовска¹, Филип Алексовски²

¹Факултет за електротехника и информациски технологии – Скопје, УКИМ

¹simeonasazdovska95@gmail.com

²aleksovski.filip@yahoo.com

ВЛИЈАНИЕТО НА ЕЛЕКТРИЧНИТЕ ВОЗИЛА КОН ПОДОБРУВАЊЕ НА СТАБИЛНОСТА НА НАПРЕДНИТЕ МРЕЖИ

КУСА СОДРЖИНА

Во престојните години и децении, очекувано е драстично зголемувањена бројот на електрични возила. Полнењето на возилата дополнително ќе ја оптовари дистрибутивната мрежа и токму поради тоа во некои случаи треба да се направат одредени прилагодувања. Овој труд ги опфаќа најновите истражувања и унапредувања на електричните возила, интеракцијата со паметните мрежи прикажувајќи ја структурата на идните електроенергетски системи. Паметните мрежи заедно со електричните возила поставуваат различни предизвици во делот на инфраструктурата на електричната мрежа и контролата. Исто така користењето на обновливите извори на енергија има сè поголем подем, но нивната стохастичка природа претставува проблем и поставува различни предизвици во областа на планирањето, управувањето и контролата на електроенергетската мрежа. Со користење на електричните возила и нивните енергетски капацитети би се подобрило управувањето, а со тоа и стабилноста на мрежата. Поимот "Напредна мрежа" нема точно определена дефиниција, но генерално се однесува на модернизирање на постоечката мрежа. Во тоа спаѓа сè што е поврзано со енергетскиот систем, почнувајќи од производството на електрична енергија па се до потрошувачот. Со развивањето на новите технологиите за производство, складирање и потрошувачка на електрична енергија, истата ќе станува пофлексibilна, а со тоа ќе може да обезбеди повратни информации во реално време, како и управување и контрола на сите учесници во т.н. "сообраќај на електрична енергија".

Клучни зборови: електрични возила, обновливи извори, складирање на ЕЕ, паметни мрежи.

1 ВОВЕД

Денешното производство на електрична енергија најголем дел се случува во големите термо и нуклеарни центри, од каде преку преносниот и дистрибутивниот систем се пренесува до потрошувачите. Тоа подразбира тек на енергијата во една насока, од централите преку преносниот систем до потрошувачите. Во иднина, дистрибутивниот систем ќе биде поактивен, односно ќе треба енергијата низ него да биде двонасочна, и да има зголемен пренос на информациите. Дел од енергијата произведена од големите конвенционални центри ќе биде заменета со производство од обновливи извори на енергија каде што се поголемиот број на фотоволтаици, биомаса како и ветрогенератори ќе бидат приклучени во дистрибутивниот систем. Интегрирање на обновливите извори во постоечката мрежа воведува дополнителни проблеми поради нивната непредвидливост во испорачување на потребната моќност.

Концептот "Smart Grid" односно напредна мрежа е едно од решенијата на овој проблем. Напредната мрежа е предвидено да ја контролира побарувачката на енергија како и нејзиното производство со цел целиот енергетски систем да биде поефикасен, поробуствен и да биде рационално управуван. Овој концепт вклучува многу ИТ и телекомуникациски технологии како и користење на технологии за складирање на енергијата.

Системите за складирање на енергијата ќе имаат големо влијание во спроведување на концептот напредни мрежи. Пред сè, со зголемената употреба на обновливите извори ќе има потреба од складирање на таа енергија во периоди кога нема побарувачка од потрошувачите. Складираната енергија ќе може да се користи во периодите на голема побарувачка кога и цената на електричната енергија е највисока. Со тоа се зголемува стабилноста на системот од гледна точка на операторот, така што освен за користење на оваа енергија во времето на голема побарувачка истата може да се користи и при временски непогоди како што се електричните празнења, земјотресите кои предизвикуваат дефекти во мрежата и тн.

2 НАПРЕДНИ МРЕЖИ

Напредните мрежи како концепт кој полесно се остварува, претставуваат одлична можност целиот енергетски сектор да се насочи кон една нова ера на сигурност, достапност и ефикасност. За време на периодот на целосна адаптација на сите учесници во енергетскиот сектор кон напредните мрежи, од клучно значење ќе биде тестирањето, подобрување на технологијата, образованието на потрошувачите како и нивните навики, развојот на стандарди и прописи, како и споделување на информации помеѓу разни спроведени проекти за да се осигура дека придобивките што ги очекуваме од напредните мрежи ќе станат реалност.

Краткотраен прекин на електрична енергија може да има домино ефект, т.е. серија на прекини кои можат да влијаат на системите за непрекидно напојување во банкарството, комуникациите, сообраќајот и безбедноста. Ова е особено закана во текот на зимските месеци, кога потрошувачите може да останат и без греење. Напредната мрежа се очекува да додаде т.н. „еластичност“ на електроенергетскиот систем и ќе го направи да биде подобро подготвен да се да ги поднесе напрегањата во одредени итни случаи, како на пример големи бури, земјотреси, соларни зрачења и др. Поради предноста што ја има напредната мрежа со својот двонасочен тек на енергијата и на информациите, таа ќе овозможи автоматско пренасочување кога ќе има проблеми со опремата или кога ќе настане испад. Кога ќе настане испад на некој далековод таа ќе го изолира тој дел од мрежата и ќе спречи поголеми катастрофи во системот.

Предностите на користењето на напредните мрежи се поделени во три дела : [1]

1. Користењето на обновливите извори на енергија бара повеќе способност со фреквенциската контрола во електроенергетскиот систем. Складирањето на електричната енергија може да се користи за да ја подобри способноста преку контрола на полнење и празнење од операторите на мрежата, така што нерамнотежата помеѓу потрошувачката на енергијата и нејзиното производство ќе се намали.

2. Во некои случаи системите за складирање на енергија (CCE) може да ја намалат инвестицијата во инфраструктурниот енергетски систем како што се трансформатори, преносни и дистрибуциски далноводи преку израмнување на оптоварувањето во одредени области за време на врвна потрошувачката на електрична енергија. CCE за оваа намена исто така може да се користат и за подобрување на способноста за фреквенциска контрола.

3. Друга опција е т.н. управување на побарувачката, кое ги вклучува напредните мрежи и корисниците. Со менаџирање на потрошувачката и економска стимулација, потрошувачите можат да бидат охрабрени да го променат периодот во кој купуваат електрична енергија кон периоди кога има вишок енергија во системот.

Напредната мрежа ќе се состои од голем број на паметни управувачки единици, компјутери, далноводи, нови технологии и опрема. Ќе биде потребно извесно време за сите технологии да се усовршат, да се инсталира целосната опрема и системите да бидат тестирани пред да се

пуштат во употреба. Сето ова нема да се случи одеднаш туку напредната мрежа ќе се развива дел по дел, во текот на следната деценија.

3 ПАМЕТНА КУЌА И ПАМЕТНИ БРОИЛА

Концептот на паметна куќа се користи со цел поефикасно и поекономично искористување на енергијата. Таа наизглед не е многу различна од традиционалниот тип на куќа, но има опрема и различни апарати кои користат технологија за правилно и рационално искористување на енергијата, што придонесува за непрекидно и ефикасно функционирање на електричната мрежа. [2]

Клучниот елемент кој овозможува сите овие технологии да функционираат заедно со паметната мрежа е всушност интеракцијата меѓу операторите на мрежата и корисниците. Сите контроли и апарати во домот се поставуваат да одговорат на сигналите од енергетскиот снабдувач за да се намали нивната употреба на електрична енергија во време кога мрежата има голема побарувачка со претходна согласност од корисникот, па дури и да ја поместат нивната работа да се врши кога електричната енергија е достапна за помала цена и кога побарувачката е помала.



Слика 1. Шематски приказ на електричното поврзување на уредите во една паметна куќа, [intdesigbhome.com/smart-house-green-technology]

3.1 Паметни броила, паметни апарати и систем за управување со енергија

Паметните броила се дигитални броила кои овозможуваат комуникација меѓу корисниците и снабдувачите на електрична енергија. Паметните броила ги пренесуваат сите информации за потрошувачката на корисниците преку сигнали до снабдувачите, кои понатаму би им помогнале дагинамалат трошоците за електрична енергија, односно како правилно да се искористува таа енергија. Оваа интеракција се врши преку системот за управување со енергија, и целата процедура се птати преку апликација на паметен телефон или компјутер. Преку системот за управување со енергија може да се прати и потрошувачката во домот, вклучувајќи детални пресметки за поголема заштеда на енергија. Конкретно, се мисли на контрола и исклучување на апаратите кои трошат повеќе електрична енергија кога тарифата е скапа или кога побарувачката е голема, за да не се случи ненадеен прекин на протокот на електрична енергија, или да ги вклучува при ниска тарифа- кога побарувачката е помала. Паметните апарати ќе бидат во можност да одговорат на сигналите на снабдувачот и ќе бидат мрежно поврзани и ќе работат преку системот за управување на енергија, но овие апарати ќе можат да ги управуваат и самите корисници кога е потребно.[3]

Табела 1. Придобивки од примената на паметни броила

Засегнати чинители при производството, преносот, дистрибуцијата и искористувањето на електричната енергија	Придобивки
Потрошувачи	• Подобар пристап и информации за управување со енергијата • Попрецизни и навремени наплати • Поголеми субвенционирани тарифи • Податоци за квалитетот на енергијата
Оперативни сервисирања - пренос	• Намалени трошоци за отчитување на броилата • Намалени патувања за сезонски отчитувања • Навремено детектирање на упад во броилата и кражба на електрична енергија
Пренос и дистрибуција	• Подобрено управување на оптоварувањето на трансформаторите • Податоци за подобрување на ефикасноста и сигурноста при снабдувањето со ЕЕ, детални податоци за загуби при преносот и др. • Подобрени податоци за дизајнирање на ефикасен систем за мрежата • Податоци за квалитетот на ЕЕ за рурални области

[Табелата е превземена од „Smart Meters and Smart Meter Systems:A Metering Industry Perspective“]

Паметните броила се разликуваат во технологијата и дизајнот од конвенционалните и традиционално користени броила и работат преку едноставен комуникациски процес. Паметните броила собираат податоци на локално ниво и ги пренесуваат преку локална мрежа(LAN) до собирачот на податоци. Овој пренос на податоци може да се случува на секои 15 минути или поретко, на пример на дневно ниво според употребата на податоците. Податоците се пренесуваат преку глобална мрежа (WAN) до централното место за собирање на податоци каде истите се обработуваат и користат од страна диспечерите на електрична енергија. Бидејќи станува збор за двонасочен тек на информации, сигнали и команди може да се испраќаат директно до мобилните апарати на корисниците, паметните броила или пак до дистрибутивната единица.

Сé до целосното воспоставувањето на ваквите броила во сите домаќинства и индустриски потрошувачи (процес кој е започнат и ќе трае со децении), технологиите кои се занимаваат со оваа проблематика во денешно време веќе се сметаат за еволутивни, а не револуционерни техники.

4 ЕЛЕКТРИЧНИ ВОЗИЛА

Електричните возила се развиле во 19ти век, но главниот проблем поради кој ги немало долго на пазарот бил нискиот капацитет за складирање енергија во батериите како и високата цена за нивно производство. Со развојот на технологијата претставени се батерии со поголеми капацитети, кои ќе можат да ги задоволат потребите на корисниците. Паметните мрежи ќе ја имаат потребната инфраструктура, која ќе овозможи ефикасно користење на овие возила. Со овие возила драстично ќе се намали потребата од нафтени горива и емитувањето на издувни гасови во атмосферата, но од друга страна дополнително би ја оптеретиле мрежата при полнење на нивните батерии. Концептот на зелена животна средина нема да биде поткрепен доколку потребната електрична енергија за полнење на батериите, се обезбедува преку работа на термоцентрали на јаглен. За максимално да се редуцираат издувните гасови и да се заштити животната средина потребно е што е можно повеќе да се искористуваат обновливите извори за производство на електрична енергија. Концептот на паметна кука би можел да се искористи за полнење на овие батерии, преку искористување на енергијата од фотоволтаиците или пак полнење на батериите во раните утрински часови кога побраувачката на енергија е најниска и производството на енергија од ветер е најголемо. Софтверот на системот за управување со енергија преку комуникација со електричните возила ќе помогне за полнење на батериите кога

времето е најоптимално. Во иднина електричните возила ќе играат важна улога во балансирањето на енергија во мрежата, служејќи како дистрибутивни системи на складирана енергија, односно ќе претставуваат алатка која ќе може да внесе дополнителна енергија во енергетската мрежа за време на критичните часови. Предвидувачките статистики наведуваат дена речиси 95% од времето електричните автомобили би биле паркирани и токму во тоа време тие би можеле да се користат за предавање на електрична енергија во мрежата. Ова снабдување на електрична енергија би требало да се мери одделно од потрошувачката на енергија во домот. Капацитетот на складирање на електрилната енергија зависи од типот на батериите. Најчесто се користат литиум-јонски или други литиум-базирани варијанти поради нивната голема енергетска густина. Капацитетот на складирање на овие батерии е во опсегот 15-40 kWh, но постојат ограничувања во брзината на полнење на овие батерии. Литиум-базирани батерии може да се полнат до полн капацитет за 10-20 минути, но тој процес бара напојување со голема моќност. Во табела 2 е претставен приказ на времето на полнење на батериите во зависност од моќноста на полначот.

Табела 2. Зависност на времето на полнење на батериите од моќноста на полначот.

Тип на полнач	Моќност	Време на полнење	
		Chevy Volt (8kwh)	Nissan LEAF 24(kwh)
АС левел 1	1.3	~6 часа	~16-18 часа
АС левел 2	3.3	~3 часа	~6-8 часа
	6.6	~1.5 часа	~3 часа
DC брз полнач	~60	<10 минути	~30 минути

[табелата е превземена од „How the Smart Grid Enables Utilities to Integrate Electric Vehicles“]

4.1 Опрема за полнење на електричните возила (ОПЕВ)

Стабилната конекција со паметниот полнач е многу важна поради управувањето од далечина со која се елиминира непотребната комуникација со операторот. На пример, ако потрошувачот има проблем со паметниот полнач- со добра комуникациска инфраструктура операторот може далечински да изврши негова проверка и на потрошувачот да му даде насока како да постапи во врска со проблемот. Операторите имаат можност да комуницираат со паметните полначи преку соседска мрежа или домашна мрежа. Соседската мрежа ја овозможува истата сигурност како и другите операторски броила, но има подобар опсег, подобри пропагандиски карактеристики, елиминирајќи ја потребата од репетитори во домашната мрежа. Обезбедува двонасочна комуникација меѓу паметните полначи и другите паметни уреди кои припаѓаат на мрежата и унапредени далечински способности.



Слика 2. Шематски приказ на опциите за поврзување на ОПЕВ

Трошоците за инсталирање на опремата за електрични возила ќе ги подмират самите потрошувачи, операторите ќе бидат одговорни за останатите трошоци пвразни со електричните возила. Во овие трошоци спаѓаат трошоците за подобрување на функцијата на дистрибутивните системи, односно подобрување на функцијата на трансформаторите и трафостаниците. Исто така е потребна дополнителна капацитивна линија при зголемување на товарот во мрежата поради полнење на паметните полначи на електричните возила. L2 полначите ја оптеретуваат мрежата исто како и една цела кука (6,6 kW) и токму ова им претставува голем проблем на операторите, да имаат контрола врз полнењето на електричните возила. Голем процент од потрошувачите би ги полнеле своите возила во период од денот кога мрежата е најоптеретена и ако операторите немаат контрола врз ова ќе дојде до дестабилизирање на мрежата. Според истражувањата за како да се реши овој проблем, како решение е земено дека електричните возила на неколку соседни куќи ќе функционираат заедно во група како еден вид кластер. Операторите треба да ги прилагодат и да ги подобрат своите трансформатори, односно сите овие електрични возила да бидат поврзани за еден трансформатор и најпогодно би било тие да се полнат ноќта, поради тоа што еден или два од L2 полначите секој по 6,6 kW при полнење кога потрошувачката е најголема, товарот ги надминува дозволените граници дури до 40%. За да може најефективно да се реши овој проблем операторите би требало да бидат вклучени во подобрувањето на дистрибутивната мрежата и да им даваат еден вид на дозвола кога би можеле потрошувачите да ги полнат своите возила.

5 ЗАКЛУЧОК

Значајни економски, безбедносни и еколошки мотиви го носат светот кон експанзија на транспортната електрификација. За да се обезбеди транзицијата да биде што е можно по глатка сите засегнати вклучувајќи ги потрошувачите ,регулаторите , политичарите, производителите на автомобили ,како и операторите мора да делуваат одлучно.

За да се обезбеди што е можно подобро вклучување на електричните возила во електроенергетскиот систем , системите за полнење и нивната инфраструктура мора да бидат добро развиени пред да почнат тие масовно да се користат. Но градењето на оваа инфраструктура ќе трае прилично долго, па затоа регулаторите , операторите и останатите кои се вклучени во овој процес ќе мора да работат заедно за надминување на пречките.

Дури и малото зголемување на бројот на електричните возила ќе значајно влијание врз мрежата и нејзиното управување. Оние оператори кои ќе развијат интегрирани решенија за нивните потрошувачи ќе бидат во најдобра позиција за искористување на можностите кои ги нуди транспортната електрификација.

Овие промени кои ќе треба да се направат , ќе допринесат сите засегнати ,потрошувачите , производителите на автомобили, операторите како и животната средина да имаат придобивки , а со тоа и целото општество како целина.

6 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] „Electrical Vehicle Storage “, International Electrotechnical Commision, Geneva ,Switzerland 2011,стр 43-44
- [2] https://www.smartgrid.gov/the_smart_grid/smart_home.html
- [3] „Smart Meters and Smart Meter Systems:A Metering Industry Perspective“,Edison Electric Institute,2011
- [4] „How the Smart Grid Enables Utilities to Integrate Electric Vehicles“, Silver Spring Networks ,2013

Е. ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ ВО ГРАДЕЖНИШТВО И АРХИТЕКТУРА

Hristijan Babuka
University of Maribor
Faculty of Civil Engineering, Transportation Engineering and Architecture
hristijan.babuka@gmail.com

APPLICATION OF NANOTECHNOLOGIES IN SUSTAINABLE ARCHITECTURE

ABSTRACT

The paper seeks to highlight key aspects and current trends in the development of nanotechnologies and its implementation in energy-efficient building construction. It tends to provide comprehensive research review of present and near future applications of nanotechnology for achieving high-quality and healthy buildings for sustainable future. In the introduction, the driving forces for the sustainable architecture are demonstrated. Also, nanotechnology as the technology of 21st century is introduced. Then, the term of nanotechnology is defined and its great potential impact on building sector is clarified through many applications, such as innovative building materials and smart building systems. Moreover, the current and potential use of nanotechnologies in the field of construction and building materials is reviewed. The paper concludes by pointing out the main advantages and opportunities that nanotechnologies bring as a prototype of utilization of technological innovations in the sustainable progress of not only the building constructions, but also the whole environment.

Key words: nanotechnology, sustainable architecture, energy efficiency, nanomaterials, sustainable building.

1 INTRODUCTION

Construction activities probably play the most important role in the contribution to the environmental problems. The existing built infrastructure has numerous environmental, social and economic impacts on the sustainability of our planet. Buildings are considered to be leaders in energy consumption and global emission. According to the United Nations Environment Programme [1], building industry is responsible for more than 40% of global energy use and one third of global greenhouse gas emissions, both in developed and developing countries. Environmental pollution, deforestation, soil erosion, ozone depletion, fossil fuel depletion, and human health risks are the significant consequences of design, construction and operation of buildings, which disregard the impacts on the environment. This is why sustainable design has become a mandatory consideration in architecture.

For the architect, this consideration starts with the conceptual thinking and continues to be at the forefront throughout the design process. Factors such as building adaptation to its site, the efficiency of its energy consumption, the material specification for the building's construction, the construction techniques and many more will affect the sustainability of a building. Where possible, buildings should be carefully designed to adapt to local climate conditions, use renewable energy resources and be well insulated in order to operate using as little additional energy as possible.

Sustainable architecture (or green architecture) as a term is mostly used to comprehensively address the ecological, social and environmental issues of a building and its context. In 1994, the

Conseil International du Batiment (CIB) defined the goal of sustainable construction as “creating and operating a healthy built environment based on resource efficiency and ecological design” [2]. Consequently, the most important aspects of sustainable design in architecture are closely related with construction materials, how they are extracted from the nature, manipulated, manufactured, used in buildings and destroyed, as well. Moreover, the potential of energy conservation, as well as reduction of non-renewable resource consumption, waste, toxicity, and carbon emissions through architectural applications of new and innovative technologies are significant. The shift from traditional to high-performance and state-of-the-art applications of buildings will be possible through innovations in structural and non-structural materials, insulation, coatings, adhesives, air and water purification, as well as solar technologies. The foremost of these innovative technologies is the nanotechnology, whose market applications have already began.

2 NANOTECHNOLOGY

2.1 Defining nanotechnology

Nanotechnology is the study and manipulation of matter on an atomic and molecular scale. It is a science field that is dominated by developments in basic physics and chemistry research. Generally, nanotechnology deals with structures that are smaller than 100 nanometers and involves developing materials, system or devices within that size. Some types of nanomaterials already exist in nature, but the evolution nanotechnology began in the 1980s with the invention of new, more powerful types of microscopes. Mann describes nanotechnology as “an enabling technology that allows us to develop materials with improved or totally new properties” [3].

Nanotechnology is a recent and rapidly developing discipline that may be compared with the industrial revolution in terms of its impact on manufacturing and service industries, on electronics, information technology, and on many other areas of life, from medicine to energy conservation. It may become a prototype of the technological opportunities and challenges that will characterize the 21st century.

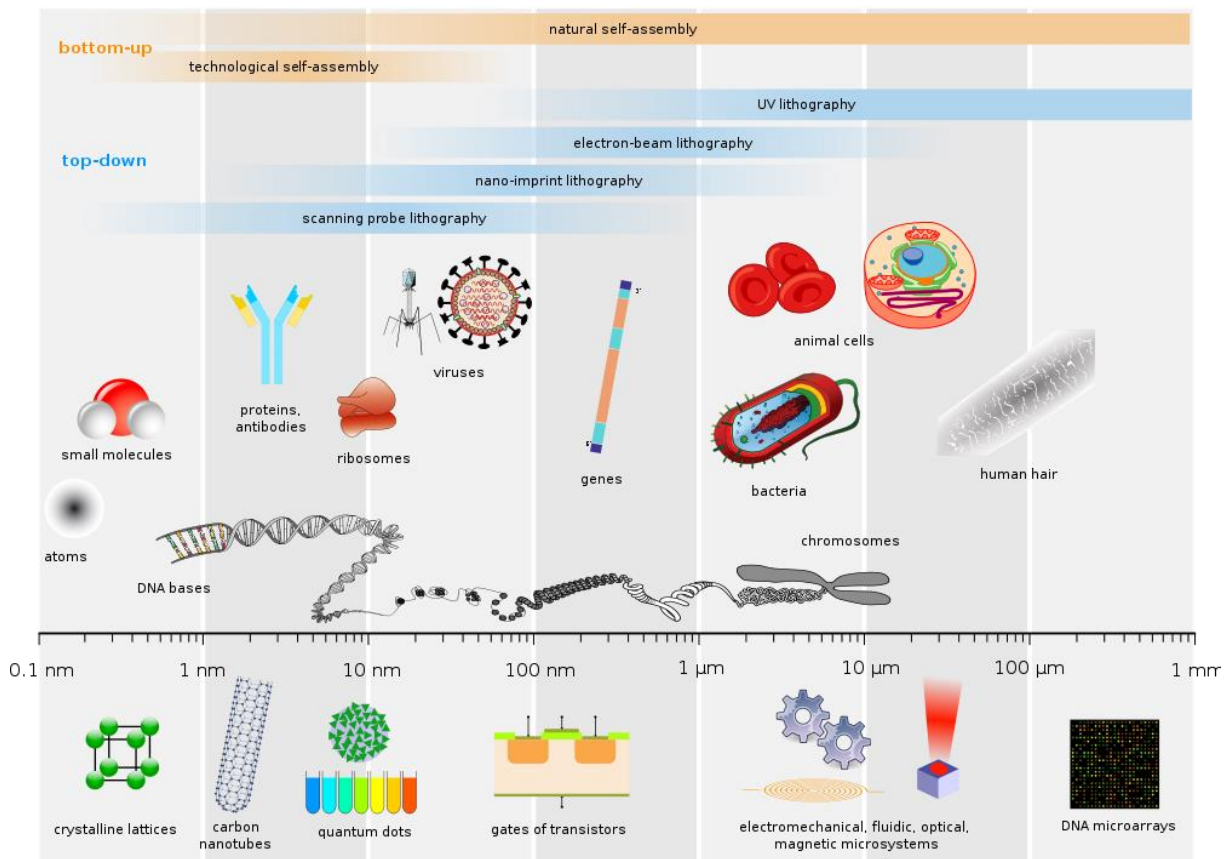


Figure 1. Comparison of the scales of various biological and technological objects

2.2 Nanoscale

Nanoscale science, engineering, and technology are fields of research in which scientists and engineers manipulate matter at the atomic and molecular level in order to obtain materials and systems with significantly improved properties. Nanomaterials are usually defined as materials with dimensions between 0.1 and 100 nanometers (a nanometer is a millionth of a millimeter). As a comparison, a human hair has 80,000 nm thickness and the DNA double helix has 2 nm diameter (Figure 1). Materials at the nanoscale often exhibit physical, chemical and biological properties that are very different from those of their normal-sized counterparts [4].

2.3 Nanoparticles

In nanotechnology, a particle is defined as a small object that behaves as a whole unit in terms of its transport and properties. The fundament of nanotechnology is the size of the particles because the characteristics of the material are dramatically affected under a scale of nanometer. It can strongly influence the mechanical properties of the material, like stiffness or elasticity. Such enhanced materials will provide weight reduction accompanied by an increase in stability and an improved functionality. Related with construction, concrete becomes more durable and stronger, steel tougher, glass surface self-cleaning, thus all these innovations contributing to a more efficient use of natural resources and healthy environment [5].

3 NANOTECHNOLOGY AND CONSTRUCTION INDUSTRY

On the grounds of the abovementioned advantages that nanotechnology brings to the materials, we can say that it can be very significant in the development of the building industry. According to Zhu et al. [6], the potential applications of nanotechnology in construction may be the following:

- Utilization of nanoparticles, nanofibers and carbon nanotubes to improve the quality and stability of building materials, but also to minimize the pollution;
- Cheaper manufacture of corrosion-free steel;
- Production of thermal insulation materials with very high performance;
- Production of ultra-thin layers with the capable of self-cleaning and color-changing in order to reduce pollution and energy use;
- Production of nanosensors and nanomaterials with self-repairing ability for more reliable constructions.

Two nano-sized particles that stand out in their application to construction materials are titanium dioxide (TiO_2) and carbon nanotubes (CNT) [3].

Carbon nanotubes (CNT) are considered to be the current stars of modern nanotechnology. When they were discovered for the first time in Russia in 1952, they were ignored, but then they were re-discovered in 1990s in Japan. CNT's are cylindrical in shape, as shown in Figure 2, and their name comes from the size of their diameter, which is approximately 1 nm. They can be several millimeters in length. There are two different types of CNT's, single-walled and multi-walled nanotubes. They can act as semiconductors or as conductors. Their most important properties are great strength accompanied with low weight. Nanotubes are always mixed with other materials or applied to surfaces. In order to establish the optimal values of carbon nanotubes and improve their design parameters, additional research is needed in the fields of nanotechnology and architecture.

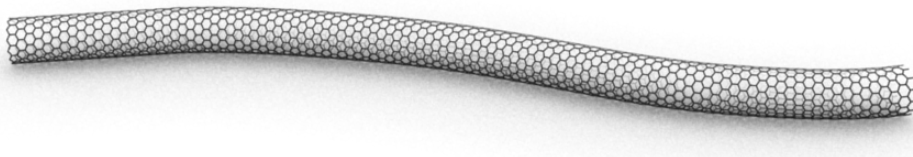


Figure 2. Single-walled carbon nanotube (CNT)

Titanium dioxide as nanoparticles is a widely used white pigment because of its brightness. Usually it can be used as an excellent reflective coating. It can protect from organic pollutants, volatile organic compounds, and bacterial membranes due to its powerful catalytic reactions. Therefore, it is added to paints, cements, windows, tiles, or other products for sterilizing, deodorizing and anti-fouling properties. Additionally, as TiO_2 is exposed to UV light, it becomes increasingly hydrophilic (attractive to water), thus it can be used for antifogging coatings or self-cleaning windows. This nanoparticle is also added to concrete to improve its performance. The resulting concrete has a white color that retains its whiteness very effectively, unlike the stained buildings from the material's pioneering past.

The Jubilee Church in Rome, Italy, designed by Richard Meier is a concrete building designed to control internal heat gains due to the large thermal mass of its concrete walls. It represents an example of a building which concrete walls contain titanium dioxide to keep the appearance of the church white (Figure 3).



Figure 3. Jubilee Church, Rome, Italy, 2003

4 SUSTAINABLE ARCHITECTURE WITH NANOTECHNOLOGY

Nanotechnology is a developing technology that is opening a new world of materials functionalities and performances. Therefore, it is also offering many novel environmental solutions in sustainable construction. It could lead to a better use of natural resources, obtaining a specific characteristic or property with minor material use or also help to solve some problems related to energy issues in building (consumption and generation). More importantly this goes not only for improving production processes, materials and components for new-builds, but there are also major, and unique, potentials for eco-innovative renovation of existing buildings, which is a key challenge for sustainable construction.

In the following section the current and potential use of nanotechnologies in the field of construction and building materials is reviewed. A variety of beneficial applications are going to be presented, such as manipulation of the properties of the most used materials in constructions, using smart materials to stimulate the concept of energy consumption and production, and high-resolution devices that can be incorporated in the sustainable building.

4.1 Sustainable building materials

Nanotechnology can upgrade the productive capacities in the field of building materials. It has the potential to make it stronger, lighter, cheaper, safer, durable, easy to maintain and more sustainable. Sev and Ezel [7] report that there are two ways to improve structural materials: by reinforcing of existing materials, such as concrete and steel, with the addition of nanoparticles in order to improve the properties of bulk material; or by providing all of the structure constructed mainly by new materials, like carbon nanotubes (CNT), when technically and economically feasible.

4.1.1 Nanotechnology and concrete

Sustainability is a major issue in the field of concrete and its derivatives. The annual production of concrete is largest among other materials and that is probably the reason why this material is meeting with serious enhancements using nanotechnology. One of the most important aspects of nanotechnology application in concrete is probably the control of the cement hydration. This process could lead to a new generation of products that could be more environment-friendly. With the addition of SiO₂ (silica) nanoparticles, cement based materials can improve the durability and the strength of the refined material. Concerning the corrosion problems in concrete products, nanotechnology can offer smart solutions providing coatings that respond to external influences and repair or prevent damage. Current research on the application of multifunctional materials such as nanoparticles and carbon nanotubes shows that, not only do these materials significantly increase the compressive strength of cement mortar specimens, but they also change their electrical properties which can be used for health monitoring and damage detection.

Self-Compacting Concrete (SCC) is another innovative structural material by the advent of nanotechnology. The most important feature of this material is that it does not need vibration in order to level off and consolidate. This significantly reduces the energy needed to build concrete structures, thus making this material sustainable. In addition, SCC can offer benefits of up to 50% in labor costs, due to it being poured up to 80%, which is also a sustainability issue. Nanoparticles are used to penetrate and close small cracks on the concrete surface and, in strengthening applications, the matrices form a strong bond between the surface of the concrete and the fiber reinforcement. The ability of the samples to sustain load after cracking is greatly improved by the carbon tows and both the matrix and the interface are durable under wetting and drying and scaling (scraping) conditions [8].

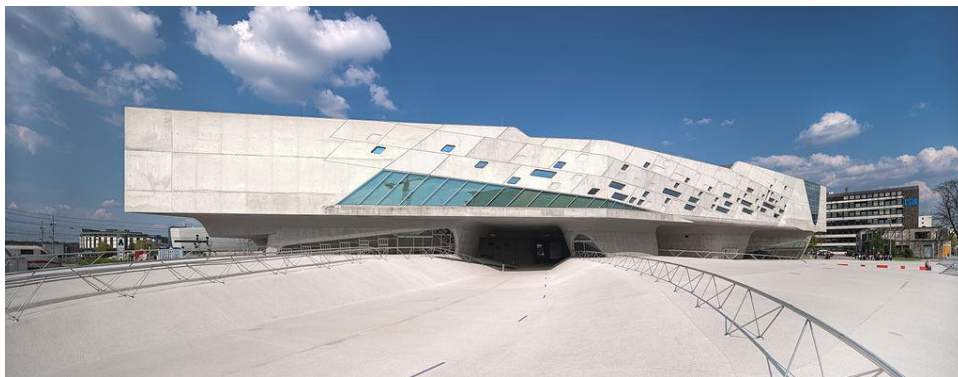


Figure 4. Phaeno Science Center, Wolfsburg, Germany, 2005.

Phaeno Science Center in Wolfsburg, Germany, designed by Zaha Hadid is by far the largest building in Europe constructed in self-compacting concrete. It would have been very difficult to achieve the diverse form of this building without the use of this new type of concrete. Including exhibition rooms, laboratory and a science theater, Phaeno is breaking many conventions in architecture and will definitely remain as an important reference for the future designs (Figure 4).

4.1.2 Nanotechnology and steel

Steel, as an element of the reinforced concrete and also a primary construction material, is another material benefiting from innovations in nanotechnology. Research has shown that the addition of copper nanoparticles reduces the surface unevenness of steel which then limits the number of stress risers and hence cracking. Moreover, another research into the refinement of the cementite phase of steel to a nano-size has produced stronger cables. High strength steel cables are used in bridge construction (Figure 5) and in pre-cast concrete tensioning. This improved cable material can reduce the costs and period of construction, especially in suspension bridges as the cables are run from end to end of the span.

Nanoparticles are reducing the effects of hydrogen embrittlement and improving the steel micro-structure through reducing the effects of the inter-granular cementite phase. Two relatively new products that are available on the market today are Sandvik Nanoflex, produced by Sandvik Materials Technology, and MMFX2 steel, produced by MMFX Steel Corp. Both are corrosion resistant, but have different mechanical properties that are result of different applications of nanotechnology. Sandvik Nanoflex has both the desirable qualities of high strength and resistance to corrosion. MMFX2 steel has a modified nanostructure that makes it corrosion resistant and an alternative for conventional stainless steel [3].



Figure 5. Seri Wawasan Bridge, Putrajaya, Malaysia, 2003.

4.1.3 Nanotechnology and glass

Glass is one of the non-structural materials inevitably used in buildings, and the sustainability of the buildings is largely affected by the properties of glass as a glazing material, since it forms the most of the barrier between outside and inside, impacting the indoor air quality.

Numerous new glass products have been developed with nanotechnology. For example, titanium dioxide (TiO_2) can be used in nanoparticle form to cover glazing since it has sterilizing and anti-fouling properties and is also capable of destroying organic pollutants, volatile organic compounds and bacterial membranes. Furthermore, TiO_2 is hydrophilic, which means it is attracted to water. As a reaction, TiO_2 forms sheets out of rain drops which then wash off the dirt particles destroyed in the previous process. Glass incorporating this self-cleaning technology is available on the market today. Fire-protective glass is another application of nanotechnology. This is achieved by using a clear intumescent layer sandwiched between glass panels (an interlayer) formed of fumed silica (SiO_2) nanoparticles which turns into a rigid and opaque fire shield when heated [3].



Figure 6. Morgan Library Study Cube, Colorado State University, Fort Collins, USA, 2012

Nanotechnology can enhance the properties of glazing, especially the heat gain and loss, by thin-film coatings, thermo-chromic, photo-chromic, and electro-chromic technologies. Thin film coatings

are spectrally sensitive surface applications for window glass which filter out infrared light to reduce heat gain in buildings. Thermo-chromic glass, for instance, changes transparency in response to temperature heating applications, while photo-chromic glass, changes its transparency in response to light intensity. Finally, the most promising adaptable glass technology is the electro-chromic glass, which is developed to react to changes in applied voltage by using a tungsten oxide layer, becoming more transparent at the touch of a button. All these applications are intended to reduce energy use in cooling buildings and could help bring down energy consumption in buildings [3].

The architectural firm Studiotrope used dynamic glazing on the west-facing wall of the Morgan Library Study Cube at Colorado State University (Figure 6) in order to manage heat gain. This glass cube is one of the pioneering buildings in the application of electro-chromic glass.

4.1.4 Nanotechnology and insulations

A significant aspect of sustainability in buildings is the efficient use of energy, and this can be achieved in passive means by efficient insulation methods and materials. By the innovations in nanotechnology, insulation materials and applications will be more efficient and less reliant on nonrenewable resources. Production companies estimate that insulating materials derived from nanotechnology are roughly 30% more efficient than conventional materials. A research analysis shows the potential application of nanoparticles to insulation materials:

Nanomaterials or nanoparticles can be applied to substrates using chemical vapor deposition, dip, meniscus, spray, and plasma coating to create a layer bound to the base material. These materials have the ability to trap still air within them, thus increasing their surface-to-volume ratio. These nanoscale insulation materials may be sandwiched between rigid panels, applied as thin films, or painted on as coatings [7].



Figure 7. A block of aerogel in a person's hand

One of the unique insulation materials developed by the advent of nanotechnology is the Aerogel (Figure 7). It is an ultra-low density solid, a gel in which the liquid component has been replaced with gas. Nicknamed “frozen smoke”, aerogel has a content of only 5% solid and 95% air, and is said to be the lightest solid in the world. Despite its lightness, it can support over 2000 times its own weight. Its unique physical properties result with low thermal conductivity and low sound velocity, as well as high transparency. Since aerogels can be sensitive to moisture, they are often marketed sandwiched between wall panels that repel moisture. Architectural applications of aerogel include windows, skylights, and translucent wall panels [9].

4.2 Energy efficiency

The advantages of nanotechnology can be used for energy production and storage, both inside and outside of the building, which can result in increasing the existing energy gains and producing new power supplies. Nanotechnology might also offer new possibilities of collecting energy, such as systems for hydrogen storage, ‘super capacitors’ or advanced battery performance [10].

4.2.1 Reduction of energy consumption

In the introduction of this research paper it was already stated that almost 50% of the total energy produced in the world is consumed by buildings. Then numerous application of nanotechnology in improving the properties of the materials were presented, as well as creating new materials that can significantly reduce the energy consumption of the building.

Insulation is one of the most efficient solutions to control this energy use, even though there is major problem with the renovation of existing buildings because of the limited space for manipulation and installation. However, a promising energy concept offers the new ultra-thin wall insulation consisting of a hydrophobic aerogel structure which repels water hence it is mould free. Another solution would be the application of nanoparticles in glazing technology, which leads to the possibility of super-insulating windows. In this way, energy loss of buildings through walls and windows can be significantly decreased and the performance of energy storage and solar gains can be increased, leading to reduction of the energy consumption. To add, nanotechnological approaches like light-emitting diodes (LED) or quantum caged atoms (QCA) could lead to a strong reduction of energy consumption for illumination.

4.2.2 Production of energy

Using the sun as a renewable source is one of the main approaches to achieve a sustainable building. Present silicon-based solar cell technologies have only achieved limited conversion efficiencies and they are also expensive. But nanotechnology offers innovative solutions to the expense of current silicon-based solar energy. For example, a company has developed a technology that has the potential to greatly reduce the cost of silicon-based solar cells. They have developed a silicon nanocrystalline ink that could make flexible solar panels (Figure 8) as much as ten times cheaper than current solutions. Their silicon process lends itself to low cost and high efficiency.



Figure 8. Flexible solar panels for energy generation used in buildings.

Nanotechnology also integrates thin-film materials and conducting polymeric films to the solar cell technology. Revolutionary thin-film and organic solar cells are now entering the market and are expected to be significantly less expensive than current silicon-based solar cells. Organic thin-film, or plastic solar cells, use low-cost materials primarily based on nanoparticles and polymers. An advantage of organic thin films is their flexibility, which will enable their integration into building applications better than conventional flat glass panels. This will open new possibilities and overcome the aesthetic problems that architects have with rigid flat panels, which can hardly be integrated into building facades.

Sev and Ezel [7] write that nanotechnology can also help to reduce the dependence on fossil fuels, contributing to the sustainability of buildings. Its possible contributions to the future of energy storage include improved efficiency for conventional rechargeable batteries, new ‘super capacitors’, advances in thermovoltaics for turning waste heat into electricity, improved materials for storing hydrogen, and more efficient hydrocarbon based fuel cells.

5 CONCLUSION

Nanotechnology is a rapidly growing and revolutionary area of research, where unique properties of nanomaterials can be applicable for the benefit of construction industry with promising environmental impacts. This research paper has clearly shown that the development of this technology and its implementation can provide high-quality and healthy buildings for sustainable future. The use of nanotechnology can not only improve properties of common materials and existing products, but also contribute to safety and damage protection of constructions, reduce weight and volume of buildings and decrease need for maintenance and operational upkeep. Finally, we have seen that the most important advantage of using nanostructures in architecture is the aspect of significant energy consumption, offering novel solutions for achieving sustainable buildings, neighborhoods and cities.

6 REFERENCES

- [1] United Nations Environmental Programme, Buildings and climate change, UNEP DTIE Sustainable Consumption and Production Branch, Paris, 2009.
- [2] Kibert, C., Sustainable construction: Green building design and delivery, Jon Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2008.
- [3] Mann, S., Nanotechnology and construction, Nanoforum report, European Nanotechnology Gateway, 2006.
- [4] Pacheco-Torgal, F., Jalali, S., Nanotechnology: Advantages and drawbacks in the field of construction and building materials, Construction and Building Materials, vol. 25, 2011.
- [5] Hemeida, O., Green nanoarchitecture, Master thesis, University of Alexandria, Egypt, 2010.
- [6] Zhu, W., Bartos, P., Porro, A., Application of nanotechnology in construction, Materials and Structures, vol. 37 (9), 2004.
- [7] Sev, A., Ezel, M., International Journal of Civil, Architectural, Structural and Construction Engineering, World Academy of Science, Engineering and Technology, vol. 8, no. 8, 2014.
- [8] Abdellatif, A. A., Towards sustainable architecture with nanotechnology, Housing & Building National Research Center HBNRC, ref. A 154, 2014.
- [9] Elvin, G., Nanotechnology for green building, Green technology forum, Indianapolis, Indiana, 2007.
- [10] Geiker, M. R., Andersen, M. M., 'Nanotechnologies for sustainable construction', Sustainability of construction materials, Woodhead Publishing Limited, 2009.com

Симона Мирчевска

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Архитектонски факултет - Скопје

simona.mirchevska@gmail.com

Ментор: Проф. д-р. Маријана Лазаревска

ПАСИВНИ СОЛАРНИ СИСТЕМИ

КУСА СОДРЖИНА

Познато е дека сонцето може да биде искористено за загревање на просториите за живеење. Меѓутоа, она што многумина не го знаат е дека истата таа сончева енергија може да се користи и за ладење, вентилирање и светлина. Сонцето произведува енергија која е поголема за 10 000 пати од енергијата која ни е потребна, што создава бројни можности за манипулација на начинот на нејзиното користење – ние само треба да научиме како правилно да ја употребиме.

Имплементацијата на пасивните соларни системи е одговор на современиот начин на проектирање на енергетско ефикасни домови. Самосвесноста за одржливост на еден дом е новиот стадиум на состојбата на современиот разум и размислување при процесот на проектирање.

Во овој труд се прикажани неколку различни типови на пасивни соларни системи и нивниот начин на функционирање, дополнително поткрепени со конкретни примери на сè она што еден современ дом може да понуди. Исто така, објаснати се дел од стратегиите при проектирање на енергетски ефикасен дом, како што се: правилна ориентација на градење и потребни анализи на терен, површина и тип на стакло, термална маса, правилно засенчување, правилен распоред на собите и други важни одржливи тактики кои заштедуваат пари, го штитат здравјето, а во исто време ја штитат и планетата.

Клучни зборови: *пасивни соларни системи, одржливост на објекти*

1 ВОВЕД

Дел од најважните извори на обновлива енергија и технологиите поврзани со неа се карактеризираат или како активни соларни системи, или како пасивни соларни системи во зависност од тоа на кој начин ја прифаќаат и ја дистрибуираат соларната енергија, т.е. нивните механизми на работа се разликуваат едни од други.

Активните соларни системи (high tech) се потпираат на надворешни извори на енергија или т.н. резервни системи, како што се радијатори и топлински пумпи, за прифаќање, складирање и конвертирање на соларната енергија во електрична енергија. Во зависност од сложеноста на проектот, можат да се користат за греење или ладење на домот или да обезбедат енергија за цела една населба. Тие се составени од рамни PV плочи, кои се обично монтирани и стационарни. Колекторите користат течност или воздух како проводници за складирање и претворање на енергијата. Оние кои што користат течност се почесто употребувани бидејќи

течноста е поефикасна во спроведувањето на топлина, иако оние што го користат воздухот како проводник не се подложни на замрзнување.

Пасивните соларни системи (low tech) се потпираат на енергијата на сонцето во објектот. Сончевата светлина ја претставуваат кратки бранови на енергија кои поминуваат низ стаклото, по што се апсорбираат и се претвораат во енергија со долги бранови. Постојат три типа на пасивни соларни системи кои можат да се користат одвоено, но и да се комбинираат: директен систем (direct gain system), индиректен систем (indirect gain system) и изолиран систем (isolated gain system).

Со користење на овие системи и со примена на стратегиите за одржлив зелен дом може да се заштеди до 80% на сметки за греење и ладење, да се зголеми комфортоот на домот правејќи го помалку зависен од традиционалните извори на енергија, а ваквиот тип на проектирање без проблем може да се совпадне со било кој архитектонски стил. [1]

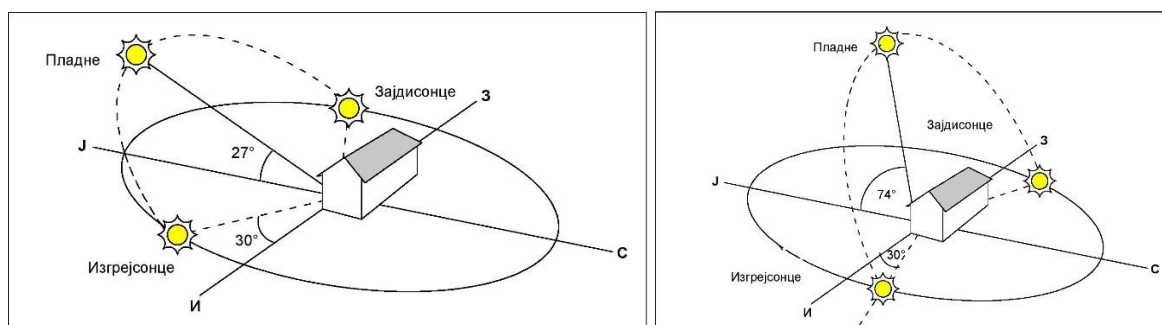
2 ОПШТИ СТРАТЕГИИ ЗА ПРОЕКТИРАЊЕ НА ОДРЖЛИВ ДОМ

Стратегијата за проектирање на одржлив дом подразбира постигнување на енергетска ефикасност преку соодветно проектирање на објектите, без дополнителни трошоци и без дополнителни специфични компоненти.

Проектирањето на одржлив дом започнува со најосновите чекори на проектирање на објекти низ тотална празнина, табула раса, меѓутоа ја вклучува идејата за одржливост, со што се добива подлабока и пофункционална карактеристика на овој процес.

Една од најважните стратегии при проектирање на одржлив дом е правилниот избор на ориентацијата на градење на објектите.

На сликата бр. 1 (првиот дел) е прикажан патот на сонцето во текот на денот при зимската краткоденица (21 декември за северната хемисфера, територија од околу 40°СГШ). Се забележува дека сонцето не изгрева точно на исток, туку 30° јужно од исток, потоа формира многу низок лак и на пладне се издига на само 27° над хоризонтот. Заоѓањето исто така не е точно на запад, туку на 30° јужно од запад. За да не се блокира ниското зимското сонце кое е потребно за осончување на стаклото – колекторот, потребно е тој да не се наоѓа над 15° јужно над хоризонтот. Поради тоа што најосончана е јужната страна од објектот, истиот треба со својата подолга страна да е ориентиран на оската исток-запад. Поради тоа, често користените соби, како што се дневните соби, трпезариите, спалните итн., треба бидат лоцирани на југ, а ретко користените соби како што се пералните, гаражите или пак гардероберите треба да се проектираат на север. Доколку во куќата постои слободен план протокот на воздухот е изедначен низ просторот, и со добиената накрсна вентилација и со зголемувањето на дневната светлина, со што се зголемува удобноста.



Слика бр. 1 – Патот на сонцето а) Зимска краткоденица; б) Летна долгоденица

При летната долгоденица (21 јуни на северната хемисфера) сонцето изгрева 30° северно од исток (сл.1, б)), прави висок лак и на пладне се издига 74° над хоризонтот за потоа да зајде 30° северно од запад. За избегнување на сончевата енергија потребно е да се минимизираат отворите на исток и запад со што се избегнува зголемување на топлина во објектот. Меѓутоа, доколку е неопходно да постојат отвори, тогаш светлината треба да се блокира со дрвја.

Контролирањето на високото летно сонце од јужната стржана може да се изврши со испуштени стрей, тенди, надворешни ролетни, итн. [1][2][3]

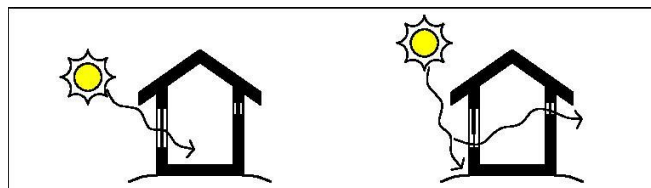
3 ПАСИВИ СОЛАРНИ СИСТЕМИ

3.1 Директен систем (Direct Gain System)

Примената на директен соларен систем (сл. 2) е едноставен и економичен пристап за проектирање на енергетско-ефикасни објекти. Со ваквиот систем светлината од ниското зимско сонце доаѓа во куќата преку големите површини на стакло лоцирани на јужната фасада со што се постигнува директно загревање на термалната маса. Термална маса претставува материјалот од внатрешноста на просторот за живеење кој ја складира топлинската енергија, т.е. подовите и сидовите. Складираната енергија од нивната површина се ослободува во текот на ноќта кога температурата на воздухот во внатрешноста е пониска од онаа на површините. Примери за материјал за термичка маса се: камен, тула, бетон, бел даб и керпич. Доколку се покриени со изолатор како килим, малтер, плочки и сл. стануваат практично бескорисни. [1][4]

Во летниот период, влијанието од високото летно сонце може да се намали преку примена на соларно засенчување. Вентилацијата се овозможува со високи отвори низ кои излегува топлиот воздух. На тој начин се создава вакуум кој вовлекува ладен воздух и дејствува врз топлинската маса. Со тоа наместо емитување на топлина доаѓа до емитување на ладовина која го вентилира просторот. [1]

Директните соларни системи овозможуваат користење на 60-75% од сончевата енергија која удира на прозорците. Сепак, мора да постои баланс помеѓу директните системи како колектори и термичката маса, бидејќи во спротивност би настанало прегревање што би го направило просторот за живеење некомфортен и непријатен. [4]



Слика бр.2 - Директен систем а) зима; б) лето

За да се определи површината на стакло која е потребна од јужната страна од објектот, треба да се дефинира географската ширина на локацијата на објектот и минималната зимска температура (Табела 1). Се избира вредоста на најблиската географска широчина дадена во табелата и најблиската минимална температура. Со поврзување на соодветната редица и колона се добива вредоста на процентот со која треба да се помножи површината на под за да се добие површината на стакло. Може да се зебележи дека кај објектите кои се лоцирани на места со поголема географска ширина и пониска температура, потребна е поголема површина на стакло. [1]

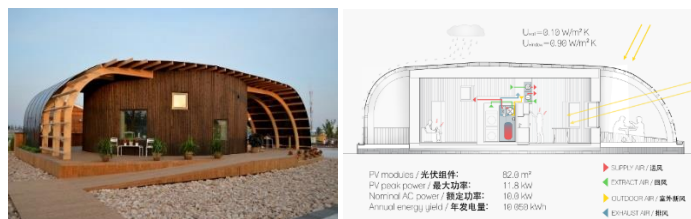
Површина на стакло = Процент од табелата * Површина на под

Зимска тем	Географска ширина			
	36°	40°	44°	48°
-7 °C	0.24	0.25	0.29	0.31
-4 °C	0.22	0.23	0.25	0.28
-1 °C	0.19	0.20	0.22	0.24
1 °C	0.16	0.17	0.19	0.21
4 °C	0.13	0.14	0.16	0.17
7 °C	0.1	0.11	0.12	0.13

Табела бр. 1

3.1.1 Пример: HALO: Swedish Students' Solar Decathlon Entry

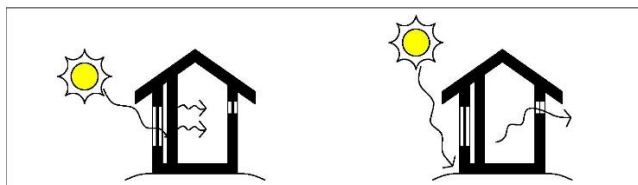
HALO претставува пример за социјално одржлив дом во кои се применети обновливи извори на енергија како комбинација од активен и пасивен соларен систем. Овој објект е проектиран и изграден од страна на 25 студенти од Шведска. Изолираните сидови, покрив и под, како и отворите кон југ, го вбројуваат овој објект во групата на пасивни објекти. Покривот на објектот е направен од соларни панели од силиконски фотоволтаици. Вентилацијата, греењето и затоплувањето на водата се потпомогнати со мала пумпа (слично како VRS – ventilation recovery system). HALO го има освоено третото место на Solar Decathlon во Кина во 2013 година. [7]



Слика бр. 4 - Пример за директен систем - HALO: Swedish Students' Solar Decathlon Entry

3.2 Индиректен систем (Indirect Gain System)

Индиректниот систем ја користи сончевата енергија која влегува преку стаклата и удира директно на термичкиот сид кој се наоѓа позади отворите. На тој начин се овозможува складирање на енергијата која потоа се емитува во просторот за живеење. Во зимскиот период енергијата од ниското сонце преку стаклото удира на апсорберот – термичкиот сид, а потоа преку него се спроведува во просторот. Во летниот период високото сонце е блокирано од соларното засенчување. Топлиот воздух од внатрешноста се крева нагоре кон високите прозорци што дозволува ладниот воздух да остане во внатрешноста. Во зависност од материјалот дебелината на термичкиот сид изнесува: 15cm за воден сид, 20cm-30cm за сид од земја, 25cm-35cm за сид од тула и 30cm-45cm за бетонски сид. [1][5]



Слика 3. Индиректен систем а) зима; б) лето

Потребната површина на термичкиот сид се пресметува слично како површината на стаклото во директниот пасивен систем. Процентот добиен од табела бр. 2 се множи со површината на термичката маса. [1]

	Географска ширина			
Зимска тем.	36°	40°	44°	48°
-7 °C	0.71	0.75	0.85	0.98
-4 °C	0.59	0.63	0.75	0.84
-1 °C	0.50	0.53	0.60	0.70
1 °C	0.40	0.43	0.50	0.55
4 °C	0.32	0.35	0.40	0.44
7 °C	0.25	0.26	0.30	0.33

Табела бр. 2

3.2.1 Воден сид (Water wall)

Кај овој тип на индиректен систем апсорберот претставува контејнер со вода или некоја друга течност што има моќ за масивно скаладирање на енергија што подоцна се претвора во топлина и се дистрибуира во просторот за живеење. [5]

3.2.2 Тромбе сид (Thrombe wall)

Trombe сид претставува сидарски или бетонски сид кој однадвор е покриен со слој на стакло. Воздушниот простор помеѓу сидот и застаклувањето изнесува 10-20 сантиметри. Во текот на денот сончевото зрачење поминува низ стаклото и се апсорбира од сидот, а се ослободува во вид на топлина во текот на вечерните и ноќните часови. [5]

3.2.3 Езеро на покривот (Roof pond)

Кај овој тип на индиректен систем колекторот на енергија е преместен на покривот на објектот и претставува стаклен контејнер со вода кој во вечерните часови е заштитен со подвижна изолација. Ова водно тело е изложено на директна сончева енергија што ја апсорбира и потоа ја спроведува. Во летниот период изолацијата се отстранува во текот на ноќните часови, а се става во текот на денот, со што преку ноќта влегува ладен воздух и го лади просторот преку ден. [5]

3.2.4 Пример: Snow House / Emilio Marin, Nicolas Dorval-Bory, Juan Carlos Lopez

Во продолжение е прикажан пример за одржлива планинска кука наменета за зимски спортови лоцирана на стрмен терен на планините на Сантијаго, во Чиле.

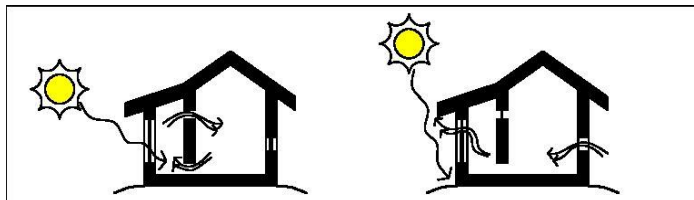
За загревање на куќата применети се два пасивни системи: термосифон и термички сид од бетонски блокови. Во текот на денот свежиот воздух се загрева преку ефектот на стаклена градина помеѓу стаклото и термичкиот сид. Во текот на ноќта, со фазно поместување, топлината се складира во термичкиот сид со висока изолација и потоа се дистрибуира преку зрачење.[8]



Слика 4. Пример за индиректен систем - Snow House

3.3 Изолиран систем (Isolated Gain System)

Во изолираниот пасивен соларен концепт собирањето и складирањето на сончевата енергија се одвива во простори кои се изолирани и се или инкорпорирани во волуменот на зградата, или излегуваат од него. [3][6]



Слика 5. Изолиран систем а) зима; б) лето

3.3.1 Сончеви простори (Sunsaces)

Сончевата светлина влегува преку колекторот и го загрева апсорберот. Топлиот воздух се издига нагоре и влегува во просторот за живеење. Како ќе се излади, се спушта и влегува во

сончевиот простор за повторно да се загрее. Во текот на летото, сонцето го загрева сончевиот простор, топлиот воздух се издига, меѓутоа овојпат тој се насочува кон надвор, со што се создава вакуум кој вовлекува ладен воздух внатре во просторот за живеење. [1][3]

3.3.2 Термосифон (Thermosiphon)

Кај термосифоните сончевите зраци влегуваат преку колекторот, кој обично е стакло, удираат на апсорберот (темен метал или слично) и топлиот воздух се издига и оди во просторот за живеење. Кога ќе се излади, се спушта во термосифонот со цел да се загрее повторно. За вентилирање, исто како и во сончевите простори воздухот се загрева, а потоа наместо да одат во просторот за живеење, насочен е надвор. Со тоа се создава вакуум и се повлекува ладен воздух. Овој систем е доста поефикасен, меѓутоа и поскап систем.[1]

3.3.3 Пример: Minnesota Home - William Sikora

За изградба на овој сончев простор искористено е двојно стакло, 8mm поликарбонат како надворешно застаклување. На горниот кат овој простор се користи за сончање, сушење на облека, сушење на дрво, или за складирање на предмети кои можат да се изложат на топлина. На приземје се користи за чување на огревно дрво и опрема за градина. [9]



Слика 6. Пример за изолиран систем - Minnesota Home - William Sikora

4 ЗАКЛУЧОК

Рационалната потрошувачка на енергија и зголемувањето на енергетската ефикасност на зградите преку користење на сончевата енергија позитивно влијае врз стопанскиот и општествениот развој, истовремено придонесувајќи за намалување на енергетската и еколошката криза. Истражувањата спроведени ширум светот покажуваат дека треба да се превземат сите мерки за правилно искористивање на соларниот потенцијал, преку примена на активни или пасивни соларни системи во процесот на проектирање и изградба на згради.

За примена на пасивните системи во зградарството нема потреба од набавка на нови и сложени технологии бидејќи овие системи ги користат градежните материјали (камен, бетон, стакло, дрво итн.) како колектори на топлина која потоа може да се пренесува со спроведување или зрачење. Нивната правилна примена овозможува користење на предностите од локалните климатско-метеоролошки услови, конфигурацијата на теренот и природните енергетски карактеристики на материјалите изложени на сонце. Тие се доста едноставни системи кои се одликуваат со минимално одржување и долг век на траење.

Добрите пасивни соларни системи и соодветните стратегии за енергетско-ефикасни објекти најлесно можат да се вклопат во фазата на проектирање на нови згради, споредено со постоечки згради. Меѓутоа, тоа не значи дека не постои моност за примена на пасивни системи и кај веќе постоечките згради, бидејќи и тие може лесно да се надоградат и надополнат со што би ја зголемиле енергетската ефикасност. Искуствата покажуваат дека со пасивните системи се намалуваат вкупните енергетски потреби на зградите и до десет пати.

5 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Thomas P. Doerr, „Passive Solar Simplified: Easily design a truly green home for Colorado and the West“, Alitheia Press, United States of America, 2014
- [2] USC University of Southern Carolina, „Passive Solar Systems“, http://www.usc.edu/dept-00/dept/architecture/mbs/tools/thermal/controls_passolar_main.html
- [3] Sustainable sources „Passive Solar Design“, <http://passivesolar.sustainablesources.com/>

- [4] USC University of Southern Carolina, „*Direct Gain Systems*“, <http://www.usc.edu/dept-00/dept/architecture/mbs/tools/thermal/passivesolar.html>
- [5] USC University of Southern Carolina, „*Indirect Gain Systems*“, http://www.usc.edu/dept-00/dept/architecture/mbs/tools/thermal/controls_passolar_ind.html
- [6] UCS University of Southern Carolina, „*Isolated Gain Systems*“, http://www.usc.edu/dept-00/dept/architecture/mbs/tools/thermal/controls_passolar_isol.html
- [7] Eric Baldwin, „*HALO: Swedish Students' Solar Decathlon Entry*“ <http://www.archdaily.com/432984/halo-swedish-students-solar-decathlon-entry>
- [8] Nico Saieh, „*Snow House / Emilio Marin, Nicolas Dorval-Bory, Juan Carlos Lopez*“ <http://www.archdaily.com/50725/snow-house-emilio-marin-nicolas-dorval-bory-juan-carlos-lopez>
- [9] Home Power Magazine „*Inspiring Sunspaces - Minnesota*“ <http://www.homepower.com/inspiring-sunspaces-minnesota>

Поповска Викторија¹, Симеонова Александра²

¹Центар за енергетска ефикасност на Македонија – МАЦЕФ, Скопје

²Јоки ДООЕЛ, Скопје

¹p.viktorija@yahoo.com

²simeonovaaleksandra@yahoo.com

ПРИМЕНА НА ПРАКТИЧНИ МЕРКИ ЗА ПОДОБРУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКАТА ЕФИКАСНОСТ НА ИНДИВИДУАЛНИ КУЌИ СО ПОСЕБЕН НАГЛАСОК НА ЕНЕРГЕТСКИ СИРОМАШНИ ДОМАЌИНСТВА

АПСТРАКТ

Веќе е извесно навлегувањето на светот во една нова ера - ера во која е ставен силен нагласок на одржливоста во сите аспекти на човековото живеење и делување. Сега, повеќе од било кога, е јасна потребата за поврзување на економскиот и општествениот напредок и нивно оценување од аспект на животната средина – компонентата која го заокружува целото постоење на планетата Земја. Иако во Европа овој концепт не е нов, неодамна, на Самитот на Обединетите Нации беа донесени 17 цели за одржлив развој. Меѓу нив, прва се истакнува целта за искоренување на сиромаштијата во сите нејзини појавни облици. Тука совршено се вклопува и поимот енергетска сиромаштија – проблем со кој Македонија несомнено се соочува. Во текстот што следува е разгледан постоечки објект од рурален предел на територија на Р. Македонија кој е со незадоволителни енергетски карактеристики, додека можностите и методите за спроведување на мерки за енергетска ефикасност се разгледани од поширок социјален аспект.

Клучни зборови: *енергетска сиромаштија, енергетска ефикасност, индивидуален објект, заштеди*

ABSTRACT

World has already passed the entrance into a new era - a new epoch in which the sustainability of every aspect of human existence and acting is highly stressed. Now, more than ever, we witness the need of jointly assessing the economic and social growth as integral parts of a wider component – the environment, which is certainly a key element for life existence on the Earth. While in Europe already identified, recently on the Summit of United Nations, 17 Sustainable Development Goals (SDGs) were announced. Goal 1 states: End poverty in all its forms everywhere. Indisputably this declaration also regards the phenomenon of energy poverty – a problem that vast majority of Macedonian people cope with. In that aspect, the following work gives details about an existing family house from rural area with low energy performances, while the possibilities and the methods for implementing energy efficiency measures are analyzed from broader social perspective.

Key words: *energy poverty, energy efficiency, individual house, savings*

1 ОДРЖЛИВ РАЗВОЈ VS. ЕНЕРГЕТСКА СИРОМАШТИЈА

После повеќегодишното масовно и нерационално трошење на енергетските ресурси, вртоглавото зголемување на производството пред сè во територијално големите држави, сега, потребата од заштита на животната средина и промовирање на одржливиот развој сè повеќе се нагласува. Она што е контрадикторно на одржливоста е големата раширеност на сиромаштија, а причината е тоа што социјалниот аспект е еден од трите столбови на одржливиот развој. Нормално е да се очекува дека во услови кога едно семејство кое е погодено од сиромаштија, една од последните нешта за кои размислува е превземање на мерки за енергетската ефикасност на својот дом. Од оваа појава не е исклучена и Македонија, а загрижувачки е податокот дека дури 60% од населението е погодено од енергетска сиромаштија, а во овој процент не влегуваат само семејствата со ниски приходи, туку и оние од средната класа. Поради тоа, во текстот што следи е разгледан постоечки објект кој се користи за домување на четиричлено семејство, кое своите приходи ги остварува од социјална помош како и повремена сезонска работа.

2 АНАЛИЗА НА ПОСТОЕЧКИ ОБЈЕКТ

2.1. Општи податоци за објектот

Објектот што се разгледува претставува семејна станбена кука со максимални надворешни габаритни димензии од 9,5 x 7,5 [m], а вкупна корисна површина од 53,56 [m²] која е лоцирана во с. Спанчево, Кочани. Конструкцијата на објектот е составена од носечки сидови од полна тула со дебелина од 40 [cm] на надворешните сидови и 20 [cm] на внатрешните и завршна обработка со 2 [cm] малтер од двете страни. Објектот има само приземје и е подигнат на 45 [cm] од нивото на земјата. Куќата има вкупно 5 простории од кои една е дневен престој, две спални соби, кујна и бања. Изведбата на подовите е различна во зависност од проектната намена на просторијата, имено, во дневниот престој кој бил предвиден како предсобје, поставен е под од линолеум врз бетонска кошулка. Во двете спални соби и кујната поставен е дрвен патос врз набиена земја, а во бањата подот е изработена од керамички плочки. Два од шест прозорци поставени главно на северо-западната и северо-источната страна се изработени од метални рамки со единечно стакло, а останатите четири се двојни прозорци со дрвени рамки и единечно стакло. Исто така, вратата за влез во објектот има метална рамка, а крилото на вратата е до половина метална плоча, половина единечно стакло. Кровната конструкција е изработена од дрвени носечки греди, дрвена оплата, скала за ќерамиди и завршна покривка од ќерамиди и азбестни плочи. За одведување на атмосферската вода, по рабовите се поставени хоризонтални и вертикални олуци од поцинкуван лим.

Куќата е изградена во периодот пред 1955 година, конструкцијата е застарена, во внатрешноста се видливи големи пукнатини на сидовите, прозорците не заптиваат добро, а стаклата на неколку од нив се пукнати или скршени.

Специфично е тоа што овој објект има многу неповолна ориентација на прозорците, како и неможноста да се постигне соодветна температура во единствената просторија што се загрева.



Сл. 8 Изглед на објектот од северо-источна страна

2.2. Потрошувачка на енергија и годишни трошоци за греење

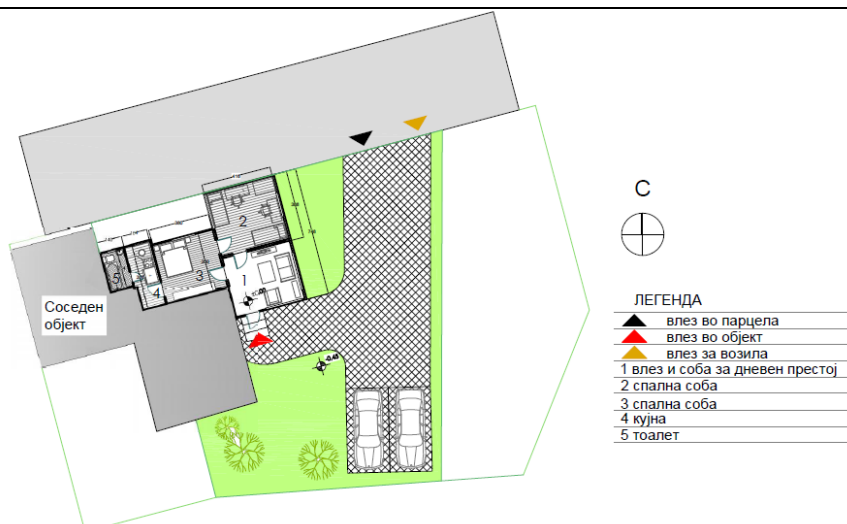
Од произнесените карактеристики може да се заклучи дека објектот има исклучително неповолни енергетски перформанси, што од аспект на потрошувачка на енергија, има најголем удел во топлинските загуби.

Имајќи ја во предвид социјалната положба на семејството и состојбата на објектот, јасно е дека загревањето на домот во зима предизвикува најголеми финансиски издатоци. Во табела 1 е направена анализа на постоечката ситуација на целиот објект, а пресметката е направена за средна надворешна проектна температура од 6°C. Во грејната сезона од шест месеци, се загрева само една просторија – дневниот престој и тоа со термоакумулациона печка на електрична енергија од 3,5 [kW] која се полни 12 часа во текот на денот. Просторијата се загрева до 20°C.

Табела 1 Постоечка ситуација на системот за греење во разгледуваниот објект

	Вредност	Забелешки
Вкупна потребна топлина за греење на просторијата	4 kW	
Капацитет на инсталирано грејно тело	3,5 kW	Термоакумулациона печка
Режим на работа	12 часа/ден	6 месеци во грејна сезона
Цена на електрична енергија (средна тарифа)	4,46 ден/kWh	
Потрошувачка на електрична енергија за греење	7600 kWh/год.	
Годишни трошоци за греење	34000 ден/год.	
Споредба на годишни трошоци за греење со други енергенси:		
Огревно дрво	14500 ден/год.	Со просечна енергетска вредност на дрвото од 18 MJ/kg и 630 kg/m ³ густина и цена од 3600 ден/m ³
Пелети	17000 ден/год.	Со просечна енергетска вредност на пелетите од 18 MJ/kg и 700 kg/m ³ густина и цена од 12 ден/kg
Екстра лесно масло за горење	30500 ден/год.	Со просечна енергетска вредност на горивото од 42 MJ/kg и цена од 38,5 ден/l
Заштеди што можат да се остварат само со замена на горивото:		
Огревно дрво	19500 ден/год.	
Пелети	17000 ден/год.	
Екстра лесно масло за горење	3500 ден/год.	

Споредбата на различни типови на горива и цената на чинење на енергијата по kWh од истите, покажува дека со замена на енергенсот најголеми заштеди би се постигнале доколку објектот се загрева на дрва и тоа во случај да нема промена на моменталниот комфор на живеење.



Сл. 9 Поставеност на објект

Следно, во табела 2 се анализирани две сценарија, при што е направена пресметка на потребната енергија за загревање на целиот објект на соодветни температури што одговараат на намената на просторијата и тоа во првото сценарио пресметката е направена за средна надворешна проектна температура од 6°C и добра изолација, додека за второто сценарио се земени во предвид истите проектни услови, но без енергетска изолација на објектот.

Табела 2 Споредба на можности за обезбедување на повисок комфорт во домаќинството

	Сценарио 1	Сценарио 2	Забелешки
Вкупна потребна топлина за греење на целиот објект	3,5 kW	8,5 kW	Проектни температури во просториите: - Дневна соба: 20°C - Спални соби: 18°C - Кујна: 20°C - Бања: 22°C
Режим на работа	12 часа/ден	12 часа/ден	6 месеци во грејна сезона
Споредба на годишни трошоци за греење со различни енергенси:			
Електрична енергија	34000 ден/год.	82 000 ден/год.	За цена на електрична енергија од 4,46 ден/kWh
Огревно дрво	14500 ден/год.	35000 ден/год.	Со просечна енергетска вредност на дрвото од 18 MJ/kg и 630 kg/m ³ густина и цена од 3600 ден/m ³
Пелети	17000 ден/год.	41000 ден/год.	Со просечна енергетска вредност на пелетите од 18 MJ/kg и 700 kg/m ³ густина и цена од 12 ден/kg
Екстра лесно масло за горење	30500 ден/год.	73000 ден/год.	Со просечна енергетска вредност на горивото од 42 MJ/kg и цена од 38,5 ден/l

Со споредба на вредностите за потребна топлина за загревање на целиот објект во двата случаи, се потврдува фактот дека добро изолираните згради имаат помали потреби од топлинска енергија споредено со зградите со лоши енергетски перформанси, односно за куќата што е предмет на овој труд, потребите се дури 2,4 пати помали во првиот случај.

2.3.Инвестициски трошоци и примена на мерки за енергетска ефикасност

Табела 3 Споредба на инвестициски трошоци

Замена на гориво и мали поправки		Поставување на изолација и систем за греење во цел објект		Поставување на систем за греење во цел објект	
Греена површина: 14,9 m²		Греена површина: 53,56 m²		Греена површина: 53,56 m²	
Шпорет на дрва (6,5 kW):	10000	Камин на дрва		Камин на дрва	
Импровизиран а изолација на прозорци и врати со пур пена	1000	Панелни радијатори (600/600, 600/1400, 600/1800)		Панелни радијатори (600/600, 600/1400, 600/1800)	
Промена на две скршени прозорски стакла	3000	Регистар (450 x 1290)		Регистар (450 x 1290)	
		Бакарна цевка (ф28, ф22, ф18, ф15, вкупно 50 m)		Бакарна цевка (ф28, ф22, ф18, ф15, вкупно 50 m)	
		Бакарен фитинг (0,4% од вредноста на цевката)		Бакарен фитинг (0,4% од вредноста на цевката)	
		Топчест вентил		Топчест вентил	
		Автоматско лонче		Автоматско лонче	
		Радијаторски вентил		Радијаторски вентил	
		Радијаторски навијак		Радијаторски навијак	
		Димоводен сет		Димоводен сет	
		Работна рака за поставување на системот		Работна рака за поставување на системот	
		Вкупно за системот за греење:	90000		
		Менување на прозорци и надворешна врата	50000		
		Менување на кров	55000		
		Фасада со топлинска изолација	25000		
Вкупна инвестиција (денари):	14000	Вкупна инвестиција (денари):	220000	Вкупна инвестиција (денари):	90000

Јасно е дека секое подобрување на енергетската ефикасност на зградите е поврзано со значајни инвестициски трошоци кои треба внимателно да се анализираат, меѓутоа кога кога станува збор за подобрување на енергетската ефикасност и квалитетот на живот на ранлива

група на граѓани, тогаш потребно е да се направи нестандартен пристап кон решавање на проблемот и да се идентификуваат мерки кои повлекуваат минимални трошоци. Затоа, во табела 3 е наведена споредбата на инвестициските трошоци за три случаи: 1. Замена на горивото за греење во постоечкиот објект и мали поправки со цел намалување на топлинските загуби, 2. Инвестиции за изолација и систем за греење на целиот објект на соодветна температура и 3. Инвестиции за систем за греење на целиот објект на соодветна температура (без надворешна изолација). Бидејќи во сите случаи како најповолно гориво се издвои огревното дрво, при анализата на инвестициите и периодот на поврат на средствата се земени во предвид системи за греење на дрва.

Од табела 3 следи заклучокот дека во конкретниот случај, единствено возможна инвестиција е промена на горивото т.е. замена на термоакумулационата печка со печка на дрва, како и мали импровизирани зафати за подобро заптивање на прозорците со пур пена и евентуална замена на скршените стакла од прозорците со нови. Дополнителна придобивка од ваквата замена би била и можноста за готвење на шпоретот на дрва, односно намалување на трошоците за електрична енергија што вообичаено се троши од стариот и неефикасен електричен шпорет. Други мерки кои би придонеле кон намалувањето на сметките во домаќинството е и промена на навиките на луѓето што живеат во него, кои мерки вклучуваат рационално користење на електричната енергија и водата, односно исклучување на светилките и другите електрични апарати кога нема потреба од нив, добро затворање на славините за вода, редовно чистење на замрзнувачот и правилно поставување на фрижидерот, sukcesivна замена на светилките во вжарено влакно со ЛЕД светилки и замена на славините за вода доколку истите не затвораат добро. Сепак, дури и кога инвестицијата е многу мала, во денешни услови, дискутабилно е прашањето: *Дали социјално загрозените домаќинства можат да ја подобрат енергетската ефикасност?*

3 ЗАКЛУЧОК

Случајот што беше анализиран во овој труд опфаќа мал дел од проблемите со кои се соочува едно енергетски сиромашно семејство во Македонија. Не е за занемарување и фактот дека во Македонија постојат и други социјално загрозени и маргинализирани групи на граѓани, граѓани кои живеат во импровизирани живеалишта или граѓани кои воопшто немаат пристап до електрична енергија и вода, односно луѓе кои престојуваат во животни-загрозувачки услови. Доколку Македонија ги прифаќа целите за одржлив развој до 2030 година донесени на Самитот на Обединетите Нации во септември 2015 година, тогаш сите сме засегнати од итноста да се обезбеди просперитет и добросостојба за секој човек, а пред сè пристојни услови за живот и работа. Првиот чекор би бил обезбедување на подобар пристап до информации на одредени групи на граѓани, со што би се постигнала поголема социјална инклузија на најзагрозените, обуки и квалификување за работа, поволно субвенционирање на компаниите кои ќе вработуваат вакви групи на граѓани итн. односно, во моментот најважно е да се иницираат одредени промени на структурално ниво, а дури потоа би можело да се пристапи кон анализа на можностите за подобрување на енергетските перформанси на индивидуалните куќи за живеење – акции пропишани и во Европските Директиви кои Македонија во голем дел веќе ги има превземено, но чија можност за имплементација се разидува со животната реалност на голем дел од македонското население.

4 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] United Nations, “*The 2030 Agenda for Sustainable Development*”, 2015
- [2] Ана Стојилоvsка, „*Енергетска сиромаштија во Македонија и регионот*“, Аналитика, 2013
- [3] Michael F. Hordeski, “*Megatrends for Energy Efficiency and Renewable Energy*”, The Fairmont Press Inc. , 2010

Владимир Шокаровски¹

¹Факултет за електротехника и информациски технологии, Скопје

¹shokarvladimir@gmail.com

ИСПИТУВАЊЕ НА ИЗОЛАЦИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ГРАДЕЖНИ ОБЈЕКТИ СО ПОМОШ НА ТЕРМАЛНА КАМЕРА

КУСА СОДРЖИНА

Кога зборуваме општо на темата за енергетската ефикасност, веднаш може да се заклучи дека станува збор за доста широка област, која ги опфаќа интересите и решенијата на проблемите со кои се соочува современиот свет во кој живееме. Суштински, решението на овие проблеми може да се согледа во тоа, да се трудиме да постигнеме баланс помеѓу барањето на алтернативни начини за производство на енергија и што поголема заштеда на истата, колку што е возможно од практичен аспект.

Во овој труд, се обработува еден од составните аспекти на вториот дел од гореспоменатиот баланс, односно како што кажува и самиот наслов на трудот- испитување на изолациските карактеристики на градежните објекти со помош на термална камера, со цел да се контролира и подобри заштедата на енергијата во истите. Исто така, разработени се дел од методологиите и пристапот на современата мерна техника по прашање на оваа проблематка, како од физичка, така и од техничка гледна точка. За сето ова, како потврда ни се изложените обработени резултати од спроведените теренски мерења.

Клучни зборови: енергетска ефикасност, изолација, термографија, градежни објекти, мерна техника.

1 ВОВЕД

Од аспект на заштедата на енергија, односно, кога станува збор за енергетската ефикасност на градежните објекти, пред сè, треба особено да се внимава на изборот и правилното поставување на топлинската изолација на објектот. Кај градежните објекти поставувањето на топлинска изолација не е нешто ново, но во поново време се води и контрола за тоа колку веќе постоечката или новопоставената топлинска изолација е енергетски ефикасна.

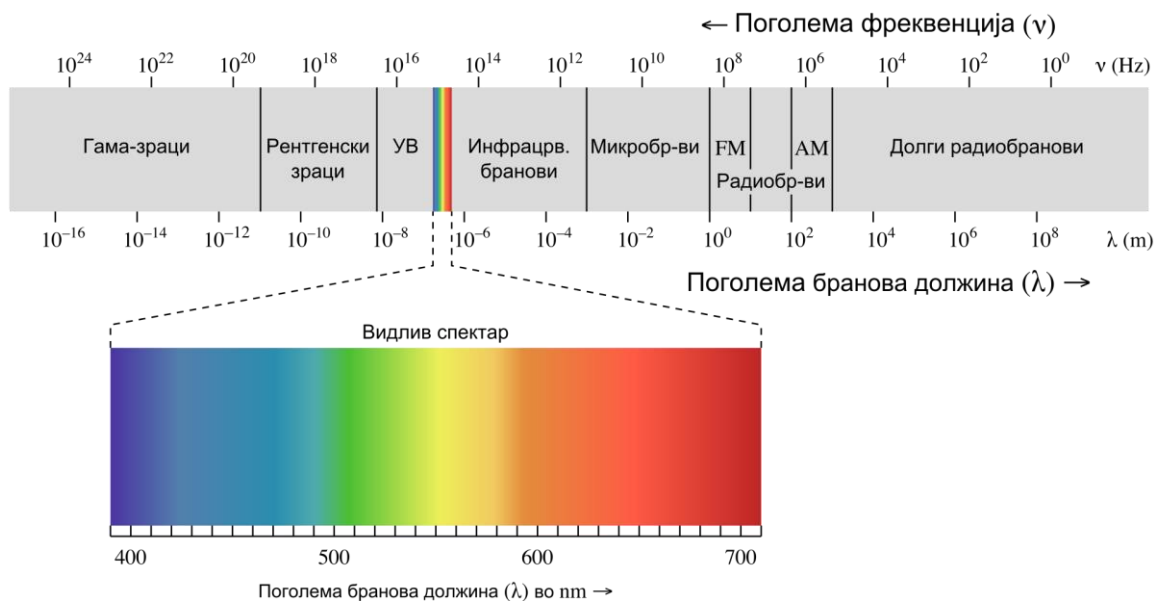
Доколку топлинската изолација на дадениот градежен објект, е несоодветно изведена, тогаш се јавуваат топлински загуби, односно поголема размена на топлина со околината. Во градежништвото постојат повеќе методи за испитување на енергетската ефикасност на објектот, односно откривање на потенцијални топлински загуби, кои се поделени во две главни групи и тоа: деструктивни и недеструктивни. Предноста на недеструктивните методи за испитување во однос на деструктивните, е во тоа што не предизвикуваат никакви физички оштетувања на објектот кој се испитува, туку на многу посовистициран начин овозможуваат, со помош на соодветна мерна техника, да се дојде до резултатите од испитувањето на дадениот објект [1]. Една од ваквите недеструктивни методи, е испитувањето на енергетската ефикасност на градежните објекти со помош на термална камера, која врз база на детекцијата

на инфрацрвеното зрачење на дадениот објект, со соодветна обработка, ја дава фактичката реална состојба на изолационите карактеристики на термалната изолација на истиот соодветно.

Конкретно за оваа цел, и утврдувањето на определени стандарди за испитување и мерење на енергетската ефикасност на градежните објекти, следејќи ги меѓународните прописи за оваа проблематика, Министерството за економија при Владата на Република Македонија ги утврди следните правилници и тоа: Правилник за енергетски карактеристики на зградите [2] и Правилник за енергетска контрола [2]. Со овие два Правилници, суштински е опфатена правната рамка за тоа, одосно е пропишано под кои услови треба да се изведува испитувањето за енергетската ефикасност на градежните објекти, кој сè може да го спроведе испитувањето, како треба да изгледаат техничките извештаи, кои мерки и во кои случаи се превземаат и слично. Всушност, со донесувањето и стапувањето во правна сила на овие два Правилници, се стандардизира оваа проблематика од областа на енергетската ефикасност во рамките на нашата држава.

2 ФИЗИЧКИ АСПЕКТ НА ИНФРАЦРВЕНОТО ЗРАЧЕЊЕ

Во основа, од физички аспект, топлината всушност е електромагнетен бран со сопствена енергија, кој се манифестира како инфрацрвено зрачење. Брановата должина на инфрацрвеното зрачење се наоѓа меѓу видливиот дел од спектарот на електромагнетни зрачења и микробрановите, прикажан Слика 1. Секој објект кој има температура поголема од апсолурната нула ($-273,15$ [°C] или 0 [K]) емитира инфрацрвено зрачење. Дури и објектите кои се наоѓаат на пониска температура, емитираат инфрацрвено зрачење.



Слика 1. Спектар на електромагнетни зрачења

Инфрацрвеното зрачење не е видливо со голо око. Колку објектот во себе содржи поголемо количество на топлина, сразмерно на тоа, тој емитира инфрацрвено зрачење. Црните тела се идеални тела кои ги апсорбираат сите зраци без оглед на нивната бранова должина и упадниот агол. Притоа не доаѓа до рефлексија (туку настанува целосна апсорпција). Од црните тела се емитира зрачење со сите бранови должини. Емисионата способност на ова зрачење е дадена со Штефан–Болцмановиот закон:

$$E_b = \sigma \cdot T^4 \text{ [W/m}^2\text{]} \quad (1)$$

каде што $\sigma = 5,6697 \cdot 10^{-8} \text{ [W/m}^2\text{K]}$ е Штефан–Болцманова константа. Концептот на зрачење на црно тело е суштината на инфрацрвената термографија. Притоа, емисивноста се дефинира како однос на топлинското зрачење емитирано од сиво тело (не-црно тело, со коефициент на апсорпција различен од единица) и тоа од црно тело, при иста температура. Под сиво тело се подразбира тело кое има иста спектрална емисивност при секоја бранова должина. Не-сиво тело е тело чија емисивност се менува со брановата должина, како на пример кај стаклото [3].

Факторот на емисија на реално тело, е однос на емитираната енергија на реалното тело при определена температура и сопствената емисија на црно тело при иста температура.

$$\varepsilon = \frac{E(T)}{E_c(T)} \quad (2)$$

Овој фактор зависи од видот на материјалот, состојбата на површината и од аголот на зрачење на површината.

Факторот на апсорпција зависи од температурата на телото, состојбата на неговата површина и брановата должина на зраците што паѓаат на неговата површина.

2.1.1 Инфрацрвена термографија, термална камера и нејзина примена

Како што беше погоре кажано, инфрацрвеното зрачење не е видливо со голо око. Инфрацрвената термографијата е бесконтактна метода на мерење и регистрирање на топлинското зрачење, како и негова распределба на површината од објектот. После извршеното мерење и обработка се добива запис за измерените големини-термограм. Тоа се извршува со термалните камери.

Едноставно кажано, термалната камера, од технички аспект, функционира на следниот начин: Инфрацрвеното зрачење кое доаѓа од набљудуваниот објект, се фокусира преку специјалната инфрацрвена леќа на специјално сетило осетливо на инфрацрвено зрачење. Понатака добиениот сигнал соодветно се преработува преку соодветна електроника и алгоритми и така преработен како термална слика се прикажува на соодветен екран и се зачувува во надворешна меморија за понатамошна анализа со соодветен софтвер за да се добијат крајните резултати од мерењето.

Инфрацрвената термографија, всушност е умешност на трансформирање на инфрацрвената слика во термовизиска, која им овозможува температурни вредности да бидат отчитани од сликата. Така што секој пиксел во радиометриската слика е всушност мерење на температура во дадена точка. Со цел да се направи сето ова, се користат комплексни алгоритми кои се инкорпорирани во самата камера.

Термограмот е дводимензионална слика на распределба на интензитетот на инфрацрвено зрачење од површината на објектот во видното поле на камерата, а тоа значи дека од него можат да се добијат температурните во произволно избраните соодветните точки на површината од објектот.

Инфрацрвената термографија во градежништвото може да се користи за одржување и рано откривање на дефекти во механичката и електричната опрема, изолацијата, рамните покриви, откривање на влага во сидови и покриви, контрола и откривање на дефекти кај цевки и канали, за откривање на загуба на топлина, за реновирање на згради итн.

2.1.2 Методологија и примена на термалната камера за испитување на изолациони карактеристики на градежни објекти

За да се добијат што е можно поточни и попрецизни резултати при мерењето и обработката со термовизиската камера, потребно е да се задоволат некои услови. Општо, како што е и погоре кажано, примената на термовизиската камера за енергетска контрола на градежните објекти е доста широка, од испитување на изолационите карактеристики на топлинската изолација (најчесто фасадните обвивки на објектите), испитување на топлинските премини,

испитуване на влажност, итн. Во овој случај ќе се задржиме на испитување и контрола на изолационите карактеристики на топлинската изолација.

При инфрацрвена термографија, мора да се има предвид, да се запази и исполни и следново:

- Објектот мора да биде оптички видлив за инфрацрвениот термометар (високите нивоа на прашина или чад го прават мерењето помалку точно), ако неомже да се фокусира целиот објект, тогаш е препорачливо дел по дел. Оптичкиот дел на сетилото мора да биде заштитен од прашина и кондензирани течности;
- Со инфрацрвените термометри може да се мерат само површинските температури;
- Разликата помеѓу внатрешната и надворешната температура би требало да биде најмалку 10-15[°C] ;
- Да се води сметка снимањето на објектот да се изврши во периодот кога на него не грее директно сонце т.е. пред изгревање на сонцето и по негово заоѓање, исто така и да не е врнежливо и ветровито, со цел да се сведи на минимум влијанието на климатските фактори;
- При снимањето да се води сметка за оддалеченоста на позицијата на снимање од објектот и аголот на снимање;
- Избирање на методот на мерење со инфрацрвена камера како и добра вредност на факторот на емисија ϵ .

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ ДОБИЕНИ ОД СПРОВЕДЕНОТО ТЕРЕНСКО СНИМАЊЕ СО ТЕРМАЛНАТА КАМЕРА

Неодамна, пред околу шест месеци, на зградата на Факултетот за електротехника и информациски технологии во Скопје, е изработена современа изолациона термофасада и променети се старите прозорци со нови термоизолациони од повисока класа. Во интерес на предметот кој се обработува во овој труд, извршивме теренско снимање на овој градежен објект на неколку точки од неговата фасада со термална камера testo 881-2 [4], а добиените снимки ги анализиравме со помош на соодветниот софтвер IRTSoft [5], со цел да извршиме термална контрола на изолационите својства на фасадата и да ја испитаеме нејзината енергетска ефикасност.

Техничките карактеристики на термалната камера testo 881-2, со која се извршени снимањата, се следните:

- максимален фактор на емисија 0.9994;
- инфрацрвена леќа Ø 60 x 300 [mm];
- минимално растојание од објектот 0,5 [m];
- препорачана амбиентална температура за работа 25[°C];

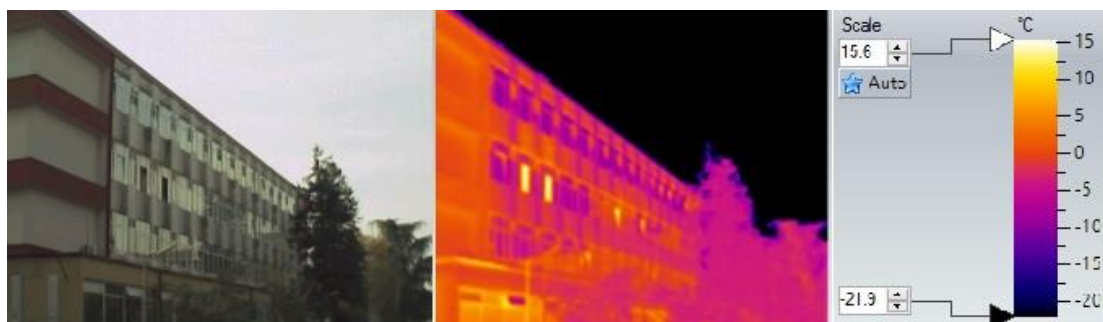
Во Табела 1. се прикажани останатите мерни технички карактеристики на оваа термална камера.

Табела 1. Мерни технички карактеристики на термалната камера testo 881-2

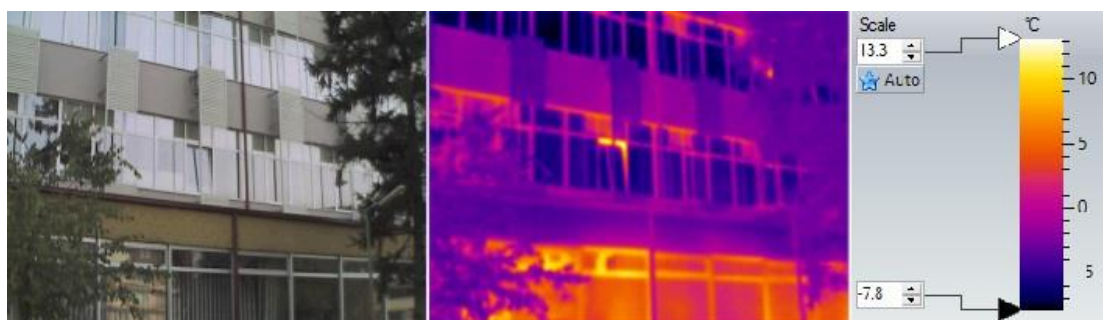
Мерни технички карактеристики на термалната камера testo 881-2	
Карактеристики	Вредности
Температурен опсег (може да се менува)	Мерен опсег 1: -20 – 100 [°C] (-4 – 212 [°F]). Мерен опсег 2: 0 – 350 [°C] (32 – 662 [°F]). Мерен опсег 3 (опција само testo 881-2): 350 – 550 [°C] (662 – 1022 [°F]).
Точност	При мерен опсег 1: ± 2 [°C] (± 3.6 [°F]).

	При мерен опсег 2: ± 2 [°C] (± 3.6 [°F]) или ± 2 % од отчитаната вредност (во зависност што е поголемо). При мерен опсег 3 (опција само testo 881-2): ± 3 % од отчитаната вредност.
Репродуктивност	± 1 [°C] (± 1.8 [°F]) или ± 1 % (во зависност што е поголемо)
Минимален дијаметар на мерна точка	Стандардни леќи: 10 [mm] до 1[m]. Телефото леќи: 3 [mm] до 1 [m].
Време потребно за снимање	30 [s].
Влажност и мерење на температурата на околината со радио сонда (опција само testo 881-2)	0 – 100 %rF, -20 – 70 [°C] (-4 - 158 [°F])
Точност при мерењето со радио сонда (опција само testo 881-2)	± 2 %rF, ± 0.5 [°C] (± 0.9 [°F])

Снимањето со термалната камера е направено, со што е можно повеќе исполнети услови од гореспоменатите, за да биде поточно и попрецизно. Надворешната средна температура при мерењето беше некаде околу 6 [°C] и фактор на емисија од $\epsilon=0,75$, при што се добија следните резултати прикажани на Слика 3 а) и б).



а) снимка на целата зграда направена со термална камера



б) снимка на фрагмент од зградата направена со термална камера

Слика 3. Дел од снимките направени со термална камера TESTO 881 и анализирани со IRSoft

На Слика 3 а). е прикажана термалната снимка на целата зграда, а на Слика 3 б). е прикажана термална снимка од еден фрагмент од зградата. Доколку ја анализираме

термалната снимка прикажана на Слика 3 б), веднаш може да се забележи разликата на некои мерни точки од овој дел на зградата. Имено, во долниот дел од снимката, каде што е опфатена читалната и библиотеката на ФЕИТ, не се сменети прозорците со термоизолациони и поради тоа имаме поголеми термални загуби, во однос на оној дел каде прозорците се заменети со соодветно нови и е направена новата термоизолациона фасада. Исто така може да се забележат топлинските премини на првиот и вториот кат на зградата, кои се јавуваат поради изведбата на градежниот спој помеѓу прозорците и зградата. При анализата, останатите аномалии кои се јавуваат, во конкретниов случај, се од занемарлив карактер бидејќи се должат на изборот на емисиониот фактор ϵ , кој го усвојавме генерално да биде $\epsilon = 0,75$.

4 ЗАКЛУЧОК

Врз основа на спроведените тренски снимања со термална камера, со кои целиевме кон тоа да се испитаат изолационите карактеристики на градежните објекти, конкретно во случајов новопоставената термоизолациона фасада и прозорци на зградата на ФЕИТ, со соодветна анализа на истите, може да се каже дека направениот градежен зафат на оваа зграда за подобрување на нејзината енергетска ефикасност, е успешен.

5 БЛАГОДАРНОСТ

Огромна благодарност до мојот ментор Доц. д-р Живко Коколски, за несебичната помош, посветеност и соработка при изработката на овој труд. Исто така и голема благодарност до останатиот колегиум на Институтот за електрични мерења и материали при ФЕИТ, за доверената мерна опрема.

6 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] м-р Весна Грујоска, д-р Тодорка Самарџиоска, „Примена на инфрацрвена термографија за истражување на објекти“, Зборник на трудови од трета студенска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ СКЕЕОР 2015, ФЕИТ-Скопје, Место, 2015, стр. 193.
- [2] Службен весник на Република Македонија бр.94/2013.
- [3] дип. инж. Физика Ивана Сандева, Марија Барутовска, „Инфрацрвена термографија“, Зборник на трудови од прва студенска конференција „Енергетска ефикасност и одржлив развој“ СКЕЕОР 2013, ФЕИТ-Скопје, Место, 2015, стр. 217.
- [4] testo 881, Thermaln imager, Instruction manual, 2011. Термална камера testo 881-2 е модел на познатиот германски производител на мерна опрема testo (види: <https://www.testo.com>).
- [5] IRSOFT, PC - Software, Instruction manual, 2011. IRSOFT софтверот, е изработен од страна на производителот на термалната камера testo 881-2, и со помош на истиот се вршат потребните анализи, преработки и архивирање на снимките од термалната камера, со цел да се дојде до посакуваните мерни резултати.
- [6] FLIR Systems AB, Thermal imaging guidbook for building and renewable energy application, 2011.

**Ф. УПРАВУВАЊЕ НА ОДРЖЛИВИ СИСТЕМИ И
ПОТРОШУВАЧКА НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА**

¹Наташа Костовска, ²Ангела Јордановска

Факултет за електротехника и информациски технологии – Скопје, УКИМ

¹nate.kostovska_4@hotmail.com; ²angelajordanovska@hotmail.com

Ментор: Проф. Гога Цветковски

ЗАШТЕДА НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА ВО ДОМАЌИНСТВОТА И СТОПАНСТВОТО

Во денешно време очигледен е напорот кој се вложува во користењето на што е можно помалку енергија и наоѓање на други форми кои ќе му овозможат на светот да се опорави од буквалниот “грабеж” на природните ресурси сите овие години.

Во овој труд ќе бидат поставени понови, поточно три начини на искористување и заштеда на електричната енергија во домаќинствата и стопанството. Начините за нејзино добивање се преставени со помош на сферен генератор за светлина, AORA's TULIP System или сончева кула, како и искористување на водниот притисок од градските водоводни цевки. Огромни количества на вода течат под градовите низ целиот свет. Со цел рационално да се искористи, во трудот ја истакнуваме хидроенергијата која е претставена преку употреба на градски водоводни цевки и инсталирање на сферични перки во истите, изработени од не’рѓосувачки челик и композитни влакна. Целиот систем е дизајниран за да не го попречува протокот на вода. Понатаму, сончевиот приемник на сончевата кула пренесува сончева радијација во воздушниот притисок кој струи во хибридна турбина која што произведува 100kWh електрична и 170kWh термална енергија. Сферните рефлектори се наједноставниот вид на апсорбирање на сончева и месечева светлина. Напојуваат домаќинства, хибридни автомобили, лесно се прилагодуваат и се независни од временските услови.

Целта на овој труд е со помош на оригинални дизајни и идеи, да се покаже интерес кон заштедата на електрична енергија и да се докаже дека создавањето на одржлива околина често започнува со едноставни чекори.

Клучни зборови: *Сончева енергија, Хидроенергија, Сферен генератор за светлина, Сончева кула, Водоводни цевки*

1. ВОВЕД

Енергетика е област која се занимава со произведување, пренесување и дистрибуција на енергија. Во научна смисла енергетиката е наука за енергијата и техничкото користење на изворите на енергија. Една од задачите на енергетиката е економична произведувачка и намалување на загубата на енергијата.

Хидроенергијата е најзначаен обновлив енергетски извор кој е резултат на потенцијалната енергија на водата која паѓа од повисока кон пониска положба под дејство на земјиното гравитационо поле. Воедно, таа претставува и најевтин начин за добивање на енергија. Поврзана е со сончевата енергија и со природниот хидролошки циклус на испарување на водата од езерата и океаните и повторно таложење во вид на дожд или снег.

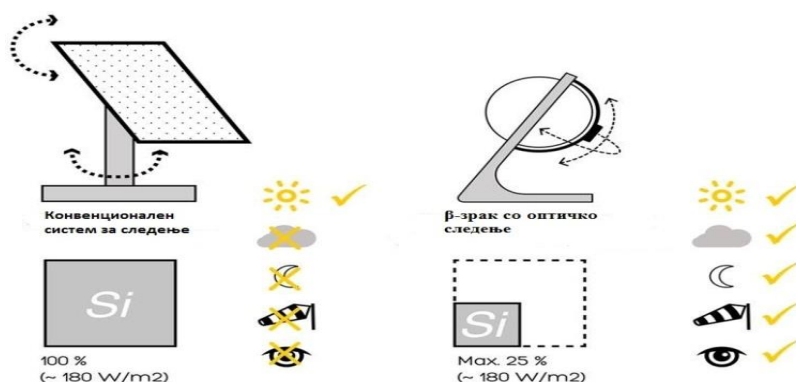
Поголемото искористување на претварањето на сончева светлина во електрична енергија, како и иновациите за енергетска ефикасност се нешта кон кои производителите и истражувачите на фотоволтаичната технологија се стремат. Има големи варирања во иновациите: Подобрување на материјалите, компонентите и методите на производство се неколку од многуте чести методи за зголемување на ефикасноста. Системите кои ги следат сончевите зраци се уште еден економичен и популарен начин за искористување на што е можно поголема моќност од сонцето во текот на денот.

2. СФЕРЕН ГЕНЕРАТОР ЗА СВЕТЛИНА

Архитектот на овој концепт André Broessel, верува дека со пронаоѓање на нови извори на алтернативна енергија ќе придонесе за светот поефикасен, "позелен" начин за добивање на електрична енергија. Неговото решение за алтернативната енергија се стреми да ја искористи сончевата светлина на поефикасен начин, отколку користејќи ги традиционалните сончеви панели и концептот зад тоа е прилично едноставен.

Овој уред е способен да ги апсорбира сончевите зраци во текот на облачни денови, во утринските и вечерните часови, а исто така има способност да ја апсорбира и месечевата светлина. Ова е нешто што традиционалните сончеви уреди не можат да го направат.

Уредот е опремен со хибриден колектор, кој не само што ја апсорбира топлинската енергија, туку истовремено ја претвара во електрична. Сферниот глобус е во состојба да ја концентрира дифузната светлина врз тенки, хипер-ефикасни фотоволтаични ќелии.



Сл. 1 – Разлика меѓу традиционални сончеви уреди и сферен генератор на светлина како и заштеда на силициум



Сл. 2 – Принцип на работа на сферен генератор на светлина и негова употреба

Обликот го прави природен оптички уред за следење, што овозможува да се користи на речиси секоја голема површина, вклучувајќи ѕидови и површини кои се наклонети. Сферниот генератор е схиноризиран да ги следи светлинските и дифузни зраци, постојано насочувајќи ја сферата кон нив. Напојува згради, хибридни автомобили итн. Единствено нешто што треба да се направи е да се постави, да се позиционира леќата на сферата кон небото и нека колекторот го направи останатото.

3. СОНЧЕВА КУЛА - (AORA'S TULIP SYSTEM)

3.1 Што претставува системот AORA?

Тоа е сончева кула во чија внатрешност е поставена леќа што прима сончеви зраци, рефлектирани од околу 50 огледала наречени хелиостати. Зад леќата, 1000°C се користат за загревање на воздухот под притисок, кој што резултира со гас под притисок. Подоцна гасот се употребува за движење на перките на турбината за производство на електрична енергија. Притоа, огледалата се синхронизирани да ги следат сончевите зраци, постојано насочувајќи ја светлината спрема леќата на кулата. Во текот на ноќта или во период на облачно време, турбината на кулата автоматски ги искористува био-горивата за да го загрее воздухот во истата со цел да и даде моќност, односно да работи без прекин. Главните карактеристики на овој систем или четирите карактеристики со кои се одликува се употребата на алтернативни горива, модуларноста (изградени со стандардизирани единици и димензии за флексибилност и разновидност во употреба), хибридноста-24/7 (користи повеќе извори на енергија) и за разлика од останатите сончево-термални системи, AORA системот бара 8% количество на вода.

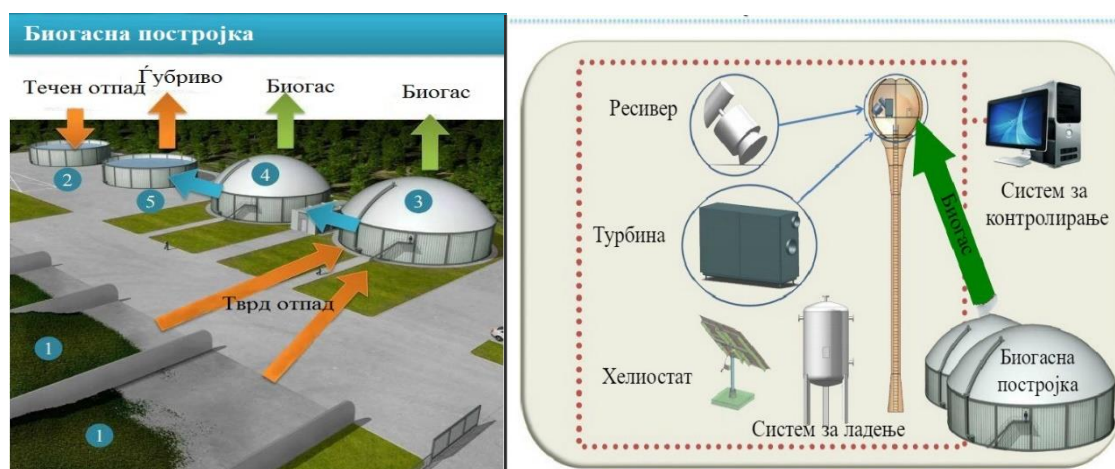
л. 3 –
Упот
реба
на
прои
зведе
на
енерг
ија
од



сончевата кула (лево) ,годишно производство на енергија од сончева кула (десно)

1. Хибридноста може да се направи со помош на фосилните горива како на пример природниот гас или со обновливи горива како што е биогазот. Постојат многу области кои што генерираат високо ниво на отпад кој може да се искористи за производство на биогаз. Биогазот се употребува како гориво за производство на електрична енергија, кога има недостаток на сончева. Хибридизацијата овозможува технологијата од која е изградена кулата да работи независно од временските услови и со тоа ја прави 100 % практична.
2. Една сончева кула може да има дистрибуирана конфигурација, односно градење на секој модул (сончева кула) подалеку од другите, без губење на ефикасноста за производство на енергија. Модуларноста овозможува сончевите кули да се распределат на различни растојанија и групи на единици како 500 kW, 1 MW, 5 MW итн. Поради ова дизајнот на кулите се прилагодува според барањата на клиентите и електричната мрежа. Исто така, модуларноста на системот овозможува непрекинато снабдување со електрична енергија, без разлика дали се вршат поправки или рутинско одржување на кулата.
3. TULIP системот користи компримиран воздух (под притисок), наместо пареа за да генерира (произведува) електрична енергија. Имајќи во предвид дека сончевите кули не користат вода за да работат, тие се многу соодветни за области каде што има недостаток на вода. Овие кули имаат потреба од вода само за чистење на огледалата на хелиостатите и за фрижидерот во кој се поставени приемникот и турбината-околу 230 литри/MWh.

4. AORA системот произведува 170kW топлинска енергија која може да се користи за греење, ладење на топол воздух/вода за индустриска и стопанска употреба, без разлика дали ја добива од сонцето или алтернативните горива како што се дизелот, природниот гас, био гас и био-гориво.



Сл. 4 – Составни елементи на кулата за производство на 100kW (десно) и создавање на биогаз (лево)

3.1.1 Принцип на работа на сончева кула

1. Големiot број на хелиостати ги рефлектираат сончевите зраци кон врвот на кулата каде што се наоѓа целосно инсталираната опрема за приемникот и турбината.
2. Регистрираниот соларен приемник ги пренесува сончевите зраци до помошниот резервоар за гориво (Auxiliary Fuel Tanks), каде што со помош на воздушен притисок кој се загрева, се движи хибридната турбина и се произведува 100kWh електрична и 170kWh топлинска енергија.
3. Фаза на собирање: Субстратите се транспортираат за обработка и сортирање според нивниот состав до соодветни контејнери за цврст отпад, во случај отпадот да содржи висок процент на цврсти материи или во резервоарот за течен отпад, во случај на висок процент на течности.
4. Фаза 1: Потоа дел од органските течности и материи се мешаат и разводнуваат во соодветна густина и се транспортираат преку цевки во примарниот дигестер односно резервоар во кој супстанциите се загреваат или раствараат со цел за разложување на основни компоненти. Микроорганизмите кои се во дигестерот ќе започнат процес кој се нарекува дигестирање што значи дека биолошките процеси на метаногенеза ќе ги трансформираат остатоците во биогаз.
5. Фаза 2: По завршувањето на првата фаза на дигестирање, остатоците се траспортираат до вториот дигестер, каде што ќе започне втората фаза на биодигестија за претворување на преостанатите биолошки материи во биогаз.
6. Фаза на складирање: Резултатите или обработените остатоци со помош на пумпа се пренесени до последните резервоари за дигестирање каде што се складираат се додека не има потреба од нив. Овие остатоци можат да бидат искористени како био-ѓубриво.
7. Дополнително: Управувањето на хелиостатите е овозможено со помош на контролен систем, компјутер што значи дека не е потребно мануелно управување.

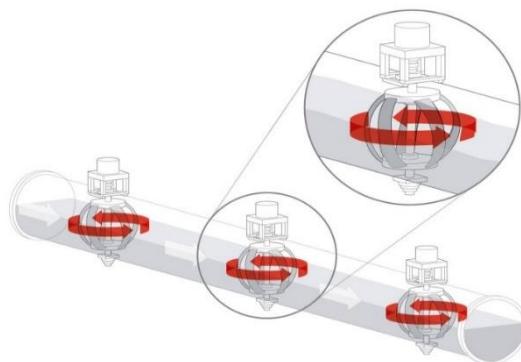
	Фотоволтаици	Високо концентрирана соларна моќност	Сончева кула
Се составува	☐	☐	☑
24/7 генерирање на моќност	☐	☐	☑
Минимална употреба на вода	☑	☐	☑
Алтернативни горива		☐	☑
Достапна топлина	☐	☐	☑
Финансии	☑	☐	☑

- ☐ - Не ја вклучува оваа способност
 ☑ - Ја вклучува оваа способност
 ☐ - Вклучува дел од оваа способност

Сл. 5 – Споредба на сончеви уреди

4. ИСКОРИСТУВАЊЕ НА ВОДЕН ПРИТИСОК ОД ГРАДСКИ ВОДОВОДНИ ЦЕВКИ

Ова е систем којможе да се користи во системите за снабдување со питка вода. За време на периодите на мала побарувачка на електрична енергија, водата се пумпа од пониските резервоари кон повисоките и таму се акумулира. Кога ќе се јави недостаток од електрична енергија водата се испушта кон понискиот резервоар, при што се произведува електрична енергија. Кај повеќето денешни инсталации, хидроенергијата се претвора во електрична енергија со пропуштање на водата низ турбини, каде се создава корисна ротациона енергија, која потоа со помош на електричниот генератор се претвора во електрична енергија. Технологиите кои се користат за преобразување на енергијата во овој систем се високо развиени и ефикасни, со хидроенергетски инсталации во опсегот од неколку kW до преку 10,000 MW. Во светот има многу хидроцентрали кои со помош на водни турбини ја претвораат потенцијалната енергија на водата во кинетичка и механичка која понатаму се користи за



ротација на електрични генератори и добивање на електрична енергија.

Сл. 6 – Принцип на работа на сферна турбина и поставеност во водоводна цевка

4.1 ПРИНЦИП НА РАБОТА НА СФЕРНА ТУРБИНА И ЕФИКАСНОСТ

Единствената технологија што се наоѓа во внатрешноста на водоводните цевки се 5 сферични турбини со ака перки, со дијаметар од 42 инчи (1067 mm), направени од нерѓосувачки челик и композитни влакна. Тие се поставени на растојание од 12 ft (3658 mm), додека поврзаноста со електричната мрежа се одвива надвор од нив. Како што водата поминува, се создава притисок во цевките. Турбините го претвараат притисокот во струја преку или со помош на генератор кој се наоѓа на врвот (над) цевката. Сензорите кои се инсталирани во внатрешноста на цевките детектираат промени во притисокот на водата, помагаат да се предвиди пукнатина во цевката и се следи дали има загадувачи во водата за

пиене. Целиот систем е дизајниран за да не го попречува протокот на вода. Со помош на ваковсистем можат да се генерираат околу 1,100 мегавати обновлива енергија, со напојување на околу 150 домови и во текот на наредните две децении е пресметана заштеда од околу 2 милиони долари.

Градот и инвеститорите во ваков случај би ги делеле приходите генерирани од страна на турбините за следните 20 години. Бидејќи на водоводните цевки рокот на траење им е 50 години и повеќе, дополнителните приходи можат да бидат огромни. Со тоа се овозможува нова форма на приход со помош од објекти што користат вода.

5. ЗАКЛУЧОК

Енергетската ефикасност е неодминлив процес чии придобивки се факти, мерливи преку заштедите на енергија и намалувањето на трошоците, така да многу брзо по инвестирањето во неа, независно дали станува збор за домаќинство или компанија, се чувствуваат благодетите и по буџетот, но и по комфорот на живеење.

Во овој труд преку изложените иновации за заштеда на електричната енергија во стопанството и домаќинствата, донесени се следниве заклучоци:

Сферниот генератор на светлина има голема примена во домаќинствата за производство на електрична енергија без дополнителна опрема и за разлика од останатите сончеви уреди не е комплициран за инсталација. Во однос на заштедата на енергија, предностите му се неисцрпниот извор на сончева и месечева светлина, со ефикасност до 57% што го прави совршен за снабдување згради, хибридни автомобили со електрична енергија.

Сончевата кула (AORA) има голема примена во стопанството. Бидејќи се работи за хибриден систем кој произведува електрична и термална енергија 24/7, за разлика од останатите ПВЦ системи кои не се хибридни. Засага употребата на овој тип на сончева кула е застапен во Шпанија и Израел со 135 MWh годишно производство на електрична енергија, произведена од сончева светлина, а 523 MWh произведена од биогаз.

Искористувањето на водниот притисок од водоводните цевки за напојување на домаќинства прв пат е употребен во Портланд. Се генерираат околу 1,100 мегавати обновлива енергија, со напојување на околу 150 домови и во текот на наредните две децении е пресметана заштеда од околу 2 милиони долари. Дополнителна предност е што можат да се напојуваат со струја улични светла со нивна помош. Впрочем италианите сферни перки (турбини) се изградени од материјали со цел за заштита и загадување на околината.

Со помош на горенаведените иновации се предвидуваат заштеди на електричната енергија и според обврската која ја има Р. Македонија за поголема примена на енергетската ефикасност како потписник на Атинскиот меморандум, предвидените заштеди на енергија изнесуваат најмалку 9% до 2018 година или околу 1710 GWh, односно 1% годишно ниво. Министерството за економија изготви и Стратегија за унапредување на енергетската ефикасност во Република Македонија до 2020 год. и Акционен план за енергетска ефикасност, со што треба да се обезбеди поголема примена на овој концепт.

6. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Tom Miller, "The Spherical Sun Power Generator", Solar Cost Guide, 2015
- [2]. Virginia Gewin, "Harnessing hydropower from urban water pipes", May 19/2015
- [3]. <http://aora-solar.com/product/>
- [4]. <http://www.alternative-energy-news.info/spherical-sun-power-generator/>
- [5]. <http://www.alternative-energy-news.info/tulip-solar-ethiopia/>
- [6]. <http://www.iitj.ac.in/CSP/material/21dec/aora.pdf>

[7]. http://www.cder.dz/vlib/revue/pdf/v017_n4_texte_8.pdf

[8]. www.solarchoice.net.au/blog/news/glass-sphere-concentrator-creative-solution-improving-solar-pv-efficiency-210514

Stefani Geleva¹, Hristina Josifovska²¹Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies, Skopje¹hristina995@gmail.com²gelevastefani20@gmail.com**EFFECT THAT FLY ASH CAUSE AND THE IMPORTANCE OF FILTRATION TECHNOLOGY USED IN COAL BURNING POWER PLANTS****Abstract**

The utilization of fly ash in concrete as partial replacement of cement is gaining immense importance today, mainly on account of the improvements in the longterm durability of concrete combined with ecological benefits. Technological improvements in thermal power plant operations and fly ash collection systems have resulted in improving the consistency of fly ash. The most used are electrostatic precipitators (ESP) or electro filters that remove flying ashes and fine particles from the flue gas in thermal power plants, before passing the gas into the chimney. Maximum allowable value of dust is 50 mg/m³ and it requires that the efficiency of the ESPs be better than 99%, which calls for an increase of active surface of the electrodes, hence increasing the filter volume and the weight of steel used for the filter. The high efficiency of electrostatic precipitator is essential for the struggle with the fly ash in Macedonia. In this paper we discuss about today's fly ash concentration status in Macedonia, compared with some countries which have similar heavy metals problems. Furthermore, a short overview is given to the future filtration technologies, which can precisely reduce the fly ash output from the coal thermal power plants. In this way productive discussion can be initialized for improving the filtration technologies in the Macedonian thermal power plant.

Key words: *fly ash, filter, electrostatic precipitators*

1 INTRODUCTION

The bulk of electricity we are using today is produced by fossil fuels. We are quite aware with the side effects from coal burning power plants. Many health issues are caused by fly ash as a result of that it is vitally important what kind of filtration technology in coal burning power plants is introduced. There are many different types of filters that are used today. The efficiency factor is different, and it depends on many factors.

The main product from the thermal power plants is the coal flash, which is 80% of fly ash. Arsenic is one of the most common, and most dangerous, pollutants from coal ash. The EPA (Environmental Protection Agency) found that living near ash ponds increases the risk of health damage from cadmium, lead, and other toxic metals.

In this paper will be given a short review of today's filtration technologies used in coal thermal power plants and statistics of fly ash particles in Macedonia. As we are all aware of the negative fly ash effects on our health, the first step is to compare the heavy metals concentrated in the fly ash for Macedonia and in some other countries.

Furthermore, we concluded that a better solution is needed for to struggle with the coal thermal power plant fly ash distribution and for that reason we will give an overview of the filtration technologies function, their importance and future possibilities.

2 FLY ASH DISTRIBUTION

The fly ash produced from the burning of pulverized coal in a coal-fired boiler is a fine-grained, powdery particulate material that is carried off in the flue gas and usually collected from the flue gas by means of electrostatic precipitators, baghouses, or mechanical collection devices such as cyclones. In general, there are three types of coal-fired boiler furnaces used in the electric utility industry. They are referred to as dry-bottom boilers, wet-bottom boilers, and cyclone furnaces. The most common type of coal burning furnace is the dry-bottom furnace.

The fly ash by itself is a part of coal ash, which contains heavy metals including arsenic, lead, mercury, cadmium, chromium and selenium, as well as aluminum, antimony, barium, beryllium, boron, chlorine, cobalt, manganese, molybdenum, nickel, thallium, vanadium, and zinc. If eaten, drunk or inhaled, these toxicants can cause cancer and nervous system impacts such as cognitive deficits, developmental delays and behavioral problems. More than a third of the ash is disposed in dry landfills, frequently at the power plant where the coal was burned. [1]

A recent study published in International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST) shows precise investigation for select metal content of fly ash from thermal power plant in Macedonia and compared it to the data available with coal fly ashes from mother countries. It was also determined the values from CEC and AEC, Electrical conductivity, Organic carbon, Cation exchange capacity and specific gravity, given as data, are important for reuse on coal ash. According to ASTM C 618, two major classes of fly ash are classified on the basis of their chemical composition resulting from the type of coal burned in thermal power plants. It can be classified as Class F produced from burning of bituminous and anthracite coal. It has CaO less than 10%. Class C is generally produced from burning of sub bituminous or lignite coal. It has CaO greater than 10%.

3 HIGHLIGHTED RESULTS FROM THE INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCE AND TECHNOLOGY STUDY

For the given research four samples from REK Bitola had been taken. The fly ash samples had been light in colour and irregularly shaped. The method used for analysis of heavy metals had been AES-ICP. The oxygens shown in Fig.1 are represented in percentage, while the results shown in Fig.2 are represented in ppm value.

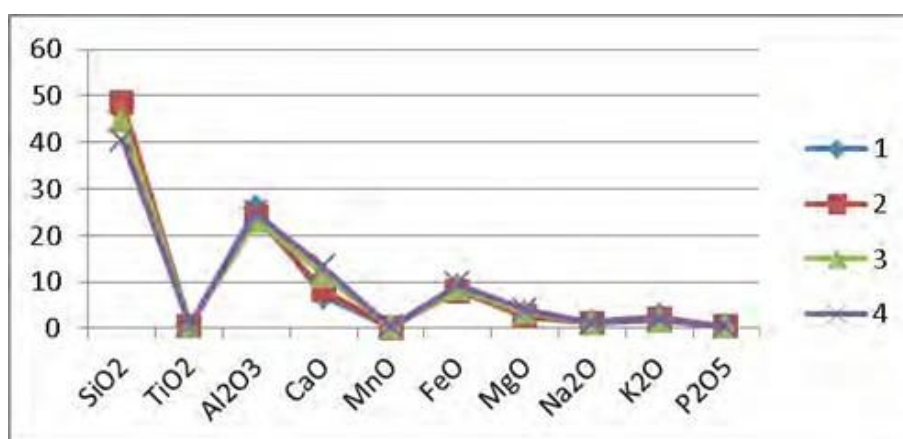


Fig.1 Distribution of oxides in fly ash samples from thermal power plant of Macedonia

Fig.1 shows that the concentration of oxides is nearly identical in all 4 samples. Trace elements in coal fly ash have been discussed extensively [Adriano (2002)] [Earyet. Al.(1990)] [Swaine (1990)(1997)] and their presence is an environmental concern [Hansen et al 2002]. The trace elements in coal ash need to be determined and assessed for potential effects [Giareet. Al.(2003)].[3]

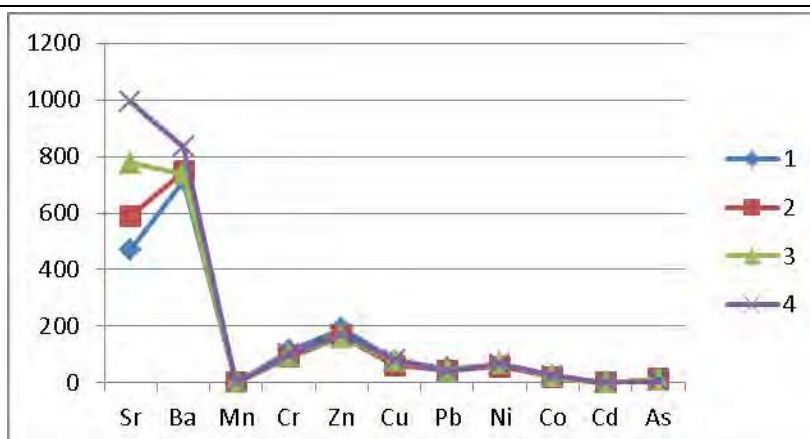


Fig.2. Distribution of trace elements in fly ash samples from thermal power plant of Macedonia

Fig. 2 shows that the content of trace elements in all samples is almost identical with the exception of strontium content in which there are small deviations in the lowest value 471 ppm in sample 1 and the highest value 993 ppm in sample 4.[3]

Table 1 – A comparison given between concentration of heavy metals in coal fly ash in Macedonia and concentration of these metals in coal fly ash of Spain, Greece, India, Filipini and UK, given in literatures [FytianosK,et.al. (1998)] [LorensJF,et.al. (2001)], [Liao HC,et.al. (1999)] [Wadge A, et.al. (1986)]

	Macedonia	Spain	Greece	India	Philippines	UK
	ppm					
Cr	93-114	134.2	110-160	145.75	6-49	nd
Zn	163-191	221.3	59.6	69.00	23-138	nd
Cu	61-80	71.8	31.8-62.8	83.63	22-34	nd
Pb	43-50	52	123-143	54.50	8-22	17-176
Ni	58-68	87.9	Nd	56.50	6-50	nd
Co	22-26	29.2	Nd	16.88	6-25	nd
Cd	0.9-1.4	Nd	Nd	Nd	<1	0.13-0.82
As	6-14	Nd	Nd	Nd	8.4 - 41.8	40-205

Table 2 shows that the concentration of As in the fly ash from thermal power plant in Macedonia is lower than the contents of this element in the fly ash in thermal power plants of Philippines and UK. [3]

3.1 Another statistics source: Ministry of Environment and Physical Planning

In the Table 2 we can see the total amount of heavy metals produced by different sectors in Macedonian environment. The table shows that the heavy metals are the most concentrated in the energy sector, which correlates with the statistics from above. This is why fly ash question is important topic in our country.

Table 2 - T-02.05.2: Air pollutants by SNAP sectors (SNAP - Selected Nomenclature for Air Pollution) for 2011[2]

Sectors	in tonnes					
	SO ₂	NO _x	CO	TSP	NMVOC	NH ₃
	Sulphur dioxide	Nitrogen oxides	Carbon monoxide	Total suspended particulate matters	Non-methane volatileorganic compounds	Ammonia
Total	89,39	35,07	65,90	20,63	27,48	10,81
Combustion in energy and transformation industries	83,86	19,28	3,38	11,16	0,10	0,00
Non-industrial combustion plants	2,34	0,92	36,21	1,46	6,32	0,03
Combustion in manufacturing industry	2,99	2,29	4,29	0,50	0,38	0,00
Production processes	0,06	0,03	0,14	6,98	1,03	0,00
Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	0,00	0,02	0,00	0,00	5,61	-
Solvent and other product use	0,00	0,00	0,00	0,00	5,27	0,00
Road transport	0,01	11,25	21,15	0,51	4,38	0,29
Other mobile sources and machinery	0,12	0,90	0,71	0,01	0,21	0,00
Waste treatment	0,00	0,00	0,00	0,02	0,11	0,02
Agriculture	0,00	0,37	0,00	0,00	4,07	10,47

4 FILTRATION TECHNOLOGIES USED TODAY

The most used are electrostatic precipitators (ESP) or electro filters remove flying ashes and fine particles from the flue gas in thermal power plants, before passing the gas into the chimney. Maximum allowable value of dust is 50 mg/m³ and it requires that the efficiency of the ESPs better than 99%, which calls for an increase of active surface of the electrodes, hence increasing the filter volume and the weight of steel used for the filter. In previous decades, electrostatic precipitators in thermal power plants were fed by thyristor controlled, single-phase fed devices having a high degree of reliability, but with a relatively low collection efficiency, hence requiring large effective surface of the collection plates and a large weight of steel construction in order to achieve the prescribed emission limits. Collection efficiency and energy efficiency of the electrostatic precipitator can be increased by applying high frequency high voltage power supply (HF HV). High frequency power supply is proven to reduce emission two times in controlled conditions while increasing energy efficiency of the precipitator, compared to the conventional thyristor controlled 50 Hz supply. The equipment comprising HF HV supplies are the best solution for new ESP installations, as well as for the reconstruction of existing facilities.

4.1 ESP-Electrostatic precipitators

ESP are used for removal of ultrafine dust particles from flue gas. The most frequent use is the removal of tiny particles of flying ashes in thermal power plants. In order to achieve this, it is necessary for the flue gas to move in the horizontal direction through a strong electric field established between sets of large, parallel electrode plates. The distance between the plates ranges

from 300 mm to 500 mm. The plates extend vertically and along the gas flow. The positively charged electrodes are grounded, while the negative ones are connected to the DC voltage source ranging from 50 kV to 100 kV. The negatively charged electrodes have a number of spikes or small diameter wire, which contributes to corona and creates large amount of ions. The current density, due to the corona discharge reaches 1 mA/m^2 and it affects a great deal the precipitation and dust collection. Dust particles are being charged by means of diffusion and the field effect and they move towards positively charged electrode, where they are collected. Therefore, the negative electrode is also called the emission plate, while the positive, grounded electrode is also called the collecting plate. Particle migration speed towards the collecting plate is one of most significant parameters of electrofilters. The collecting electrodes are periodically shaken off, i.e. rapped. The rapping process is performed by means of the spinning hammers which periodically knock on the electrode supports and cause mechanical vibration which helps detaching the dust layer deposits from the plates. The ash being removed during rapping falls into the V-shaped hoppers, located below the ESP chamber. From there, the dust and ashes are transported further by means of water or pressurized air. For the sake of an efficient dust removal, each ESP has at least three series connected sections. The flue gas enters the ESP through the entry section, and then passes through one or more middle sections. Upon leaving these sections, the flue gas passes through the exit section. By passing through the sequence of the serially connected sections the precipitation efficiency (i.e. filtering efficiency) reaches 99.9%. With this efficiency and with every cubic meter of gas leaving the boiler and entering the ESP with 50 g of flying ashes, the gas leaving the electrofilter and entering into the chimney may have the total of 50 mg of dust per every cubic meter of gas. In order to create the electric field and the corona discharge current, the electrodes should be connected with a controllable DC voltage source which provides voltages from 50 kV to 100 kV. Considering the fact that sparks often occur between the electrodes and the electric arc occasionally appears, the source is exposed to periodic short circuit conditions. In the event of arcing, it is necessary to switch off the power supply for an interval of time so as to allow for recombination or removal of charged particles created by the arc.

Premature voltage rise will find residues of conductive, ionized gas between the plates, re-entering hence the short circuit condition. After reestablishing of the dielectric strength of the gas, the voltage between the plates may be increased and the precipitation process may continue. The required DC current depends on the surface of the plates. It is necessary to provide the current of 1 mA for every square meter of the electrode surface. Hence, an electrofilter with 10000 m^2 requires current of 10 A. The ESP power supply and controls are traditionally based on one pair of antiparallel thyristors which alter the amplitude of the primary AC voltage. The primary supply is usually singlephase, 400 V 50 Hz. By changing the firing angle, the voltage is being changed in the range from 0 to 400 V and brought to the primary of the line frequency power transformer whose secondary voltage reaches 45 kV to 90 kV (Fig. 3). The high voltage rectifier made out of the great number of series connected diodes is placed in the oil-filled container, along with the transformer itself. The transformer and the diode rectifier are denoted as T/R, Transformer – Rectifier set. One T/R set provides the DC output voltages from 50 kV to 100 kV and currents from 1 A to 2 A. The supply of larger filter section is achieved by putting several T/R units in parallel.

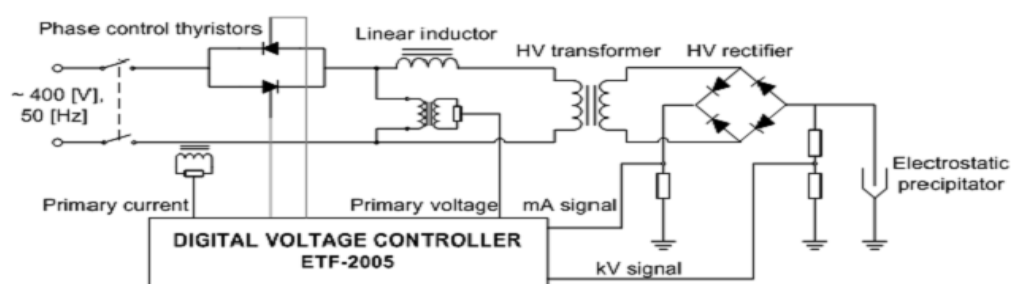


Fig.3 The electric scheme of thyristor T/R unit[4]

This kind of electric filter has several disadvantages such as: high reactive and distortion power losses, rapid collecting plates erosion caused by high spark energy as a result of that it is difficult to de-dust them so the inner ash layers are permanently retained and fused.[5][6]

4.2 Electric-filter with HF power supply

Power transformer with high frequency rectifier on the high voltage secondary side is used as a power supply. This transformer is similar to standard thyristor supply. The difference is that instead antiparallel thyristors the HF supply uses an IGBT converter which supplies the primary of the transformer with 5kHz-20kHz AC voltage (Fig.4). The transformer handles the same primary and secondary voltage roughly the same as those encountered in a T/R set, but it operates at higher frequencies. This HF transformer has significantly lower dimensions and weight than the line frequency transformer. Its core is made of ferrite materials. The HV diode rectifier receives HF high voltage and provides a DC voltage across the plates. Due to a high operating frequency, the voltage ripple is significantly reduced. Therefore, it is possible to achieve much higher average voltages and increased current density and hence improve the ESP efficiency. The problems encountered in the HF electrofilter supply exploitation are frequently reflected in (i) the breakdown of semiconductor power switches in the primary circuit, (ii) secondary circuit insulation breakdown or (iii) the problems of EM noise and control.[4]

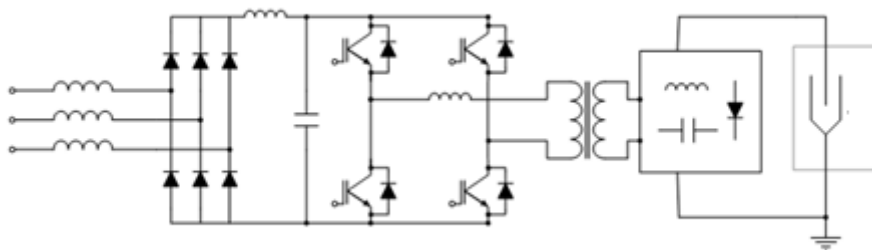


Fig.4 The electric scheme of HF HV ESP power supply

5 CONSLUSION

In conclusion we can say that despite high level of efficiency that electrostatic precipitators have, much higher level we will have if HFHV are applied instead of ordinary electrostatic precipitators. In this way the particle emission will be diminished by twice than before. This HF equipment is five times lighter than conventional T/R 50Hz units, also the price of this equipment is lower than the equivalent thyristor-controlled T/R units, according to this the necessary surface and the quantity of steel built into a new ESP will be reduced by using HF units. If this problems are solved that means there will be less fly ash that we will inhale. An increasingly large number of studies show clear links between inhaled coal ash and adverse health outcomes, the more efficient the filter is the less fly ash there will be to be inhaled, as a result of that the number of people who suffer from fly ash will be reduced.

6 REFERENCES

- [1]<http://www.psr.org/assets/pdfs/coal-ash-hazardous-to-human-health.pdf>
- [2]https://www.moepp.gov.mk/?page_id=10461
- [3]<http://eprints.ugd.edu.mk/3573/1/IJEST11-03-12-194.pdf>
- [4]http://electronics.etfbl.net/journal/Vol15No1/xPaper_02.pdf
- [5] <http://www.hitachi-infra.com.sg/services/energy/dustcollection/principle/dustcollection.html>
- [6]<http://www.plasma-clean.com/technologies/electrostatic-precipitation/>

Vladimir Gjorgievski¹, Ljupco Dimov², Natasa Markovska²

¹ Macedonian Section of the International Centre for Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES-Skopje)

² Municipality of Karposh

³ Macedonian Academy of Sciences and Arts

¹vladimir.gjorgievski@gmail.com ²ljupco.dimov@karpos.gov.mk ³natasa@manu.edu.mk

ASSESSMENT OF RESIDENTIAL HEATING DEMAND IN THE MUNICIPALITY OF KARPOSH

ABSTRACT

As part of the activities in the Horizon 2020 project “Market uptake of small modular renewable district heating and cooling grids for communities – CoolHeating”, a survey of the citizens of Karposh has been conducted in order to assess the heating demand. This paper presents the results which were obtained from the survey. They include information on the building stock characteristics, utilized fuels and heating systems, as well as annual heating consumption and the related annual expenses. It can be concluded that the proposed methodology gives a decent estimation of the heating demand in the absence of measured data.

Клучни зборови: *district heating, renewable energy sources*

1 INTRODUCTION

The acknowledgement of the threat that climate change poses to humankind has resulted in significant efforts for renewable energy deployment and energy efficiency measures. Most recently, the Paris Agreement [1] stands as a testament of its signatories' intentions to keep the increase of global average temperature below 2°C above pre-industrial levels. To achieve this goal, however, the identification of key focus sectors is of substantial importance. The heating and cooling sector accounts for half of Europe's energy consumption and 75% of it is produced by the utilization of fossil fuels [2]. Moreover, the residential sector is most energy intensive as it consumes almost half of this energy. Although commonly overlooked, the heating and cooling sector may play an important role in the further deployment of renewable energy sources (RES). A study of the Danish energy systems [3], for instance, has shown how district heating aids the achievement of a 100% renewable energy system.

Relevant literature provides various methods for heat assessment. As shown in [4], for instance, the energy rating of a building is either obtained by calculation and estimation or by measurements. In [5] the authors have chosen a statistical approach by collecting measurements from 120 Italian schools. Similarly, a statistical approach was chosen in [6] where relationships between a building's age and the geometric characteristics are explored.

In Macedonia's case, although representing a relatively small share of the total national greenhouse gas emissions [7], the residential sector accounts for almost a third of the total energy consumption [8]. The low efficiencies of individual logwood stoves and the emphasized usage of electric heaters only add to this effect. Consequently, renewable district heating systems may prove to be a suitable replacement for the current inefficient heating solutions. For these systems to be applicable to a certain case, numerous indicators have to be inspected.

This paper deals with the assessment of heating demand, as well as the building stock traits in the Municipality of Karposh. In the absence of measurements, the authors of this paper have analyzed the data obtained from a field survey, conducted as part of the activities in the Horizon 2020 project "Market uptake of small modular renewable district heating and cooling grids for communities – CoolHeating". The results have shown that the proposed methodology is a simple, yet an efficient way to estimate the heating demand of a municipality in the absence of measurement data. They also point out the most energy intensive categories of residential building. Beside the assessment of the heating demand in the municipality, the survey allowed the citizens of Kaprosh to get acquainted with the small modular renewable district heating and cooling systems.

2 METHODOLOGY

To obtain a thorough understanding of the heating demand in a municipality a survey is conducted. The total number of surveys is distributed equally among all local communities. This approach gives a regional insight of the data.

The questions are structured in such a manner that three topics are taken into account. First and foremost, a group of questions deals with the information on the building stock. These questions concern information such as floor area, building period, insulation etc. The second group of questions is related to information on the heating systems in the households and fuels used for heating purposes. The third group of questions is related to the number of heated and cooled rooms in a certain household, heating period, annual consumption of energy and annual expenses for heating.

The information on annual heat consumption has been separately categorized for houses and apartments. Each of these categories consists of three subcategories which divide the building stock with respect to their build period – before 1980, 1980 – 2000 and after 2000. All data has been converted to kWh if obtained otherwise.

For the case of electricity, if the annual expenses are provided, the estimated heat consumption is calculated with the equation:

$$E_e = A_e / c_e \quad (1)$$

where:

A_e – annual heating expenses for electricity (MKD)

c_e – unit price of electricity (kWh/MKD)

The annual energy consumption of households connected to a district heating system is calculated as follows:

$$E_d = A_d / c_d \quad (2)$$

where:

A_d – annual heating expenses for electricity (MKD)

c_d – unit price of heat from district heating sector (kWh/MKD)

This is also the case with households using logwood or pellets. Consequently, a unit conversion is conducted according to (3).

$$E_w = ghkV_w \quad (3)$$

where:

g – specific density of fuel (kg/m^3)

h – energy content of fuel (MJ/kg)

k – conversion constant (kWh/MJ)

Heating expenses are provided as annual or monthly values. If the latter is the case, the data on annual heating expenses are obtained by multiplying the monthly expenses with the heating period. Then, the data is sorted and an inverse demand curve is formed.

3 CASE STUDY – MUNICIPALITY OF KARPOSH

The Municipality of Karposh is located in the western part of Skopje, the capital of the Republic of Macedonia, and is a regional pioneering municipality in the field of energy efficiency. According to the data from the State Statistical Office the number of residents in Karposh in 2015 had been 60,625. Karposh is regionally divided into 14 local communities.

The survey process was carried out as follows. An equal share of 50 surveys were distributed to pre-trained surveyors from each local community resulting in 700 hard copy surveys. Additionally, an online survey was created and published on the official websites of the municipality and the CoolHeating project. Cumulatively, 739 surveys were obtained from the hard copy and online survey.

4 RESULTS

The project's questionnaire consisted of 27 questions divided into five categories. For the purpose of this paper, however, only the data obtained from certain questions of categories 1 – 3 are relevant.

4.1 Information on building stock

When addressing the topic of types of dwellings in Karposh, it appears that the percentage of houses (56%) is only slightly higher than the percentage of apartments (44%). However, each of the local communities in the municipality has a distinct house/apartment ratio. The information on the types of dwellings in each local community in Karposh is given in Figure 1. It can be therefore expected that the heating system used in each local community would differ as a result of the variance of this ratio.

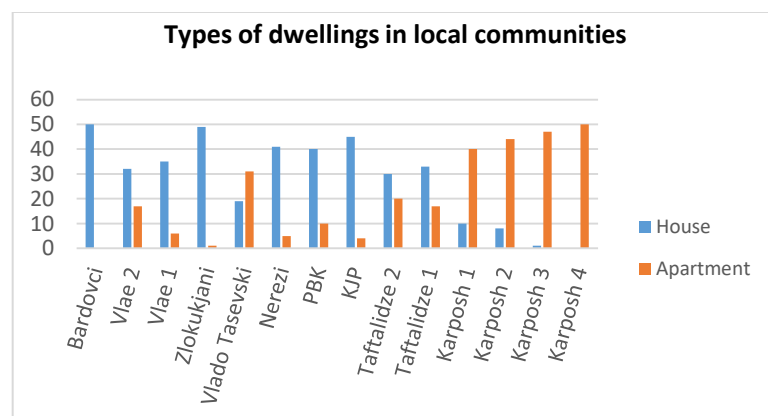


Figure 1. Types of dwellings in local communities

The dwellings in Karposh have mostly been built in the period 1960 - 1980. It should be addressed that there is a difference in the construction technology in buildings before and after the earthquake in 1963. Just above 150 of the surveyed citizens had their dwellings built in the time frame of 1960 - 1980. Figure 2 shows that this generalization does not, however, apply to the case of

Bardovci, Vlae 2 and Nerezi, as the majority of the surveyed citizens from these local communities stated having their dwellings build after 1980.

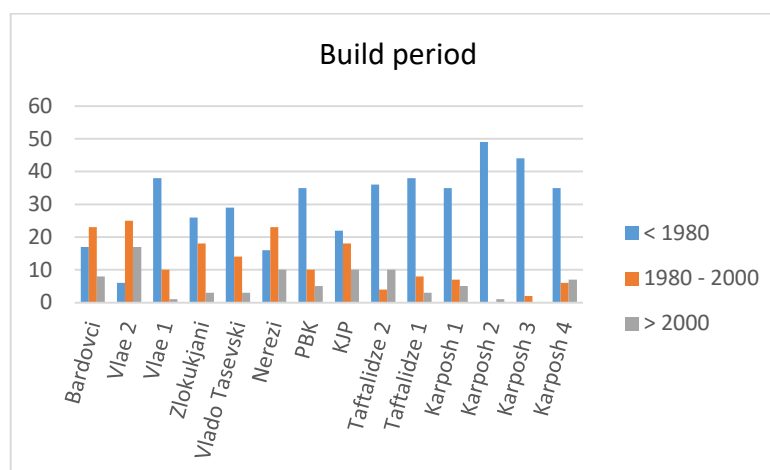


Figure 2. Build period of dwellings in local communities

Regarding insulation, the results show that only 39%, i.e. 273 households of all that had been surveyed have some outer wall insulation. The specific thickness of the outer wall insulation was known by 88% of them. The majority of dwellings have an outer wall insulation with thickness less or equal to 5 cm.

4.2 Information on heating systems

In order to achieve a practical categorization of the heating systems, four different groups of systems were provided as possible answers: district heating system, centralized system on apartment/building level, individual stoves or electric heaters in rooms and other heating systems.

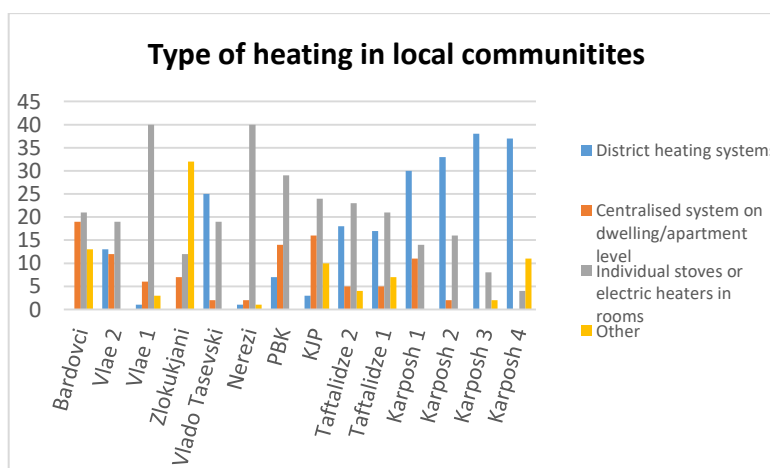


Figure 3. Types of heating systems in local communities in the Municipality of Karposh

Figure 3 shows the heating solutions in each of the local communities. It can be concluded that dwellings in most of the communities tend to use individual stoves and electric heaters. Additionally, the trend of using district heating systems in Karposh 1 – 4 is also evident, although experience has shown that many apartments in these communities have disconnected from the district heating systems in the past. Bardovci is the only local community which surveyed residents stated that they live in houses. Along with Zlokukjani, they are the only local communities whose resident are not using district heating.

Figure 4 depicts the predominant use of electricity as a heating source for floor heating. The low price of electricity incentivizes this approach. Another energy source commonly used for heating is logwood. Only 2% of households, however, use pellets - an energy source which may substitute logwood in the future. The absence of a gas network prevents the use of natural gas.

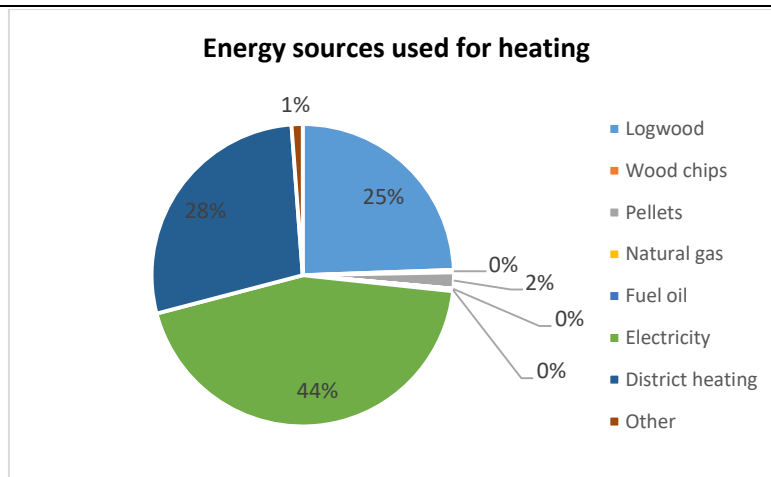


Figure 4. Energy sources used for heating in the Municipality of Karposh

4.3 Information on heat consumption

Knowing the annual heat consumption of dwellings is crucial in the process of mapping the heating demand of a certain municipality. All of the data on fuel consumption that has been obtained from the survey has been converted to kWh allowing for Table 1 to be created. The table shows the share of dwellings which belong to a certain category and the related heat consumption. For instance, out of all the surveyed households, 30.6% had been houses built before 1980 and they account for 39% of the total residential heat consumption in the Municipality of Karposh. The results on annual heat consumption per square meter indicate that dwellings older than 1980 are more energy demanding. This is a consequence of insufficient insulation and large share of old wooden windows which are present in older dwellings. As a result of the refurbishments made to the dwellings built during 1980 – 2000, their annual heat consumption per square meter is lower than those built after 2000.

Table 1. Annual heat consumption of dwellings in Karposh

	Build period	Building stock share (%)	Heat consumption (%)	Heat consumption (kWh/m ² /year)
Apartments	< 1980	33.6	27	148.7
	1980 - 2000	5.7	5	123.4
	> 2000	4.4	4	125.1
Houses	< 1980	30.6	39	126.7
	1980 - 2000	17.3	22	102.9
	> 2000	7.9	4	108.9

A group of questions from the survey which have not explicitly been analyzed in this paper, concern public opinion on small renewable district heating and cooling grids. Nevertheless, they imply that the annual heating expenses play a significant role when choosing a heating system. The annual heating expenses of the surveyed citizens are depicted on Figure 5 in the form of an inverse demand curve. This curve may be approximated by the polynomial function of fourth order (4) which is depicted with red dots.

$$f(x) = 0.0001x^4 - 0.0322x^3 + 2.7184x^2 - 98.918x + 1867.7 \quad (4)$$

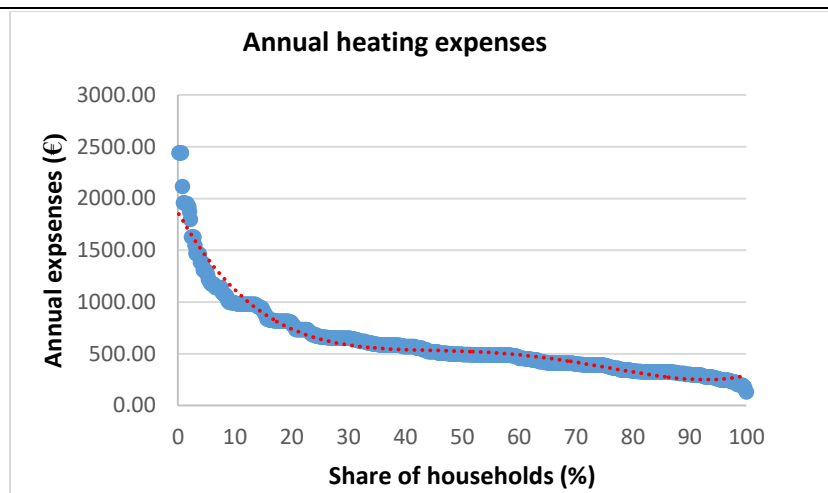


Figure 5. Sorted annual heating expenses of households in the Municipality of Karposh

5 CONCLUSIONS

This paper gives an overview of heating demand and its related indicators in the Municipality of Karposh. The results have been obtained from a field and online survey.

The house/apartment ratio had been addressed in all local communities in Karposh. Most of the dwellings have been built in the period of 1960-1980, while refurbishments were mostly made to dwellings built during 1980 - 2000. A deficiency of outer wall and roof insulation have been recognized. This is considered an area where future improvement should take place.

It can be concluded that electricity is the dominant heating source. This is due to the low price of electricity in the Republic of Macedonia. Individual stoves represent a large share of the heating system solutions.

The heat consumption data has been estimated for different categories. In addition, it has been shown that houses older than 1980 have a higher heat consumption per square meter. The dwellings built during 1980 – 2000 have lower annual heat consumption per square meter built after 2000. Additionally, the annual expenses for heating purposes have been collected, sorted and approximated by a polynomial function.

Further research may use these results for modeling the heating demand and various scenarios of renewable energy implementation in the heating sector.

6 ACKNOWLEDGEMENTS

This paper may be used as part of the activities in the Task 7.4 Presentations at national and international conferences. The authors would like to thank all CoolHeating partners for their activities which made the survey possible, especially UNIZAG which are leaders of the Work Package 3.

Disclaimer: The sole responsibility for the content of this paper lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the European Union. Neither the INEA nor the European Commission are responsible for any use that may be made of the information contained therein.

7 REFERENCES

- [1] United Nations, *Paris Agreement*, 2015
- [2] European Commission, *An EU Strategy on Heating and Cooling*, Brussels, 16.02.2016
- [3] H. Lund, B. V. Mathiesen, "The role of district heating in future renewable energy systems", *Energy*, march 2010
- [4] Ibrahim Can Korkut, "Building energy performance, regulations and certificates", *Int'l Journal of Advances in Agricultural & Environmental Engg. (IJAAEE)* Vol. 3, Issue 1, 2016

- [5] S. P. Corgnati, V. Corrado, M. Filippi, “*A method for heat consumption assessment in existing buildings: A field survey concerning 120 Italian schools*”, Energy in Buildings, January 2008
- [6] M. Caldera, S.P. Corgnati, M. Filippi, “*Energy demand for space heating through a statistical approach: application to residential buildings*”, Energy in Buildings, December 2008
- [7] Macedonian Ministry of Environment and Physical Planning, First Biennial Update Report on Climate Change
- [8] Republic of Macedonia State Statistical Office, *Energy Balances 2014 (Revised data 2005 – 2014)*, 19.10.2016

Маја Зенковиќ, проф. д-р Марија Кацарска

Факултет за електротехника и информациски технологии – Скопје, УКИМ

zenkovik.maja@gmail.com

ПРАВНА РЕГУЛАТИВА ОД ОБЛАСТА НА ЕНЕРГЕТСКАТА ЕФИКАСНОСТ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

КУСА СОДРЖИНА

Република Македонија како земја-кандидат за членство во Европската Унија и потписничка на Договорот за основање на Енергетска Заедница, има обврска да ги имплементира Директивите и Регулативите донесени од Европскиот Парламент и Советот на Европската Унија. Директивата за енергетска ефикасност 2012/27/ЕС воспоставува заедничка рамка за унапредување на енергетската ефикасност во рамките на Европската Унија преку воведување на индикативни национални квоти (цели) и мерки и програми за енергетска ефикасност за нивна реализација.

Во овој труд ќе бидат разработени стратешките правни документи од областа на енергетската ефикасност во Република Македонија кои имаат за цел енергетски заштеди од 9% во сите сектори, во споредба со просечната потрошувачка забележана во петгодишниот период од 2002 до 2006 година. За реализација на утврдените индикативни цели во националните стратегии ќе бидат презентирани мерките за енергетска ефикасност кои ќе се имплементираат во секој од секторите: резиденцијален, комерцијален и услужен, индустриски и транспорт. Предвидените вредности за финална потрошувачка на енергија до 2020 година од националните документи ќе бидат споредени со реализираните вредности за финалната потрошувачка на енергија до 2014 година, со што ќе се одреди можноста за достигнување на поставената енергетска заштеда од 9%.

Клучни зборови: енергетска ефикасност, енергетска заштеда, финална потрошувачка на енергија, мерки за енергетска ефикасност

1 ДОГОВОР ЗА ОСНОВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКА ЗАЕДНИЦА

Договорот за основање на Енергетска Заедница е донесен 2006 година и истиот претставува правно обврзувачки документ кој на земјите потписнички им даде значење на законска обврска. Со Договорот потписничките страни формираат Енергетска Заедница која ќе ги организира односите помеѓу потписниците така што ќе создаде единствена правна и регулаторна рамка за пазарите на енергија која се транспортира во поврзани енергетски мрежи (електрична енергија и природен гас). Енергетската Заедница ќе ги спроведе соодветната легислатива, принципите на работа и политиките, водејќи притоа сметка и за специфичните околности кај секоја од страните [1]. Најзначајна активност на Енергетската Заедница ќе биде:

имплементација од страна на Договорните страни на *acquis communautaire* за енергија, животна средина, конкуренција и обновливи ресурси, прилагодено и на институционалната рамка на Енергетската заедница и на специфичната ситуација на

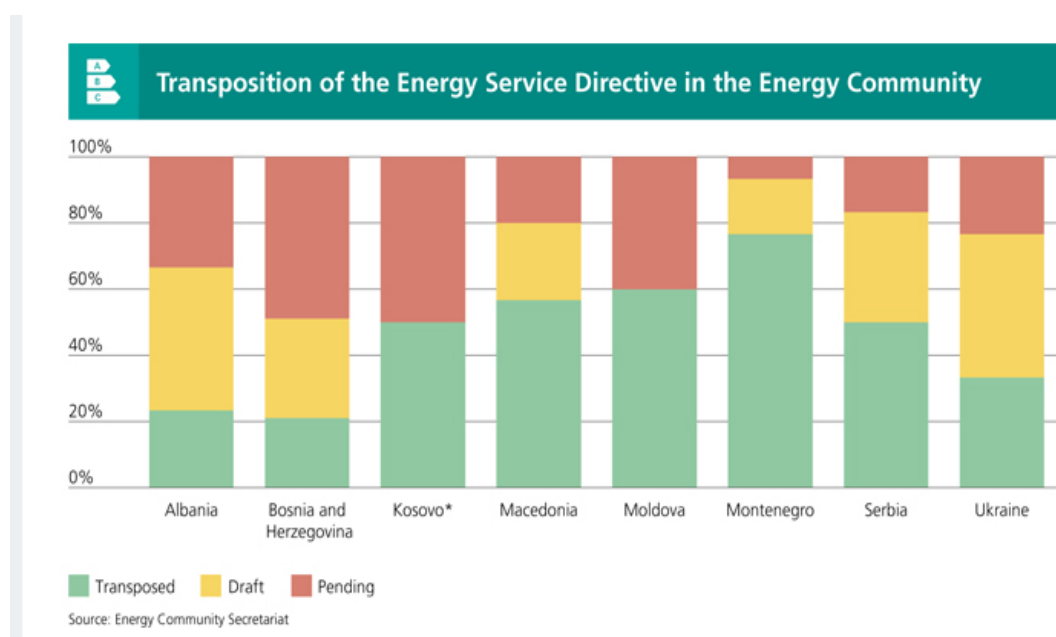
- секоја од Договорните страни (член 3 од Договорот за основање на Енергетска Заедница).

1.1 Директива за енергетска ефикасност 2012/27/ЕС

Европскиот Парламент и Советот на Европската Унија на 25 октомври 2012 година ја донесе Директивата за енергетска ефикасност 2012/27/ЕС, со единствена цел - намалување на потрошувачката на примарната енергија од 20% до 2020 година, споредено со референтната 1990 година преку зголемување на енергетската ефикасност [2]. Со имплементирање на Директивата за ЕЕ, договорните страни се обврзуваат да постават индикативни национални квоти, модели и програми за енергетска ефикасност. Најзначајни мерки за ЕЕ кои ги воведува Директивата за ЕЕ се:

- реновирање од најмалку 3% на зградите во сопственост или изнајмени од органите на централната власт во текот на една година,
- во постапката за јавни набавки да бидат избрани производи, услуги и згради со највисока енергетска ефикасност,
- означување на потрошувачката на енергија и другите ресурси на производи,
- намалување на количеството испорачана енергија кон крајните потрошувачи за 1,5% годишно,
- постапка за енергетска контрола на секои 4 години,
- изготвување на Акциони планови за енергетска ефикасност на секои 3 години, итн.

Рокот за транспонирање на одредбите од Директивата за ЕЕ од страна на договорните страни беше 5 јуни 2014 година. Меѓутоа, до тој датум, согласно Извештајот на Европската комисија за имплементацијата на Директивата за ЕЕ од страна на земјите членки на ЕУ [3], многу од земјите членки не ја транспонирале целосно Директивата во националното законодавство. Соочувајќи се со преамбициозните цели за заштеда на енергија, поставени со Директивата за ЕЕ, Европскиот парламент и Советот на ЕУ донесе Одлука со која го продолжи рокот за имплементирање на Директивата за ЕЕ до 15 октомври 2017 година [4]. Од земјите членки на Европската Унија единствено Кипар, Данска, Италија, Малта и Шведска ја имаат целосно транспонирано Директивата за ЕЕ. На сликата која следува подолу е прикажан статусот на процесот на транспонирање на Директивата за ЕЕ постигнат до април 2015 година во земјите-кандидати за членки на ЕУ и Договорни страни на Договорот за Енергетска Заедница [5].



Слика 1. Имплементирање на Директивата за енергетска ефикасност од страна на договорните страни

2 НАЦИОНАЛНО ЗАКОНОДАВСТВО ВО ОБЛАСТА НА ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Најважните стратешки документи од областа на енергетиката, донесени од Владата на Република Македонија, се:

- Стратегија за развој на енергетиката во Република Македонија до 2020 со визија до 2030 година („Службен весник на Република Македонија“ бр. 61/2010),
- Стратегија за искористувањето на обновливите извори на енергија во Република Македонија до 2020 година („Службен весник на Република Македонија“ бр. 125/2010) и
- Стратегија за унапредување на енергетска ефикасност во Република Македонија до 2020 година („Службен весник на Република Македонија“ бр. 143/2010).

Законот за енергетика („Службен весник на Република Македонија“ бр. 16/2011, 136/2011, 79/2013, 164/2013, 41/2014, 151/2014, 33/2015, 215/2015, 6/2016 и 53/2016) ја одредува правната рамка во која се развива енергетската ефикасност во Република Македонија. Согласно со Законот, Владата донесува Стратегија за енергетска ефикасност која ќе ги утврди целите и инструментите за зголемена енергетска ефикасност и начините за постигнување на овие цели. Заради спроведување на Стратегијата за енергетска ефикасност на Република Македонија, Владата на Република Македонија, по предлог од министерството, на секои три години, донесува Акционен план за енергетска ефикасност (АПЕЕ). Уредбата за индикативни цели за заштеда на енергија во Република Македонија до 2018 година ја одредува енергетската заштеда во вкупната потрошувачка на финална енергија во Република Македонија до 2018 година, која треба да изнесува 9% од просечната годишна потрошувачка на финална енергија во периодот од 2002 до 2006 година [6]. За постигнување на предвидените цели во Уредбата, во Законот е предвидена примена на мерките на Стратегијата преку:

- означување на потрошувачката на енергија и другите ресурси за производите што користат енергија,
- водење регистар на издадени гаранции за потеклото на електричната енергија произведена од високоефикасни комбинирани постројки,
- обезбедување на средствата за финансиската поддршка на проекти со зголемена ЕЕ (Фонд за ЕЕ),
- доставување на програми за ЕЕ од страна на единиците на локалната самоуправа,
- енергетската ефикасност на зградите, градежните единици, уредите и постројките во јавниот и приватниот сектор,
- информациски систем за следење и управување со потрошувачката на енергија кај единиците од јавниот сектор,
- спроведување на енергетска контрола,
- обезбедување на енергетски услуги (формирање на ЕСКО) и др.

2.1 Стратегија за унапредување на енергетска ефикасност во Република Македонија до 2020 година и Акционите планови за енергетска ефикасност

Целата на Стратегијата за унапредување на енергетска ефикасност во Република Македонија (во понатамошниот текст: Стратегијата за ЕЕ) е применување на мерките за енергетска ефикасност, преку усвојување и спроведување на програми и иницијативи кои пред сè ќе ја намалат зависноста од увозот и неефикасното искористување на енергија. Реализираните мерки на Стратегијата за ЕЕ би стимулирале трансформација на пазарот, односно зголемена побарувачка на технологии и услуги со поголема енергетска ефикасност и создавање на ЕСКО и компании кои би обезбедувале таква технологија и услуга [4]. Крајни цели на примената на Стратегијата за ЕЕ се:

- Зголемување на енергетска ефикасност;
- Сигурност на снабдувањето со енергија;

- Диверзификација на изворите на енергија;
- Користење обновливи ресурси;
- Реални цени за енергијата, енергетски пазар и развој на приватното претприемаштво;
- Заштита на животната средина.

Според Стратегија за развој на енергетиката во Република Македонија до 2030 година, без интеграција на енергетската ефикасност, потрошувачката на енергија во Република Македонија ќе достигне ниво од 2703 ktoe до 2020 година [7]. Меѓутоа, Република Македонија, како договорна страна на Договорот за основање на Енергетска заедница, има обврска за енергетски заштеди од 9% до 2018 година, во споредба со просечната потрошувачка забележана во петгодишниот период од 2002 до 2006 година (1636 ktoe), што е еднакво на 147 ktoe.

Во Стратегија за развој на енергетиката во Република Македонија до 2030 година се предложени две сценарија за развој на енергетиката:

- основно сценарио и
- сценарио со зголемени мерки на енергетска ефикасност.

Во табелата подолу е прикажана финалната потрошувачка на енергија во сценарио со зголемени мерки на енергетска ефикасност предвидено во Стратегијата за развој на енергетиката во Република Македонија:

Табела 1. Финална потрошувачка на енергија во сценариото со зголемени мерки на ЕЕ

	ktoe																%	
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	П1	П2	
Индустрија	578	621	632	533	517	570	603	621	640	658	677	696	717	737	758	2,0	31,2	
Домаќинства	609	619	627	630	633	639	646	656	667	679	693	706	719	733	745	1,5	22,4	
Ком. и услужен	225	228	232	236	239	244	249	254	260	264	270	275	281	287	292	1,9	30,1	
Сообраќај	348	353	354	356	354	361	368	384	403	432	460	489	517	546	575	3,7	65,2	
Зем. и шумарство	30	30	30	31	31	32	33	37	39	41	44	48	53	59	67	5,9	121,7	
Неенергетски	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	0,0	0,0	
ВКУПНО	1818	1880	1905	1814	1803	1875	1928	1981	2037	2104	2172	2244	2315	2390	2466	2,2	35,6	

Во Стратегијата за енергетска ефикасност е предвиден потенцијалот за енергетски заштеди во рамките на временските интервали, по сектори. Во следната табела е прикажана енергетската заштеда во периодот од 2010-2020 година, по сектори [8].

Табела 2. Потенцијал за енергетски заштеди во рамките на временските интервали, по сектори

Енергетски заштеди по сектори (ktoe)

Сектори	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Резиденцијален сектор	2,33	4,71	7,63	11,4	15,74	20,42	26,52	33,49	40,51	48,32	57,14
Комерцијален и услужен сектор (јавни објекти)	1,45	2,98	4,96	7,53	10,83	14,85	18,43	21,62	24,19	26,54	28,60
Индустриски сектор	17,7	36,8	40,96	45,32	63,53	72,49	80	84,06	90,45	90,76	91,09
Транспортен сектор	3,31	7,79	12,55	17,86	22,99	28,21	33,20	38,70	44,63	51,94	60,48
Вкупно	24,79	52,29	66,10	82,15	113,09	135,97	158,16	177,87	199,78	217,56	237,31

Директивата за енергетска ефикасност 2012/27/ЕС наметнува обврска за донесување на Акционен план за енергетска ефикасност со кој ќе бидат претставени мерки за значително подобрување на енергетската ефикасност и очекувана и/или остварена заштеда на енергија, вклучително остварената заштеда при снабдувањето, преносот и дистрибуцијата на енергија, како и финалната потрошувачка на енергија, заради исполнување на националните квоти за

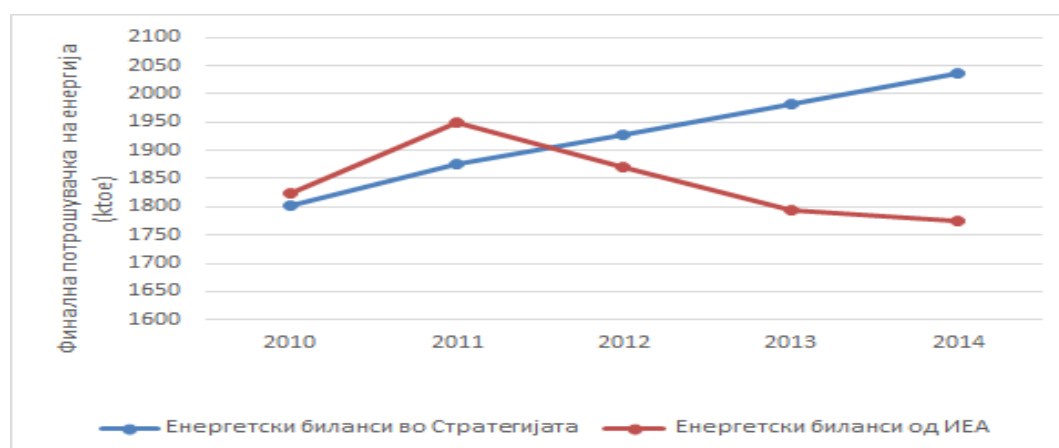
енергетска ефикасност. Соодветно на имплементацијата на Директивата за ЕЕ во националното законодавство, Република Македонија до сега има донесено два Акциони плана за енергетска ефикасност, првиот во 2011 година (за периодот од 2010 до 2012 година), а вториот во 2013 година (за периодот од 2013 до 2015 година).

Вториот АПЕЕ е ориентиран кон енергетските заштеди со зголемена примена на мерките за енергетска ефикасност до 2018 година и дефинира цели за енергетски заштеди и пропишува мерки и активности за постигнување на среднорочните насоки за енергетски заштеди за 2015 година. Во него се анализирани постигнатите ефекти во периодот од 2010 до 2012 година и каде што е потребно, ревидирани се тековните мерки за енергетска ефикасност и дефинирани се нови секторски мерки за да се осигура постигнувањето на целите за 2015 и 2018 година. Во него се претставени следниве мерки за енергетска ефикасност кои ќе ги реализираат индикативните цели до 2020 година претставени во Стратегијата за ЕЕ, по сектори [9]:

- **резиденцијален сектор:** енергетски карактеристики на зградите, инспекции на котли/системи за климатизација, реконструкција на постоечките резиденцијални објекти, означување електрични апарати и опрема, поширока примена на сончеви колектори, информативни кампањи;
- **комерцијален и услужен сектор:** реконструкција на постоечките јавни и приватни објекти, општинско улично осветлување, примена на ОИЕ, еколошки набавки, енергетско управување;
- **индустриски сектор:** подобрување на перформансите на процесите, енергетско управување, воведување ефикасни електрични мотори, искористување на отпадна топлина, комбинирано производство, интелигентни мрежи, топлински распределувач и
- **транспорт:** обнова на националниот возен парк на друмски возила, промоција на одржливи транспортни системи во урбаните средини, поголема употреба на железницата, денови без автомобили.

2.2 Денешната позиција на Република Македонија во однос на индикативната цел според Стратегијата за ЕЕ и Акционите планови за ЕЕ

Доколку се земат во предвид предвидените податоци за финална потрошувачка на енергија во периодот од 2010 до 2014 година во Стратегијата за ЕЕ и податоците од енергетските биланси на Меѓународната агенција за енергетика (ИЕА) за истиот период, може да се заклучи дека Република Македонија е на пат да ги оствари индикативните цели во Стратегијата (претставено на сликата 2).



Слика 2. Споредба на енергетските биланси за финална потрошувачка на енергија во периодот од 2010 до 2014 од Стратегијата за ЕЕ и ИЕА [10]

За да се промовира постигнувањето на претходно наведените енергетски заштеди, потребна е реформска иницијатива која има за цел да ги подобри законската и регулаторната

рамка, институционалната соработка и капацитетот, како и спроведување на голем број на финансиски стимулативни и технички мерки.

Во Република Македонија се донесени следниве подзаконски акти од областа на ЕЕ:

- Уредбата за индикативни цели за заштеда на енергија во Република Македонија („Службен весник на Република Македонија“ бр. 112/2011);
- Правилник за енергетски карактеристики на зградите (Службен весник на Република Македонија бр. 94/2013, 7/2015 и 176/2015);
- Правилникот за енергетска контрола („Службен весник на Република Македонија“ бр. 94/2013 и 18/2015);
- Правилник за високоефикасни комбинирани постројки („Службен весник на Република Македонија“ бр. 128/2011 и 73/2015);
- Правилник за означување на потрошувачката на енергија и другите ресурси на производи што користат енергија (Службен весник на Република Македонија бр. 165/2016).

Постапката за овластување на енергетските контролори успешно се спроведува и во Регистарот за овластени енергетски контролори, кој го води Агенцијата за енергетика во согласност со Законот за енергетика и Правилникот за енергетска контрола, досега се регистрирани 240 енергетски контролори. Иако е донесен Правилникот за енергетски карактеристики на зградите, примената на обврската за издавање на сертификат за енергетски карактеристики на зграда е одложена до денот на пристапување на Република Македонија во Европската унија. Понатамошни мерки кои треба да ги преземат надлежните институции, а се во насока на имплементирање на Директивата за ЕЕ се:

- започнување со примена на Правилникот за енергетска ефикасност на градежните објекти,
- донесување на Закон за Фондот за енергетска ефикасност,
- донесување на годишни програми за ЕЕ од страна на единиците на локалната самоуправа,
- промена на одредбите во Законот за јавни набавки со вклучување на енергетската ефикасност како критериум за избор на производи, услуги и згради,
- изменување на Законот за енергетика и подзаконските акти во насока да се намали количеството испорачана енергија кон крајните потрошувачи за 1,5% годишно,
- поголема координација на надлежните институции во спроведување на Директивата за ЕЕ (Министерството за економија (Секторот за енергетика) и Агенцијата за енергетика.)
- примена на софтверска алатка за следење и управување со потрошувачка на енергија наменета за претставниците на министерствата и единиците на локалните самоуправа,
- подобрување на социјална и економска средина за формирање на ЕСКО компании.

3 ЗАКЛУЧОК

Енергетската ефикасност останува еден од главните механизми за постигнување на иднина со одржлив развој, намалена потрошувачка на енергија, минимизирање на негативното влијание врз животната средина, преку намалување на емисиите на стакленички гасови и во крајна цел - подобрување на квалитетот на животот на луѓето. Соодветна и целосна примена на предложените мерки за енергетска ефикасност по сектори со Стратегијата за ЕЕ во крајна цел би довеле до реализирање на индикативните цели за заштеда на енергијата предвидени во Директивата за ЕЕ. Крајниот рок за транспонирање на Директивата за ЕЕ во националното законодавство е 15 октомври 2017 година, после кој датум, во Енергетската Заедница следува ревизија на енергетските заштеди во рамките на ЕУ и можна измена на Директивата за ЕЕ. Република Македонија има задача да ги имплементира мерките за ЕЕ од Директивата за ЕЕ кои недостасуваат во националното законодавство до зададениот рок и единствено доколку целосно ги спроведе предложените мерки по сектори презентирани во Стратегијата за ЕЕ може да се надеваме на остварување на индикативната цел за заштеда на енергија од 9% до 2018 година.

4 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Договор за основање на Енергетска заедница
(https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC_HOME/DOCS/2796177/0633975AD6157B9CE053C92FA8C06338.PDF)
- [2] Директива за енергетска ефикасност 2012/27/EC
(<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-directive>)
- [3] Транспонирање на Директивата за ЕЕ, Извештај од Европската комисија за имплементацијата на Директивата за ЕЕ од страна на земјите членки на ЕУ
(https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_EEprogress_report.pdf)
- [4] Одлука на Европскиот парламент и Советот на ЕУ за имплементација на Директивата за енергетска ефикасност 2012/27/EC
(https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC_HOME/DOCS/3854291/227265DDEA7C1644E053C92FA8C02C2C.PDF)
- [5] Имплементирање на Директивата за енергетска ефикасност 2012/27/EC од страна на Договорните страни на Енергетска Заедница
(https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC_HOME/AREAS_OF_WORK/Obligations/Energy_Efficiency/Transposition)
- [6] Уредбата за индикативни цели за заштеда на енергија во Република Македонија („Службен весник на Република Македонија“ бр. 112/2011)
- [7] Стратегија за развој на енергетиката во Република Македонија до 2030 година („Службен весник на Република Македонија“ бр. 61/2010)
- [8] Стратегија за унапредување на енергетска ефикасност во Република Македонија до 2020 година („Службен весник на Република Македонија“ бр. 143/2010)
- [9] Втор акционен план за енергетска ефикасност на Р.М.(https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC_HOME/DOCS/3354154/0633975ADBB87B9CE053C92FA8C06338.PDF)
- [10] Енергетски биланси - Меѓународната агенција за енергетика (ИЕА)
(<http://www.iea.org/statistics/statisticsearch/report/?country=FYROM&product=balances&year=2013>)

Г. НОВИ И ПРИМЕНЕТИ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИЈАЛИ

Марија Николоска¹, Елена Левкова²

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Машински факултет, Скопје

marija_mkd@hotmail.com; elena_levkova@hotmail.com

СПОРЕДБЕНА АНАЛИЗА НА КАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА ЕНЕРГЕТСКИ КОТЛИ СО ФЛУИДИЗИРАН СЛОЈ И КОТЛИ НА ЈАГЛЕН ВО ПРАШКЕСТА СОСТОЈБА

КУСА СОДРЖИНА

При изградба на нови или модернизација на постојни термоенергетски објекти треба да се разрешат некои суштински прашања во однос на главните постројки и системи. Едно такво прашање претставува изборот на котелска постројка и на пратечки системи. Кога станува збор за современи термоенергетски објекти на цврсто гориво, како конкурентни варијанти се наметнуваат изборот на котел со согорување на јаглен во прашкеста состојба и котел со согорување во циркуирачки флуидизиран слој. Котелските постројки со согорување во прашкеста состојба функционираат врз принципите на одамна докажана технологија, при што за исполнување на нормите за нивото на емисија на SO₂ е неопходно да се предвиди и систем за десулфуризација на излезните гасови. Котлите со циркуирачки флуидизиран слој претставуваат понова технологија, во која се интегрирани процесот на редукција на SO₂ и ниската емисија на NO_x.

Целта на овој труд е да се направи споредбена анализа на двете опции, имајќи ги во преден план енергетскиот, еколошкиот и финансиско-економскиот аспект. Во трудот е изложена споредба помеѓу двата системи за согорување врз основа на потребната подготовка на горивото, термичките услови во ложишниот простор, сложеноста на процесите и составот на продуктите од согорувањето. Даден е краток осврт кон нивото на инвестицијата за целокупната опрема за двата случаи, со цел да се исполнат барањата во однос на емисиите на штетни материи кон околината. Како основа за споредба во однос на капацитетот се искористени техничките карактеристики на реален термоенергетски објект.

Клучни зборови: *енергетски котел, термоцентрала, согорување, флуидизиран слој, јагленова прашина*

1 ВОВЕД

Изградбата на нови или модернизацијата на постојни термоенергетски објекти наметнува некои суштински прашања во однос на главните постројки и системи. Едно такво прашање претставува изборот на котелска постројка и на пратечките системи. Кај современите термоенергетски постројки на јаглен, како конкурентни варијанти се наметнуваат изборот на котел со согорување во простор (во лет) и котел со согорување во циркуирачки флуидизиран слој (ЦФС). Котелските постројки со согорување во простор функционираат врз принципи на одамна докажана технологија, при што за исполнување на нормите за нивото на емисија на SO₂ е неопходно да се предвиди и систем за десулфуризација на излезните гасови [1, 2]. Котлите со циркуирачки флуидизиран слој претставуваат понова технологија, во која се интегрирани процесот на редукција на SO₂ и ниската емисија на NO_x [1, 2, 3]. Преглед на развојот на технологијата и карактеристиките на современите котелски постројки со ЦФС е даден во [4]. Во светот веќе се изградени и функционираат термоенергетски блокови со ЦФС со наткритични параметри [5].

Целта на овој труд е да се направи споредбена анализа на двете опции, имајќи ги во преден план енергетскиот, еколошкиот и финансиско-економскиот аспект. Во трудот е изложена споредба помеѓу двата системи за согорување врз основа на потребната подготовка на горивото, термичките услови во ложишниот простор, сложеноста на процесите и составот на продуктите од согорувањето. Даден е краток осврт кон нивото на инвестицијата за целокупната опрема за двата случаи, со цел да се исполнат барањата во однос на емисиите на штетни материји кон околината. Како основа за споредба во однос на капацитетот се искористени техничките карактеристики на реален термоенергетски објект.

1.1.1 Принцип на согорување на цврсто гориво во прашкеста состојба

Цврстите горива согоруваат во простор (во лет) измелени до прашкеста состојба со димензии од неколку микрометри до 1000 μm . Со мелењето на јагленот многукратно се зголемува неговата реакциска површина и се олеснува транспортот на горивните честици во просторот за согорување. Согорувањето на јагленов прав во простор се одвива во режим на т.н. пневматски транспорт, при што брзината на воздушно-гасната струја е поголема од 10 m/s. Честиците јаглен се движат носени од гасната струја, се загреваат и притоа се издвојуваат испарливите материји. Согорувањето се одвива во лет, при што согорува т.н. коксен остаток како цврста фаза на честиците (кој е практично чист C) и испарливите согорливи материји како гасна фаза.

При согорување во простор, во ложиштето се наоѓа релативно мало количество гориво, поради што процесот е многу осетлив на промената на протоците на гориво и воздух. Кај овој систем на согорување, во зависност од карактеристиките на горивото, во јадрото на пламенот се постигнуваат високи температури (1300-1800°C), што доведува до формирање на NO_x .

1.1.2 Принцип на согорување на цврсто гориво во флуидизиран слој

Технологијата на флуидизација на тврди материји во зрнеста состојба е позната и применувана повеќе децении во различни индустриски гранки. Меѓутоа, согорувањето на цврсти горива во флуидизиран слој е технологија која зена занав во последните 30-ина години. Процесот се одвива во слој формиран од усвитен инертен материјал (песок, пепел), кој се доведува во состојба на флуидизација со наструјување со воздух. Флуидизираниот слој е специјална состојба на смесата честици од инертен материјал, атсорбентен материјал, гориво и воздух, кадешто честиците се движат хаотично и меѓусебно се судираат. Инертниот материјал не учествува во процесот на согорување, но создава поволни услови за негово одвивање. Атсорбентниот материјал (варовник - CaCO_3 , доломит - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) значително придонесува за намалување на содржината на SO_2 во излезните гасови. Температурата во волуменот на слојот е константна и релативно ниска, околу 800-900°C, што е под нивото на интензивно создавање на NO_x , а истовремено претставува и погоден температурен интервал за елиминирање на сулфур диоксид.

Во зависност од аеродинамичките карактеристики и брзините во просторот за согорување, се разликуваат стационарен (меурест), раширен и циркулирачки флуидизиран слој (таб. 1), а врз основа на притисокот што владее во ложиштето, се разликува атмосферски флуидизиран слој и флуидизиран слој под притисок.

Табела 1. Проектни параметри на котли со стационарен и со циркулирачки флуидизиран слој

Проектен параметар	Стационарен ФС	Циркулирачки ФС
Температура на согорување	760-870°C	800-900°C
Димензии на горивните честици	0-50 mm	0-20 mm
Брзина на флуидизација	1-3 m/s	3-10 m/s
Концентрација на честици		
Димензии на сорбентниот материјал (варовник)	0,3-0,5 mm	0,1-0,2 mm
Проток на пареа	10-150 kg/s	10-400 kg/s
Притисок	10-160 bar	10-275 bar
Температура	150-545°C	180-580°C

2 ОСВРТ КОН НЕКОИ ОД ОСНОВНИТЕ ТЕХНИЧКИ СИСТЕМИ

2.1 Технички параметри за споредба

Во трудот е усвоено дека споредбата се однесува на термоенергетски објект со моќност 125 MWe за кој е неопходна модернизација, со што работниот век би се продолжил за 25 години. Притоа, генерален пристап е и понатаму да се користи постоечката опрема во секој случај кога тоа е можно. Со оглед на тоа, главните технички параметри на термодинамичкиот циклус остануваат непроменети и по модернизацијата. Ефикасноста на блокот по модернизацијата треба да се покачи. Во однос на влијанието врз околината, треба да бидат испочитувани барањата што важат во ЕУ (Directive 2010/75/EU). По спроведената анализа е оценето дека состојбата на одделни системи во термоцентралата е таква што треба да се предвиди изградба на нов котел, а турбината и ладилната кула да се модернизираат.

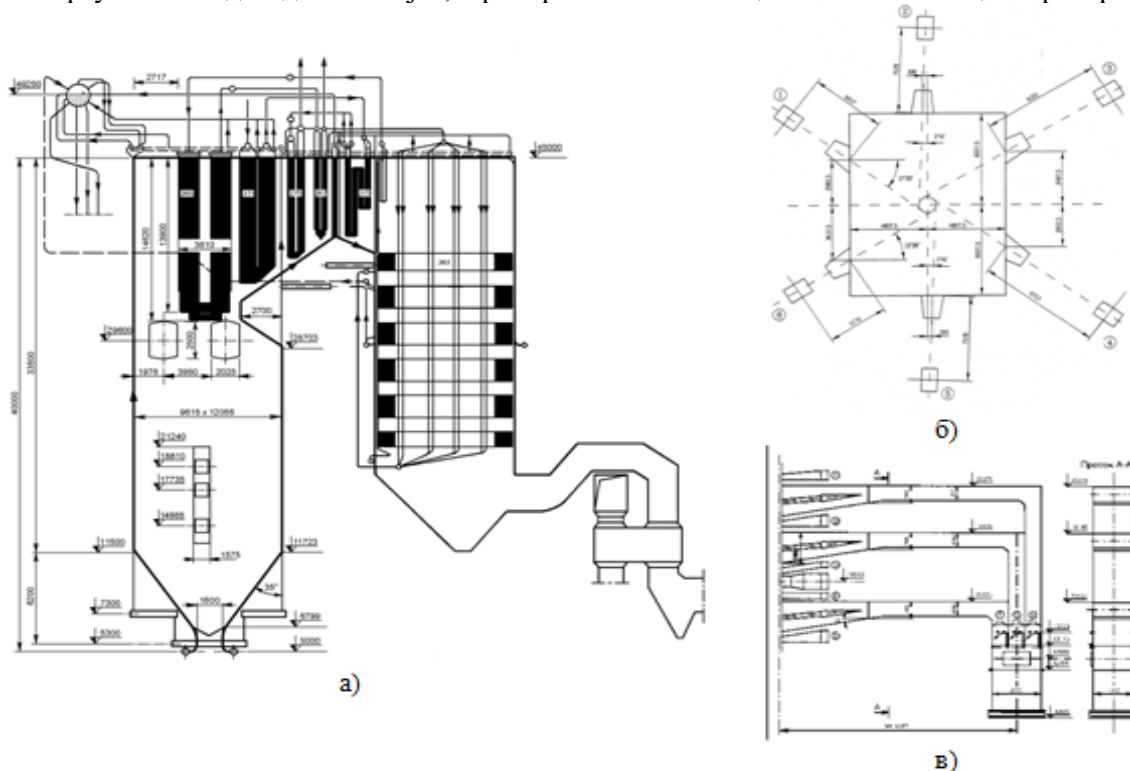
Во случајот што е предмет на анализа, техничките параметри на главните компоненти треба да бидат следни:

- котел: проток на пареа 370 t/h, притисок 135.5 bar, температура 538 °C;
- парна турбина: 125 MW, при кондензаторски притисок 44 mbar;
- генератор: 120 MW, при $\cos\phi = 0.8$

2.2 Некои карактеристики на котелските постројки за согорување во простор и за согорување во флуидизиран слој

2.2.1 Парен котел со согорување на јаглен во простор (во прашкеста состојба)

Приказ на класична изведба на енергетски парен котел за согорување на јаглен во прашкеста состојба во лет е даден на сл.1. Горилниците се распоредени во тангенцијален систем (сл. 1б), што овозможува формирање централен регион со виор и ефикасен процес на согорување. Со вертикалниот распоред на отворите на секој горилник (сл. 1в) се овозможува степенесто доведување на аеросмеса (горивни честици и воздух) и воздух по висината на ложишниот простор. Овој тип котелски единици се со добро познати карактеристики во однос на стартувањето од ладна состојба, при промена на капацитетот и во стационарен режим.

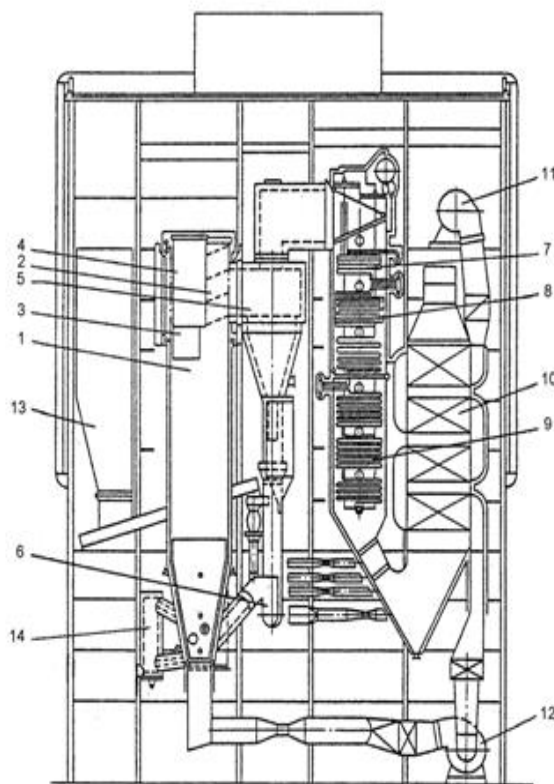


Слика 1. а) Вертикален пресек на енергетски парен котел (380 t/h); б) распоред на горилниците кај тангенцијален систем на согорување; в) вертикален пресек на горилник (според [6])

2.2.2. Парен котел со согорување во флуидизиран слој

Системот за снабдување со основно гориво на котелот со ЦФС ќе се состои од два дневни бункери за јаглен, по еден додавач за јаглен за секој бункер со контролирана брзина на додавање, уреди за трансфер на јагленот до котелот и др. За полнење на дневните бункери со гориво ќе се користи главно постоечката опрема од стариот котел. Котелот со согорување во ЦФС ќе биде снабден со систем за гориво за помошни потреби (стартување), кој ќе се состои од 2 горилници на течно гориво, по еден горилник за потпалување, по еден сет опрема за мониторинг на пламенот за секој горилник, по еден комплет контролно-регулациска опрема итн.

Системот за согорување на горивото кај котелот со ФС би се состоел од неколку основни компоненти: дистрибуторска плоча со млазници за примарен воздух, систем од млазници за секундарен воздух, комора за согорување, циклони за издвојување и враќање на цврстите честици од гасната струја, надворешни топиноизменувачки површини, вентили за контрола на одведувањето на пепелта, системи за контрола на доводот на јаглен, систем за дозирање на сорбентен материјал (варовник) и др. (слика 2). Околу 50 % од вкупното количество воздух во просторот за согорување се внесува како примарен, преку дистрибуторската плоча, додека другиот дел се внесува преку отворите за секундарен воздух. Со тоа се овозможува степенест систем на согорување и намалено формирање термички NOx.



Слика 2. Енергетски парен со циркуирачки флуидизиран слој (според [2])

1. Ложиште со дистрибуторска плоча; 2. Прв степен на примарен прегревач на пареа; 3. Трет степен на примарен прегревач; 4. Втор степен на прегревач за повторно прегревање; 5. Циклон; 6. Пневматски затворач; 7. Втор степен на примарен прегревач; 8. Прв степен на примарен прегревач; 9. Загревач на вода; 10. Загревач на воздух; 11. Основан вентилатор на воздух; 12. Вентилатор за примарен воздух; 13. Бункер за јаглен; 14. Ладилник на пепел

Во суштина, разликите во споредба со термоенергетски блок со согорување во простор се јавуваат кај системот за подготовка на гориво, кај котелот и кај системот за намалување на штетни емисии, додека другите системи остануваат исти.

Во следнава табела се наведени некои основни технички карактеристики на системот за согорување и очекувани емисии на одредени загадувачки материи од котелот со циркуирачки флуидизиран слој.

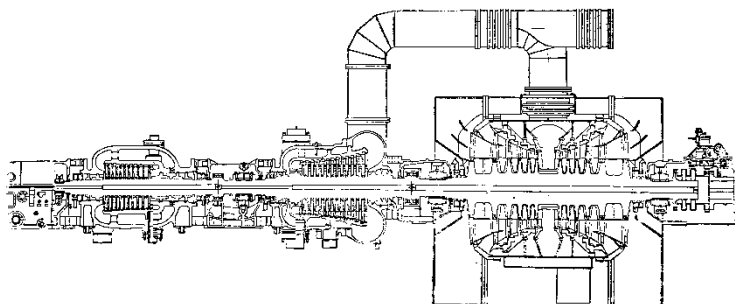
Таб. 1. Основни технички податоци на избраниот систем за согорување

Параметар, величина	Единица	Вредност
Системи за довод на гориво	-	2
Топлински капацитет	MW	307
Температура на согорување	°C	850 - 880
Почетна температура на согорување	°C	600
Потрошувачка на јаглен (25,3 MJ/kg)	t/h	46
Азотни оксиди (NO _x)	mg/m _a ³ , при 6 % O ₂ во гасовите	< 150
Сулфур диоксид (SO ₂)	mg/m _a ³ , при 6 % O ₂ во гасовите	< 200
Јаглерод монооксид (CO)	mg/m _a ³ , при 6 % O ₂ во гасовите	< 200

2.2.3 Надградба на парна турбина

Во принцип, при модернизација на термоцентрали, трите цилиндри на парната турбина може да бидат надградени со парцијална замена на деловите во турбината (слика 4). Надградбата се базира врз следниве поставки:

- Соодветните состојби и параметри на пареата треба да бидат задржани по надградбата;
- Притисокот во кондензаторот треба да се задржи во рангот 40-50 mbar;
- Сите одземања на пареа остануваат во употреба, со исклучок на одземањето за загревање на мазут кој нема да се употребува;
- Во зависност од состојбата на вентилите, може да се спроведе и нивна ревитализација.



Слика 4. Парна турбина (13K-125, 125 MW (ZAMECH, Elblag – Poland)

Постојниот контролен систем на парната турбина е претежно механички. Во насока на подобрување на надежноста и сигурноста, а воедно за подобрување на ефикасноста, предвидено е поставување на нов електронски контролен систем, воден врз основа на микропроцесор и поврзан со парната турбина и помошните модули.

3 СИСТЕМИ ЗА НАМАЛУВАЊЕ НА ШТЕТНИТЕ ЕМИСИИ КОН ОКОЛИНАТА

3.1 Емисија на NO_x

Во суштина, има два генерални пристапи за намалување на емисијата на NO_x од постројки за согорување:

Примарни мерки, насочени кон модификација на процесот на согорување со цел да се создадат услови за намалено формирање на NO_x (оптимизација на коефициентот на вишок на воздух, степенесто доведување на воздух, степенесто доведување на гориво, рецикулација на гасови и др.)

Секундарни мерки, односно третман на излезните гасови. Такви се, на пример, методите на селективна некаталитичка редукција (SNCR), односно впрскување материја (амонијак или уреа) која лесно реагира и ги врзува NO_x во зона каде што гасовите имаат температура 850-1000°C и селективна каталитичка редукција (SCR), односно врзување на NO_x од излезните гасови со помош на NH₃, амонијачен раствор или уреа (NH₂CONH₂), во присуство на материја

што служи како катализатор. Со овој процес може да се постигне редукција на емисијата на NO_x и до 90 %.

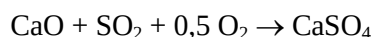
3.2 Емисија на SO_2

Формирањето и емисијата на сулфурни оксиди (SO_2 и SO_3) во гасните продукти од согорувањето на горивата се резултат од присуството на согорлив сулфур во горивната материја. Во суштина, намалување на емисијата на сулфурни оксиди е можно со два принципиелни пристапи: (1) врзување на S и на сулфурните оксиди при одвивањето на процесот на согорување и (2) десулфуризација на излезните гасови. Процесите за редукција на емисијата на SO_x може да се категоризираат во три главни групи: процес на сува десулфуризација, каде што гасовите се доведуваат во допир со сув сорбентен материјал; процес на полусува десулфуризација, кај кои сорбентниот материјал (на пример, вар) во апсорбер се распрскува во форма на водена суспензија и SO_2 реагира со сорбентниот материјал во текот на испарувањето на водата од суспензијата и влажен процес на десулфуризација, каде што гасовите се доведуваат во допир со апсорпциона течност или суспензија, при што десулфуризацијата се одвива во течна фаза. Со методите на полусува и влажна десулфуризација се постигнува висок степен на зафаќање на SO_2 (со влажен процес и до 97-98 %).

Кај котлите со ЦФС процесот на десулфуризација, односно атсорпцијата на формираните SO_2 е интегриран и се одвива истовремено со процесот на согорување на горивото. Како сорбентен материјал обично се користи варовник (CaCO_3) или доломит ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$). Варовникот во слојот прво поминува низ процес на калцинација:



а потоа SO_2 реагира со CaO според следнава реакција:



Продукт на оваа хетерогена реакција е цврст калциумсулфат, кој заедно со летечката пепел од процесот на согорување се одведува од слојот со гасната струја. Продуктот е сув и може лесно да се депонира и регенерира. на таков начин може да се отстрани и до 95 % од SO_2 .

3.3 Емисија на честици

За контрола на емисијата на честици кај термоенергетските постројки најчесто се применуваат: циклони, мултициклони, електростатски филтри, фабрички (вреќести) филтри. . Со примена на современите електростатски филтри може да се постигне степен на издвојување на честици од излезните гасови од над 99,9 %, во зависност од применетите технички решенија, што значи дека концентрацијата на честици во пречистените гасови (по електрофилтерот) може да се сведе на ниво од 30-50 mg/m_n^3 .

4 СПОРЕДБЕНА АНАЛИЗА- ЗАКЛУЧНИ СОГЛЕДУВАЊА

Споредбата помеѓу предвидените опции за модернизација во однос на потребните дополнителни системи (постројки) ги дава следниве резултати:

1) Нов котел со согорување на јагленов прав во простор:

- Систем за согорување со нискоемисиски горилници во однос на NO_x
- Инсталација на систем за селективна некаталитичка редукција на NO_x
- Постојка за подготовка на сорбентен материјал за редукција на SO_2
- Инсталација на постројка со влажен процес на десулфуризација (Wet FGD)
- Транспортен систем за продуктите од процесот на десулфуризација и за пепел

2) Нов котел со циркуирачки флуидизиран слој:

- Постојка за подготовка и внесување на сорбентен материјал за редукција на SO_2
- Постојка за селективна некаталитичка редукција на NO_x
- Инсталација на фабрички филтер (филтри)
- Инсталација на електронски и контролен систем за фабричкиот филтер

- Транспортен систем за пепел до постоечките силоси

Анализиран е и техноекономскиот аспект на модернизацијата. Вкупната инвестиција е поголема во случај на избор на котел со согорување во лет, поради неопходноста од вклучување на постројка за десулфуризација, која значително ги покачува инвестициските трошоци. Во однос на зафаќањето на честици, поескап би бил системот што ќе се примени во комбинација со котел со ЦФС, поради вклучувањето на фабрички филтри, особено доколку се покаже како неопходно со нив да се комбинира и систем за сува десулфуризација.

Во однос на влјанието врз околината, модернизираната термоцентрала треба да ги исполнува условите наведени во табелата 2.

Табела 2. Гранични вредности за емисии во воздухот според важечките стандарди на ЕУ

Директива 2010/75/EU - Анекс V Дел 2				
Котли за согорување на цврсти горива - општо (лигнит и камен јаглен)				
Материја	Единица	50 - 100 MWt	100 - 300 MWt	> 300 MWt
NO _x (како NO ₂)	mg/m ³	300 (400 за согор. во простор и за лигнит)	200	150 (200 за согор. во простор и за лигнит)
SO ₂	mg/m ³	400	200	150 (200 за ЦФС)
Честици (PM)	mg/m ³	20	20	10

5 ЗАКЛУЧОК

Во трудот е изложена споредба помеѓу енергетски котли со согорување во простор и во ЦФС при модернизација на термоцентрала на јаглен, врз основа на потребната подготовка на горивото, термичките услови во ложишниот простор, сложеноста на процесите и составот на продуктите од согорувањето. Од анализата може да се заклучи дека двете опции имаат свои предности и негативни страни. Котелските постројки со согорување на јагленов прав во лет се засновани врз одамна етаблирана и позната технологија, додека искуствата со енергетските котлите со ЦФС се долги 30-ина години. Од друга страна, поради интегрираната десулфуризација во самиот процес на согорување во ЦФС и ниската емисија на NO_x, кај овие котелски постројки обично не се потребни дополнителни мерки како постројка за десулфуризација на излезните гасови и постројка за каталитичка редукција на NO_x. Техноекономската анализа му дава предност на решението со ЦФС технологија, поради високата цена на постројките за влажна десулфуризација.

6 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] S.C. Stultz, J.B. Kitto (editors): Steam, its generation and use, 40th edition, Babcock & Wilcox – a McDermott company, 1992
- [2] Петровски И.Ј., Парни котли, универзитетски учебник, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Скопје, 2009
- [3] Oka S., Sagorevanje u fluidizovanom sloju - procesi i primena, Jugoslovensko drustvo termicara, Beograd, 1994
- [4] Koornneef J., Junginger M., Faaij A., Development of fluidized bed combustion - An overview of trends, performance and cost, Progress in Energy and Combustion Science, 33 (2007), p. 19-55
- [5] Hotta A., Kettunen A., Utt J., Milestones for CFB and OTU Technology: The 460 MWe Lagisza Supercritical Boiler - Project Update, Presented at CoalGen, Milwaukee, WI, USA, 2007
- [6] R. V. Filkoski, I. J. Petrovski, P. Karaš: *Optimisation of Pulverised Coal Combustion by Means of CFD/CTA Modelling*, (An International Journal of) Thermal Science, Vol. 10 (3), 2006, pp. 161-179
- [7] Filkoski R. V., Joleska Bureska L., Petrovski I. J., 2013, Assessment of the Impact of Under-Fire Air Introduction on the Pulverised Coal Combustion Efficiency, Chemical Engineering Transactions, 34, 25-30, DOI: 10.3303/CET1334005

- [8] Steve Doty, Wayne C. Turner (Co-editors), Energy Management Handbook, 7th Edition, The Fairmont Press, Inc., CRC Press Taylor & Francis Group, 2009
- [9] Group of authors, IPPC Draft Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants, European Commission Directorate General JRC, Sevilla, 2006
- [10] Бркић и др.: Термоелектране, МФ Универзитет у Београду, Београд, 2012

Сара Младеновска¹

Факултет за електротехника и информациски технологии, Скопје

sara_mladenovksa@yahoo.com

ИСКОРИСТУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИОТ ПОТЕНЦИЈАЛ НА КОМУНАЛНИОТ ОТПАД И АНАЛИЗА ЗА НЕГОВИОТ УДЕЛ ВО ВКУПНИТЕ ЕНЕРГЕТСКИ ПОТРЕБИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

АПСТРАКТ

Стапката на загаденост се зголемува како резултат на социо-економскиот развој, степенот на индустријализација и механизација. Како се зголемува „урбаната“ популација, така расте и количеството на отпадна материја. Во многу земји редуцирањето на отпадот претставува значителен проблем, заради фактот што загаденоста во тие земји секојдневно расте.

Постојат најразлични технологии со кои може да се искористи потенцијалот на отпадната материја како енергетски извор, почнувајќи од многу едноставни системи за отстранување на цврстиот отпад, до комплексни технологии со кои може да се отстранат големи количини на индустриски отпад.

Во трудот накратко ќе бидат опишани начините на кои може да се преработи цврстиот отпад за да се добие енергија. Ќе се стави акцент на комуналниот отпад, ќе се дефинира ваквиот отпад, ќе се процени неговиот енергетски потенцијал, а потоа ќе се направи анализа за да се утврди неговото учество како енергетски извор во вкупната енергетска потрошувачка на Република Македонија.

Придобивките од ваквото искористување на отпадната материја се значителни. Се зголемува бројот на еколошки чистите површини, а отпадот добиен од домаќинствата служи како обновлив извор за добивање на енергија.

Во Република Македонија, вака добиената енергија е застапена во многу мал процент. Па така, запознавањето со самиот процес на добивање на енергијата на еден ваков начин, како и со придобивките кои се резултат на неговата реализација, е од клучно значење за зголемувањето на искористеноста на еден ваков обновлив енергетски извор.

Клучни зборови: комунален отпад, енергетски потенцијал, енергетски извор, обновлива енергија

1 ВОВЕД

Вкупното количество на отпад во Република Македонија секоја година сè повеќе се зголемува. Со тоа расте бројот на депониите, нивната површина, а особено стапката на загаденост. Во Македонија има само една санитарна депонија која минимално ги задоволува критериумите на ЕУ пропишани во Директивата за депонии, депонијата „Дрисла“ во Скопје. Има околу 30тина општински депонии, и околу 1000 „диви“ депонии (главно во рурални средини). Сите овие депонии поради несоодветните потребни третмани, секојдневно ја уништуваат животната средина.



Слика 1. Депонија во Свети Николе



Слика 2. Депонија во Гостивар



Слика 3. Депонија во Кочани



Слика 4. Депонија во Кичево



Слика 5. Поглед на депонијата „Мелци“ во Кавадарци

Ваквите факти се дефинитивно загрижувачки, и потребно е преземање на соодветни мерки за третирање на отпадот од депониите.

2 РАСПОЛОЖЛИВИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ЕНЕРГЕТСКО КОРИСТЕЊЕ НА ОТПАДОТ

Дефинирањето одредена технологија која е најпогодна за некој регион зависи од бројни фактори, вклучувајќи ги и локалните методи на собирање, обработка и одлагање на комуналниот цврст отпад, како и локалните прописи поврзани со животната средина. Постојат неколку достапни начини за искористување на отпадот во вид на енергија:

Инсинерација (запалување) – претставува процес на контролирано согорување на комуналниот цврст отпад и добивање на топлинска енергија.

Согорување – доаѓа до термохемиска конверзија со ослободување на хемиска енергија на горивото, топлинска енергија и се користи со ограничена содржина на влага и поголема топлинска моќ, која е најчесто кај цврстиот комунален отпад помеѓу 10 и 13 (MJ/kg).

Пиролиза – претставува постапка на термичка декомпозиција при која материјалот се загрева од надворешен извор на топлина без присуство на воздух, а како резултат се добива

смеса на цврсто, течо и гасовито гориво. Еден дел од добиеното гориво се користи како извор на топлинска енергија за пиролиза.

Гасификација - Постапката на термичка декомпозиција се одвива исто како и кај согорувањето само со коефициент на вишок на воздух над еден. Материјалот се конвертира во гас кој главно се состои од јаглерод моноксид, водород и метан.

Плазма процес - Комуналниот цврст отпад се загрева на висока температура од 3000-10000 °C со помош на плазмин лак (plasma arc). Енергијата се ослободува со електрично празнење во инертна атмосфера. На овој начин органскиот отпад се конвертира во гас кој е богат со водород, а неорганскиот отпад во инертни стаклени остатоци (inert glass residue).

Анаеробна дигестија - претставува процес на микробиолошко разградување без присуство на воздух. Се преработува високо влажна органска материја. Со разградувањето се добива гас кој првенствено се состои од метан и јаглерод моноксид.

Депониски гас - најголем дел на депонски гас се формира со бактериско разградување од бактериите кои се присутни во отпадот и земјиштето со кое се прекрива депонијата. За разлика од анаеробната дигестија тука микробиолошкото разградување не е контролирано, а делумно се врши и анаеробна дигестија. И во случајов исто така се добива гас кој се состои од метан и јаглерод моноксид.

3 КОМУНАЛЕН ОТПАД И НЕГОВОТО ЕНЕРГЕТСКО ИСКОРИСТУВАЊЕ

Ќе го разгледаме енергетскиот потенцијал кој го носи комуналниот отпад, како и неговото влијание врз вкупните енергетски потреби од електрична енергија во Република Македонија. Пред да започнеме со анализата, да дефинираме што сè спаѓа во комуналниот отпад.

3.1 Комунален отпад (домаќинства- градски и рурален, смет од улици и дворови, комерцијален отпад)

Комуналниот отпад во принцип е отпад кој се собира од домаќинствата, како и сметот што се собира од улици и дворови, тротоари и паркови. Во густо населените урбани средини отпадот од домаќинствата главно се состои од: хартија, картон, пластика, метали, стакло, друг материјал за пакување и отпад од храна, односно содржи: материјали за пакување, отпадоци од чистење на дворови, улици и тротоари, мебел, облека, шишиња, отпадоци од храна, весници, разни уреди од домовите за живеење, акумулатори, батерии и др. Во домаќинствата со дворови отпадот може да содржи и остатоци од косење на тревата и кастрење на дрвата. Составот, односно процентуалното учество на одделните компоненти во комуналниот отпад варира значително и зависи од повеќе фактори, како што се: стандардот на живеење на луѓето, местото на собирање и др., но се менува исто така и во зависност од годишното време.

3.2 Комерцијален отпад

Комерцијален отпад е оној што се создава од комерцијалните (не индустриски) активности, т.е. канцелариите и продавниците и е отпад по состав сличен на отпадот од домаќинства, но со многу поголемо учество на хартија и картон (канцеларии и продавници кои не продаваат храна).

3.3 Енергетски потенцијал на комуналниот (домаќинства и комерцијални објекти) отпад

Во табелата е дадена топлинската моќ на цврстиот комунален отпад, за самата компонента и за сметот. Нам ни е важна втората колона, од која што може да се види дека вкупната топлинска моќ од сметот кој го сочинува комуналниот отпад изнесува 7862 kJ/kg, односно бруто енергетскиот потенцијал на ваквиот отпад изнесува околу 2,1837 kWh/kg.

Табела 1

Просечна топлинска моќ на урбан цврст комунален отпад (Municipality Solid Waste MSW)			
Вид	Hd на компонентакJ/kg	Hd на сметот kJ/kg	kWh/kg смет
хартија и картон	14700	3528	0,98
Отпадоци од храна	5735	1147	0,3186
Пластика	26940	1643	0,456
Кожа	19600	235	0,0653
Гума	23250	558	0,155
Текстил(облека, остатоци од облека)	16275	651	0,181
Улици и дворови	7694	100	0,0278
Вкупно		7862	2,1837

Знаејќи дека цврстиот, комунален и комерцијален отпад во себе содржи одреден енергетски потенцијал, колкав процент од енергетските потреби може да ги задоволи ваквиот енергетски извор?

4 АНАЛИЗА

Податоците за количината на цврстиот комунален отпад во светот се различни и се движат меѓу 0,8-2,3 kg/човек на ден. Се проценува дека граѓаните во Република Македонија произведуваат околу 300 kg отпад по лице годишно, во урбаните средини, а во руралните средини приближно половина (150 kg по човек годишно).

Најпрвин, ќе разгледаме едно просечно, четиричлено современо семејство. Ако земеме дека еден член од семејството годишно произведува 300 kg отпад (нормално овој податок варира од година во година, но земаме некој просек), тогаш вкупниот отпад кој го произведува семејството ќе изнесува 1200 kg годишно, или 1,2 тони годишно. Земајќи ја предвид горната табела, вкупната топлинска моќ на оваа количина на цврст отпад ќе биде 9434400 kJ или пресметано во kWh тоа ќе биде 2620,44 kWh, односно 2,6 MWh на годишно ниво.

Ако енергетските потреби на ваквото семејство изнесуваат од 20 до 25 MWh годишно, може да се заклучи дека со цврстиот отпад, сведен на годишно ниво, може да се задоволат околу 5-10% од вкупните енергетски потреби на семејството (ако предвид ги земеме и загубите на енергија при процесот на производство).

Сега да ја разгледаме ситуацијата во Република Македонија. Според податоците на Државниот завод за статистика, вкупното количество на собран комунален отпад во Република Македонија во 2015 година изнесува 620 328 тони. Во табелата е прикажано количеството на создаден и собран комунален отпад по региони.

T-02: Количество на собран и создаден комунален отпад во 2015 година, по региони

T-02: Amount of collected and generated municipal waste in 2015, by regions

Тони	tonnes		
	Собран комунален отпад Collected municipal waste	Создаден комунален отпад Generated municipal waste	
Република Македонија - вкупно	620 328	786 182	Republic of Macedonia - total
Вардарски	76 235	93 238	Vardar
Источен	52 580	72 303	East
Југозападен	46 771	94 391	Southwest

Југоисточен	33 764	46 860	Southeast
Пелагониски	69 446	80 732	Pelagonia
Полошки	117 645	150 520	Polog
Североисточен	72 295	83 059	Northeast
Скопски	151 592	165 079	Skopje

Од собраните 620 328 тони, $\frac{2}{3}$ односно 413 552 тони содржат енергетски потенцијал, додека $\frac{1}{3}$ (206 776 тони) отпаѓа на материјалите кои се енергетски некористливи. Сега, ако направиме енергетска проценка на овој отпад од 413 552 тони, ќе добиеме дека енергетскиот потенцијал на ваквиот отпад (според табела 1) е 903,07 GWh енергија. Од оваа потенцијална енергија, околу $\frac{1}{3}$ се губи при процесите на конверзија на енергијата, така што остануваат приближно 602 GWh енергија (топлинска и електрична). Односот на електрична спрема топлинска енергија е 3:4. Па така, добиваме дека 258 GWh може да се искористат како електрична, а 344 GWh во вид на топлинска енергија. Ако Македонија годишно има потреба од околу 8500 GWh електрична енергија, во тој случај може да се пресмета дека 3,03% од вкупните енергетски потреби на РМ може да бидат задоволени ако се искористи енергетскиот потенцијал на собраниот комунален отпад во 2015 година. Сега, ако земеме дека годишната побарувачка од електрична енергија на градот Велес е околу 130 GWh, во тој случај може да се заклучи дека само со електрична енергија добиена од комуналниот отпад може да се напојат неколку помали градови во РМ.

Нормално, ваквите податоци варираат секоја година, но во просек може да се земе дека од собраниот комунален отпад секоја година може да бидат задоволени околу 3-4% од вкупните енергетски потреби на Република Македонија.

5 ЗАКЛУЧОК

Правилното собирање и третирање на отпадот претставува најголем предизвик во современото општество со цел постигнување најповолни ефекти по животната средина, така што секое неправилно третирање би имало негативни последици. Користењето на комуналниот отпад во енергетски цели, посебно за производство на енергија има повеќе позитивни ефекти. Видовме дека 3-4% годишни потреби од електрична енергија би биле задоволени од искористувањето на комуналниот отпад, што воопшто не е мал процент, ако ја земеме предвид повеќекратната придобивка од ваквото искористување: добивање електрична и топлинска енергија и добивање на еколошки почиста животна средина. Проблемите од комуналниот отпад со кои се соочува Македонија, се огромни, па затоа е неопходно да се инвестира во ваквиот енергетски извор.

6 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Државен завод за статистика на Р. Македонија ЖИВОТНА СРЕДИНА – ENVIRONMENT 2015
- [2] „Искористување на комуналниот отпад за производство на топлинска енергија“ Александар Ресавски, Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип
- [3] „Енергетска вредност на цврстиот отпад во Република Македонија“ Славе Арменски, Машински факултет, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ во Скопје
- [4] <http://www.khigiena.com.mk/Default.asp>
- [5] <http://energetskaefikasnost.info/gubreto-voopshto-ne-se-koristi-za-proiz/>
- [6] „Градење на капацитетите за имплементација на ЕУ Директива за депонии- затворање на нестандардните депонии и инспекции“ Скопје, 2011

Теодор Тошев, Ивана Конеска
Факултет за електротехника и информациски технологии, Скопје
teo.tosev@hotmail.com ivana.koneska@hotmail.com

ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА НА AS - INTERFACE ЗА ПОДОБРУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКАТА ЕФИКАСНОСТ ВО ИНДУСТРИЈАТА

КУСА СОДРЖИНА

Растечкиот тренд за заштеда на енергија во земјата, доведува до изнаоѓање на начини за ефикасно искористување на енергетските потрошувачи. Системите за разладување во фабриките претставуваат големи енергетски потрошувачи и од особено значење е нивно рационално користење. Потрошувачката на електрична енергија за овие системи може да достигне и до 20% од вкупната потрошувачка на електрична енергија во фабриката. Затоа, во фокусот на истражувањето ќе биде токму подобрување на енергетската ефикасност со имплементацијата на електрични вентили управувани со AS – Interface, во разладните системи од една страна, но и финансиската исплатливост на ваквите системи од друга страна.

Во првиот дел од трудот ќе се даде осврт на предностите и карактеристиките на AS – I bus системот. Понатаму ќе се анализира потребата од ваков тип на системи во една од компаниите во Република Македонија, и ќе се прикаже дизајнот на предложеното решение како и неговото влијание во насока на заштеда на топлинска и електрична енергија. На крај на трудот ќе се анализира и финансиската исплатливост од имплементацијата на AS-Interface bus и периодот на враќање на инвестицијата.

Клучни зборови: AS – I, енергија, заштеда, исплатливост

1 ВОВЕД

Автоматизираниите системи со решенија базирани на отворени fieldbuses (процесни собирници) се сегашните стандарди за многу сектори во индустријата, меѓу кои и производството. Fieldbus е индустриска мрежа која е специјално дизајнирана за комуникација помеѓу програмибилни логички уптавувачи (PLC) или индустриски контролери, сензори и задвижувачи монтирани во најразлични погони. Fieldbus е целосно дигитализиран, двонасочен систем кој поврзува неколку уреди во еден комуникациски канал, односно е дизајниран да ги замени поврзувањата point-to-point што значи поврзувања на секој сензор и задвижувач со IO контролерот. Тој овозможува целосно искористување на функционалните предности на дигиталната комуникација, како што се подобрување на измерените вредности, дијагностички можности, далечинско управување, намалување на инсталационите трошоци (20-40 % заштеда) и значително намален број на конекции [11].

Употребата на компоненти од различни производители бара дополнителен развој на интерфејси и драјвери. Дигиталната комуникација постои долго време, но само како неслободни протоколи, односно протоколи специфицирани за употреба само од страна на одредени корисници. Како последица од потребата од отворени системи за комуникација, во неколку компании и универзитети од средината на 1980-тите започнало да се работи на стандарден протокол. Напорите резултирале со две мрежи: Fieldbus PROFIBUS и Foundation fieldbus. Како ниво подоле од PROFIBUS, се наоѓа AS – I кој е стандардизиран, отворен,

дигитален комуникациски систем кој може да се примени во сите области на производството и автоматизација на процесите [1].

Комуникациските способности на уредите и континуираниот, транспарентен проток на информации се потребни компоненти за врвна автоматизација. Координирани индустриски комуникациски системи, како што се PROFIBUS, Actuator – Sensor - Interface bus како поеднаставен или комуникациски системи унапредени со користење на Ethernet, нудат идеални предуслови за транспарентно вмрежување во сите области на процесот на производство. AS-интерфејс е мрежно индустриско решение, кое е лесно за конфигурација, значително поевтино од другите и доверливо и како таквото користи за електромагнетни сензори, фотоелектрични индикатори на ниво и вентили[10].

Actuator - Sensor – Interface (AS – I) поврзани со електричните вентили и соодветна употреба формираат едноставен и функционален систем кој е погоден за подобрување на енергетската ефикасност. За да се стигне до денешниот AS – I, развојот поминал низ три фази на кои работеле 11 компании кои заедно се соединиле во групацијата AS - International. Во наредното поглавје ќе биде прикажано како овој концепт се менувал, напредувал и како тоа влијаело врз промената на цената [3].

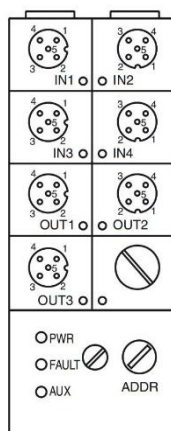
2 AS-INTERFACE

AS-Interface (Задвижувач – сензор интерфејс, AS – I) е мрежно индустриско решение кое се применува во производството и во автоматските системи базирани на програмибилни логички управувачи (PLC), дистрибуирани системи за управување (DCS) и персонални компјутери (PC). AS-I се користи за поврзување на едноставни I/O (влезно/излезни) уреди, како на пример бинарни ON/OFF уреди како актуатори, сензори, ротирачки енкодери, аналогни влезови и излези, притисни копчиња и сензори за позицијата на вентил со употреба на еден двожилен кабел [2].

Првата оригинална верзија на AS мрежата создадена во 1994 година, била во состојба да поддржува до 31 бинарни I/O уреди/модули, каде што секој уред можел да разменува 4 бита на влез и 4 бита на излезни податоци, што резултира со вкупно 124 влезови и 124 излези на една мрежа. Важни карактеристики како автоматска замена на единечен јазол веќе биле дел од системот и имал максимално време на ажурирање од 5 ms.

Бидејќи AS – I бил брзо прифатен од корисниците, само 4 години подоцна создаден е подобрен интерфејс кој ќе овозможува создавање на аналогни влезно/излезни уреди и зголемен број на можни бинарни I/O уреди на 62. Како последица на постоењето на опцијата наречена А/Б селектор со која е овозможено секоја од 31-та адреса да биде употребена два пати, еден од излезите не е достапен за користење. Па така, понудени се 4 влеза, а 3 излеза, со што вкупниот број I/O на една мрежа е зголемен на 248 влеза и 186 излеза, како што е прикажано на сл.1. Максималното време на ажурирање сега е 10 ms [8].

Зголеменото користење на Ethernet базирани индустриски протоколи, како и воведувањето на сериски пренос на податоци, довеле до дефинирање на нови профили за комуникација за бинарни и аналогни податоци, кои ги користиме денес. Тие содржат бинарни I/O јазли со поддршка на А/Б адресирање со: 4 влеза и 4 излеза; 8 влеза и 8 излеза, конфигурабилен (8, 12 или 16 bit) брз аналоген канал и целосен двонасочен сериски пренос на податоци [3]. Со овие можности, AS-интерфејс станува идеален партнер мрежа за кој било од, во моментот расположливи Етернет-базирани индустриски протоколи.



Сл.1 - AS – I модул

Предностите се работење на принципот мастер-потчинет, намален број на структурни ограничувања, пренос на податоци и напојување преку еден двожилен кабел, отпорни на бучава, должина на сегменти од 100 метри кои може да се комбинираат до 300 метри со помош на репетитори, лесно конфигурирање, ефикасна детекција на грешки и нивна превенција и лесен старт[4]. Друга значајна предност која ја имаат е компатибилноста со сите fieldbuses и програмибилни логички кола како и значително пониската цена во однос на другите системи за комуникација [6].

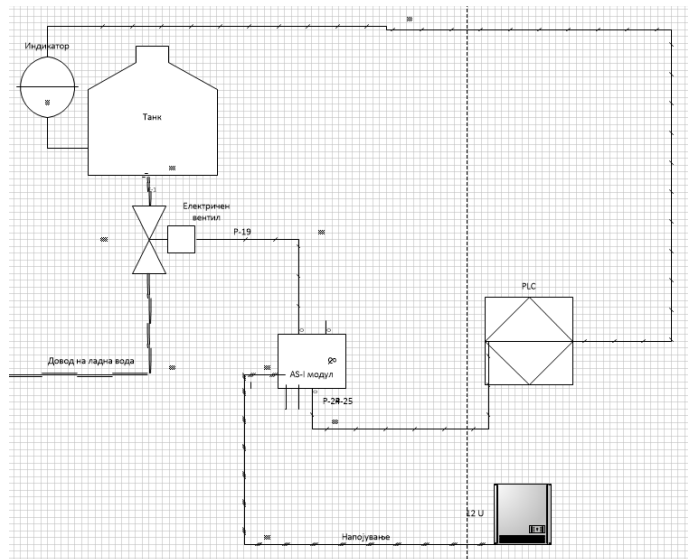
Компатибилноста на AS – I со различни типови на PLC, како и другите предности погоре наведени, овозможуваат примена на овој автоматизиран систем во хемиската индустрија; сè со цел да се заштеди топлинска и електрична енергија. Начинот на кој тоа може да се постигне е со помош на електрични вентили управувани со AS – Interface поврзан со индикатори за ниво и логички управувачки единици за автоматска контрола на процесот. Ваквиот систем наоѓа примена во хемиската индустрија за ладење на резервоари за складирање, мешање и дозирање на хемикалии. Моделот на системот и неговата оправданост се разработени во третата односно четвртата глава.

3 ПРИМЕР ЗА АНАЛИЗА

Хемиските реакции во резервоарите во кои се складираат, мешаат и дозираат хемикалии развиваат големи температури кои можат да предизвикаат неповолни услови за хемискиот процес. Еден од начините за да се спречи појавата на температурни разлики за одржување на потребните стандарди за непрекинато производство е употреба на систем за ладење на овие резервоари. Резервоарите имаат дупли сидови помеѓу кои циркулира ладна вода и ја одведува топлината низ затворениот систем за ладење поврзан со ладилник (chiller) (сл.2).

Потребата од примена на автоматизиран систем за ладење во една хемиска индустрија во Република Македонија произлегува од фактот дека при непрекинато производство на компанијата во погон се само 8 од вкупно 48 резервоари, а за останатите непотребно се троши разладна вода и електрична енергија. Принципиелната шема на системот и неговото подобрување од аспект на енергетска ефикасност е прикажан на слика 2.

Системот на автоматизација е базиран на примена на електрични вентили управувани со AS – Interface кој е поврзан со индикатори за ниво и логички управувачки единици за автоматска контрола на процесот.



Сл.2 – Принципиелна шема за енергетски ефикасно ладење

Кога индикаторот на ниво ќе отчита 10% или помалку, ја праќа таа информација до програмабилен логички управувач, кој пак дава наредба до AS-I модулот да го затвори електричниот вентил, а со тоа автоматски да се прекине доводот на ладна вода. Начинот на инсталација на елементите од Сл. 2 нуди доверлива контрола на електричните вентили и индикаторите за ниво, а со прекинот на непотребното ладење на резервоарите се намалува потрошувачката на топлинска и електрична енергија. Успешното постигнување на таа цел е потврдено со разработената математичката анализа во следното поглавје.

4 ФИНАНСИСКА АНАЛИЗА

За да се определи финансиската оправданост на моделот ќе биде анализирана потрошувачката на моменталниот и на автоматизираниот систем.

За ладење на водата се користи разладувач со моќност за ладење од 506 kW.

Изладената вода за ладење на секој резервоар тече низ цевка со димензија DN=15, а протокот низ таа цевка е $V=0.25 \text{ [m}^3/\text{h}]$. Ако капацитивноста на водата е $c_p = 1.163 \text{ [Wh/kg} \cdot \text{K]}$, а температурната разлика на водата помеѓу влезот и излезот е $\Delta t = 2.4 \text{ [K]}$ и густината на водата $\rho = 1000 \text{ [kg/m}^3]$, тогаш може да ја пресметаме моќноста за ладење на еден резервоар:

$$P_c = V \cdot c_p \cdot \rho \cdot \Delta t. \quad (1)$$

Моќноста за ладење на 48, односно 40 резервоари се пресметува со следните формули соодветно:

$$P_c \cdot 48 = P_c^{48}. \quad (2)$$

$$P_c \cdot 40 = P_c^{40}. \quad (3)$$

Потребна електрична енергија за ладење на 48, односно 40 резервоари ќе се пресмета со:

$$W_{el,v} = P_c^{48} \cdot 528. \quad (4)$$

$$W_{el} = P_c^{40} \cdot 528. \quad (5)$$

Од (1) следи дека потребната моќност за ладење на еден резервоар ќе биде:

$$P_c = 697.8[W]$$

Ако се земе во предвид и коефициентот на ефикасност (2.58), тогаш:

$$P_c = 270.465[W]$$

Ако една фабрика во Република Македонија има 48 резервоари кои се ладат, од равенката (2) ќе ја добиеме потребната моќност за нивно ладење, односно P_c^{48} . Фабриката во просек работи 22 дена месечно, односно 528 часа месечно, па потребната електрична енергија од равенката (4) е обележана со $W_{el,v}$. Од овие 48 резервоари, само 8 работат истовремено, значи 40 се ладат непотребно. Па, моќноста потребна за ладење на 40 резервоари пресметана со равенката (3) е P_c^{40} . Финално, од равенката (5) ја добиваме непотребно потрошената електрична енергија во еден месец, W_{el} која е електричната енергија која ќе се заштеди по извршување на инсталацијата на елементите, прикажани на принципиелната шема (Сл.2). Добиените резултати од погоренаведените равенки се прикажани во Табела 1.

Табела 1.

$P_c^{48}[kW]$	$W_{el,v}[kWh]$	$P_c^{40}[kW]$	$W_{el}[kWh]$
12.982	6854.5	10.818	5711.9

Оваа инвестиција за 48 резервоари чини 7500 евра. Просечната цена на еден kWh индустриска електрична енергија во Република Македонија е 0.07 евра, па следи дека месечната заштеда на електрична енергија ќе биде 399.8 евра. Тоа значи дека без земање во превид на стапката на актуелизација целата инвестиција ќе се исплати за 19 месеци (факторот за проценка на периодот на враќање на инвестицијата [5]):

$$\text{Период на враќање на инвестиција} = \frac{\text{Инвестиција}}{\text{Месечен приход}}$$

Економската валоризација на проектите е сложена задача која треба првенствено да даде одговор на прашањето дали идните очекувани добивки, со прифатлив ризик, можат да ги оправдат вложувањата и дали предложените инвестиции се најдобриот начин за остварување на посакуваната цел. Сегашна вредност на парите е тековна вредност на идните износи на пари или серија на плаќања евалуирани по дадена стапка на актуализација. Стапка на актуализација е каматна стапка која се користи за да идните вредности на парите се конвертираат во сегашни вредности [5].

Прецесот на економска валоризација на проектите се базира на неколку критериуми:

- Нето сегашната вредност на проектот (Net Present Value - NPV) претставува разлика помеѓу сегашната вредност на сите готовински приходи (Cash InFlows-CIF) и сегашната вредност помеѓу сите готовински расходи во проектот (Cash OutFlows-COF) и може да се пресмета според формулата:

$$NPV = \int_{t=0}^{t=T_2} \frac{CIF(t) - COF(t)}{(1 + IRR)} dt = \int_{t=0}^{t=T_2} \frac{CIF(t)}{(1 + IRR)} dt - \int_{t=0}^{t=T_2} \frac{COF(t)}{(1 + IRR)^t} dt = \int_{t=0}^{t=T_2} \frac{CF(t)}{(1 + IRR)^t} dt. \quad (7)$$

- Внатрешната стапка на рентабилност (IRR) се пресметува од равенката (7) за нето сегашна вредност еднаква на нула. Со пресметка може да се добие периодот на враќање на инвестицијата со земање во предвид на стапката на рентабилност[5]. На овој начин ќе се добие целосна финансиска анализа за проектот поддржана со овие критериуми.

5 ЗАКЛУЧОК

Индуистското вмрежување е од витално значење за континуирана работа на сите форми од индустријата каде што физичка опрема мора да се контролира. Од појавата на првиот Fieldbus протокол, индуистките мрежи станаа најшироко имплементирани со цел да исполнат се поголем спектар на контрола, безбедност и мониторинг. Предностите кои се реализираат со нивната инсталација, како намалување на трошоците, полесно одржување и конфигурација, високо ниво на комуникација преку котролери, како и поголема целокупна интеграција во рамките на системот за котрола, но и со надворешните мрежи се мотивација за многу понатамошни истражувања [7]. Во ова истражување се фокусиравме на електрични вентили управувани со AS – Interface кој е поврзан со индикатори за ниво и логички управувачки единици кои ќе извршат автоматска контрола на процесот. Идејата е да се прекине автоматски доводот на ладна вода кога нивото на смесата во резервоарот ќе падне под 10% со што ќе се прекине непотребното ладење на тие резервоари, односно ќе се заштеди електрична енергија. Периодот на враќање на инсвестицијата и исплатливоста на проектот е пресметана во финансиската анализаи таа ни овозможува да заклучиме дека ова е исплатлив проект со висока стапка на рентабилност кој го прави посакуван за имплементација. Периодот на враќање на инвестицијата од 19 месеци ја оправдува инвестицијата за инсталација на предметот на нашиот труд. Како таков, дизајнот на решението во овој труд е одличен начин за заштеда на топлинска и електрична енергија, а со тоа и финансиски ресурси во соодветната индустрија.

6 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Daniel Calandrini, The Benefits of Fieldbus Technology in Power Plants, Siemens Westinghouse Power Corporation, Alpharetta GA 30004, pg. 2-3
- [2] <https://www.kunbus.com/as-interface.html>
- [3] Binder Kai, Einfach – sicher – international, SPS Magazin, 2012
[AS-Interface – Experts Forum \(http://www.as-interface.net/\)](http://www.as-interface.net/)
- [4] <http://www.as-interface.net/knowledge-base/fakten-und-vorteile?lang=en>
- [5] В. проф. д-р. Атанас Илиев, Менаџмент и инженерска економика – скрипта
- [6] AS-Interface in Thirty Days, Real Time Automation
- [7] Brendan Galloway and Gerhard P. Hancke, Introduction to Industrial Control Networks, IEEE
- [8] Piotr Michalski, Jerzy Świder, Extended diagnostics system for AS-interface networks, Faculty of Mechanical Engineering, The Silesian University of Technology, pg.47
- [10] S.Dijev, Industrial Networks for Communication and Control, pg. 22
- [11] Tutorial – Introduction to Fieldbus, Verwer Training and Consultancy LTD, 2014, pg. 2

Посебна благодарност до менторот доц. д-р Невенка Китева Роглева и м-р консултантот Здравко Андонов.

Верица Минкова, Фросина Донева

Машински факултет, Скопје

minkovaverica@gmail.com donevafrosina@yahoo.com

ментор: проф.д-р. Даме Димитровски

ИСКОРИСТУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИОТ ПОТЕНЦИЈАЛ НА ОТПАДОТ ОД ДЕПОНИИТЕ ВО УРБАНИТЕ СРЕДИНИ, CASE STUDY: CITY OF SKOPJE

КУСА СОДРЖИНА

Еден од поголемите проблеми со кој се соочуваат урбаните средини претставува одлагањето на комуналниот отпад. Секоја година густината на населението се зголемува, што со своето дејствување и активност непрекинато создава отпад.

Неизбежно е секојдневното исфрлање на значителни количини на цврсти отпадоци од индустријата, администрацијата и домаќинствата, од кои се смета дека 60% до 80% би можеле да се елиминираат преку редуцирање, рециклирање и повторна употреба (reduce, recycle, reuse). Во голем дел во градскиот отпад влегува хартија, дрво, картон, пластика, текстил, кој според својот хемиски состав има горивна способност, односно енергетски потенцијал што преку техниките за преработка може да се искористи.

Од голема важност да се спомене е дека сепарацијата на состојките на отпадот е неопходна операција при искористувањето на ресурсите од цврстите отпадоци. Со тоа се овозможува избор на оптимална техниката на преработка, за да се искористи енергетскиот потенцијал во целост.

Целта на овој труд е да се согледаат и пресметаат можностите за искористување на енергетскиот потенцијал на комуналниот отпад кој постојано се создава, што ќе резултира со еколошки придобивки за околината и да се одбере технологија за справување со овој вид отпад.

Клучни зборови: *отпад, депонија, енергија од отпад, Скопски регион*

1 ВОВЕД

Создавањето на отпад отсекогаш било поврзано со човековите активности и е пропратен дел на секој развоен процес. Наспроти популарното верување дека најголем загадувач на животната средина е индустријата, се испоставило дека секојдневното дејство на луѓето е поалармантно, бидејќи индустрискиот отпад е концентриран само во индустриските зони, додека комуналниот отпад ја зафаќа целата населена област.

Оттука потекнува главниот проблем на урбаните средини околу справувањето со комуналниот отпад. Сознанијата за квалитетот и квантитетот на цврстиот комунален отпад и текот на отпадот се неопходни за да се организира собирањето, транспортот, обработката,

третманот и депонирањето на отпадот на соодветен, економичен и на еколошки професионален начин.

Во нашата држава најзастапен начин за справување со комунален отпад е негово собирање од страна на овластени претпријатија и одложување во депонија. Познато е дека поголемиот дел од депониите се т.н. „диви депонии“, каде што справувањето со отпад е неконтролирано. За да се примени некоја од техниките за обработка на отпад и воедно да се искористи неговиот енергетски потенцијал, неопходно е да се промени организационата структура на овие дива депонии.

Согласно ова, сепарацијата на различните компоненти од отпадот е клучен сегмент во имплементација на нови технологии за справување со овој проблем. Имајќи ја оптималната техника на преработка, би резултирало со висок степен на искористување на енергетскиот потенцијал. На тој начин би се решиле проблемите околу селекција и складирање на комуналниот отпад.

Понатаму во текстот би се задржале на предлог техники за третирање на отпадот од депониите во град Скопје, како што се инсенерацијата и извлекување на депониски гас.

2 ТЕХНИКИ ЗА ИСКОРИСТУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКИОТ ПОТЕНЦИЈАЛ НА ОТПАДОТ

1.1. Општо за техниките за третирање на отпад

Главна цел на менаџирањето со комуналниот отпад е да се намали импактот врз животната средина и да се редуцира зафатнината на отпадот. Во таа насока постои скала на приоритети кои хиерархиски се подредени од 1(најпожелно) до 6(најмалку пожелно).

- 1) Спречување на создавање отпадоци
- 2) Намалување (редуцирање) на отпадоци
- 3) Повторна употреба (реупотреба)
- 4) Рециклирање (каде спаѓа и компостирање)
- 5) Горење и согорување на отпадоците
- 6) Депонирање на отпадоци (најмногу застапено)

За да се исполнат првите три приоритети треба да се навлезе во самиот почеток на создавањето на отпадот. На пример, да не се претерува со пакување на продуктите, да се користат сопствени кеси/корпи при пазарување, купување на одредени количини на храна што нема да доведе до нејзино расипување и фрлање, се само дел од предлозите што може да ги примениме во секојдневниот животи да го намалиме создавањето на отпадоци.

На рециклирањето му претходи сепарацијата на отпадот која исто така почнува од обичните граѓани. Освен сепарација на хартија и пластика, потребно е да се одвојат и (не)согорливите отпадоци, храната, како и отпадоците што не може да бидат рециклирани како пелени, отпушоци од цигари, измрсена хартија итн.

Инсенерацијата се дефинира како термички третман со кој се намалува волуменот на отпадоците, при што се добива енергија и топлина. Инсенерацијата се врши во инсенератор (посебен вид печка). Топлината добиена во инсенераторот може да се искористи за добивање пара која во посредство на турбина би произведувала електрична енергија во генераторот. Исто така, може да се искористи за затоплување на одредена област.

Друга техника би била извлекување на депониски гас. Депонискиот гас е резултат на дејството на микроорганизмите во отпадот и во неговиот состав преовладуваат метан и јаглерод диоксид. Со овој начин на искористување на метанот за добивање на енергија, би се намалило количеството на негово испуштање во атмосферата како гас – учесник во глобалното затоплување.

1.2. Пресметководни вредности за количеството на комунален отпад во Скопскиот регион и енергетска вредност

Според податоците на **Error! Reference source not found.** Државниот завод за статистика, вкупното количество на собран комунален отпад во Република Македонија во 2015 година изнесува 620 328 тони. Споредено со 2014 година, вкупното количество на собран комунален отпад во 2015 година бележи зголемување од 8.9 %. Најголемо количество на собран комунален отпад е забележано во Скопскиот регион - 151 592 тони или 24.4% од вкупното собрано количество во Република Македонија. Од вкупното количество на собран комунален отпад, 499 658 тони или 81% се собрани од домаќинствата, а останатите 19% од правни и физички лица (комерцијален отпад). Според видовите на отпад, најголемо количество на собран отпад е измешан комунален отпад, 533 721 тони или 86%, а најмало количество е отпад од гума, 1 395 тони или 0.2 % од вкупното количество собран комунален отпад.

Годишното количество на создаден комунален отпад по жител во 2015 година изнесува 380 кг по жител, што е за 2.7 % повеќе од 2014 година. Најголемо количество на собран комунален отпад (99.4%) се отстранува на депонија.

Табела 1. Енергетска содржина на состојките на градските цврсти отпадоци и количество на собран комунален отпад **Error! Reference source not found.**

Состојка	Енергетска содржина kJ/kg	Количество на собран комунален отпад, t
Хартија	16750	9386
Пластика	32550	6899
Текстил	17450	8652
Гума	23250	1395
Стакло	140	2150

Врз основа на горенаведените податоци ќе се врши пресметка на теоретскиот енергетски потенцијал на отпадот.

1.3. Инсенерација – предлог техника за обработка на отпад

Инсенерацијата опфаќа контролирано согорување на комуналниот отпад, кој претежно се состои од: хартија, картон, текстил, храна, дрво, пластика, стакло итн.

Процесот низ кој минува отпадот внатре во инсенераторот започнува со складирање на отпадот во големи бункери во кои владее низок притисок, за да се спречи ширењето на миризба. Пред да се транспортира во комората за согорување, се ситни на мали парчиња со цел подобро да согори. Согорувањето се одвива на температура од 850°C до 1100°C и како резултат на тоа се добива пепел, издувни гасови и енергија за котелот.

1.4. Пресметка на енергијата од комуналниот отпад со инсенерација

- Согорување на хартија во инсенератор и добиена енергија:

$$16750 \frac{kJ}{kg} \cdot 9386 \cdot 10^3 \frac{kg}{year} = 1,57 \cdot 10^{11} \frac{kJ}{year} = 43,6 \cdot 10^3 MWh$$

- Согорување на пластика во инсенератор и добиена енергија:

$$32550 \frac{kJ}{kg} \cdot 6899 \cdot 10^3 \frac{kg}{year} = 2,24 \cdot 10^{11} \frac{kJ}{year} = 66,7 \cdot 10^3 MWh$$

- Согорување на текстил во инсенератор и добиена енергија:

$$17405 \frac{kJ}{kg} \cdot 8652 \cdot 10^3 \frac{kg}{year} = 1,5 \cdot 10^{11} \frac{kJ}{year} = 41,7 \cdot 10^3 MWh$$

- Согорување на гума во инсенератор и добиена енергија:

$$23250 \frac{kJ}{kg} \cdot 1395 \cdot 10^3 \frac{kg}{year} = 3,24 \cdot 10^{10} \frac{kJ}{year} = 90 \cdot 10^3 MWh$$

Вкупно 242 GWh, од кои поради загубите во котларницата потрошувачите може да искористат 169,4 GWh.

1.5. Извлекување и третирање гас – предлог техника за обработка на отпад

Основната примена на оваа техника за обработка на отпад е да се редуцира ризикот од излегување на гасот слободно во атмосферата, заради неговото негативно влијание врз животната средина и здравјето на луѓето. Покрај тоа, се покажало дека гасот од отпадот има голема енергетска вредност и може да учествува во производство на топлинска и електрична енергија.

Приближно пресметано во зависност од видот на отпадот кој се наоѓа во депониите во Скопскиот регион, покажано е дека моментално може да се извлечат 500 m³/час депониски гас[5]. При согорување, од 1m³ биогаз би се добило 2.0 до 2.5 kWh топлинска енергија[4]. Извлекувањето на гас од депонија мора да биде строго контролирано и мора да се внимава на степенот на покриеноста на депонијата.

За разлика од процесот на контролирана анаеробна ферментација, добивањето на гас од депонија е неконтролирано, бидејќи ферментацијата се одвива на самата депонија. Поголем дел од овој гас се должи на разложувањето на целулозата содржана во цврстиот комунален и индустриски отпад. Ефикасноста на процесот зависи од составот на отпадот и содржината на влага во депонијата, материјалот со кој е покриена депонијата, температурата и други фактори. Биогазот што се ослободува од депонијата се состои од 50% метан, 45% јаглероден двооксид и 5% други гасови. Долната топлинска моќ на гасот од депонија се движи меѓу 15000 до 20500 kJ/m³.

Системот за собирање на гас од депонија може да биде *активен* и *пасивен*. Кај активниот систем има хоризонтално и вертикално поставени цевки, компресори и вентили со кои се контролира излегувањето на гасот. Пасивниот систем пак, се заснова на користење на природна промена на притисокот во наталожениот отпад и концентрацијата на гасот, со цел да се испушти гасот кон атмосферата или кон контролниот систем.

Активен систем за собирање на гас се состои од вертикално или хоризонтално поставени цевки за собирање на гас од депонија, цевен систем за меѓусебно поврзување на вертикално или хоризонтално поставените цевки и систем за мерење и контрола на проток **Error! Reference source not found..**

Со согорување на гасот од депонија, може да се добие корисна енергија која може да се користи за: загревање на вода или воздух и за производство на пара. Додека пак, по филтрирањето гасот може да се искористи кај МСВС, гасните турбини или горивните ќелии. Исто така, може да се користи како замена за природниот гас, пропан-бутанот (ТНГ) или како алтернативно гориво во транспортот ако станува збор за компримиран биогаз.

1.6. Пресметка на енергетски потенцијал на депонискиот гас

Врз основа на податоците од физибилити студијата за депонија „Дрисла“ за капацитетот на депониски гас во претстојниот период, како и долната топлинска моќ што ја има 1m^3 гас се добива корисна моќност.

$$17750 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \cdot 500 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 8875000 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} = 21613,11 \text{ GWh}$$

Земајќи ги во предвид загубите во елементите од постројката за согорување на гасот, вкупната топлинска енергија што може да се искористи изнесува 19451,79 GWh.

1.7. Потрошувачка на топлинска енергија за греење на Општина Сопиште[6]

- Теоретската потребна топлинска енергија за греење изнесува:

$$Q_{tg} = \frac{24 \cdot s_d \cdot Q_k}{t_{sv} - t_{pn}} = \frac{24 \cdot 5100 \cdot 12654}{20 - (-10)} = 51,62 \frac{\text{GWh}}{\text{god}} = 8775,4 \text{ GWh}$$

Со разгледување и споредба на пресметаните вредности, може да се дојде до заклучок дека преку искористување на енергетскиот потенцијал од депонискиот гас во целост ќе биде задоволена побарувачката од топлинска енергија на Општина Сопиште.

3 ЗАКЛУЧОК

Со процесот на инсенерација исто така може да се искористи енергетскиот потенцијал на отпадот до задоволителен степен, но гледано од еколошки аспект, инсенерацијата ја загадува животната средина. Додека пак, со извлекување на гасот од депониите се спречува неговото излегување во атмосферата и неговото учество во ефектот на стаклена градина.

Според добиените резултати, можеме да заклучиме дека подобар начин на искористување на енергетскиот потенцијал на отпадот од депониите би бил преку управувањето и третирањето на биогазот.

Како топлински конзум е избрана Општината Сопиште заради поволната местоположба, односно блискоста до депонијата „Дрисла“ како единствена во Скопје. Врз основа на претходните пресметки дојдовме до заклучок дека побарувачката е помала во однос на теоретски добиената енергија, а преостанатиот дел може да го искористат производителите на раноградинарски култури за затоплување на стакленици и пластеници.

4 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://www.stat.gov.mk/PrikaziSoopstenie.aspx?rbtxt=80>
- [2] <http://www.stat.gov.mk/pdf/2016/5.1.16.08.pdf>
- [3] „Обновливи - одржливи извори на енергија“, трето издание, Скопје 2013 година – проф.д-р. Славе Арменски
- [4] <http://www.thegreenage.co.uk/tech/biogas-energy/>
- [5] Физибилити студија за депонија „Дрисла“, Август 2011год. Изработено за IFC од Mott MacDonald Ltd
- [6] Физибилити студија за развој на дистрибутивни мрежи на природен гас во Република Македонија, Техничко решение и техно-економска анализа Книга А2 дел 1, Скопје, јануари 2014

Márk Németh¹, Dr. János Mizsei²

Faculty of Electrical Engineering and Informatics/Budapest University of Technology and
Economics, Budapest

¹nemetheagle@gmail.com

²mizsei@eet.bme.hu

REALISATION OF AN EXPERIMENTAL THERMAL-ELECTRONIC CIRCUIT

ABSTRACT

One of the cornerstones of sustainability is the development of electronics. Our society is based on electronic devices and making them more efficient has always been a goal, but the current CMOS integrated circuits, no matter how refined and ingenious in design are, they are nearing their limits, which are determined by physical boundaries. Although there are a lot of ongoing researches and new concepts to get around the obstacles of continued development, there is still no clarity in which direction will it go, and there is also a gap between the currently used and researched trends. Our research addresses these issues by introducing a new functional thermal-electric device, the phonsistor (phonon transistor) and the CMOS compatible thermal-electric logic circuit (TELC), which may help to take a step towards more efficient integrated circuits.

This paper is based on work primarily focusing on the design and realisation of such devices. The basis of the operation is the semiconductor-metal transition (SMT) effect shown by some materials out of which the vanadium-dioxide has been chosen for further investigation and fabrication. The resulting calculations and theoretical designs looks promising, and the first experimental device gave valuable data for further research.

Keywords: *phonsistor, vanadium-dioxide, SMT, TELC realisation*

1 INTRODUCTION

The development of electronic devices are driven by the demand for intergration of functions, which means the reduction of size and energy consumption, and increase in speed, all of this without decrease in reliability, but the mitigation of costs and enviromental impact are also important. Thus far the continuous development of CMOS techology supported this advancement for the last forty years or so, no wonder that from the industry to the housholds, almost every device is based on it. A recent characteristic size of the modern MOSFET is about twenty nanometers [1-2], but the scaling down is limited by technology and theoretical boundaries, the “red brick wall” can not be pushed much further this way.

Materials capable of semiconductor to metal phase-transition, and based on those, the thermal-electric devices give us new approach and the possibility of further development.

2 VANADIUM DIOXIDE AND THE CONCEPT OF TELC

As mentioned before, the basis of a TELC is a material, which is capable of undergoing a first order phase change, and can “switch” between a semiconductor/insulator and a metallic state. One of such materials is the vanadium dioxide (VO₂) which we choose for further investigation and as the functional layer of our experimental device, because it undergoes the SMT at a reasonable 70°C so

less power is required to induce it, but of course this temperature will be the upper limit of the operation for our device. This material has also been used in switching matrices [3], and logic circuits [4] in the past. The resistance-temperature characteristic of a VO₂ layer is shown on Fig. 1. which was used for our experiment. It has almost four orders of magnitude change in resistivity and has a hysteresis of 10°C between the SMT and MIT (metal-insulator transition), but these values can vary with the quality. Our layer was made with laser ablation (pulsed laser deposition - PLD) at the University of Oulu, but there are multiple ways of creating one. The technology we currently using at the Budapest University of Technology and Economics is cathode sputtering (PVD), but we are also experimenting with various sol-gel processes.

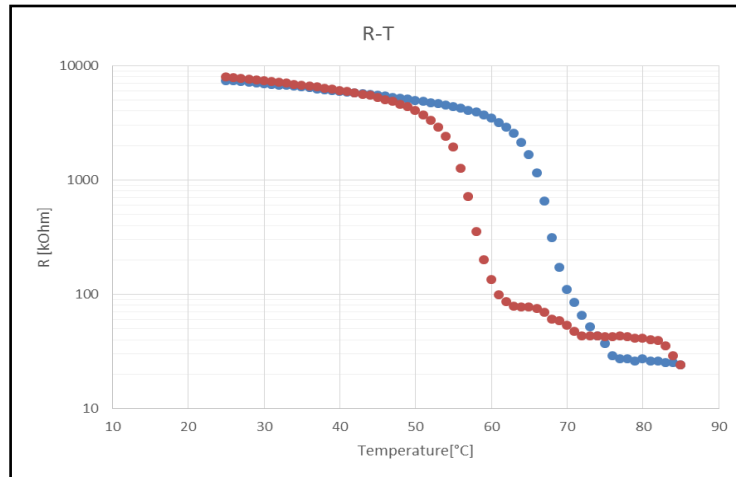


Fig. 1. PLD VO₂ layer resistance-temperature plot while heating (blue) and cooling (red)

For this material the SMT effect occurs down to 10 nm according to previous researches [5], so based on that we can estimate the limits of the thermal-electric circuits. Using the equation

$$L_{th} = \sqrt{\alpha \cdot t} . \quad (1)$$

which is the characteristic length of propagation of thermal information at a given t time scale, where α is the ratio of thermal conductivity to volumetric heat capacity

$$\alpha = \frac{k}{\rho \cdot c_p} . \quad (2)$$

where k is the thermal conductivity (SI units : W/(m·K)), ρ is the density (SI units : kg/(m³)), c_p is the specific heat capacity (SI units : J/(kg·K))

The thermal diffusivity can be estimated as $\alpha \sim 10^{-6}$ m²/s for typical heat isolator (SiO₂). At 10⁻¹⁰ sec time scale (10 GHz) the value of the thermal diffusion length is $L_{th} = 10^{-8}$ m (10nm). For the case of heat conductor (Si) the thermal diffusion length L_{th} is 7×10^{-8} m (70nm).

Table 1. Progress beyond the state-of-the-art in numbers, using TELC concept [6]

	Geometry, volume	Power supply voltage	Clock frequency	Number of components
Recent CMOS gate properties:	(22+22)x50x50 nm, 110000 nm ³	0.8-0.7 V	4 GHz	2 ("driver-loader")
Theoretical limits (over-estimated) for CMOS:	(11+11)x30x30 nm (3D) 19800 nm ³	0.5 V	6 GHz	2 ("driver-loader")
Estimated limits for TELC:	10x10x30 nm (3D) 3000 nm³	0.4-0.2 V	10 Ghz or more	1 (functional device)

As the table 1 shows, the estimated limits of the TELC alone gives us reason to investigate it. There is also the possibility of using TELC with CMOS, the two technologies are compatible.

On Fig. 2. the schematics of the thermal-electric logic gates can be seen. The basic principle is fairly simple, the function is determined by the distance between the layers, the thermal insulation between them, and the heating power. On the picture the inputs are resistors, but those also can be made from SMT material, and with careful design, the direction of information flow can be changed, as well as the operation with the changing of input power.

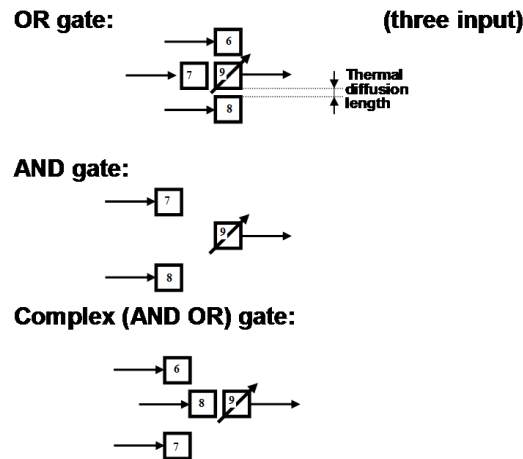


Fig. 2. Thermal-electric (logic) gates [6]

On Fig. 3. the concept of the phonsistor can be seen. It is not that different from the logic gates, in fact it can be used that way as well, and it is quite similar to the bipolar transistor. In small scales the hot electrons get to the SMT layer by ballistic transport, and directly heating it.

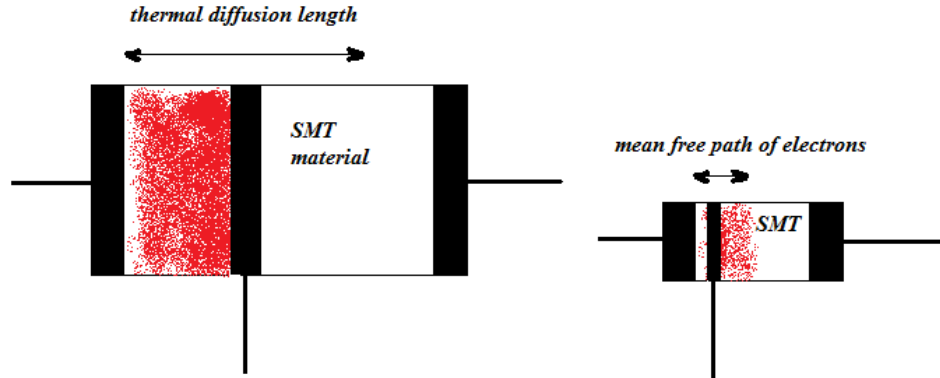


Fig. 3. Phonsistor [6]

The advantage of these devices besides the small scale, simple fabrication process, and the compatibility with CMOS technology, is that the heat here is not waste but the signal itself. Some results concerning the above discussed thermal electronics have been published earlier [7-11].

3 DESIGN AND REALIZATION

The ideal layout for a TELC is shown on Fig. 4. It is an inverter consisting of two functional SMT layer, metalization for connections, and the substrate. It is designed for voltage driven application. The resistor is there for current limiting, because if enough voltage is applied on a layer, and it undergoes the SMT, then on the lowered resistance (which is basically short circuit) too much current would flow, burning the circuit in the process.

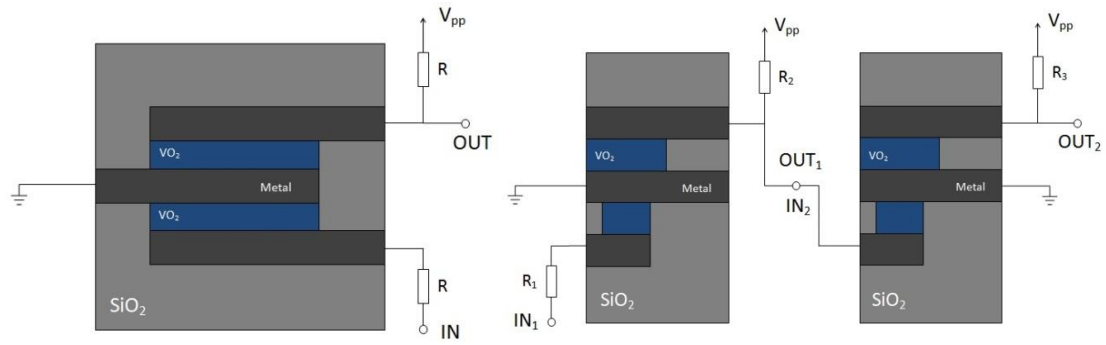


Fig. 4. A single inverter (left) and two inverters connectet in series (right)

The problem with this desing was, that we can not structure the VO_2 layer for now, so an alternative solution was required, hence the layout on Fig. 5. which is our experimental device. Instead of etching the VO_2 we structured the metallization, so that the current density is confined mainly to the areas where the heat generation is needed for the operation.

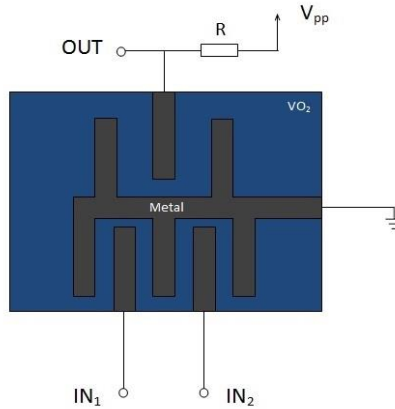


Fig. 5. Layout for experimental TELC

The realized device is shown on Fig. 6. The substrate is silicon, with silicon dioxide grown on top, and it is fully covered with vanadium dioxide. The platinum metalization is on top of the VO_2 . The thicknesses are in the scale of tens of nanometers except for the silicon, and the lateral dimensions are in tens of micrometers. On one wafer multiple structures had been made, the grounded ring around the structure ensures the separation between structures.

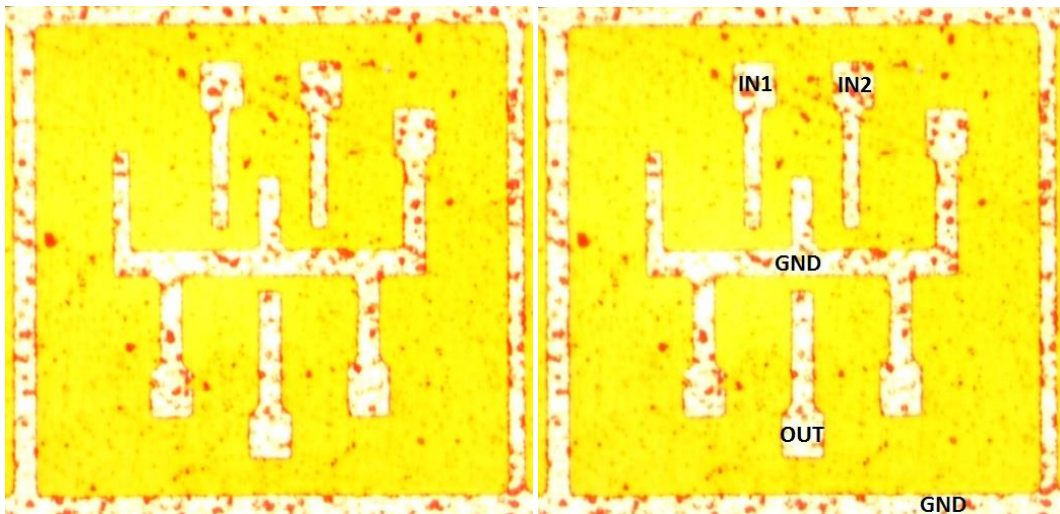


Fig. 6. Realized structure

4 MEASUREMENTS

On the realized structure our goal was to test it both as a logic gate and as a phonsistor. We had a succesfull switching of the layer on the input, but due to the imperfect structure and the relatively large scales we managed to do it at an increased temperature. As Fig. 7. shows, we could not induce the SMT at room temperature with reasonable current. Realistic assumption is that even less temperature change was achieved at the output layer.

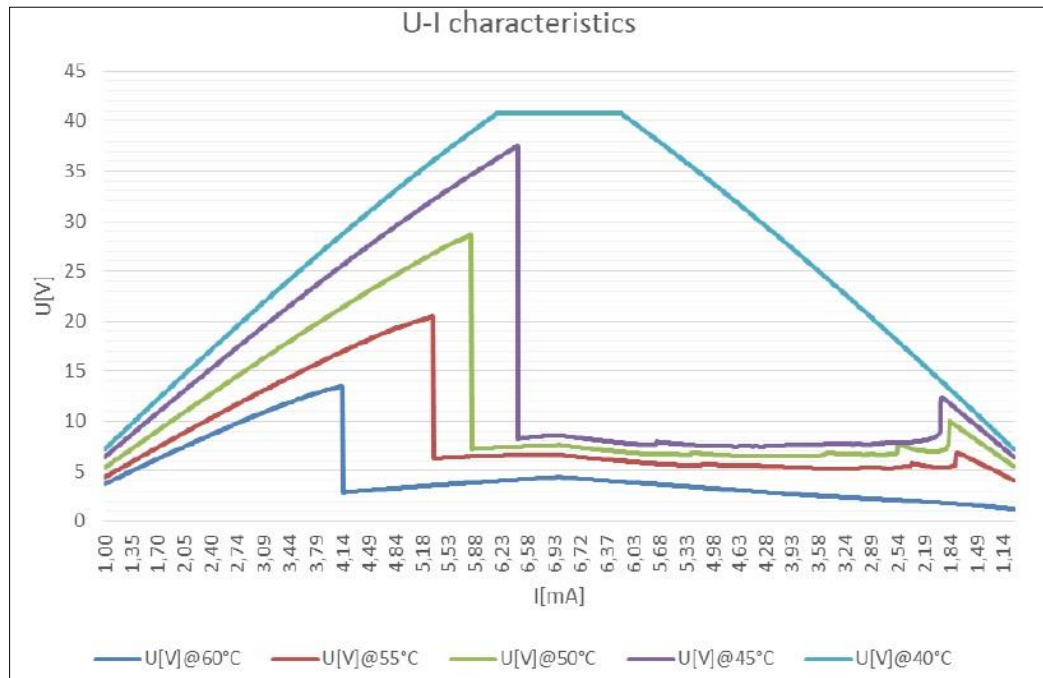


Fig. 7. Voltage-current characteristic of the input layer

After that we tried to measure the small signal electric parameters (current gain, voltage gain, transfer admittance), but besides the aboved mentioned problems, we had more. The output was driven with small current to be able to measure the changes, and on the input we applied voltage. At room temperature no significant change was expected, but insted we observed increase in resistance with the increase of input voltage (Fig. 8.).

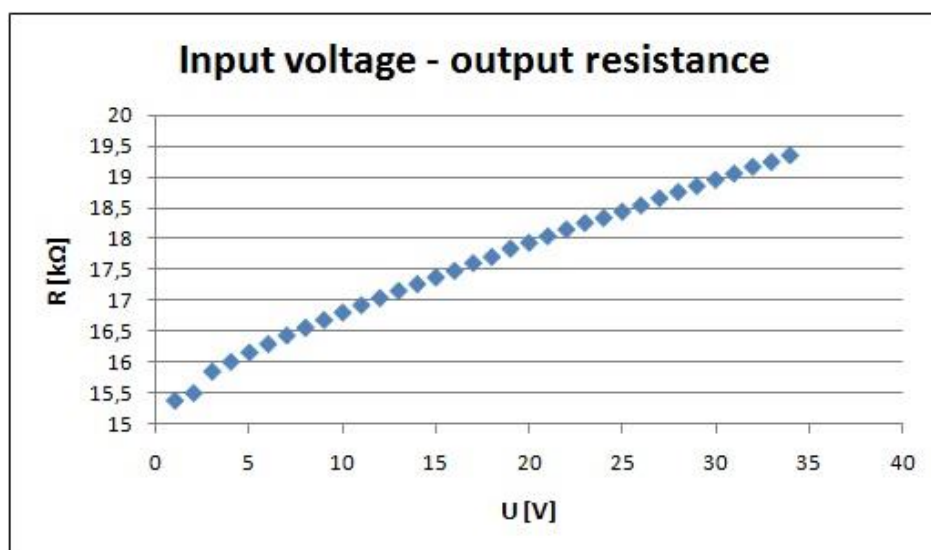


Fig. 8. Changing of output resistance with the input voltage

This was caused by the parasitic effects which was also due to the imperfect design, thus our experimental structure is not suitable for TELC, but learning from these results we can improve our design, and continue our research.

5 ACKNOWLEDGEMENT

Research is supported by the project NN 110867 of the Hungarian Scientific Research Fund (OTKA).

6 CONCLUSION

We managed to fabricate a microscaled device based on the TELC concept, and we had partial successes with it and a few observations. More specifically, we managed to induce an SMT with current driven through the input, and also with voltage (and current limit) applied on it, but due to the scales of the device and its rudimentary structure we could not affect the output significantly. Other than that, the parasitic effects were a problem too during measurement. Smaller scales, structuring of the VO₂ and more precise design would solve the problems.

Our next step is to improve our design, do simulations, fabricate new thermal-electric circuits and obtain better results, and we will focus on the structuring of the VO₂ too so we can make more sophisticated devices. Our longterm goal is to fabricate TELC on a nanoscale.

7 REFERENCES

- [1] ITRS, “International technology roadmap or semiconductors 2010 update overview,” 2010. [Online]. Available: http://www.itrs.net/Links/2010ITRS/2010Update/ToPost/2010_Update_Overview.pdf
- [2] ITRS, “International technology roadmap or semiconductors 2009 process integration, devices, and structures,” 2009. [Online]. Available: http://www.itrs.net/Links/2009ITRS/2009Chapters/2009Tables/2009_PIDS.pdf
- [3] SWITCHING INVERTER WITH THERMOCONDUCTIVE MATERIALS, US patent, No 4,059,774
- [4] LOGIC CIRCUIT USING METAL-INSULATOR TRANSITION (MIT) DEVICE, WO2008/054055
- [5] Kyu Won Lee, Jin Jung Kweon, Cheol Eui Lee, A. Gedanken, and R. Ganesan, “Infrared-wave number-dependent metal–insulator transition in vanadium dioxide nanoparticles”, *Appl. Phys. Lett.* 96, 243111 (2010); doi:10.1063/1.3454783 (3 pages)
- [6] János Mizsei and Jyrki Lappalainen. Logic Arrangement. WIPO/PCT Patent No. WO 2013/160709 A2. 31 October 2013.
- [7] M. C. Bein and J. Mizsei, “Contracting current paths in vanadium dioxide thin films”, *Proceedings of the 17th International Workshop on THERMal Investigation of ICs and Systems (THERMINIC'11)*, pp. 66-69, 2011.
- [8] Janos Mizsei, Laszlo Juhasz, Marton C Bein, “Thermal nanoelectronics”, *EuroNanoForum 2015 conference (ENF 2015)*, 10-12 June 2015, Riga, Latvia (poszter, 1A-29, Best Poster Award) (2015)
- [9] János Mizsei, Márton C Bein, Jyrki Lappalainen, László Juhász, “Thermal-Electronic Circuits: Basics, Simulations, Experiments”, In: Chris Bailey, Bernhard Wunderle, Sebastian Volz (edited), *Proceedings of the 21st International Workshop on THERMal INvestigation of ICs and Systems (THERMINIC'15)*. Paris, 2015.09.30-2015.10.02.
- [10] J Mizsei, M C Bein, J Lappalainen, L Juhász, “Thermal-electronic logic circuits: Scaling down”, *MICROELECTRONICS JOURNAL* 46:(12 A) pp. 1175-1178. (2015)
- [11] J Mizsei, M C Bein, J Lappalainen, L Juhász, B Plesz, “The Phonsistor – A Novel VO₂ Based Nanoscale Thermal-electronic Device and Its Application in Thermal-electronic Logic Circuits (TELC)”, *MATERIALS TODAY: PROCEEDINGS* 2:(8) pp. 4272-4279. (2015)

Фросина Донева¹, Љубинка Стојковска²

Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Машински факултет, Скопје

donevafrosina@yahoo.comljubinkastojkovska@yahoo.com

ПОДОБРУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКАТА ЕФИКАСНОСТ ВО ТЕХНОЛОШКИОТ ПРОЦЕС НА ШАХТНА ПЕЧКА

КУСА СОДРЖИНА

Суштински дел од технолошкиот процес на производство на огноотпорни изолациски материјали врз база на синтеруван доломит ($\text{CaO} \cdot \text{MgO}$) е процесот на калцинација, кој се одвива во вертикални шахтни печки. Притоа, доломит ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), како суровински материјал, термички се третира во три работни зони на печката: предзагревање, реактивна зона и зона за ладење. Калцинацијата на доломитот е ендотермна реакција, за чие одвивање е потребна значителна топлинска енергија, за да се произведе синтеруван доломит. Таа се внесува во печката со согорување на течно или гасно гориво, преку систем од радијално распоредени горилници на две или три нивоа. Притоа, како резултат од согорувањето и хемиските реакции од технолошкиот процес, се генерира големо количество излезни гасови со релативно висока температура.

Целта на анализата презентирана во овој труд е да се оценат можностите за искористување на топлината содржана во излезните гасови од шахтна печка. Како оптимална е избрана опцијата за користење на отпадната топлина на излезните гасови за предзагревање на воздух за согорување и за загревање и сушење на суровинскиот материјал. Материјалниот и енергетскиот биланс покажуваат дека со имплементација на оваа мерка се постигнуваат значителни енергетски заштеди на годишно ниво, а техноекономската анализа укажува на релативно краток период на враќање на инвестицијата.

Клучни зборови: енергетска ефикасност, шахтна печка, калцинација, доломит, искористување на отпадна топлина

1 ВОВЕД

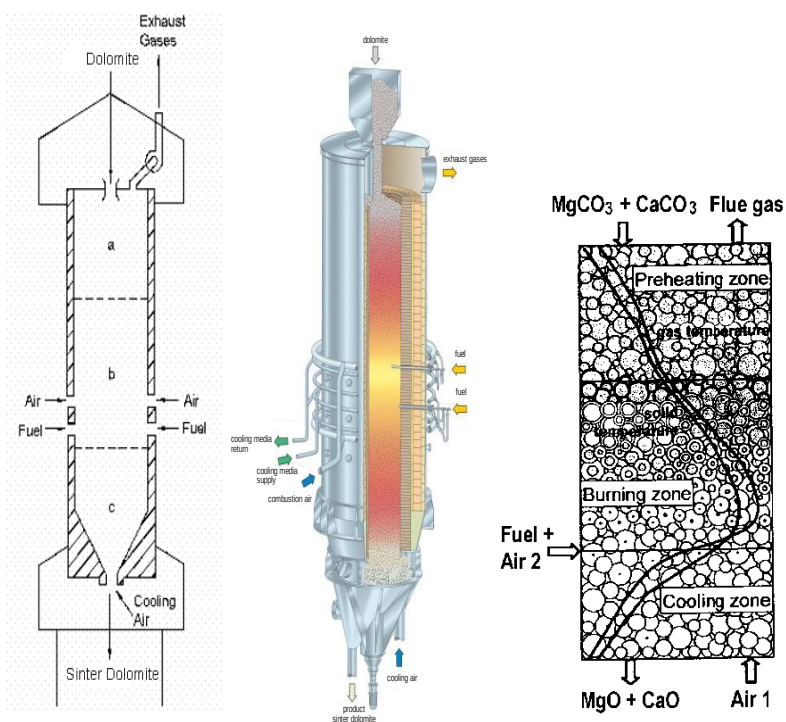
Калцинацијата е суштински дел на технолошкиот процес на производство на огноотпорни изолациски материјали од доломитен камен. Процесот се одвива во вертикални шахтни печки, каде што доломитниот камен ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), паѓајќи под дејство на силата на гравитација, минува низ неколку фази на термичка обработка [1,2]. За одвивање на процесот на калцинација на доломит е неопходна значителна топлинска енергија. Поради тоа, подобрувањето на енергетската ефикасност на процесот претставува суштински предизвик во напорите за оптимизација на технолошкиот процес и намалување на производствените трошоци [3]. Нов специфичен начин за евалуација на енергетските перформанси на шахтни печки е предложен во трудовите [4,5]. Со концептот на подобрување на ефикасноста на изворот, т.е. во суштинскиот дел од процесот, се подобруваат профитабилноста и одржливоста и се постигнува намалено влијание врз околината [6].

Целта на овој труд е да се оценат можностите за искористување на топлината содржана во излезните гасови од шахтната печка. Откриено е дека со излезните гасови од шахтната печка се губат релативно големи количини на топлина.

2 МЕТОДОЛОГИЈА НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

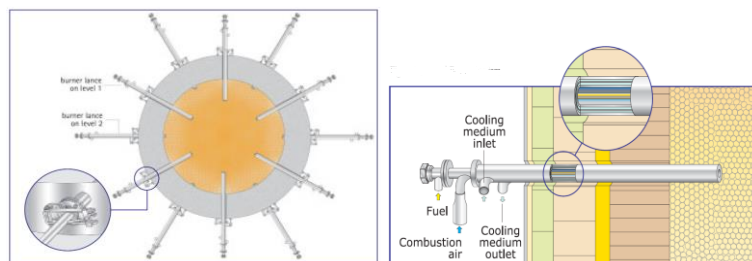
2.1 Опис на шахтна печка

Шахтна печка претставува вертикален високотемпературен агрегат, кој главно се користи во неметалната индустрија за термички третман на полуфабрикати. На сликата 1 се дадени шематски и аксонометриски приказ на вертикална шахтна печка со температурен профил по висината [2,7, 8]. Во вертикалната шахтна печка парчињата доломит, со димензии 15-60 mm, паѓајќи под дејство на силата на гравитација, минуваат низ три оперативни зони: 1) предзагревање, 2) реактивна зона и 3) зона на ладење. Зоната на предзагревање е дел од печката каде што доломитот се загрева до неговата температура на дисоцијација. Реактивната зона е делот од печката каде што се одвиваат процесите на калцинација и согорување на горивото. Зона на ладење е делот од печката каде што синтеруваниот доломит, кој излегува од реактивната зона, се лади пред да биде отстранет одното на печката.



Слика 1. Шематски приказ, аксонометриски изглед и приказ на зоните и температурните профили на вертикална шахтна печка [2,7, 8]

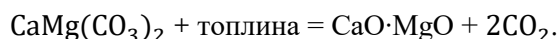
Системот за согорување се состои од повеќе горилници распоредени во две или три нивоа. На сликата 2 е прикажан распоредот на горилниците во еден ред и начинот на поставеност на секој горилник во внатрешноста на работниот простор на печката.



Слика 2. Систем за согорување[2,7, 8]

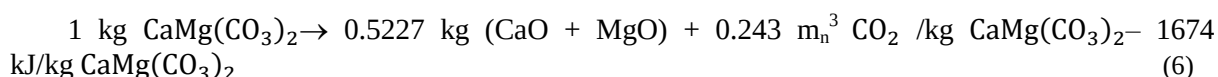
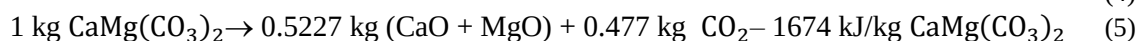
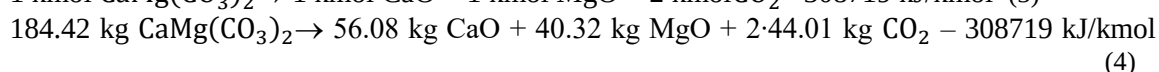
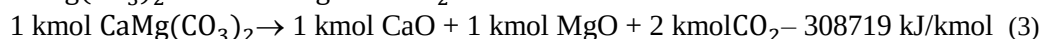
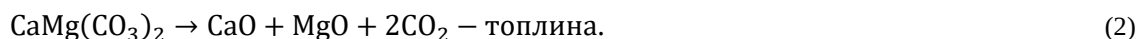
2.2 Технолошки процес

Во основа, во шахтната печка се одвива бавно движење на слојот од обработуваниот материјал надолу, а гасовите струјат во спротивна насока. Калцинацијата, односно согорувањето на доломитот е ендотермна реакција за чие одвивање е потребно да се вложат околу 3 202 kJ топлина и да се постигне температура од 1600°C до 2000°C, за да се произведе 1 kg синтеруван доломит (CaO·MgO). Кога ќе се загреат, карбонатите се разложуваат согласно следната основна реакција:

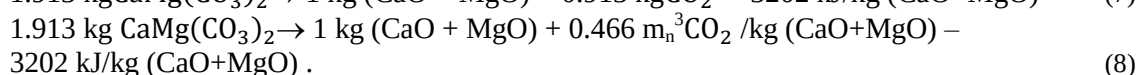
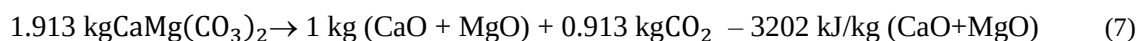


Синтеруваниот доломит што резултира од претходната реакција се состои од 30,4% CaO и 21,7% MgO, а притоа се ослободува и значително количество CO₂, околу 47,9%.

Во реакционата зона на печката се одвиваат следните хемиски реакции со доломит:



или



Табела 1 Основни податоци за геометријата на печка

- Вкупна висина на шахтна печка	9.69 m
- Висина на инка за ладење	2.0 m
- Висина на печка од дно кон врв:	
(1) прв ред горилници	3.79 m
(2) втор ред горилници	4.99 m
- Висина на зоната за ладење	3.79 m
- Висина на зоната за согорување	2.3 m
- Висина на зоната за калцинација	8.1 m
- Внатрешен дијаметар	1.45 m
- Дебелина на изолација на печката	0.8 m
- Надворешен дијаметар	2.1 m

3 ЕНЕРГЕТСКИ БИЛАНС НА ШАХТНА ПЕЧКА

2.2 Принципи на материјален и енергетски биланс на печката

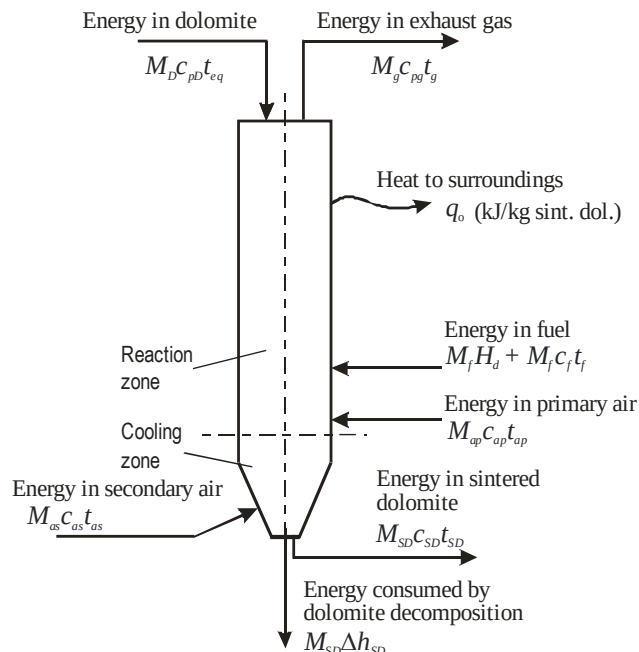
Равенката за енергетски биланс се добива од законот за одржување на енергијата, согласно кој сумата на влезните енергии мора да е еднаква на сумата на излезни енергии (слика 3). Билансната равенка за реакционата и ладилната зона на печката гласи:

Хемиска енергија на горивото + Физичка енергија на горивото + Енергија на примарен воздух + Енергија на секундарен воздух + Енергија на доломитниот камен =

Енергија на синтеруваниот доломит + Енталпија на реакцијата на доломит + Енергија на излезните гасови + Енергетски загуби кон околината

$$M_f H_d + M_f c_f t_f + M_{ap} c_{ap} t_{ap} + M_{as} c_{as} t_{as} M_{DCD} T_D = M_{SD} C_{SD} t_{SD} + M_{sp} \Delta H_{sp} \eta_c + M_g c_g t_g + Q_0 \text{ kW}$$

Енергетската анализа е спроведена на сличен начин, со поставување билансни равенки за одделни делови од системот и за системот во целина.



Слика 3. Графички приказ на енергетскиот биланс во реакционата и ладилната зона

2.3 Опции за енергетска оптимизација на работата на шахтна печка

Како резултат на технолошкиот процес во печката се генерира големо количество топли излезни гасови. Меѓутоа, за повторно искористување на таа топлина значајни и ограничувачки фактори се температурното ниво (150-250°C) и присуството на SO₂, кога се користи течно гориво [9-13]. Анализирани се следните опции: (1) Предзагревање на суровинскиот материјал, (2) Предзагревање на гориво, (3) Предзагревање на примарен воздух за согорување, (4) Предзагревање на примарен воздух и на суровиот материјал, (5) Предгревање на воздухот за согорување и сушење на суровинскиот материјал.

Петата опција е одредена како најсоодветна и оптимална, поради што понатаму е анализирана во детали (слика 4). Материјалниот и енергетскиот биланс покажуваат дека со имплементација на оваа мерка се постигнуваат значителни енергетски заштеди на годишно ниво 1737,4MWh/god., а техноекономската анализа укажува на релативно краток период на враќање на инвестицијата. Во продолжение се прикажани само некои од добиените резултати.

Енергетскиот биланс на предвидениот нов топлински изменувач за загревање на воздух со користење на топлината содржана во излезните гасови може да се изрази на следниов начин:

Енергија на примарен воздух по загревање – енергија на примарен воздух пред загревање = (енергија на отпадни гасови пред топлиноизменувачот - енергија на отпадни гасови после топлиноизменувачот) × коефициент на ефикасност на топлиноизменувачот

$$M_{ap} c_{a2} t_{a2} - M_{ap} c_{a1} t_{a1} = (M_g c_{g1} t_{g1} - M_g c_{g2} t_{g2}) \eta$$

Од билансот произлегува потенцијалот за искористување на енергија

$$M_{ap} c_{a2} t_{a2} = (M_g c_{g1} t_{g1} - M_g c_{g2} t_{g2}) \eta + M_{ap} c_{a1} t_{a1} = 406 \text{ kJ/s}$$

Од материјалниот и топлинскиот биланс на согорувањето произлегува дека со оваа расположлива енергија воздухот може да се загрее до температура

$$t_{a2} = \frac{405.9}{M_{ap} c_{a2}} = \frac{405.9}{2.6 \cdot 1.027} = 152^\circ\text{C}$$

Со поставување на енергетски биланс на силосот за сировински материјал

$M_D c_{D2} t_{D2} - M_D c_{D1} t_{D1} = (M_{a,silo} c_{a,silo1} t_{a,silo1} - M_{a,silo} c_{a,silo2} t_{a,silo2}) + M_D c_{D2} t_{D2}$
се доаѓа до проценка на температурното ниво на доломитот на излезот од силосот

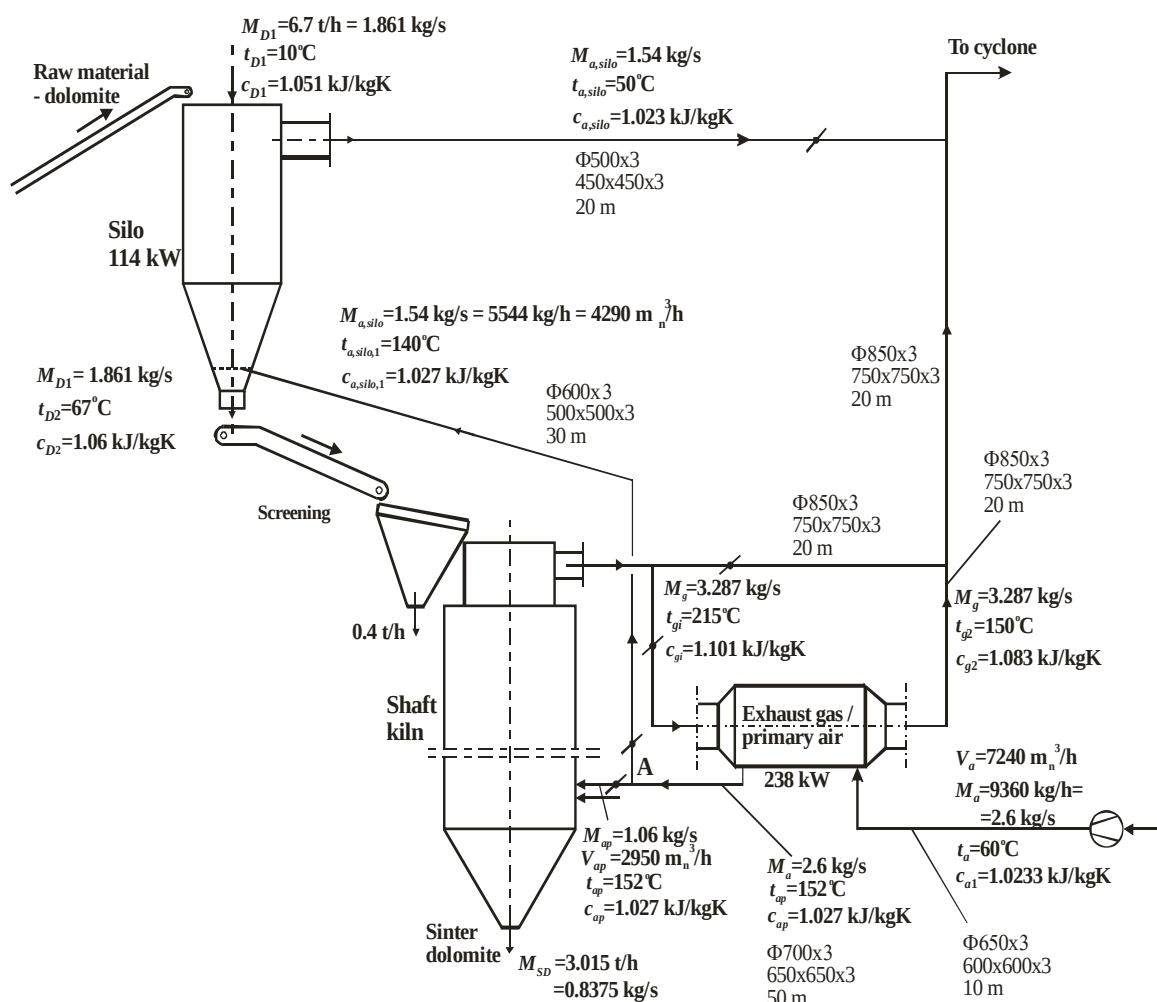
$$t_{D2} = \frac{133.7}{1.861 \cdot 1.06} = 68^\circ\text{C}$$

Искористената енергија во единица време со оваа опција ќе биде

$$Q = (M_g c_{g1} t_{g1} - M_g c_{g2} t_{g2}) \eta_g = (3.287 \cdot 1.1093 \cdot 215 - 3.287 \cdot 1.0825 \cdot 150) \cdot 0.95 = 238 \text{ kJ/s},$$

што значи над 6 % од хемиската енергија на влезот во печката повторно е искористена во процесот

$$\frac{Q}{M_f H_d} = \frac{238}{0.09792 \cdot 40200} \cdot 100 = 6.05 \%$$



Слика 4. Шематски приказ на опцијата за искористување на енергијата од излезните гасови со предгревање на воздухот за согорување и сушење на материјалот

4 РЕЗУЛТАТИ

Карактеристиките на излезните гасови се следните:

- Масен проток $M_g = 3.287 \text{ kg/s}$
- Температура $t_g = 220^\circ\text{C}$
- Состав на гасови: $\text{CO}_2 = 22.84\%$; $\text{SO}_2 = 0.03\%$; $\text{O}_2 = 7.88\%$; $\text{N}_2 = 63.14\%$; $\text{H}_2\text{O} = 6.11\%$

Главните резултати од анализираните опции се дадени во Табела 2.

Табела 2. Главни резултати од анализираните опции

Опција	Искористена топлина, kW	Заштеда на енергија, MWh/год.	Заштеда на гориво, t/год. / Заштеда на пари, €/год.
1.Предгревање на суровиот материјал	183.3	1283	135 / 101250
2. Предгревање на гориво	22	160	16.0 (екстра лесно) / 15870
3. Предгревање на примарен воздух за согорување	95	693.5	73 / 54700
4. Предгревање на примарен воздух и на суровиот материјал	194	1416.2	149 / 112000
5. Предгревање на воздухот за согорување и сушење на суровиот материјал	238	1737.4	183 / 137250

5 ЗАКЛУЧОК

- Во трудот се анализирани пет опции за подобрување на енергетската ефикасност на шахтна печка. Избрана за најсоодветната, односно оптималната опција, којашто е подетално анализирана.
- Според пресметките, како конзервативен пристап, годишната заштеда на енергија би била 1737,4 MWh/god. или ако тоа се претвори во еквивалентно течно гориво, околу 180-190 t/година за една печка.
- Периодот на враќање на инвестицијата би бил помалку од две години, доколку не се оди на опција за купување на нов компресор.

6 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] R. S. Boynton, Chemistry and Technology of Lime and Limestone, John Wiley & Sons, New York, 1980
- [2] I.J.Petrovski, R.V.Filkoski et al., Energy efficiency improvement opportunities in refractory materials production, Programme “Cleaner and more cost effective industry in Macedonia”, NorskEnergi and CCC-Skopje, 2011-12
- [3] P. A. Ochoa George, A. Sagastume Gutierrez, J. B. Cogollos Martinez, C.Vandecasteele, Cleaner production in a small lime factory by means of process control, Journal of Cleaner Production 18 (2010) 1171-1176
- [4] A. S. Gutierrez, C.Vandecasteele, Exergy-based indicators to evaluate the possibilities to reduce fuel consumption in lime production, Energy 36 (2011) 2820-2827
- [5] A. Sagastume Gutierrez, J. B. Cogollos Martinez, C. Vandecasteele, Energy and exergy assessments of a lime shaft kiln, Applied Thermal Engineering 51 (2013) 273-280
- [6] vanBerkel R. Comparative evaluation of cleaner production working methods. J Clean Prod 1994;2:139-52
- [7] The MAERZ Parallel Flow Regenerative Lime Kiln, Maerz Ofenbau AG, Zurich, Switzerland
- [8] HannesPiringer, Process optimization on Maerz lime kilns, ZKG International, Volume 58, No. 1, 2005
- [9] Agnieszka Bes, Dynamic Process Simulation of Limestone Calcination in Normal Shaft Kilns, Dissertation Doktoringenieurin (Dr.-Ing.), University in Magdeburg, Germany, 2005
- [10] IPPC Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries, European Commission, Directorate General JRC, Sevilla, Spain, 2009

- [11] Energy Efficiency Opportunity Guide in the Lime Industry, Canadian Lime Institute, 2001
- [12] A. Senegacnik, J. Oman, Improving the Efficiency of Lime Burning Annular Shaft Kiln by Gas Recirculation, RevistaCienciasExatas, Vol. 2, No 2, Uniatu, Brasil, 2007
- [13] M. Halmann, A. Frei, A. Steinfeld, Magnesium Production by the Pidgeon Process Involving Dolomite Calcination and MgO-Silicothermic Reduction: Thermodynamic and Environmental Analyses, Ind. Eng. Chem. Res. 2008, 47, 2146-2154

Марија Лазаревиќ
Машински факултет, Скопје
marija.lazarevikj@yahoo.com

ПОДОБРУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКАТА ЕФИКАСНОСТ НА КОТЕЛСКИ ПОСТРОЈКИ СО ИСКОРИСТУВАЊЕ НА ТОПЛИНАТА НА ИЗЛЕЗНИТЕ ГАСОВИ

КУСА СОДРЖИНА

Термотехничките постројки и инсталации се широко распространети во индустријата, агроиндустрискиот сектор, резиденцијалниот сектор и сл., но и во други области кои навидум немаат допир со техничката и инженерската пракса. Истражувањето на можностите за подобрување на нивната енергетска ефикасност добива сè поголем интерес. За таа цел, разгледани се опциите за подобрување на ефикасноста на котелските постројки преку намалување на некои од најголемите загуби. Обично, една од најголемите енергетски загуби во котлите е загубата со излезните гасови.

Предмет на анализа во овој труд е можноста за искористување на топлината на излезните гасови, преку вградување на топлиноизменувач гасови – вода како мерка за подобрување на енергетската ефикасност на котелската постројка. Во трудот е опишан вреловоден котел од типот VKSM 60 на природен гас и прикажано е зголемувањето на неговиот степен на корисност по инсталирањето на класичен топлиноизменувач гасови – вода. Дадени се техничките карактеристики на вградениот топлиноизменувач, вклучувајќи и кратка техноекономска анализа.

Од друга страна, опишан е принципот на работа и начинот на пресметка на топлински изменувач од типот „heat pipe“ со што може да се направи споредба помеѓу двата типа топлиноизменувачи, земајќи ги предвид нивните предности и недостатоци. Имплементацијата на „heat pipe“ топлиноизменувачот овозможува значително подобрување на енергетската ефикасност благодарение на ефикасниот процес на топлиноразмена што го обезбедува.

Клучни зборови: енергетска ефикасност, гориво, вреловоден котел, излезни гасови, топлиноизменувач.

1 ВРЕЛОВОДНИ КОТЛИ НА ПРИРОДЕН ГАС ВО СИСТЕМ ЗА ЦЕНТРАЛНО ГРЕЕЊЕ

Вреловодните котли се генератори на топлина кои претставуваат основни извори за обезбедување на урбаните целини, индустријата и потребите на разните технологии во индустријата со топла вода. Благодарение на своите предности: едноставна конструкција, висок степен на искористување, еластичност во погонот, ниска цена и брзата градба, го обезбедиле своето место како базни и како врвни извори [1].

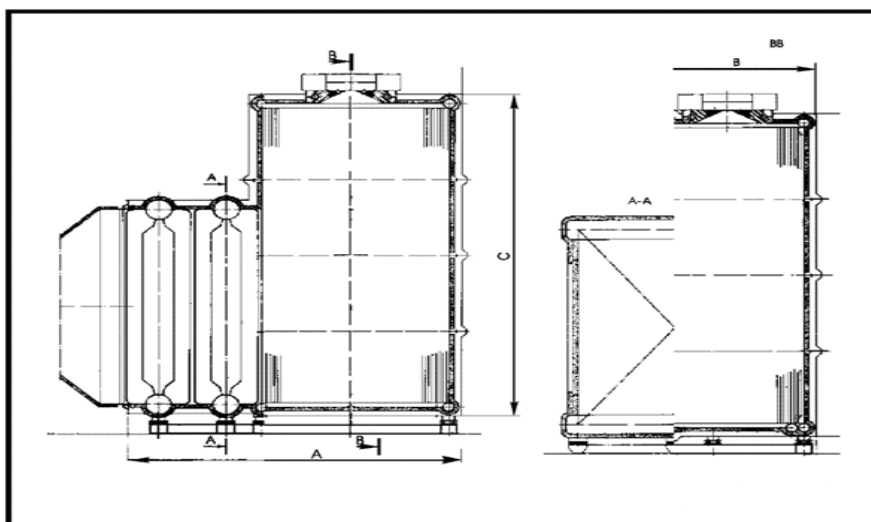
Вреловодните котли наоѓаат најширока примена:

- за догревање на водата од основните производители ТЕ – ТО
- како врвни котли ги покриваат врвовите на топлификациониот дијаграм
- како резерва на основните извори на ТЕ – ТО

Според тоа, во текот на денот вреловодните котли мора да работат со големи граници на оптоварување. За да ги задоволат овие барања, капацитетите на вреловодните котли постојано растат. До сега се изградени котли со капацитет до 116 MW на течни и гасни горива. Најчеста единица која се користи е онаа од 58 MW. Можат да се изведат и единици до 232 MW.

1.1 Технички опис на котелските постројки од типот VKSM 60

Вреловодниот котел од тип VKSM 60 (сл.1.), производ на “ТПК” – Загреб, со капацитет од 69,78 (MW) е конструиран за работа на природен гас и мазут. Работи со натпритисок во ложишниот простор така што не е потребен вентилатор за всисување на димните гасови. Со вакво решение, покрај заштедата во инвестицијата и потрошувачката на електрична енергија, постигнат е повисок степен на корисно дејство на котелот бидејќи поради натпритисокот нема доток на воздух од надвор.



Слика 1. Вреловоден котел од тип VKSM 60

На таванот на котелот се вградени две мазутно-гасни горилници што овозможува оптимална конфигурација на ложиштето која е прилагодена во однос на должината на пламенот и пополнување на ложишниот простор со пламен. На тој начин пламенот струи паралелно со екраните.

Економајзерот се состои од два пакета на цевки кои образуваат вертикални завеси. Оладените продукти на согорување од економајзерот со помош на лимени канали се спроведуваат преку мултициклонски филтер во оџакот.

Делови на котелот се ложиште, загревач на вода (економајзер), челична конструкција на котелот, арматура, собирна комора за продуктите од согорување, оксид и изолација на котелот. Во уреди на котелот спаѓаат уреди за согорување на горивото и уреди за припрема и довод на воздухот потребен за согорување на горивото.

Котелот како гориво користи природен гас со следниов состав: $\text{CH}_4=95,7\%$, $\text{C}_2\text{H}_6=0,5\%$, $\text{C}_3\text{H}_8=0,3\%$, $\text{CO}_2=1,7\%$, $\text{O}_2=0,3\%$ и $\text{N}_2=1,5\%$, изразен во проценти по волумен.

1.2 Енергетски биланс на котелските постројки од типот VKSM 60

Равенката на топлински биланс на вреловодниот котел, изразена во проценти од вкупно внесената топлина Q гласи:

$$100 = \frac{Q_1}{Q} 100 + \sum_{i=2}^6 u_i [\%] . \quad (1)$$

каде $Q_1 [\text{kW}]$ е искористена топлина во котелот, а $\sum_{i=2}^6 u_i [\%]$ е збир на топлински загуби.

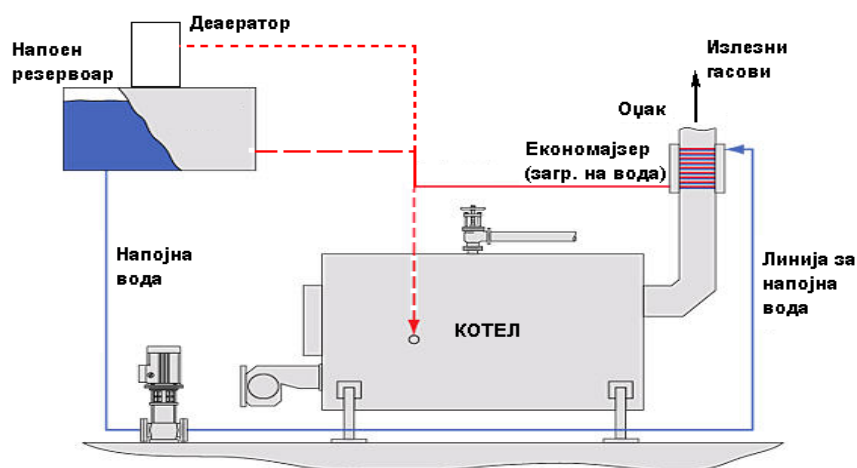
Обично, најголема енергетска загуба кај котелските постројки е загубата со излезните гасови, означена со u_2 , која настанува поради одведување на гасовите од котелот кон околината на температура повисока од температурата на околниот воздух [2].

2 АНАЛИЗА НА МОЖНОСТА ЗА ИСКОРИСТУВАЊЕ НА ТОПЛИНАТА НА ИЗЛЕЗНИТЕ ГАСОВИ

Можностите за подобрување на ефикасноста на котелските постројки се поврзани со намалување на топлинските загуби. Една од најдобрите можности за подобрување на ефикасноста е искористувањето на т.н. отпадна топлина, односно енергијата содржана во излезните гасови. Отпадната топлина може да биде искористена за загревање на напојната вода за котлите преку инсталирање на загревач на вода – економајзер, шематски прикажан на сл.2.

При разгледување на оваа мерка за подобрување на енергетската ефикасност на котелот, треба да се земе предвид ограничувањето на температурата на излезните гасови под точката на кондензација на влагата во излезните гасови, доколу горивото содржи сулфур. Ова ограничување не важи при употреба на природен гас или ТНГ, па излезната температура на гасовите може да се снижи со што ќе се заштеди гориво. Обично, со снижување на температурата на излезните гасови за 20-25°C се заштедува 1 % гориво [3].

Температурата на излезните гасови t_g значително влијае врз вредноста на загубата со излезните гасови. Со покачување на t_g се зголемува загубата и за одржување на ист капацитет на котелот потребна е зголемена потрошувачка на гориво. При снижување на температурата на излезните гасови за околу 15°C оваа загуба се намалува за околу еден процентен поен, што значи дека степенот на корисност на котелот се покачува за истата вредност. Ефективно снижување на t_g може да се постигне со инсталирање на излезна нискотемпературна грејна површина. При користење на природен гас како гориво, вградување на нискотемпературна грејна површина е една од најатрактивните опции за унапредување на енергетската ефикасност на котелската постројка, како поради големиот потенцијал за подобрување, така и поради фактот што не постои опасност од појава на нискотемпературна корозија.

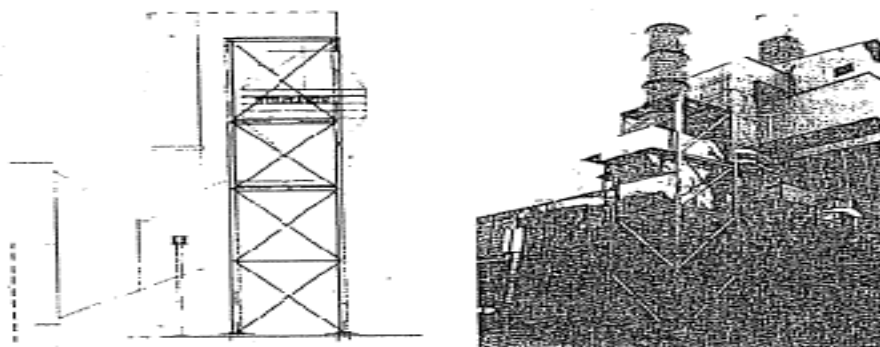


Слика 2. Шематски приказ на котел со инсталиран топлиноизменувач (економајзер) за искористување на отпадната топлина на гасовите

3 КЛАСИЧЕН ТОПЛИНОИЗМЕНУВАЧ ГАСОВИ – ВОДА

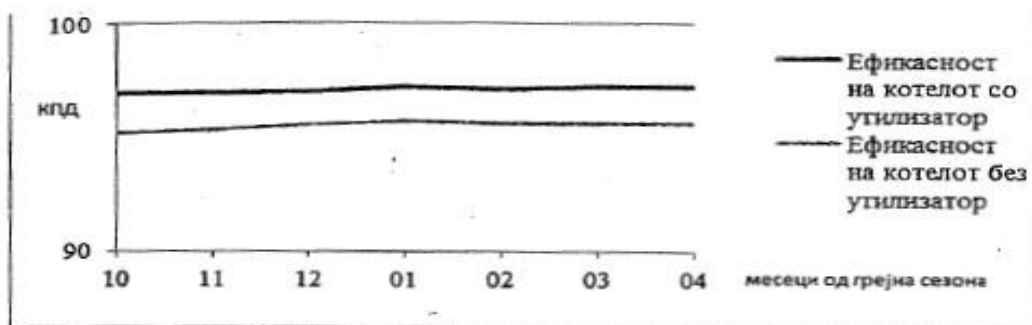
Основна намена на топлиноизменувачот гасови – вода е покачување на температурата на напојната вода со користење на топлината на излезните гасови. Со негово вградување се постигнува снижување на температурата на излезните гасови, а со тоа и намалување на загубите со излезните гасови. Утврдено е дека со покачувањето на температурата на напојната вода за 6 ÷ 7 °C во загревач на вода со употреба на топлината на излезните гасови, степенот на корисност на котелот се зголемува за околу еден процентен поен [2,3].

За да се зголеми степенот на корисност на претходно опишаниот вреловоден котел VKSM 60, вграден е топлиноизменувач гасови – вода (сл.3) , како уред за доискористување на енергијата на излезните гасови. Предвидено е топлиноизменувачот да работи само кога котелот како гориво за согорување ќе користи природен гас, па затоа топлиноизменувачот е вграден во посебен вертикален димен канал со сопствен оцак одвоен од димниот канал со клапна. Топлиноизменувачот е поставен на челична конструкција и конструктивно е изведен од четири пакети на челични цевки со спирални ребра заварени на цевките. Цевките се заварени во колекторски плочи. Од водена страна, топлиноизменувачот е споен на влез со пумпната станица која обезбедува проток на вода од 1185 t/h , а на излез со последниот пакет на загревачот на вода.



Слика 3. Утилизатор на котел VKSM 60

Топлиноизменувачот има капацитет од 3292 kW и обезбедува загревање на водата за 2°C . Со негова употреба се постигнува зголемување на степенот на корисност на котелот за $1 \div 2\%$, во зависност од оптоварувањето на котелот, што е прикажано на сл.4.



Слика 4. Ефикасност на котелот VKSM 60 пред и по инсталирање на топлиноизменувачот

Инсталирањето на топлиноизменувач гасови – вода на котелот VKSM 60 претставува инвестиција која преку зголемување на степенот на ефикасноста на котелот треба да обезбеди: соодветна заштеда на гориво, враќање на инвестицијата за инсталирање на топлиноизменувачот во најкраток можен рок, како и заштеди во средствата за гориво во понатамошната експлоатација, по исплаќање на инвестицијата.

Периодот на враќање на инвестицијата за инсталирање на топлиноизменувачот кај котелот VKSM 60 е прикажан во следната табела (таб.1).

Табела 1. Кратка техноекономска анализа

Вкупна инвестиција на топлиноизменувачот [€]	120 000
Моментална цена на природен гас [$\text{€}/\text{m}_n^3$]	0,233
Заштедено гориво за една сезона [m_n^3]	177 524

Вкупен трошок за заштедениот природен гас [€]	41 363
Повратен платежен период на инвестицијата [сезона]	2,9
Вкупен број на месеци на повратно – платежниот период на инвестицијата	17,4

4 ТОПЛИНОИЗМЕНУВАЧ ОД ТИПОТ „HEAT PIPE”

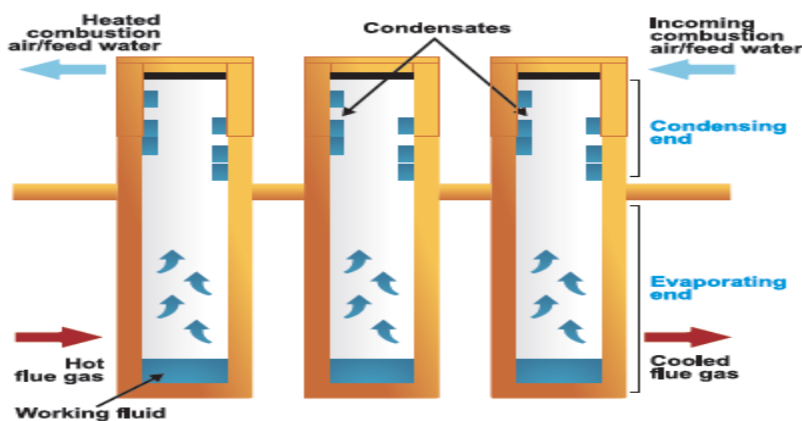
Топлинските изменувачи формирани од компоненти познати како „топлински цевки“ (heat pipes), и самите познати под тоа име, се исклучително ефикасни уреди. Топлинска цевка е елемент за пренос на топлина во кој се комбинирани принципите на термичка спроводливост и промената на фазната состојба на работниот флуид, со цел да се оствари ефикасен пренос на топлина.

Heat Pipes – цевките од кои се состои топлиноизменувачот се уреди кои постигнуваат ефикасен пренос на топлина со комбинација на неколку феномени на флуидот во цевката кои се одвиваат во затворен циклус: испарување, струење на парата, кондензација и враќање на кондензатот. Типична топлинска цевка претставува затворена (запечатена) цевка изработена од материјал соодветен на работниот флуид во неа (обично бакар или алуминиум), од која е отстранет воздухот и делумно е наполнета со работен флуид.

4.1 Принцип на работа на топлиноизменувач од типот „heat pipe”

Принципот на работа е релативно едноставен: топлинската енергија се пренесува од испарувачот до кондензаторот низ континуиран циклус на пренос на маса и промена на фазата на флуидот во цевката. Тој е илустриран преку шематскиот приказ на сл.5.

Кога едниот крај на топлинската цевка - Heat Pipe (област на испарување) е во контакт со високотемпературна околина, тој се загрева, така што флуидот во капиларната структура на цевката ја апсорбира топлината што поминува низ ѕидот и испарува. Како резултат на разликите во притисокот во цевката, работниот флуид се насочува кон спротивниот ладен крај на цевката (област на кондензација) каде што кондензира ослободувајќи ја латентната топлина кон ладната околина во допир со надворешната површина на цевката. Кондензатот се враќа кон областа на испарување и работниот циклус почнува одново и се повторува сè додека постои температурна разлика [7].



Слика 5. Принцип на работа на топлиноизменувач од типот „heat pipe”

4.2 Пресметка на топлиноизменувач од типот „heat pipe”

Основната равенка за пресметка на топлината Q разменета помеѓу два флуида во топлиноизменувач, којшто работи континуирано е:

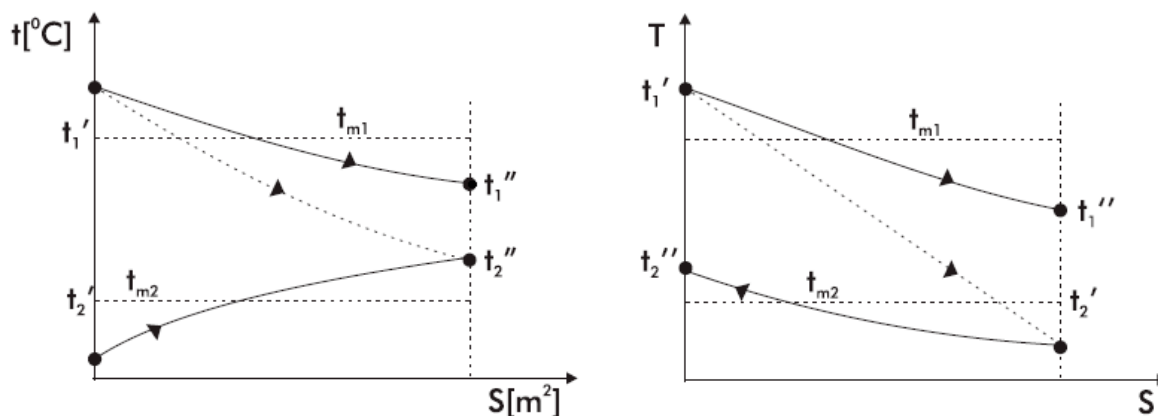
$$Q = k \cdot S \cdot \Delta t_m [W] . \quad (2)$$

каде $k[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$ – коефициент на премин на топлина, $S[\text{m}^2]$ – површина на топлиноизменувачот, $\Delta t_m [\text{K}]$ – средна температурна разлика.

Воедно, доколку со m_1 и $m_2 [\text{kg}/\text{h}]$ се означат масените протоци на работните флуиди, тогаш важи следново равенство на топлински биланс:

$$Q = \frac{m_1 \cdot c_{p1}(t_1' - t_1'')}{3600} = \frac{m_2 \cdot c_{p2}(t_2'' - t_2')}{3600} [\text{W}]. \quad (3)$$

каде c_{p1} , $c_{p2} [\text{J}/\text{kgK}]$ се специфични топлински капацитети на работните флуиди при константен притисок, соодветно, t_1' , t_1'' се температури на излезните гасови, а t_2' и $t_2'' [\text{K}]$ се температури на водата, на влез и излез од топлиноизменувачот, прикажано на сл.6.



Слика 6. Температурен дијаграм на топлиноизменувач со топлински цевки

5 ЗАКЛУЧОЦИ

Во овој труд е спроведена анализа на можноста за искористување на топлината на излезните гасови кај вреловоден котел, преку вградување на топлиноизменувач гасови – вода како мерка за подобрување на енергетската ефикасност на котелската постројка. Од друга страна, опишан е принципот на работа и начинот на пресметка на топлиноизменувач од типот „heat pipe”.

Генерален заклучок којшто може да се извлече е дека примената на природен гас како гориво дава можност за значително подобрување на ефикасноста на котелските постројки, поради заштедата на гориво со снижувањето на температурата на излезните гасови. При употреба на природен гас како гориво, инсталирањето на топлински изменувач гасови – вода е една од најатрактивните опции поради отсуство на опасност од нискотемпературна корозија, затоа што во гасот нема сулфур.

Примената на природниот гас како гориво има и свои еколошки предности како што се елиминирање на емисиите на SO_2 и честици, намалување на емисиите на азотни оксиди (NO_x) и CO_2 поради карактеристиките на горивото и поради зголемувањето на вкупната енергетска ефикасност на котелот, односно преку намалување на потрошувачката на гориво.

6 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bogner Martin (redaktor): Termotehničar, priručnik za termotehniku, termoenergetiku i procesnu tehniku, Naučna knjiga, Beograd, 1987
- [2] Петровски И. Ј., Парни котли, универзитетски учебник, УКИМ, Скопје, 2009
- [3] Филкоски Р. В., Термички и конструктивни пресметки во котелска техника, скрипта, МФС, Скопје, 2015
- [4] Кузнецов et al., Teplovoj ras~et kotel'nyh agregatov - normativnyj metod, Эnergия, Moskva, 1973
- [5] Brkiћ Q, Živanoviћ T.: Parni kotlovi, Ma{inski fakultet, Beograd, 1997
- [6] Kreuh L. Generatori pare (Parni kotlovi), [kolska knjiga, Zagreb, 1978

Емилија Видовиќ¹, Кристина Грковска²¹Технолошко – металуршки факултет, Скопје¹emavidovik@gmail.com ²kristina.grkovska@gmail.com

МАСЛО ОД ТАЛОГ ОД КАФЕ КАКО ПОТЕНЦИЈАЛНА СУРОВИНА ЗА ДОБИВАЊЕ НА БИОДИЗЕЛ

КУСА СОДРЖИНА

Добивањето на енергија од обновливи и отпадни материјали денес претставува атрактивна алтернатива за искористување на секојдневни сировини како кафе, пченка, и соја. Целата на овој труд е да го демонстрира искористувањето на отпадот (талогот) од кафе како потенцијален обновлив извор. Со консумацијата на кафе следи голема количина на отпад(талог), а со тоа и барање на можности како да се искористи истиот.

Во овој труд ќе се објасни методот за добивање на масло од талог од кафе со помош на екстракција, како појдовна сировина за добивање на биодизел. Добиените експериментални податоци покажаа дека содржината на масло во талогот од кафе може да биде и до 16.3%. Ова е важен податок, бидејќи според достапните податоци од Државниот завод за статистика, во Република Македонија се консумираат околу 5 милиони килограми кафе годишно, а со користење на оваа метода би се добиле потенцијални 900.000 литри на масло од кафе од кое може речиси да се добие исто толкава количина на биодизел, што не е занемарлива количина.

Клучни зборови: биодизел, масло, кафе, екстракција

1 ВОВЕД

Биодизелот претставува алтернативно гориво добиено со комбинација на растителни масла (или животинска маст), алкохол (главно метанол или етанол) и катализатор (NaOH или KOH). Претставува биоразградливо транспортно гориво со можност за употреба во дизел-моторите, самостојно или во комбинација (во одреден сооднос) со минералниот дизел. Како резултат на неговиот биоразградлив состав, добива сè поголемо значење во нафтната индустрија, претставувајќи одржлива алтернатива на горивата од необновлива природа. Сепак, производство на биодизел е прилично скап процес во кој суровината има најголем удел во цената на биодизелот. Најголемиот проблем со кој се соочува индустријата за производство на биодизел е достапноста до сировина која има ниска цена и дава голем принос на масло. За да се задоволат овие критериуми се пристапува кон користење на отпадни материји за производство на биодизел.

Кафето претставува еден од најзначајните земјоделски производи на глобално ниво, пазарот на кафе во Македонија во последните неколку години се движи во вредност од околу 5 милиони килограми кафе годишно. Зрното кафе покрај останатите состојки содржи и значаен процент на масло од 11 – 20 % мас. (просечно 15% мас) кои може да се преведат во биодизел со реакција на трансестерификација. Количината на масло во кафето е многу значјна и може да се спореди со маслото кое се наоѓа во некои билки кои се познати сировини за добивање на биодизел на пример: соја (20% мас. масло). Количината на масло во кафето не опаѓа значајно по искористување на кафето како пијалок, така што цврстиот материјал кој заостанува (талогот) може да се употреби како сировина за добивање на биодизел. Биодизелот добиен од

маслото од кафе има многу подобра стабилност отколку биодизелот добиен од други суровини, поради значајната количина на антиоксиданти во маслото. Составот на талогот од кафе е мошне сложен и во него се присутни широк спектар на хемиски соединенија што укажува дека покрај тоа што може да се искористи за добивање на биодизел, тој може да се искористи за различни цели како добивање на компост или биоетанол.

Во овој труд следи опис на експерименталната постапка за екстракција на масло од талог од кафе и негова карактеризација како потенцијална суровина за добивање на биодизел.

2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ПОСТАПКА ЗА ДОБИВАЊЕ НА БИОДИЗЕЛ

2.1 Материјали и хемикалии

Експериментот се изврши во лабораторијата на Технолошко-металуршкиот факултет во Скопје и за овој експеримент се користи кафе (Bar safe) од три различни локации во Скопје со цел да се симулираат реални услови при добивање на биодизел од талог од кафе.

2.2 Сушење на талогот од кафе

Талогот од кафе најпрво се суши на воздух неколку дена а потоа истото се суши во сушара на температура од 105°C, 3 до 4 часа сè до добивање на константна маса. Кафето се чува во добро затворени стаклени садови за да се спречи примањето на влага од околината, се до неговата повторна употреба односно неговата екстракција.

2.3 Екстракција на масло од талог од кафе

Екстракцијата е процес во кој се извлекува (екстрахира) маслото од талогот од кафе со помош на растварање на маслото од страна на органски растворувач. Екстракцијата на масло е изведена со примена на Сокслетовата апаратура. Како растворувач се користи смеса од хексан и изопропанол во однос 50:50 (vol/vol). Причината поради која се одбрани овие растворувачи и овој сооднос е тоа што ваквата смеса овозможува поголем принос на масло и пократко време на екстракција споредено со приносот на масло и времето на екстракција изведена само со хексан. Како единствен недостаток се смета слабото обновување на растворувачот по извршената дестилација. Екстракцијата се врши континуирано во текот на 2-3 часа. Екстрактот содржи масло од кафе и растворувач кој се подложува на вакуум дестилација. Маслото се сепарира од растворувачот со помош на ротационен вакуум дестилатор. Добиениот растворувач може повторно да се употреби за екстракција на масло.



Слика 1. Soxhlet-ов апарат за екстракција на масло

Приносот на масло се пресметува по дадената равенка:

$$X = \frac{W_o}{W_s} \times 100\% . \quad (1)$$

Каде:

X = принос на масло (%)

W_o = маса на екстрахирано масло (g)

W_s = маса на кафе пред екстракција (g)

2.4 Карактеризација на добиеното масло

Под карактеризација на масло се подразбира одредување на неговите физички и хемиски карактеристики. Био-маслата во голема мера се разликуваат од нафтените горива и како резултат на тоа постојат тешкотии за нивното искористување како замена за нафтените горива. Главните проблеми кои треба да се решат се високата содржина на вода, високата содржина на кислород и големиот вискозитет.

2.4.1 Одредување на киселински број

Под киселински број се подразбира број милиграми КОН (калиум хидроксид) потребни за да се неутрализираат слободните масни киселини присутни во 1 грам масло. За да се одреди киселинскиот број се врши титрација на одредено количество масло со 0.1 етанолан раствор на КОН со фенолфталеин како индикатор се до појава на бледо розева боја која се задржува 10 секунди. Колку е помало количеството на искористена алкалија, толку е помала киселоста на маслото, а со тоа е подобар квалитетот на маслото.

Киселинскиот број се одредува по следната формула:

$$Kb = \frac{V \cdot c \cdot M_w}{m} \quad (2)$$

Kb = киселински број (mg КОН/g масло)

V = количество КОН за титрација (ml)

C = концентрација на КОН (M)

M_w = моларна маса на КОН (g/mol)

m = количество масало (g)

2.4.2 Кинематичка вискозност

Вискозност е величина која го опишува отпор на некоја течност при течењето. Тој претставува коефициент на внатрешното триење при струењето на флуидите поради различните брзини на движење на неговите слоевите. Кинематичка вискозност претставува сооднос на динамичката вискозност и густината на флуидот.



Слика 2. Cannon – Fenske капиларен вискозиметар

Суштината на одредувањето на кинематичка вискозност е мерење на времето за кое одреден волумен од флуидот гравитиски ќе помине низ капиларата на стаклен калибриран вискозиметар, при контролирана и позната температура. За одредување на кинематичка вискозност се користи стаклена капиларна цевка според Cannon-Fenske.

Био-маслото најчесто е 10 пати повискозно од нафтените горива. Исто така, биодизелот добиен од био-масло со голема вискозност може да предизвика намалена атомизација на горивото, неправилна работа на инјекторите и до создавање на депозити во дизел моторот. Поради овие причини маслото треба да подлежи на модификација со која би се овозможила вискозност блиска до онаа на нафтените горива.

2.4.3 Индекс на рефракција

Индексот на рефракција се одредува со рефрактометар и претставува показател за степенот на оксидација на маслото. Колку индексот на рефракција е поголем толку е поголем степенот на оксидација на маслото (односно биодизелот).

Во маслото се наоѓаат незаситени и заситени масни киселини. Сите масла имаат одредена отпорност кон оксидација што зависи од бројот на двојните C=C врски во незаситените масни киселини. Зголеменото присуство на C=C врските предизвикува намалена оксидативна стабилност на биодизелот, а со тоа може да дојде до извесен степен на деградација на биодизелот. Биодизелот од кафе има многу подобра оксидативна стабилност во однос на биодизел добиен од други сировини, како резултат на присуството на значајна количина на антиоксиданти во маслото.



Слика 3. *Carl Zeiss Jena* рефрактометар

3 ДОБИВАЊЕ НА БИОДИЗЕЛ

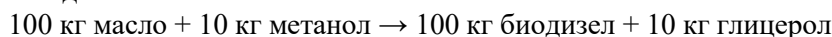
3.1 Предобработка на маслото

Пред да се пристапи кон процесот на трансестерификација неопходно е да се отстранат нечистотиите кои ги содржи маслото (механички нечистотии, фосфати, слободни масни киселини, восоци и сл.)

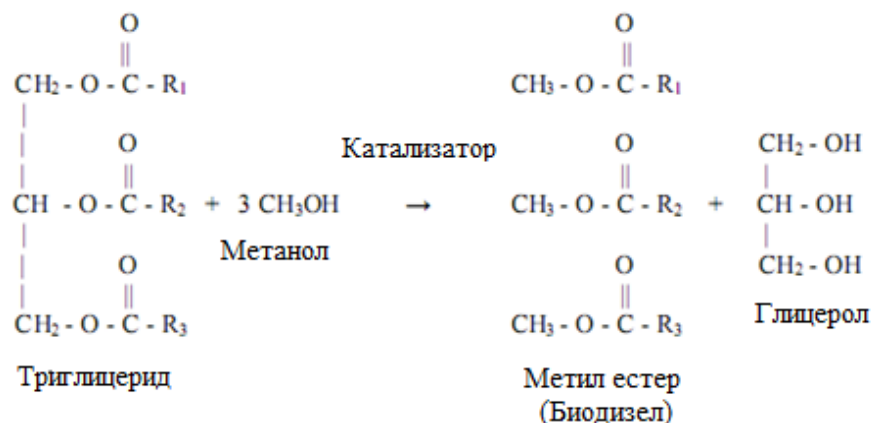
Ако маслото има ниска содржина на слободни масни киселини (киселост пониска од 2%) се смета дека има добар квалитет но, доколку тоа има поголема киселост односно има повисока содржина на слободни масни киселини од преку 2%, пожелно е да се изврши предестерификација со метанол или етанол при што ќе се користи кисел катализатор. По завршување на процесот на предестерификација и одвојувањето на добиените естери, потребно е да се изврши неутрализација на заостанатиот кисел катализатор во маслото пред да се започне со процесот на трансестерификацијата со користење на базен катализатор.

3.2 Трансестерификација

Наједноставна формула со која може да се претстави производството на биодизел од масти и масла е следнава:



Поедноставена формула на хемиска реакција трансестерификација може да се претстави на следниов начин:



Слика 4. Реакција на трансестерификација

Структурата на маслото го сочинуваат повеќе масни киселини (на слика 4. се прикажани како OOC-R_1 , OOC-R_2 и OOC-R_3) кои преку атом на кислород се врзани на глицерол и заедно со него го сочинуваат соединението наречено триглицерид. Хемиската реакција на добивање на биодизел се темели на реакцијата на вишите масни киселини и алкохолот (најчесто CH_3OH), во присуство на алкални катализатори (KOH). Трите молекули на масни киселини од триглицеридот реагираат со молекула на алкохолот при што се добива три метил естери на масни киселини и една молекула на глицерол како спореден производ.

Реакцијата на трансестерификација е повратна реакција, па оттука, со цел да се помести рамнотежата на реакцијата во корист на продуктите алкохолот се додава во вишок во однос на стехиометрискиот однос на реактантите. Потребно е хемиската реакција да биде катализирана за да се постигне висока конверзија при релативно благи реакциски услови.

4 РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

4.1 Принос на масло

Табела 1. Експериментални резултати од екстракцијата на масло

Суво кафе пред екстракција (g)	120.0027
Количество растворувач пред екстракција (ml)	500
Кафе по екстракција (g)	97.1588
Количество растворувач по екстракција (ml)	286
Количество масло по дестилација (ml)	21.9583
Количество масло по екстракција (g)	19.5751
Густина на масло (g/ml)	0.90801
Принос на масло (%)	16.3

Земајќи ја во предвид цената на растворувачите и потрошувачката на енергија потребни за да се изведе екстракцијата на масло и обновувањето на растворувачот по дестилацијата, смесата од хексан и изопропанол се смета за најповолна бидејќи овозможува добивање на

голем принос на масло за кратко време на екстракција. Приносот на масло може да варира во зависност од типот на кафе, типот на растворувач и условите на екстракција. Споредено со други сировини како маслинки, соја и памучни зрна кои имаат просечен принос на масло 14%, 17% и 20% соодветно, ваквата екстракција има помали оперативни трошоци а слични приноси на масло.

4.2 Карактеризација на масло

Табела 2. Експериментални резултати од карактеризацијата на маслото

Киселински број (mg KOH/g масло)	Кинематички вискозитет на T= 40 °C (mm ² /s)	Индекс на рефракција (%)
7.91435	8.16034	1.4431

• Киселински број

Според добиените вредност, маслото има голема содржина на слободни масни киселини односно има голема киселост за да може директно да се преведе во биодизел без предтретман со што се укажува на повисок степен на оксидација и појава на хидролиза. За да се спречи овој проблем се врши предестерификација со метанол и киселински катализатор пред трансестерификацијата.

• Кинематички вискозитет

Според досегашните истражувања, границите за вискозитет на маслото се движат од 1.9-6.0 mm²/s. Кинематичката вискозност на добиеното масло изнесува 8.16034 mm²/s на 40 °C. Иако вредноста е над горна граница може да се заклучи дека добиениот биодизел во однос на вискозността го исполнува пропишаниот критериум. Повисоки вредности од овие укажуваат на тоа дека маслото не може да се искористи како гориво во моторите за директно согорување.

• Индекс на рефракција

Вредноста на индексот на рефракција на добиениот биодизел изнесува 1.44%. Добиената релативно мала вредност на овој индекс укажува дека степенот на оксидација на биодизелот е мал. Доколку вредноста на индексот на рефракција е висок, тоа значи дека во горивото постојат поволни услови за одвивање на процесот на оксидација и доаѓа до извесен степен на деградација на горивото.

5 ЗАКЛУЧОК

Приносот на масло од кафе зависи од многу фактори. Како основен фактор се зема типот на кафето односно неговиот квалитет, начинот на приготвување на напитекото односно количество на загреана пареа која поминува низ свежото кафе. Бидејќи квалитетот на кафето односно талогот од кафе претставува фиксен фактор приносот на масло најмногу ќе зависи од условите на екстракција, првично од употребениот растворувач, температурата и времето на екстракција. Добиените експериментални податоци покажуваат дека содржината на масло во талогот од кафе е 16.3% што претставува значајно количество за производство на биодизел. Резултатите покажуваат дека е неопходна предобработка на маслото пред процес на трансестерификација, поради неговата висока содржина на слободни масни киселини. Теоретски приносот на биодизел по трансестерификација е приближно 100% од количината на маслото кое се употребило во процесот.

6 КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] G. Cholakov, V. Toteva, R. Nikolov, Sn. Uzunova, St. Yanev, „Extracts from coffee by-products as potential raw materials for fuel additives and carbon adsorbents”, Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 48, 5, 2013, 497-504
- [2] Narasimharao Kondamudi, Susanta K.Mohapatra, Mano Misra, “Spent Coffee Grounds as a Versatile Source of Green Energy”, Journal of agricultural and food chemistry, 2008, 56, 11757–11760

- [3] Nídia S.Caetano, Vânia F.M. Silvaac, Teresa M. Matab, “*Valorization of Coffee Grounds for Biodiesel Production*”, The Italian Association of Chemical Engineering
- [4] Mebrahtu Haile, “Integrated volarization of spent coffee grounds to biofuels”, Biofuel Research Journal 2 (2014) 65-69
- [5] Michael Klug, Nadia Gamboa, Karl Lorber, “Fluidized bed pyrolysis with coffee grounds – Overview and first results of the research for generation of renewable energy in Peru”, European International Journal of Science and Technology ISSN: 2304-9693