

## УЧЕБНА ЛАБОРАТОРНА СИСТЕМА ЗА ДИСТАНЦИОННО ОТЧИТАНЕ НА ПРОИЗВЕДЕНАТА ЕНЕРГИЯ ОТ ВЕИ ЦЕНТРАЛИ

Камен Сейменлийски, Силвия Лецковска  
*Бургаски свободен университет*

## LABORATORY TRAINING SYSTEM FOR REMOTE ENERGY RESPONSE FROM RENEWABLE POWER PLANTS

Kamen Seymenliyski, Silviya Letskovska  
*Burgas Free University*

**Abstract:** *This article presents the results for the production of electricity from two plants using renewable energy. They are obtained as a result of the created system for remote reading of the produced electricity.*

**Keywords:** *renewable energy, electricity, remote sensing, production.*

### Въведение

В процеса на практическо обучение по интегрирани енергийни системи с ВЕИ в БСУ са изградени две фотоволтаични централи с различен тип фотоволтаични панели. Двете централи функционират в паралел с енергийната система на сградата на БСУ. Произведената енергия при провеждане на експерименталните изследвания се консумира на случаен принцип от консуматори, функциониращи при нормалната експлоатация на сградата. Постепенното надграждане на тези централи и изследване възможностите за енергийно ефективно консумиране на произведената енергия доведе до необходимостта за по-прецизно измерване и регистриране на произведената енергия.

За БСУ, както и за всеки един потребител и производител на електрическа енергия е важно да получава информация за размера на неговото моментно, ежедневно и месечно производство и потребление, за неговите натоварени часови зони, за качеството на подаваната към него електрическа енергия, за това какъв е ефекта от предприетите от него мерки за пестене на енергията.

Това изисква наличието на технология и инфраструктура от ново поколение, която да осигури двупосочна комуникация в реално време.

Пример система с такива възможности е SMM (Smart Metering and Management) системата или т.н. система за дистанционно отчитане и управление. Центърът на системата осигурява събирането, съхранението и обработката на данни, така че операторите да получават информацията в подходящ вид: данни за билдинг системите, информация за аварии, извънредни ситуации, кражби в мрежата и т.н.

Естествено центърът се разполага в защитената страна на ИТ мрежата на доставчика при спазване на правилата за защита на данните и осигуряване на съответните

права за регламентиран достъп до данните на системата. За осигуряването на преноса на информация е необходимо да бъде изградена комуникационна мрежа.

Вече има изградени мрежи (електропреносни и електроразпределителни) за пренос на електрически сигнали. При наличие на изградена мрежа не е необходимо изграждането на нова. За тази цел има разработени стандарти за т.н. Power Line Communication, които позволяват пренос на информация по вече съществуващи електропреносни и електроразпределителни мрежи.

При изграждането една система за пренос дейностите се свеждат до инсталирането на набор от устройства, които осигуряват пренос на данни от крайните устройства (потребителите) до центъра на системата и преноса на конфигурации и команди относно уравнието на потреблението от центъра на системата към крайните устройства.

Като част от системата за отчитане и управление крайните устройства извършват много повече от това просто да измерват потреблението на електроенергия. Крайното устройство в системата за отчитане и управление е звеното, което включва, изключва, ограничава и защитава потребителя на системата.

Освен изпълнението на команди подадени от оператор на системата, крайното устройство трябва и да е в състояние да работи автономно при прекъснатата връзка със системата, поради аварии в мрежата; да съхранява данните за потреблението на потребителя; да сигнализира за извънредни ситуации (загуби, опити за манипулации и кражба).

## **I. ВИДОВЕ СИСТЕМИ ЗА ОТЧИТАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ**

В зависимост от предназначението и начина на отчитане системите за отчитане могат да се разделят на три основни типа: с директно отчитане; за дистанционно отчитане с локален дисплей; за централизирано дистанционно отчитане.

Системите за директно отчитане се предлагат основно за водомери, като за отчитането им е необходим инкасатор. Те нямат възможност за комуникация с други устройства и съответно не могат да се надграждат, т.е. при нужда от централизирано дистанционно отчитане трябва да се изгради отначало напълно различна система.

Системите за дистанционно отчитане с локален дисплей са частен случай на системите за централизирано дистанционно отчитане. По същество те са изградена система на базата на m-bus или радиосистема за дистанционно отчитане, като с поставянето на локален дисплей вече има възможност и за директно отчитане. Подходящи са за отчитане на водомери, топломери, електромери, газ-разходомери и други в жилищни, офисни и индустриални сгради.

За отчитане на консумираната от потребителя електрическа енергия е предвидена възможността показанията да се отчитат директно от точно кристален дисплей, разположен в горната част на предния панел на електромера. Показанията за всяка тарифа и текущо време се изписват автоматично през осем секунди.

Системите за централизирано дистанционно отчитане дават възможност за напълно автоматизирано дистанционно отчитане на уредите в системата от доставчика (или доставчиците) на услугата, като се запазва възможността за локалното отчитане от инкасатор (при желание на доставчиците или клиентите на услугите). Подходящи са както за отчитане на всички видове битови консумативи (електроенергия, вода, газ и т.н.), така и за индустриално приложение. Данните за консумацията на различни сгради могат да се изпращат към една централна база данни, като интервалите на от-

читане могат да се сведат до няколко минути – т.е. отчитане в реално време. Това предаване може да се осъществи по различни начини: телефонна линия, GPRS, LAN мрежа и др.

Системите за сграда автоматизация (Building Management System – BMS) са възникнали поради необходимостта от автоматизирано управление на инсталациите за отопление, вентилация и климатизация (ОВКИ).

Въпреки натрупания петнадесет годишен опит системите за дистанционно отчитане на изразходваната енергия в големите търговски и бизнес сгради са частично изградени и/или функционират извън рамките на BMS системата.

Като основни причини за липсата на подобни системи и липсата на интеграция между тях и останалите системи от сградата автоматизация, могат да се посочат:

- Липсата на изисквания за мрежова спецификация и комуникационен протокол в стадия на проектиране: налагащата се в момента мрежова спецификация за измервателни средства Mbus(Meter Bus) не се използва активно в България. Като резултат, измервателните средства използват множество комуникационни протоколи, а специализираните технически средства за ОВКИ и управление на осветлението, като правило не притежават възможности за конвертирането им;

- Сравнително големият брой на измервателните средства, които трябва да се включат в системата затруднява изграждането на мрежата.

Наблюдението на изразходваната енергия може да се извършва както със специализираните средства, използвани за управление на частите ОВКИ и осветлението, така и с програмируемите логически контролери (PLC).

Предимството на първите се състои в сравнително простото програмиране, а като предимство на PLC може да се изтъкне тяхната универсалност и възможности за серийна комуникация на данни по различни протоколи. PLC са ситуирани в трафопостове или подстанции. В структурата им се включва комуникационен процесор, поддържащ мрежовия протокол на контролните електромери.

Маршрутизаторът като част от автоматизираната система за отчитане потреблението на електрическа енергия обезпечава информационния поток от данни между Подсистемата за събиране и предаване на данни (ПСПД) и Smart IMS Центъра. Маршрутизаторът поддържа всички канали за връзка, използвани в системата.

Мрежата трябва да осигури на клиента в определен момент достъп до информация или до изпълняващите устройства на неговите устройства. Това означава, че приложенията на клиента ще изискват информация или изпращане на команди до устройствата постоянно. Достатъчно е да се изиска от измервателното устройство веднъж на ден да подаде всичката нужна информация. Така мрежата трябва да работи в режим на постоянна връзка с периодичен (експлозивен) пренос на данни.

Тъй като стойността на мрежовите услуги трябва да е минимална, избора на мрежов оператор е ключов фактор.

General Packet Radio Service(основен пакет радио услуги) е една от технологиите за комуникация, способна да задоволи комплекс от изисквания за ADDAX.Net мрежа за пренос на данни. ADDA.Net е конгломерат от комуникационни устройства (рутери) и крайни изпълнителни устройства, свързани по между си с различни комуникационни канали.

GPRS е пренос на пакет от данни чрез радио канал. Технологиата използва вече съществуващи GSM-мрежи. GPRS потребителят трябва да има свой собствен IP за директна връзка с Интернет. Клиентът на GPRS има достъп TCP/IP сървър намиращ се далеч от границите на неговата основна GSM станция. И обратно, при използ-

ването на интернет е възможно да се отговори на запитване на GPRS от всяка точка (фиг. 1).

Електромерите измерват активна и реактивна енергия, моментната стойност на напрежението, както и фаза, ток, неутрален ток, разликата между фаза и неутрални токове. Всеки електромер може да натрупва и съхранява в енергонезависимата си отчети и аварийно-техническа информация за няколко денонощия.

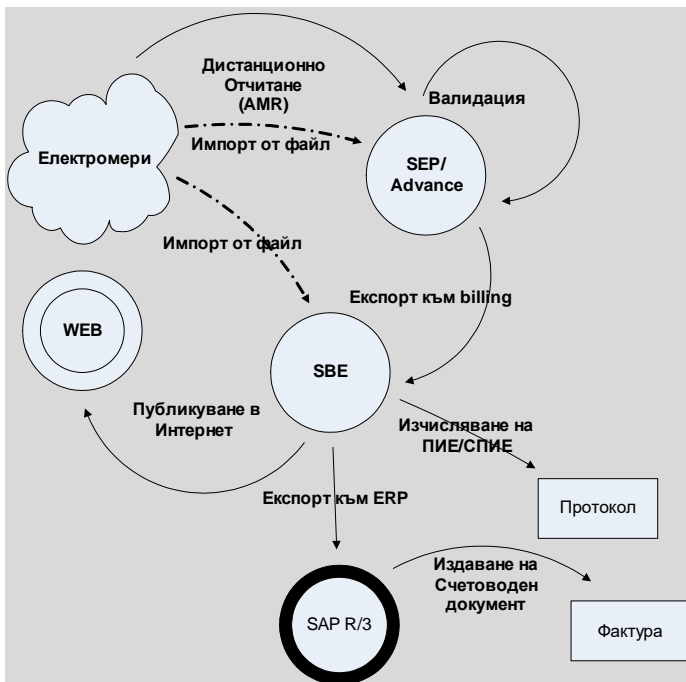
Концентраторът на данни/рутер (DC/R) е специализирано устройство за осигуряване на комуникационни възли чрез PLC, GSM/GPRS, CDMA 2000, UMTS, Ethernet канали, контрол възли чрез Ethernet.

DC/R осигурява обмен на данни между крайните устройства и системния център. RTR7 Router автоматично открива, регистрира и поддържа крайните устройства в мрежата. Чрез запитване рутера постоянно се обръща към всички регистрирани при него електромери в цикличен режим, получавайки от тях отчетна и аварийна информация. На определен интервал от време автоматично синхронизира всички електромери, а така също регистрира нови електромери, появили се в неговия обхват на действие.

При Smart IMS се поддържа двустранен обмен на данни между Центъра и всеки електромер. Връзката се осъществява чрез GSM или LAN комуникация. Данните от измерванията на всички електромери се предават към Комуникационния сървър и посредством LAN/WAN се предават към Центъра.

Центърът се разполага в офиса на електроразпределителната фирма. Неговата структура се състои от: комуникационен сървър, принт сървър, сървър база данни, системен администратор, ARM „Диспечер”, ARM „Администратор” SIMS.

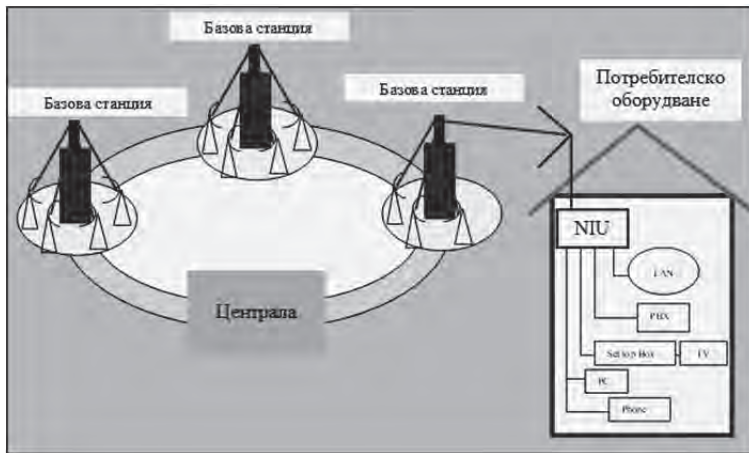
Логистичен процес при Smart IMS е показан на Фиг. 1.



Фиг. 1. Логистика на електроразпределително дружество.

Дигиталните монофазни еднотарифни електромери са предназначени за директно измерване на активна енергия, предвидени обикновено за монтаж на DIN шина. Електромерите директно и точно измерват консумацията на активна енергия на еднофазни електрически вериги и напълно съответстват на международният стандарт EN 62052.

Една от архитектурите за предаване на данни между Slave (електромери и рутери) и комуникационния сървър е LMDS (Local Multipoint Distribution Service). Тя представлява широколентова безжична комуникационна система, работеща в обхвата над 20 GHz, която може да бъде използвана за предоставянето на услуги за глас, данни, Интернет и видео услуги (фиг. 2).



Фиг. 2. LMDS архитектура.

Технологията LMDS има някои предимства пред жичните технологии. Технологията от точка до много точки предоставя на операторите метод за локален достъп с голям капацитет, който е по-евтин от жичните решения.

Освен това подобен тип система се изгражда по лесно и по-бързо в сравнение с жичните решения и дава възможност на операторите да предложат комбинации от приложения. Нещо повече, тъй като голяма част от разходите при изграждане на LMDS мрежа се правят за потребителското оборудване, операторът може да реши къде е икономически изгодно да се постави такова оборудване и кога да го постави.

LMDS системата може също така да се разглежда като ефективно решение на проблема „последна миля“ („last mile“ problem) за всеки оператор и може да се използва от конкурентни оператори за предоставяне на услуги директно на крайните потребители.

Предимствата на LMDS мрежите могат да бъдат обобщени в следните направления: лесно и бързо изграждане, бърза реализация на печалба; по-ниска цена за изграждане на самата системата и по-висока за цена за въвеждане на потребителските станции; сравнително ниски разходи за поддръжка, експлоатация и управление; сравнително лесна промяна на конфигурацията на мрежата.

Мрежовата архитектура на LMDS включва основно четири части: мрежов център за експлоатация (Network Operation Center – NOC), инфраструктура с оптика (fiber-based infrastructure), базови станции (base station) и потребителски станции (customer premises).

Мрежовият център за експлоатация съдържа оборудването на системата за управление на мрежата (Network Management System – NMS), която управлява големи части от потребителската мрежа. Мрежовият център за експлоатация се намира в централата.

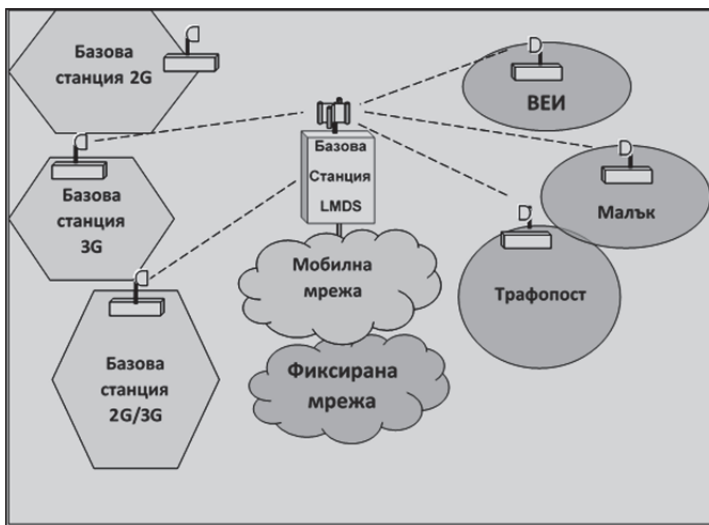
Централата се използва за комутиране на генерираният от потребителите трафик. Също така централата се използва и за свързване на системата LMDS към други системи.

Възможно е дадена система да има повече от една централа в зависимост от големината на мрежата. Централите трябва да бъдат свързани по между си. Същото се отнася и за централите за управление на мрежата, те трябва да бъдат свързани по между си.

Връзката на потребителите на системата LMDS с други мрежи, фиксирани и мобилни, се осъществява с помощта на централа, която е свързана към оптичната рингова структура.

Възможно е базовата технология LMDS да се използва за свързване на базови станции от второ, две и половина и трето поколение. С това се цели да се премахне използването на наети цифрови абонатни линии, наемането на които допълнително натоварва бюджета на мобилните оператори. Също така, по този начин се осигурява независимост на мобилните оператори от операторите, предоставящи цифрови абонатни линии.

На Фигура 3 е показано едновременното свързване на малко или средно предприятие (Small or Medium Enterprise – SME), малък домашен офис (Small Office Home Office – SOHO) и корпоративна организация, заедно с мобилни базови станции от второ и трето поколение



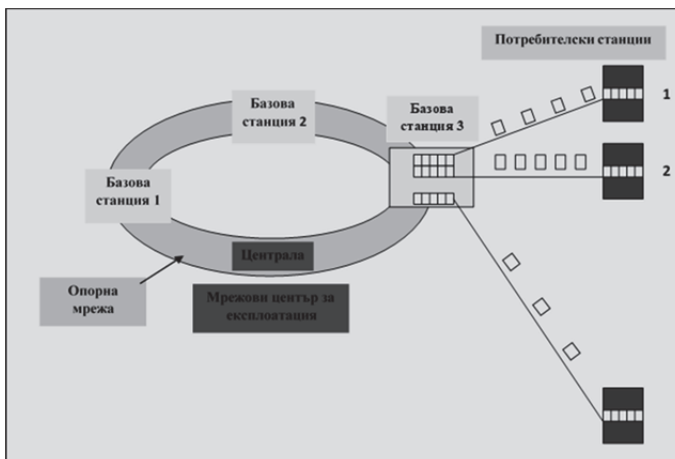
Фиг. 3. Свързване на LMDS към мрежи от второ, две и половина и трето поколение.

## II. СИСТЕМА ЗА МОНИТОРИНГ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ НА ФОТОВОЛТАИЧНА ЦЕНТРАЛА

Идеята е да се планира система от точка до много точки за нуждите на фотоволтаичната централа на БСУ и да се оцени на работоспособността на система LMDS. За се изгради една LMDS система са необходими мрежов център за експлоатация, който да се намира в централата, оптично базирана инфраструктура, базова станция и потребителско оборудване. За тази цел бе използвана примерна конфигурация, на базата на която са направени съответните анализи. Както се вижда от Фиг. 4 всички необходими компоненти за една такава система са:

- *Оптична инфраструктурна мрежа*

За да се свържат отделните базови станции е необходим оптичен пръстен. Целта на системата LMDS е да предоставя широколентов достъп на крайните потребители, както и да предоставя различни видове услуги (глас, данни, Интернет и видео услуги). Тъй като тази система трябва да предоставя различните услуги с изисквано качество на обслужването, за транспортен механизъм на примерната конфигурация се избира технологията за асинхронно прехвърляне на информация (Asynchronous Transfer Mode – ATM). Принципите на ATM мрежата водят до редица предимства: ефективно използване на мрежовите ресурси чрез предоставяне на честотна лента по желание; гарантиране на заявеното от абоната качество чрез поддържане на малки загуби и възможност за малки закъснения при услуги в реално време; поддържане на мултимедийни приложения и смесица от трафични потоци; лесно управление на мрежовата инфраструктура; поддържане на услуги, изискващи виртуални канали, както и услуги, работещи на дейтаграмен режим. За представената примерна конфигурация се избира пренасянето през физическата среда да се осъществява чрез физически интерфейс, базиран на синхронна цифрова йерархия (Synchronous Digital Hierarchy – SDH).



Фиг. 4. Примерна конфигурация на система LMDS.

- *Централа*

Централата се използва, за да извършва комутация между потребители, които не принадлежат към една и съща базова станция. Също така тя се използва като шлюз за връзка на системата LMDS с други мрежи. С помощта на централата информацията

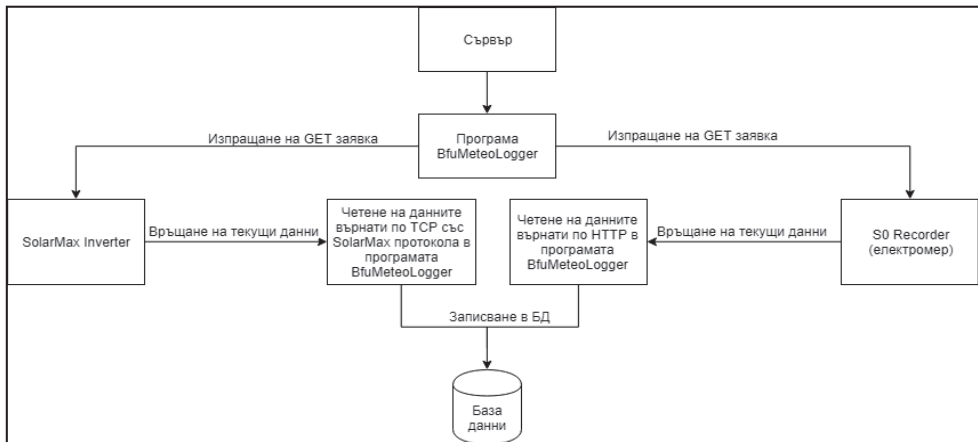
се преобразува от ATM формат във формат, подходящ за предаване през съответната мрежа (например IP или SDN). По този начин потребителите, използващи система LMDS, са свързани с всички съществуващи телекомуникационни мрежи.

#### ▪ Потребителско оборудване

Потребителското оборудване обикновено включва микровълново оборудване, монтирано извън дома или офис сградата на потребителя и оборудване, разположено в сградата, което осигурява модулация, демодулация, управление и което поддържа различни видове интерфейси. Потребителското оборудване съдържа мрежов интерфейс блок, който осигурява връзка между микровълновото оборудване и оборудването, намиращо се в сградата.

#### ▪ Базова станция

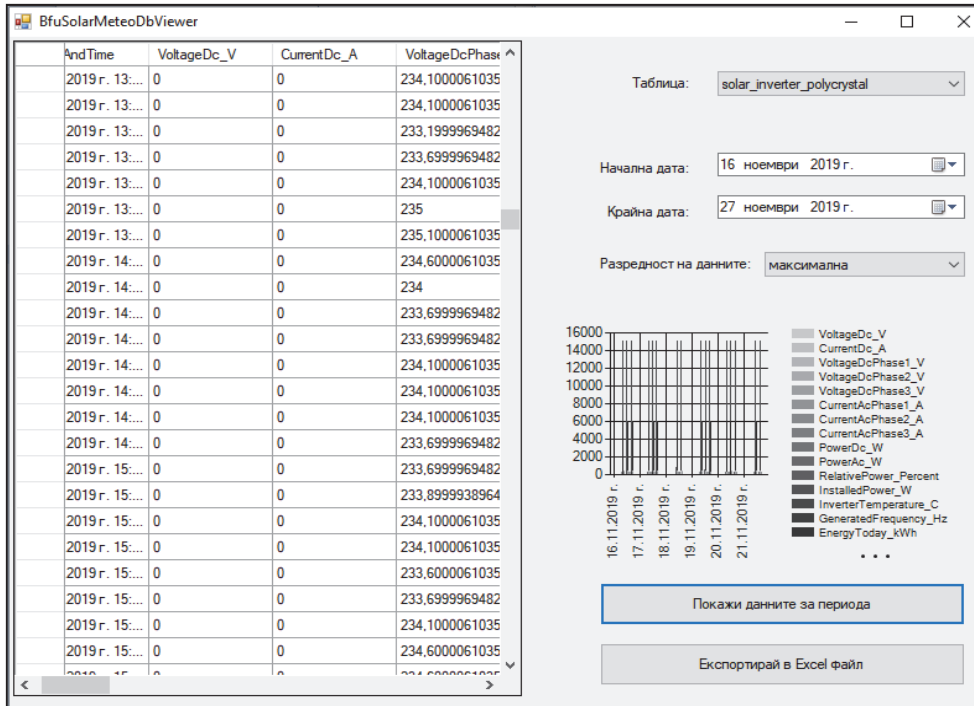
В разглежданата примерна конфигурация се приема, че в базовата станция е поместен Add/Drop мултиплексор (Add/Drop Multiplexor – ADM). Той може да приема на входа си сигнали с различни скорости и позволява те да бъдат въведени и извеждани през съответните канали. ADM позволява осъществяване и транзитиране на потоци в двете направления. В случай на повреда ADM пренасочва основния поток по обходен път. Базовата станция трябва да притежава функции за обработване на сигнала, мултиплексиране, демултиплексиране, компресия, откриване на грешки, кодиране, декодиране, маршрутизация, модулация, демодулация, както и локална комутиция.



Фиг. 5

Специално създадената програма BfuMeteoLogger изпраща заявка и чака резултата, който се записва в базата данни. При първия инвертор (SolarMax) заявката се изпълнява от софтуера в самия инвертор (Фиг. 5). При втория инвертор заявката се изпълнява от електромер, който е вързан за изхода на инвертора. Програмата позволява да се види производство на електроенергия по часове в kW/h, по дни в kW/h, моментното пиково производство на всеки 5 минути, и да се експортират данните в Excel.

Разработено е и приложение BfuSolarMeteoDbViewer, с помощта на което може да се получат данни за производството на електроенергия за избран период от двете централи, както и да се експортират данните в Excel файл (Фиг. 5), но и за параметрите на околната среда.



Фиг. 5. Данни от BfuSolarMeteoDbViewer.

### Изводи

Работата на изградените две фотоволтаични централи, използващи различен тип панели, може успешно да бъде наблюдавана от гледна точка на производството на електроенергия и ефективността им на работа при еднакви климатични условия. Това дава възможности за констатиране на изменения в стойностите на основните параметри на панелите, дължащи се на повреди и умора на материалите.

### Литература

- [1]. Бичев Г., Пулков В., Мультиплексни системи, Нови знания, гр. София, 2003г.
- [2]. Димитров В., Siemens Sky Web-Local Multipoint Distribution Services, София, 2006 г.
- [3]. Мерджанов П., Телекомуникационни мрежи Част 2, Нови знания, гр. София, 2002 г.
- [4]. Мирчев С., АТМ комуникации, Нови знания, гр. София, 2001 г.
- [5]. Р. Симионов, Съвременни методи за инженерингови решения в сградни енергийни системи, Годишник БСУ 2018, том XXXVIII, ISSN: 1311-221X
- [6]. Долчинков Р., П. Георгиева, Ефективност на системи за слънчево проследяване, Годишник на БСУ, том XXVIII, стр. 243-255, 2012, ISSN 1311-221-X
- [7]. Елдар Заеров, Използваненаперовскитавслънчеватаенергетика, Годишник БСУ 2018, том XXXVIII, ISSN: 1311-221X, стр. 255-260.