

13 СОВЕТУВАЊЕ CONFERENCE



НАЦИОНАЛЕН КОМИТЕТ НА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА ВО СИГРЕ
NATIONAL COMMITTEE OF NORTH MACEDONIA IN CIGRE

ОХРИД | ОКТОМВРИ 5 - 7 OCTOBER | OHRID

**НАЦИОНАЛЕН КОМИТЕТ НА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА
ВО СИГРЕ**

ПРОГРАМА

13. СОВЕТУВАЊЕ НА МАКО СИГРЕ

Охрид, 5 – 7 октомври 2025

Почитувани учесници,

По одбележување на триесет години од основањето на МАКО СИГРЕ во 2024 година, пред нас е уште еден значаен настан – 13. Советување на МАКО СИГРЕ. И овој пат, остануваме доследни на основната цел на меѓународното здружение SIGRE, а тоа е размена на искуства и знаења од областа на електроенергетиката, вмрежување и поттикнување на соработка во рамки на инженерската заедница.

Секое Советување е нов организациски предизвик, на кој се обидуваме да одговориме со посветеност и професионалност вообичаени за инженерите. Годишната програма на Советувањето ја формираме водејќи се од позитивните искуства од минатите советувања, но и потребата да понудиме простор за дискусија за актуелните предизвици во електроенергетиката. Така, на пленарната сесија со наслов „Предизвици на современите електроенергетски системи“ истакнати професионалци од областа ќе ги споделат своите размислувања поврзани со интеграција на производство од обновливи извори на енергија, работа на електроенергетските системи во вонредни услови предизвикани од екстремни временски прилики или човечки фактор, потреба од дигитализација на овој сектор и ред други актуелни прашања. Сигурни сме дека, како и досега, оваа сесија ќе биде проследена со плодна дискусија и размена на мислења.

Авторите ќе имаат можност да ги презентираат своите трудови во рамки на шеснаесет сесии на студиските комитети на МАКО СИГРЕ. Овие сесии претставуваат одлична можност за авторите да ги претстават своите истражувања и резултати пред релевантната стручна и научна јавност, а очекуваме овие презентации да бидат проследени со интересни дискусии и прашања.

Вообичаен дел од Советувањата на МАКО СИГРЕ се и техничките презентации, во чии рамки нашите партнери од индустријата ќе ги претстават најновите достигнувања во електроиндустријата. Со цел да ја зајакнеме врската меѓу научната заедница и индустријата, организиравме и посебна сесија на која ќе бидат претставени иновативните решенија и апликации кои се развиени токму од претставници на македонската научна заедница.

Ги покануваме учесниците да ја посетат и изложбената зона, која ќе биде отворена за времетраење на Советувањето, за да се запознаат со најновите производи и технолошки достигнувања на водечките компании од електроиндустријата.

На крај, ќе ни биде особено задоволство да уживате во сите социјални настани организирани во рамки на Советувањето, овозможени во соработка со нашите спонзори.

Сашо Салтировски,
Претседател, МАКО СИГРЕ

ПОЧЕСЕН ОДБОР

Претседател

Сања Божиновска Министер за енергетика, рударство и
минерални суровини
Влада на Република Северна Македонија

Потпретседател

Волфганг Маиер Претседател на Управниот одбор на
ЕВН Македонија

Членови

Лазо Узунчев Генерален директор на ЕСМ

Бурим Љатиџи Генерален директор на МЕПСО

Марко Бислимовски Претседател на Регулаторната комисија за
енергетика, водни услуги и услуги за управување
со комунален отпад на Република Северна
Македонија

Кристијан Аиновски ЕЛНОС

Вице Оршулиќ Претседател на СИГРЕ Хрватка и
Претседател на SEERC

Владимир Атанасовски Декан на ФЕИТ Скопје

Митко Костов Декан на Техничкиот факултет Битола

Василија Шарац Декан на Електротехничкиот факултет Штип

Ристо Миновски Почесен претседател на МАКО СИГРЕ

Александар Шекерински Член на ИО на МАКО СИГРЕ

Рубин Талески Член на ИО на МАКО СИГРЕ

Благојче Трповски Член на ИО на МАКО СИГРЕ

Сашо Салтировски Претседател на МАКО СИГРЕ

ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР

Претседател

Александра Крколева Матеска Потпретседател на МАКО СИГРЕ

Потпретседател

Владимир Дилевски Член на ИО на МАКО СИГРЕ

Членови

Методија Атанасовски Генерален секретар на МАКО СИГРЕ

Лилјана Богоевска Мирчевски Член на ИО на МАКО СИГРЕ

Елена Ачкоска Член на ИО на МАКО СИГРЕ

Јорданчо Ангелов Член на ИО на МАКО СИГРЕ

Јовица Вулетик ФЕИТ Скопје

Петар Крстевски Член на ИО на МАКО СИГРЕ

Маја Целеска Крстевска ФЕИТ Скопје

Горан Велјановски Технички факултет Битола

Панде Поповски Технички факултет Битола

РАБОТА НА СОВЕТУВАЊЕТО

На Советувањето ќе се работи во една пленарна сесија и 16 сесии на Студиските комитети (СТК). Работата на СТК ќе се одвива паралелно, во пет сали, според распоредот за работа.

Во недела на 5 октомври со почеток во 16:30 часот, ќе се одржи пленарната сесија на која ќе се дискутира на тема „Предизвици на современите електроенергетски системи“. Воведни излагачи ќе бидат експерти од областа на електроенергетиката, а модератор ќе биде Александра Крколева Матеска, потпретседателка на МАКО СИГРЕ.

Презентација на трудовите

За потребите на презентерите на трудовите МАКО СИГРЕ ќе обезбеди потребни средства (компјутер со проектор и друга соодветна опрема). Темите и прашањата за дискусија се предложени од рецензентите и СТК. Излагањето на авторите, заедно со дискусијата, не треба да трае повеќе од 20 минути. Половина час пред почетокот на сесиите на СТК, се предвидуваат состаноци на водителите на сесиите и авторите што ќе ги презентираат трудовите со цел запознавање на авторите со текот на сесиите.

Технички презентации и изложба

Во текот на Советувањето се предвидени презентации на нашите партнери од индустријата: ЕЛНОС, КОНЧАР, Феникс Контакт, РИТАЛ, Фериоинвест и Хитачи.

Во хотелот Метропол се предвидени технички изложби на компаниите: Ноарк Електрик Европа, Индустриски инспекциски сервиси, АмонРа Енерџи, РИТАЛ, Пауервју, Феникс Контакт, Енерго Плус, Омикрон и Раде Кончар – Контактори и релеи.

Социјални активности

Во недела на 5 октомври, веднаш по свеченото отворање, за учесниците на Советувањето и гостите, МАКО СИГРЕ, заедно со ЕВН Македонија, организира коктел што ќе се одржи пред базенот во хотелот Белви.

МАКО СИГРЕ за регистрираните учесници на Советувањето ќе организира вечера во недела на 5 октомври во ресторанот во хотелот Метропол, а на истото место, во понеделник на 6 октомври, заедно со Далековод, ручек за учесниците на советувањето.

Традиционално, во чест на регистрираните учесници, МАКО СИГРЕ и ЕВН Македонија ќе приредат Свечена вечера во понеделник, на 6 октомври, со почеток во 20:30 часот, во ресторанот на хотелот Белви.

Паузите за кафе меѓу работните сесии, МАКО СИГРЕ ги организира заедно со Електро Меркур.

МАКО СИГРЕ ќе биде домаќин на коктелот за затворање во вторник на 7 октомври.

- D1-271R-MK Придонес кон дигитализација на процесите на калибрација и монте карло симулација**
Петар Видоевски, Моника Накова

D2 ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМИ И ТЕЛЕКОМУНИКАЦИИ

- D2-138R-MK Безбедносни стратегии за комуникација помеѓу SCADA и RTU во енергетските системи**
Димитар Бишкоски, Ана Маноилева, Ивица Илиевски
- D2-140R-MK Управување со мрежа - Сајбер безбедносни предизвици во OT (SCADA) системите**
Ана Маноилева, Димитар Бишкоски, Ивица Илиевски
- D2-143R-EN Подобрување на сајбер безбедноста во електро дистрибуција: Имплементација на Систем за управување со информативна безбедност и ISO 27001 Сертификација**
Ања Ивановска, Георги Хаџи-Манев
- D2-154R-MK Електронска платформа за поднесување и обработка на барањата за нов приклучок на дистрибутивната мрежа**
Манол Петив
- D2-233R-MK Далечинско следење на параметрите и потрошувачката на електрична енергија кај дигиталните броила со користење на RF мрежа и Интернет**
Гоце Стефанов, Влатко Чингоски
- D2-249R-MK Стратешки пристап кон сајбербезбедноста во енергетскиот сектор: искуства и предизвици**
Енис Дрндар, Влатко Галабов
- D2-104I-MK Можности за дигитализација, оптимизација и автоматизација на процес за отстранување на непланирани прекини во Електродистрибуција ДООЕЛ Скопје**
Бождар Горневски
- D2-180I-MK Влијанието на дигитализацијата во GIS: Зголемување на ефикасноста, точноста и стратешкото донесување одлуки**
Ана Горневска, Оливер Мирчевски
- D2-190I-MK Системи за далечинско отчитување на броила: технологии, предности и предизвици**
Борис Николов
- D2-209I-MK Користење на искуствата од земјите членки на ЕУ при воведување на паметни броила во Република Северна Македонија**
Александра Костовска, Борис Николов
- D2-211I-MK Дигитална трансформација на електроенергетските компании преку оптимизација на работни процеси и имплементација на дигитални услуги за корисниците**
Киро Сенков

EVN



KONČAR



MEMO



BENNING-PSAM



HITACHI



NOARK DEFINITION OF RELIABILITY



COLENCO EMPOWERING



МАКНАВ A FILKAB COMPANY



TE-TO logo



TEDI DIGITAL PRINTING

Гоце Стефанов
Влатко Чингоски
Електротехнички факултет, Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип

ДАЛЕЧИНСКО СЛЕДЕЊЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ И ПОТРОШУВАЧКАТА НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА КАЈ ДИГИТАЛНИТЕ БРОИЛА СО КОРИСТЕЊЕ НА RF МРЕЖА И ИНТЕРНЕТ

КУСА СОДРЖИНА

Во индустриските капацитети, мерените големини може да се категоризираат во две главни групи: неелектрични големини (притисок, проток, температура и сл.) кои бараат конверзија во електрични сигнали преку сензори и конвертори, и електрични големини (напон, струја, и сл.) во форма на електрични сигнал и не треба да се конвертираат. Клучна сличност во двете категории е потребата од точност во мерењата, собирање, визуелизација и дистрибуција на истите. Современите дигитални системи за мерење покрај зголемување на точноста во мерењето, овозможуваат едноставно пренесување на мерените податоци на далечина, нивна визуелизација и запазување за идна анализа на мерењата.

Овој труд се однесува на мерења и манипулација со мерените вредности добиени преку дигитални мерачи на енергија, т.е. дигитални броила кои работат според регулативите на ЕУ и се користат во индустриски, административни и станбени услови. За жал, кај голем број случаи читањето и собирањето податоци од разни причини се вршат рачно на локацијата на броилото, спречувајќи далечински пристап. За да се надмине овој проблем, во овој труд се предлага електронски систем поврзан со постоечките дигитални броила, овозможувајќи локален пренос на податоци до персонални компјутери и далечински пристап преку RF мрежа и Интернет во реално време.

Клучни зборови: дигитални броила, далечински пренос на податоци, RF мрежа, Интернет

1 ВОВЕД ВО ПРОБЛЕМОТ

Мерењето на потрошената електричната енергија (ЕЕ) има големо значење како за производителите на енергијата така и за потрошувачите. Точното мерење и соодветно фактурирање за потрошената ЕЕ и навремените пресметки се од најголема важност. За таа цел, од големо значење е елиминирање на потребата од човечко вклучување во процесот на отчитувања на броилата и изготвувањето на фактурите. Овие процеси може едноставно, брзо и квалитетено да се избегнат со автоматско отчитување на броилата и испраќање на мерените вредности до одделите за фактурирање и наплата на потрошувачката [1-4].

Во моментот, повеќето броила за енергија што се користат во нашата земја можат да мерат и да следат потрошувачката на ЕЕ, но не дозволуваат далечински пристап до добиените податоци. Овие пред се дигитални броила работат според релевантните протоколи и стандарди утврдени со регулативите на ЕУ и пошироко. Тие се инсталирани не само во индустриите, туку и во административните и станбените домови. Врз основа на потрошувачката на напон и струја, овие броила пресметуваат различни параметри поврзани со потрошувачката на ЕЕ, вклучувајќи активна и реактивна моќност, како и активна и реактивна енергија.

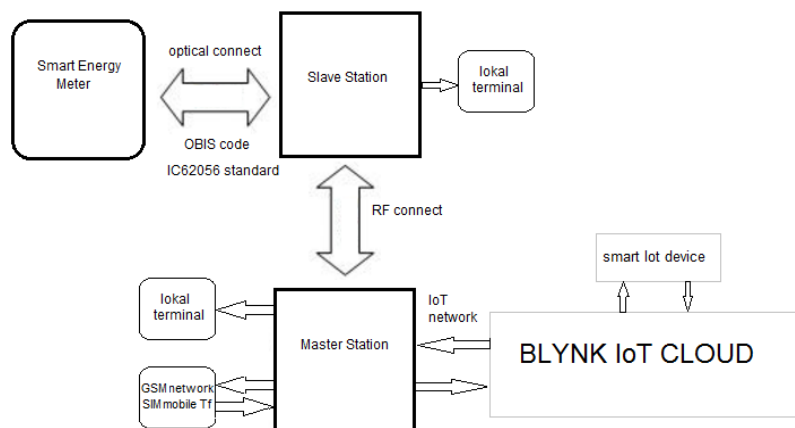
Значаен проблем кај најголемиот број на ваквите броила досега е тоа што иако тие ги даваат измерените вредности преку комуникациски порт, читањето и собирањето на податоци се

врши најчесто рачно на лице место од соодветно овластени лица. Ова значи дека нема опција за далечинско отчитување или дистрибуција на податоци преку интранет или интернет мрежи. Паметните енергетски броила (ПЕБ) можат да помогнат во решавањето на предизвикот за обезбедување далечински услуги за потрошувачите со користење на радиофреквентни (RF) и Интернет на нештата (IoT) мрежи [5, 6, 7].

Овој труд се фокусира на дизајнот и имплементацијата на електронски систем што се поврзува со ПЕБ, овозможувајќи пренос на мерни податоци локално на персонален компјутер и далечински преку RF мрежа и Интранет. Навременото читање и пресметка на податоците добиени од мерењето на ЕЕ се клучни за точно фактурирање на потрошувачката. Затоа, за да се елиминира потребата од човечко вклучување во собирањето податоци, доцнење со подготовка и испорака на фактурите, автоматското далечинско читање на броилата е од суштинско значење.

2 ОСНОВЕН КОНЦЕПТ НА ПРЕДЛОЖЕНИОТ ЕЛЕКТРОНСКИ СИСТЕМ

Основа на предложениот концепт на електронски систем е реализирање на постојана комуникација со постоечките ПЕБ и дистрибуција на измерените вредности во реално време локално и/или далечински во рамките на избраната комуникациска мрежа, било да е таа RF мрежа или едноставно интернет мрежа. На Слика 1 претставен е блок-дијаграм на прототип на предложениот електронскиот систем, на која се гледа врска на ПЕБ со Slave станица преку оптичка врска, која се состои од двојна конфигурација на инфрацрвен фототранзистор и LED диода. Оваа конекција е базирана на соодветниот OBIS код и стандардот IEC 62056, [8, 9]. Slave станицата потоа се поврзува со Master станицата преку двонасочна RF врска [10, 11]. Од Master станицата, податоците се дистрибуираат преку Wi-Fi врска во интернет мрежа (IoT), што ги прави достапни на Cloud сервер и преку други мобилни уреди како што се таблети и паметни телефони. Овој систем овозможува визуелизација на податоците од ПЕБ на локални терминали поврзани и со Slave и со Master станиците, како и во рамките на поширока интернет(IoT) мрежа.



Слика 1 Едноставен блок-дијаграм на предложениот електронски систем

2.1 Паметни енергетски броила (ПЕБ)

Паметните енергетски броила се дигитални уреди што ја мерат и евидентираат потрошувачката на електрична енергија, гас или вода во реално време, пренесувајќи ги овие информации до соодветните комуналните компании. Како клучен дел од напредната инфраструктура за мерење, паметните броила стануваат основни алатки за модерно управување со енергијата. Со оглед на тоа што потрошувачката на енергија и ефикасноста стануваат критични прашања, овие уреди обезбедуваат иновативно решение за ефикасно управување со мерењето на енергијата во домаќинствата, малите бизниси, администрацијата и индустријата.

Во изминатата деценија, инсталациите на паметни броила тројно е зголемена и се претпоставува дека тие завземаат дури 93% од сите нови системи за мерење. Оваа промена ја

трансформира интеракцијата помеѓу комуналните претпријатија и потрошувачите во однос на енергетските ресурси. За разлика од традиционалните аналогни броила, кои бараат рачно отчитување од овластени лица, ПЕБ даваат точни и тековни податоци за потрошувачката. Ова им овозможува на комуналните претпријатија и потрошувачите поефикасно да ја следат и да управуваат со потрошувачката на енергија. ПЕБ имаат витално значење за развој на инфраструктурата на паметните мрежи, односно формирање на модернизирани системи на електрични мрежи што користи дигитална технологија за подобрување на сигурноста, ефикасноста и одржливоста на дистрибуцијата на ЕЕ и други комунални ресурси [12].

ПЕБ содржат електронски уреди за прецизно мерење на потрошувачката на определен ресурс користејќи дигитална технологија. Овие броила, во зависност од видот на ресурсот кој го мерат, содржат разни видови на сензори и техниките за мерење. На пример, ПЕБ за мерење на ЕЕ имаат сензори кои ги следат промените на напонот и струјата што тече низ електричното коло. Потоа, според измерените вредности на напонот и струјата математички се пресметуваат останати параметри на мрежата кои се од значење за снабдувачот или потрошувачот на ЕЕ, како на пример активна, реактивна и привидна моќност, фактор на моќност, и сл. Спротивно на тоа, ПЕБ за мерење на потрошувачката на природен гас или вода користат сензори за проток мерејќи го волуменот на гас или вода што минува низ броилото. ПЕБ потоа ја пресметува потрошувачката на гас или вода врз основа на измерената вредност на волуменот на искористениот гас или вода и енергетската содржина на секој соодветен ресурс.

2.2 Како ПЕБ ги испраќаат мрените и/или пресметаните вредности?

Откако ПЕБ ќе ги измери и ќе ги евидентира податоците за потрошувачката на енергија, неговиот комуникациски модул е одговорен за пренесување на овие информации до компанијата за вода, гас или електрична енергија користејќи еден од следниве методи:

1. **Радиофреквентни (RF) сигнали:** Голем број на ПЕБ пренесуваат податоци безжично преку RF сигнали. Овој метод е економичен и овозможува комуникација на долг дострел, што го прави погоден за распоредувања во големи размери. Основен недостаток е фактот што RF сигналите можат да бидат подложни на пречки од други безжични уреди и може да бараат дополнителна инфраструктура, како што се репетитори, засилувачи на сигналот или портали, за да се обезбеди доверлива комуникација.
2. **Мобилни мрежи:** Некои ПЕБ користат постоечки мобилни мрежи (4G или 5G) за пренос на податоци. Овој пристап нуди широка покриеност и генерално е поотпорен на пречки од RF сигналите. Сепак, користењето мобилни мрежи може да предизвика дополнителни трошоци за пренос на податоци и не се препорачува за области со ограничена или несигурна мобилна покриеност.
3. **Широкопојасни врски:** Паметните броила можат да комуницираат и преку широкопојасни врски, како што се DSL и мрежи со оптички влакна. Овој метод обезбедува брз и сигурен пренос на податоци, но може да бара значителни инвестиции во инфраструктурата, особено во рурални или оддалечени области каде што покриеноста со широкопојасен интернет може да биде ограничена.
4. **Комуникација преку далноводи (Power-Line Communications – PLC):** Оваа технологијата им овозможува на ПЕБ да пренесуваат податоци преку постојните далноводи, избегнувајќи ја потребата од дополнителна комуникациска инфраструктура. Овој метод може да биде исплатлив и да обезбеди сигурна комуникација, но неговите перформанси може да бидат засегнати при појава на електричен шум особено при поголеми растојанија.

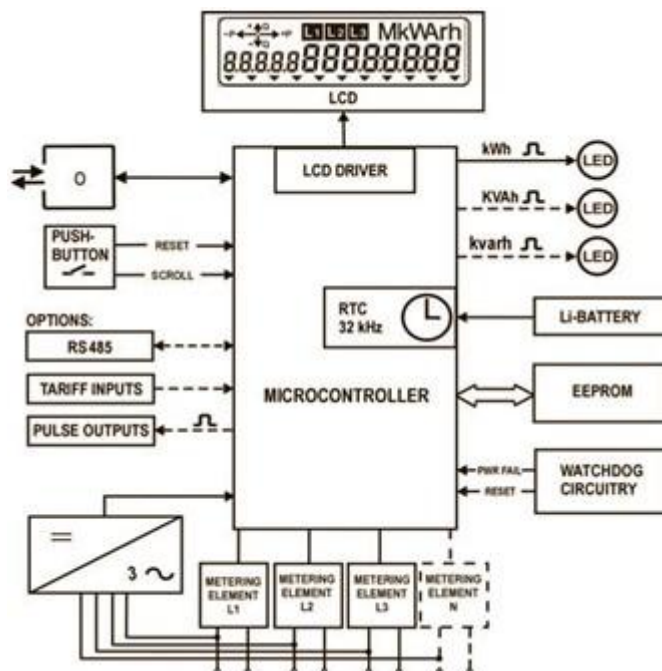
Без оглед на користениот метод на комуникација, преносот на мерните податоци обично се случува во редовни интервали, на пр. на секои 15 минути, 30 минути или на секој час, во зависност од итноста или важноста на отчитувањето. На овој начин комуналните компании осигуруваат добивање на ажурирани информации за потрошувачката за ЕЕ. Со дополнителна анализа на добиените податоци, компаниите можат да пристапат и кон реализација на други, пред се оптимизациони задачи во смисол на краткорочни и долгорочни анализи на побарувачката, можности за унапредување на управувањето со мрежата, па се до детектирање на

проблеми во мрежата или неодговорно однесување на потрошувачите кон самите ПЕБ во смисол на кражба или подесување на истите.

Важно е да се напомене дека во моментот, не сите енергетски броила во нашата земја се ПЕБ. Многу постоечки енергетски броила немаат вграден интерфејс за дистрибуција на податоци, што значи дека опцијата за далечинско читање кај овие броиле не е достапна. Електронскиот систем предложен во трудот е специјално дизајниран за да се задоволи оваа потреба со минимални средства и со минимални зафати на постојните броила.

Дијаграмот на Слика 2 илустрира блок-дијаграм на едно ПЕБ. Повеќето ПЕБ за енергија имаат излезен порт што овозможува комуникација со надворешен локален читач користејќи го протоколот IEC 62056-21 или DLMS со OBIS код [13]. OBIS кодот се користи за идентификување на соодветната вредност на уредот. Тоа е текстуален стринг форматиран според стандардот OBIS (според IEC 62056-61, [8, 9]). Поедноставна и постара верзија на овој код е EDIS кодот, кој не ги вклучува групите *A* и *B* (како што е споменато подолу). Овој код се користи во системот PROMOTIC за комуникацискиот драјвер Pm IEC62056.

Кога драјверот ќе добие порака од типот *Readout - Values readout*, тој го зачувува обемиот текстуален стринг во променливата „*ResultList*“. Кодот на вредноста на OBIS се појавува на почетокот на секој ред во стрингот. Овој код може да се состои од шест групни под-идентификатори, означени од *A* до *F*. Не сите од овие идентификатори може да бидат присутни; на пример, групите *A* и *B* често се изоставуваат. Групите се одделени со уникатни сепаратори, кои помагаат да се одреди групата на која припаѓа секој код-идентификатор.



Слика 2 Едноставен блок-дијаграм кај типично ПЕБ

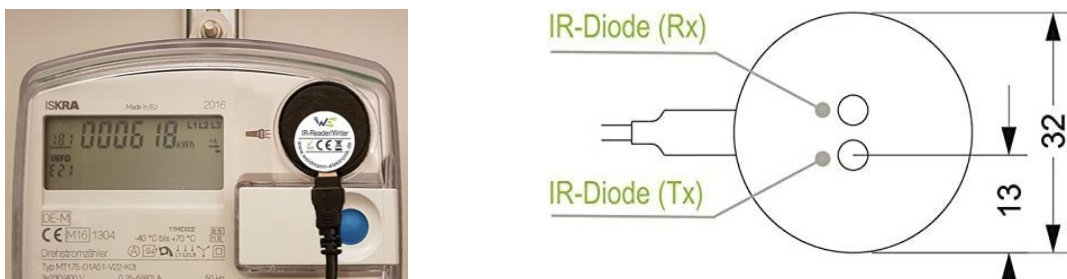
Општо земено, кај најголемиот број на ПЕБ можат да се сретнат следните кодидентификатори означени со буквите од *A* до *F*:

A-B: C.D. E*F

- **Групата A** го одредува медиумот за мерење претставен со нумерички кодови: 0 за апстрактни објекти, 1 за ЕЕ, 6 за топлина, 7 за гас, 8 за вода, итн.
- **Групата B** го означува каналот. Уредите со повеќе канали што генерираат резултати од мерењето можат да ги одделат овие резултати по канал.
- **Групата C** ја дефинира физичката вредност што се мери, како што се струја, напон, енергија, ниво или температура.

- **Групата D** го одредува резултатот од пресметката на количината добиен од специфичен алгоритам.
- **Групата E** го дефинира типот на мерење врз основа на спецификациите наведени во групите од A до D, дозволувајќи индивидуални мерења (т.е. префрлување на опсези).
- **Групата F** дополнително ги одделува резултатите дефинирани од групите од A до E, кои обично се користат за одредување на индивидуални временски опсези.

Протоколот IEC 62056-21 е поддржан преку оптичкиот IR порт COM1 како стандарден режим како и преку серискиот порт COM3. Вградените читачи се во склад со IEC 62054-21 и IEC 62052-21, овозможувајќи максимално до четири различни тарифи.



Слика 3. ПЕБ со оптички IR сензор и со IR диоди (Rx and Tx)

Во Табела 1, дадени се неколку примери за OBIS кодови што се користат при мерењата на потрошувачката на ЕЕ.

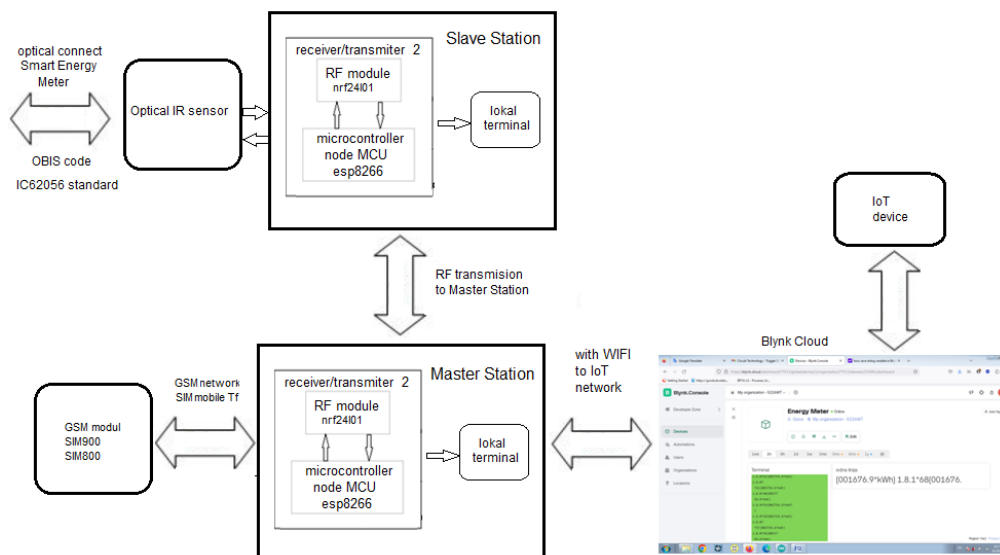
Табела 1: Примери за OBIS код што се користи за мерење на електрична енергија

OBIS код	Објаснување
1: Регистри за мерење на активната енергија:	
1.8.0	Вкупна позитивна активна енергија (A+) [kWh]
1.8.1	Позитивна активна енергија (A+) измерена во тарифа T1 [kWh]
1.8.2	Позитивна активна енергија (A+) измерена во тарифа T2 [kWh]
1.8.3, 1.8.4, итн.	Позитивна активна енергија (A+) измерена во тарифа T3, T4, итн. [kWh]
...	
2.8.0	Вкупна негативна енергија (A-) [kWh]
2.8.1	Негативна енергија (A-) измерена во тарифа T1 [kWh]
2.8.2	Негативна енергија (A-) измерена во тарифа T2 [kWh]
2.8.3, 2.8.4, итн.	Негативна енергија (A-) измерена во тарифа T3, T4, итн. [kWh]
2: Регистри за мерење на реактивната енергија:	
3.8.0	Вкупна позитивна реактивна енергија (Q+) [kVarh]
3.8.1	Позитивна реактивна енергија (Q+) измерена во тарифа T1 [kVarh]
3.8.2	Позитивна реактивна енергија (Q+) измерена во тарифа T2 [kVarh]
3.8.3, 3.8.4, итн.	Позитивна реактивна енергија (Q+) измерена во тарифа T3, T4, итн. [kVarh]
4.8.0	Вкупна негативна реактивна енергија (Q-) [kVarh]
4.8.1	Негативна реактивна енергија (Q-) измерена во тарифа T1 [kVarh]
4.8.2	Негативна реактивна енергија (Q-) измерена во тарифа T2 [kVarh]
4.8.3, 4.8.4, итн.	Негативна реактивна енергија (Q-) измерена во тарифа T3, T4, итн. [kVarh]
5.8.0	Вкупно примена индуктивна реактивна енергија во 1-ви квадрант (Q1)[kVarh]
5.8.1	Примена индуктивна реактивна енергија во 1-ви квадрант (Q1) во тарифа T1 [kVarh]
6.8.0	Вкупно примена капацитивна реактивна енергија во 2-ви квадрант (Q2)[kVarh]
6.8.1	Примена капацитивна реактивна енергија во 2-ви квадрант (Q2) во тарифа T1 [kVarh]
7.8.0	Вкупна испорачана индуктивна реактивна енергија во 3-ти квадрант (Q3)[kVarh]
7.8.1	Испорачана индуктивна реактивна енергија во 3-ти квадрант (Q3) во тарифа T1 [kVarh]
8.8.0	Вкупна испорачана капацитивна реактивна енергија во 4-ти квадрант (Q4)[kVarh]
8.8.1	Испорачана капацитивна реактивна енергија во 4-ти квадрант (Q4) во тарифа T1 [kVarh]

3 ПРЕНОС НА ПОДАТОЦИ КОРИСТЕЈЌИ RF И ИНТЕРНЕТ МРЕЖА

На Слика 4 прикажан е основниот блок-дијаграм на предложениот електронски систем за пренос на податоци кој содржи помошни (slave) и главни (master) станици, секоја опремена со RF модул и микроконтролер тип nodeMCUESP8266-12E [14]. Оваа конфигурација овозможува отчитувањата на броилата и пренос на добиените податоци во рамките на локална (RF) односно глобална (интернет) мрежа. Помошниот микроконтролер собира податоци од ПЕБ користејќи оптички сензор и ги пренесува до главниот микроконтролер преку RF комуникација. Главниот микроконтролер преку WI-FI и интернет мрежа поврзан е со локален терминал преку UART порт, овозможувајќи прикажување на податоците на екран и интеграција во интранет мрежа во рамките на комуналната компанија. Вака поставената хардверска подлога овозможува ефикасно отчитување, пренос и визуелизација на вредностите добиени од ПЕБ и го олеснува дистрибуирањето на податоците во рамките на самите комуникациони мрежи. Помошните и главните станици се реализирани со користење на микроконтролерите NodeMCU ESP8266-12E, RF модулот NRF24L01 [15] и останатите потребни хардверски компоненти.

Со цел добивање на поголема брзина, големина и флексибилност во ракувањето со отчитувањето и преносот на податоците од ПЕБ, микроконтролерот NodeMCU8266-12E е вграден во помошната станица бидејќи тој има поголем мемориски капацитет и побрз процесор. За да се олесни поврзувањето во рамките на интернет мрежата истиот микроконтролер е интегриран и во главната станица како што е шематски прикажана на Слика 4.

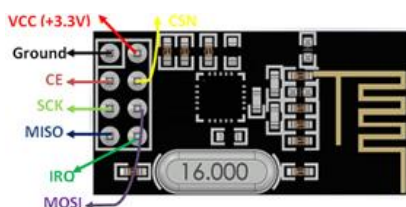


Слика 4 Блок-диаграм на поврзаноста помеѓу главната и помошната станица

3.1 Основни карактеристики на употребениот хардвер

3.1.1 NRF24L01 модул

NRF24L01 е радио примо предавателски модул со еден чип кој работи во фреквентниот опсег од 2,4 до 2,5 GHz, т.е. ISM опсег, што го прави легален за употреба во скоро сите земји за инженерски апликации. Овој модул вклучува целосно интегриран фреквентен синтетизатор, засилувач на моќност, кристален осцилатор, демодулатор, модулатор и подобрен протокол ShockBurst. Излезната моќност, фреквентните канали и поставките на протоколот можат лесно да се програмираат преку SPI интерфејс. Дополнително, има вградени режими за исклучување и мирување, што овозможува енергетска заштеда. Типична електронска плоча на NRF24L01 модулот заедно со неговиот излез на пиновите за комуникациски опсег од 100 метри во слободен воздух е прикажана на Слика 5а). За зголемување на опсегот можат да се користат дополнителни модули, како на пример NRF24L01 E01-ML01DP5, кој има опсег од 2.500 метри (Слика 5б), или модулот E01-2G4M27D nRF24L01P+PA+LNA кој може да достигне опсег до 5.000 метри.



а) NRF24L01 модул



б) NRF24L01 E01-ML01DP5 модул

Слика 5 Две различни конфигурации на модул NRF21L01 за различни опсези

Кога работи ефикасно, модулот NRF24L01 (Слика 5а), може да покрие растојание до 100 метри што го прави одличен избор за безжични проекти со далечинско управување. Овој модул работи на 3,3V, овозможувајќи лесна интеграција со системи од 3,2V и 5V. Секој модул има опсег од 125 адреси и може да комуницира со максимално 6 други модули, овозможувајќи повеќе безжични единици да комуницираат во рамките на одредена област.

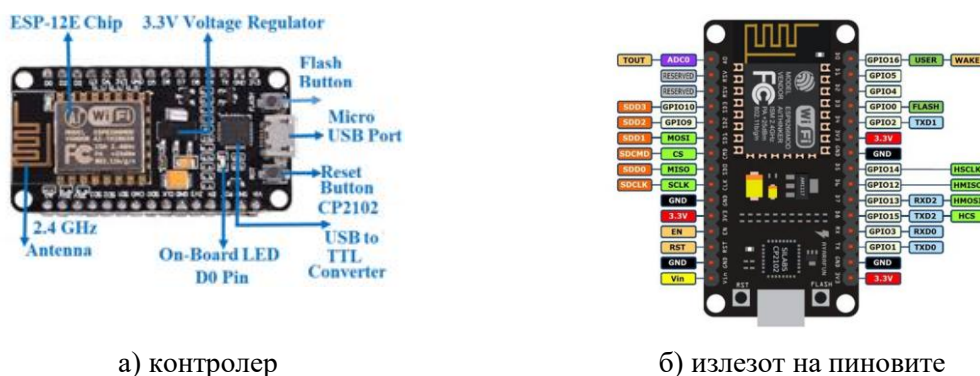
Со помош на разни библиотеки како што е библиотеката R24, NRF24L01 може лесно да се поврзе со Arduino користејќи код од само неколку линии. Единствен недостаток може да биде фактот што на пазарот се достапни многу клонирани верзии. За отстранување на проблеми поврзани со напонот на напојување, се препорачува да се додадат кондензатори од 10 μ F и 0.1 μ F

паралелно со пиновите Vcc и Ground. Дополнително, потребно е напојувањето од 3.3V да е чисто и без шум.

3.1.2 Микрокомпјутерски модул NodeMCU ESP8266-12E

Развојната плоча NodeMCU ESP8266 го содржи модулот ESP-12E, кој вклучува чип ESP8266 опремен со микропроцесор Tensilica Xtensa 32-бит LX106 RISC. Овој микропроцесор поддржува оперативни системи во реално време (RTOS) и работи со прилагодлива фреквенција на такт од 80 MHz до 160 MHz. Плочата NodeMCU вклучува 128 KB RAM и 4 MB флеш меморија за складирање на податоци и програми. Со својата висока процесорска моќ, вградени можности за Wi-Fi и Bluetooth и функции за работа со Deep Sleep, таа е погодна за реализација на проекти на интернет, односно Интернет на Нештата (Internet of Things IoT).

NodeMCU може да се напојува преку Micro USB приклучок или VIN пин (надворешен пин за напојување). Поддржува различни интерфејси, вклучувајќи UART, SPI и I2C. На Слика 6 прикажан е NodeMCU ESP8266 микрокомпјутер и неговиот пин-аут.



а) контролер

б) излезот на пиновите

Слика 6 Микроконтролер NodeMCU ESP8266

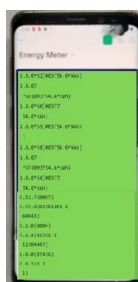
Интегрираната плочка NodeMCU претставува firmware со отворен код, специјално дизајнирана за IoT апликации. Вклучува програмски софтвер што работи на ESP8266 WiFi SoC на фирмата Express Systems, заедно со хардвер базиран на модулот ESP-12 и може лесно да се програмира со помош на Arduino IDE.

Табела 2. Основни спецификации и карактеристики на NodeMCU ESP8266

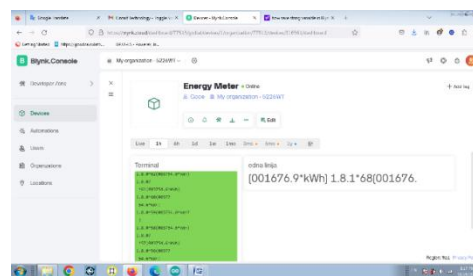
Микроконтролер:	Tensilica 32-битен RISC CPU Xtensa LX106
Влезен напон:	7 – 12V
Работен напон:	3,3V
Дигитални влезно/излезни пинови (DIO):	16
Аналогни влезни пинови (ADC):	1
UART:	1
SPI:	1
I2C:	1
Флеш меморија:	4 MB
SRAM:	64 KB
Брзина на такт:	80 MHz
USB-TTL базиран на CP2102 е вклучен на плочата, овозможувајќи Plug-n-Play	
PCB антена	
Модул со големина за паметно вклопување во IoT проекти.	

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

За проверка и потврда на предложениот електронски систем за далечинско отчитување, пренос и визуализација на отчитаните вредности од страна на ПЕБ формиран се тест станици. На Сликата 7а) прикажана е тест станицата на главната т.н. Master станица, додека на Сликата 7б) прикажана е тест поставката на прототипот на помошната т.н. Slave станица. Помошната станица



а) приказ на измерени податоци на мобилен уред (паметен телефон)



б) приказ на измерени податоци на екранот на IoT Blynk cloud мрежа

Слика 9 Приказ на измерените податоци од SEM во рамките на IoT мрежата

Основна предност на предложениот електронски систем е можноста податоците добиени со мерењата на параметрите на мрежата од едно ПЕБ да можат да се пренесат на мобилен уред по наш избор или да се складираат на нашата cloud мрежа. Ова им овозможува на корисниците да пренесуваат и да пристапуваат до параметрите на ПЕБ од кој било друг хардвер поврзан со истиот cloud канал, без оглед на географската локација, да вршат историско прегледување на мерените податоци, нивно ажурирање и анализа на истите за сите потреби на соодветните комунални претпријатија.

4.1 Предности на дизајнираниот електронски систем

Трудот претставува решение кое овозможува пренос на параметри од паметни броила за енергија (ПЕБ) до RF-intra и IoT мрежи. Основни придобивки од презентираниот електронски систем се:

- способноста на електронскиот систем да чита и да пренесува мерни параметри од трајно инсталирани паметни енергетски броила (ПЕБ) од далечина;
- системот базиран на употреба на помошни и главни станици овозможува читање на параметрите на ПЕБ не само локално на локација веднаш до броилото туку и далечински преку локална RF мрежа или интернет со помош на RF врска помеѓу помошните и главните станици.
- имплементираната главна станица опремена со вградени софтверски алатки и соодветен NodeMCU микроконтролер, го олеснува интегрирањето на параметрите на ПЕБ во IoT мрежа;
- RF модулите што се користат во овој систем се тестирани и можат успешно да пренесуваат податоци од процесот на растојанија од 100 до 5.000 метри;
- Поврзувањето на електронскиот систем со Blynk облакот овозможува пренос и читање на ПЕБ параметри од кој било друг хардвер поврзан со истиот облачен канал, без оглед на географската локација.

5 ЗАКЛУЧОК

Во овој труд претставен е дизајнот и експерименталната реализација на прототипски електронски систем за читање и пренос на параметрите на инсталирани ПЕБ за енергија од далечина. Системот се состои од две компоненти: помошна станица сместена веднаш до ПЕБ и главна станица сместена на оддалеченост од помошната станица помеѓу 100 и 5.000 метри. Врската помеѓу помошната и главната станица се воспоставува со помош на радиофреквенциски (RF) модули, кои се поврзани со паметни NodeMCU микроконтролери на двете станици. Главната станица е опремена и со вграден Wi-Fi интерфејс. Ова поставување овозможува локално читање на параметрите на ПЕБ на помошната станица и далечински пристап на главната станица до отчитаните податоци и нивно архивирање.

Со соодветно имплементирани хардверски и софтверски алатки во електронскиот систем, податоците од главната станица може да се пренесуваат и да се пристапува до нив во рамките на локална мрежа. Понатаму, дизајнот овозможува дистрибуција на собраните податоци до услуги на IoT cloud и мобилни паметни уреди како што се паметни телефони и таблети. На тој начин се

решава еден од потојните проблеми кога се работи за читањето на потрошената електрична енергија, потрбата од човечки пристап до секое ПЕБ и рачно отчитување на неговите параметри било да е тоа од-око или со помош на оптички сонди, се намалува потребата од ангажман на човечки ресурси, се зголемува ефикасноста и точноста во отчитувањето на податоците и се намалува можноста за манипулации со ПЕБ (кражби на ЕЕ) и поплаките за несоодветно отчитување и наплата на превземените количини електрична енергија од страна на потрошувачите.

6 ЛИТЕРАТУРА

- [1] Garrab, A. Bouallegue and F. Ben Abdallah, "A new AMR approach for energy saving in Smart Grids using Smart Meter and partial Power Line Communication," First International Conference on Renewable Energies and Vehicular Technology, Nabeul, Tunisia, pp. 263-269, March 2012.
- [2] C. Landi, P. Merola and G. Ianniello, "ARM-based energy management system using smart meter and Web server," 2011 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference, Hangzhou, China, 2011, pp. 1-5.
- [3] B. S. Koay, S. S. Cheah, Y. H., P. H. Chong, P. Shum, Y. C. Tong, X. Y. Wang, X. Zuo and H. Kuek, "Design and implementation of Bluetooth energy meter," Proceedings of the 4th International Joint Conference of the ICICS, vol. 3, pp. 1474-1477, Dec, (2003).
- [4] Himanshu K. Patel, et al., "Arduino-based smart energy meter," 2nd Int'l Conf. on Electrical Engineering and Information & Communication Technology (ICEEICT), (2018).
- [5] Devadhanishini, et.al., "Smart Power Monitoring Using IoT," 5th International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS) 2019.
- [6] M. H. Yaghmaee and H. Hejazi, "Design and Implementation of an Internet of Things Based Smart Energy Metering," IEEE International Conference on Smart Energy Grid Engineering (SEGE), Oshawa, ON, Canada, pp. 191-194, 2018.
- [7] Bibek Kanti Barman, et.al, "Smart Meter using IoT," Department of International Electronics and Electrical Engineering (IEEE), (2017).
- [8] https://www.promotic.eu/en/pmdoc/Subsystems/Comm/PmDrivers/IEC62056_OBIS.htm
- [9] <https://github.com/lvzon/dsmr-p1-parser/blob/master/doc/IEC-62056-21-notes.md>
- [10] Citkuseva Dimitrovska, B., Zafirov, E. and Stefanov, G., "Scada System for Process Data Exchange in Master Slave RF and IoT Network," The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics (EPSTEM), ISSN 2602-3199, (2024).
- [11] Stefanov, G. and Cingoski, V., "Implementation of Scada System for Remote Monitoring and Power Metering in RF and IoT Networks," Balkan Journal of Applied Mathematics and Informatics, (2024), 7 (1). pp. 49-62. ISSN 2545-4803.
- [12] <https://www.ibm.com/topics/smart-meter>
- [13] <https://www.manualslib.com/manual/1391353/Iskraemeco-Mt174.html>
- [14] https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp8266-technical_reference_en.pdf
- [15] <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-wireless-communication-nrf24l01-tutorial/>