

УНИВЕРСИТЕТ ЗА НАЦИОНАЛНО И СВЕТОВНО СТОПАНСТВО

факултет „Икономика на инфраструктурата”

катедра „Икономика на транспорта и енергетиката”

МАРТИН ГЕОРГИЕВ МЕДНИКАРОВ

**НАСОКИ ЗА РАЗВИТИЕ И ВНЕДРЯВАНЕ НА ИНТЕЛИГЕНТНИ
МРЕЖИ В ЕНЕРГИЙНАТА СИСТЕМА НА БЪЛГАРИЯ**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен „доктор“

по научна специалност 05.02.18 – „Икономика и управление на транспорта“

Научен ръководител

проф. д-р Септемврина Костова

София

2020

УНИВЕРСИТЕТ ЗА НАЦИОНАЛНО И СВЕТОВНО СТОПАНСТВО

факултет „Икономика на инфраструктурата”

катедра „Икономика на транспорта и енергетиката”

МАРТИН ГЕОРГИЕВ МЕДНИКАРОВ

**НАСОКИ ЗА РАЗВИТИЕ И ВНЕДРЯВАНЕ НА ИНТЕЛИГЕНТНИ
МРЕЖИ В ЕНЕРГИЙНАТА СИСТЕМА НА БЪЛГАРИЯ**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен „доктор“

по научна специалност 05.02.18 – „Икономика и управление на транспорта“

Научен ръководител

проф. д-р Септемврина Костова

НАУЧНО ЖУРИ

- 1. Проф. д-р Септемврина Георгиева Костова**
- 2. Проф. д-р Христина Лазарова Николова**
- 3. Проф. д-р Тилчо Колев Иванов**
- 4. Доц. д-р Янко Иванов Коралиев**
- 5. Доц. д-р Иванка Стоянова Маноилова**

София

2020

Дисертационният труд се състои от 217 страници, от които: увод – 5 стр., основен текст (три глави) – 202 стр., заключение – 2 стр., списък на използвана литература - 195 източника, таблици – 17 бр., фигури – 20 бр, приложения – 6 бр.

Дисертационният труд е обсъден и насрочен за защита на 28.01.2020 от катедра „Икономика на транспорта и енергетиката“ при УНСС.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 2.04.2020 от 10 ч. в зала „Научни съвети“ (2032а) на УНСС.

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в отдел „Научни съвети и конкурси“ и на интернет страницата на УНСС.

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. Актуалност на темата

Актуалността се свързва с факта, че цялата структура на обществото е директно свързана с консумацията на електричество, без което животът е невъзможен. Прекъсването на електричество от типа „спиране на тока“ може да има „ефекта на доминото“ – поредица от прекъсвания могат да повлияят на банките, комуникациите, транспорта и сигурността. *Новите изследвания* в областта на енергетиката, които се разглеждат в настоящия дисертационен труд, са свързани с факта, че поради двупосочния си интерактивен капацитет, интелигентната мрежа, когато има прекъсване на електрозахранването, може да се справи с проблема. Изследвани са новите технологии, които спомагат да се гарантира възобновяването на електричеството бързо и стратегически след възникване на авария – маршрутизиране електроенергия до услугите за спешна помощ. В допълнение, интелигентната мрежа ще се възползва от клиентите, които притежават електрогенератори за производство на енергия, когато не е налична от предприятията – ползватели. Чрез комбиниране на това „разпределено производство на електроенергия“, общността ще запази здравия си център, полицейския си участък, светофарите, телефонната си система, както и магазина с касовите апарати, действащи по време на аварийни ситуации. В допълнение, интелигентната електроенергийна система е начин за справяне с остаряващата енергийната инфраструктура, която трябва да бъде заменена или модернизирана. Това е възможност да се обърне внимание на енергийната ефективност, да се повиши осведомеността на потребителите относно връзката между потреблението на електричество и околната среда. И това е начин да се въведе по-голяма сигурност в нашата националната енергийна система – поставянето на акцент върху по-големите количества енергия, генерирана в домашни условия, която е по-устойчива на природни бедствия и терористични атаки.

Темата „Насоки за развитие и внедряване на интелигентни мрежи в енергийната система на България“, звучи модерно, но е все още неразпознаваема в България. Като термин се използва само от тесните специалисти. Но значимостта на този проблем е много голяма за нашата съвременност – за икономическото развитие на страната, както и за потреблението на електроенергия във всяко едно домакинство. Основната теза е: Чрез

анализиране на чуждия опит в разработването на Smart grid да се помогне на ЕРП-тата на българския електроенергиен пазар да повишат своята ефективност. За целта ще се очертаят насоките за развитие и внедряване на интелигентните мрежи в България и ще се изберат най-подходящите варианти според определени специфични критерии.

Очакваните приноси са свързани със систематизиране на нови знания за ефективността на енергетиката и очертаването на възможности за приложение на резултатите от изследванията в енергийната практика и доказване на икономически и социални ефекти.

Интелигентните електроенергийни мрежи (ЕИМ) се състоят от милиони части и елементи – контролери, компютри, електропроводи и нови технологии и оборудване. При формулиране на работната хипотеза стремежът бе тя да бъде практико-приложно ориентирана. По презумпция издигнатата хипотеза е свързана с темата за насоките за изграждане и изпитване на интелигентни електроенергийни мрежи (ИЕМ).

В този смисъл предположението на издигнатата хипотеза е, че ще отнеме известно време, докато модерните технологии бъдат усвоени, оборудването бъде инсталирано и системите бъдат тествани, преди да станат напълно он-лайн. И това няма да се случи изведнъж – интелигентната мрежа ще се развива, постепенно през следващите десетилетия. Технологията за съхранение и разпределението на електроенергията трябва да се усъвършенства. В краткосрочен план, трябва да се изучава търсенето на енергия, за да се отговори на наличното генериране. За да може търсенето да се приведе в съответствие с нисковъглеродното генериране на енергия, работа в икономичен режим и използване на интелигентни уреди, потребителите трябва: да бъдат наясно кога е налична електроенергията; да бъдат в състояние да планират съответното потребление си. Накратко, потребителите трябва да станат *проактивни*, много по-ангажирани с електроенергийната индустрия, отколкото са в момента.

2. Цел и задачи на изследването

Целта на дисертационния труд може да се формулира по следния начин: Като се анализира иновацията „интелигентни мрежи“, която се прилага в западноевропейските страни, да се очертаят **насоки** и дадат предложения за тяхното развитие и внедряване в електроенергийната система на България.

Тази генерална цел се декомпозира в следните задачи:

1. Да се систематизират знанията за интелигентните енергийни мрежи;
2. Да се анализира енергийният отрасъл на РБългария и мястото му в ЕС;
3. Да се докажат икономическите и социални ползи за потребителите при използване на ИЕМ;
4. Да се очертаят насоките на внедряване на ИЕМ в България.
5. Да се разработи модел за оценка на икономическия ефект от внедряване на ИЕМ.

3. Обект и предмет на изследването

Обектът на изследване са интелигентните електроенергийни мрежи (Smart grids) и техните характеристики.

Предметът на дисертационния труд е внедряването на интелигентните електроенергийни мрежи и икономическите резултати, които ще бъдат постигнати.

4. Методика на изследването

Изследователският *подход*, който се използва, е едновременно логически и емпирически. В началото се прави задълбочен литературен обзор и са направени логически извеждания и заключения. По-късно, във внедрителската фаза се правят икономически разчети, които да докажат / отхвърлят работната хипотеза. *Методите* на изследване са метод на анализа и синтеза, метод на индукция и дедукция, метод на сравнението, метод на аналогията, индексен метод, вероятностни методи, корелационно-регресионен анализ, метод на моделирането и др. Системата от показатели за анализ, оценка и прогноза работи със специфични технически показатели от една страна и от друга страна – относителни икономически показатели за производителност, ефективност, рентабилност, възвръщаемост на инвестицията и др.

5. Ограничения на изследването

При набиране на информация по темата са идентифицирани секретност на някои от информацията за отделни държави в Европа и у нас. Ограничение на изследването има и в периода на проучването, тъй като темата е много нова и още няма внедряване у нас.

Ограниченията на докторантския труд се появяват от различни обстоятелства:

Ограничения на обекта: Изграждането на интелигентна мрежа не е толкова лесно, колкото може да изглежда, тъй като не всички компоненти са под контрола на разпределителното дружество. Реализирането на истинска интелигентна мрежа е комерсиална и регулаторна революция, не само технологична.

Ограниченията на предмета на изследването представляват още и някои трудности при изграждането на Интелигентните електроенергийни мрежи, обусловени от липса на информация, съпротива от крайните потребители от домакинствата, технологични трудности, високи цени и пр.

Предметната област е *интердисциплинарна* между технически и икономически науки. За решаването на поставените задачи, са използвани само някои технически показатели, а същественото в дисертацията са икономическите анализи и разчети, които доказват икономическата ефективност от внедряването на ИЕМ.

В хода на изследването са използвани следните *информационни източници*: интернет сайтове, сайтове на Евростат, НСИ, публикации от Института за енергиен мениджмънт, европейски проекти за smart grid.

6. Структура дисертационния труд

Структурата на дисертационния труд се предопределя от съчетаването на обекта, предмета и изследователските цели, и отразява възприетия от автора цялостен подход към изследването. Трудът се състои от увод, три глави, заключение, речник с основни и термини и със съкращения, списък на използвана литература и приложения.

Речник

Увод

Първа глава Същност на иновацията на електроенергийното разпределение в мрежа

1. Същност и етапи на действие на електроенергийната система

1.1. Производство на електроенергия

1.2. Пренос на електроенергия

1.3. Разпределение на електроенергията

1.4. Надеждност на качеството на електроенергийната система

2. Разглеждане на интелигентните мрежи и техните характеристики

2.1. Smart grid (интелигентна мрежа). Дефиниции за интелигентни мрежи

- 2.2. Характеристики на Smart grid (интелигентна мрежа)
- 2.3. Сравнение между класическа и интелигентна мрежа
- 2.4. Компоненти на интелигентната мрежа
- 2.5. Влияние на интелигентната мрежа върху околната среда
- 2.6. Общ преглед на уредите и технологиите, необходими за ИЕМ
- 3. Съхранение на електроенергията като компонент на ИЕМ: приложения и предимства
 - 3.1. Значение на съхранението на електроенергията
 - 3.2. Преглед на различните технологии за съхранение на еленергия
 - 3.3. Ползи от приложение на системите за съхранение на енергия
 - 3.4. Икономическа ефективност на системата за съхранение на енергия
- 4. Системи и методи за анализиране на преносните системи като трансмисионен компонент на ИЕМ
 - 4.1. Комуникации и работа в мрежа в наследствената електропреносна система
 - 4.2. Системата SCADA
 - 4.3. Комуникации и работа в мрежа в интелигентната електропреносна система
- 5. Преглед на комуникационните технологии за интелигентната мрежа
- 6. Микромрежи като съставна част на ИЕМ и бъдещето на разпределената енергия
 - 6.1. Концепция за микромрежа
 - 6.2. Управление и икономика на микромрежите
- 7. Насоки за създаване на интелигентни мрежи

Втора глава Анализ на състоянието и използването на интелигентните мрежи в електроенергийните системи

- 1. Либерализационен процес в електроенергийния сектор
- 2. Състояние на отрасъла Енергетика на РБългария
- 3. Анализ на развитието на електропреносната система в България
 - 3.1. Анализ и прогноза за развитието на потреблението на електроенергия
 - 3.2. Прогноза за развитие на производствените мощности в България
 - 3.3. Инвестиционни проекти за изграждане на електроцентрали с приоритетно производство
 - 3.4. Планиране развитието на електропреносната мрежа в страната
- 4. Преглед на европейските проекти за Smart grid
 - 4.1. Примери за внедряване на ИЕМ във Финландия и Италия
 - 4.2. Проект на Cisco Systems и Itron

- 4.3. Проект на ITU
- 4.4. Проект на Тошиба
- 4.5. Проект My Smart grid
- 4.6. Модел на Panasonic – Проект Smart Electric Lyon
- 5. Анализирани на енергийната ефективност на Р България
- 6. Модели за управление на ИЕМ
 - 6.1. Разходи за изграждане на Smart grid
 - 6.2. Анализ „Разходи-ползи“ при използване на ИЕМ
 - 6.3. Варианти за моделиране на управлението на интелигентни електрически мрежи и икономическата ефективност
 - 6.3.1. Проектиране на модел за управление на ИЕМ
 - 6.3.2. Представяне на модел за икономическа оценка на ефекта от внедряване на интелигентни електрически мрежи
- 7. Методи за ценообразуване за електроенергийните услуги
- 8. Проблеми, свързани с внедряване и използване на Smart Grid
 - 8.1. Проблеми при внедряване на „умни“ уреди и „умни“ мрежи
 - 8.2. Бариери пред внедряването на ИЕМ

Трета глава Насоки за проектиране и внедряване на интелигентни мрежи в България

- 1. Насоки в политиката за използване на различни модели на Smart Grid
 - 1.1. Смяна на модела за електропреносната мрежа
 - 1.2. Бизнес модели, свързани с IoT
 - 1.3. ИКТ решения на HUAWEI за електропреносна мрежа
 - 1.4. Проект за развитие на електропреносната мрежа
 - 1.5. Новата роля на електромерите за внедряване на ЕИМ
- 2. Икономически основи на прилагането на ИЕМ в България
 - 2.1. Икономическо проектиране дизайн на интелигентната мрежа в България
 - 2.2. Установяване на режими на потокоразпределението и нивата на напреженията и хибридно предсказване за интелигентна мрежа
 - 2.3. Резултати от анкетно проучване работата на лабораториите за ИЕМ в Европа
 - 2.4. Апробиране на модела за управление на ИЕМ
 - 2.5. Апробиране на модела за оценка на ефекта от внедряване на ИЕМ

3. Избор между възможности и насоки за внедряване на Smart Grid у нас
 - 3.1. Проекти на Smart grid, реализирани в България
 - 3.2. Предложение за внедряване на ИЕМ по проекта на Италия
 - 3.3. Предложение за внедряване проекти на Панасоник и Тошиба
 - 3.4. Национална енергийна политика и насоки за внедряване на ИЕМ
4. Ефекти от внедряване на ИЕМ
 - 4.1. Икономически ефекти за крайните потребители
 - 4.2. Икономически ефекти за големите предприятия и държавата
 - 4.3. Социални ефекти за потребителите
 - 4.4. Екологични ефекти
5. Финансови инструменти, подходящи за въвеждане на ИЕМ
6. Насоки и стратегии за постигането на енергийна ефективност чрез внедряване на ИЕМ
 - 6.1. *Енергийна ефективност на сградите*
 - 6.2. *Насоки, проистичащи от поведението на потребителите са заложи в проектите*
 - 6.3. *Насоки за финансиране на енергийната инфраструктурата*
 - 6.4. *Насоки за използване на ВЕИ*
 - 6.5. *Насоки за развитие на енергийно ефективен транспорт (програма STEER)*
 - 6.6. *Насоки за подобряване на енергийната ефективност*
 - 6.7. *Инициативи в областта на енергетиката на местното ръководство*
7. Бъдещо развитие на интелигентните мрежи на световно ниво

Заклучение

Използвана литература

Приложения

II. КРАТКО СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Глава първа

Същност на иновацията на електроенергийното разпределение в мрежа

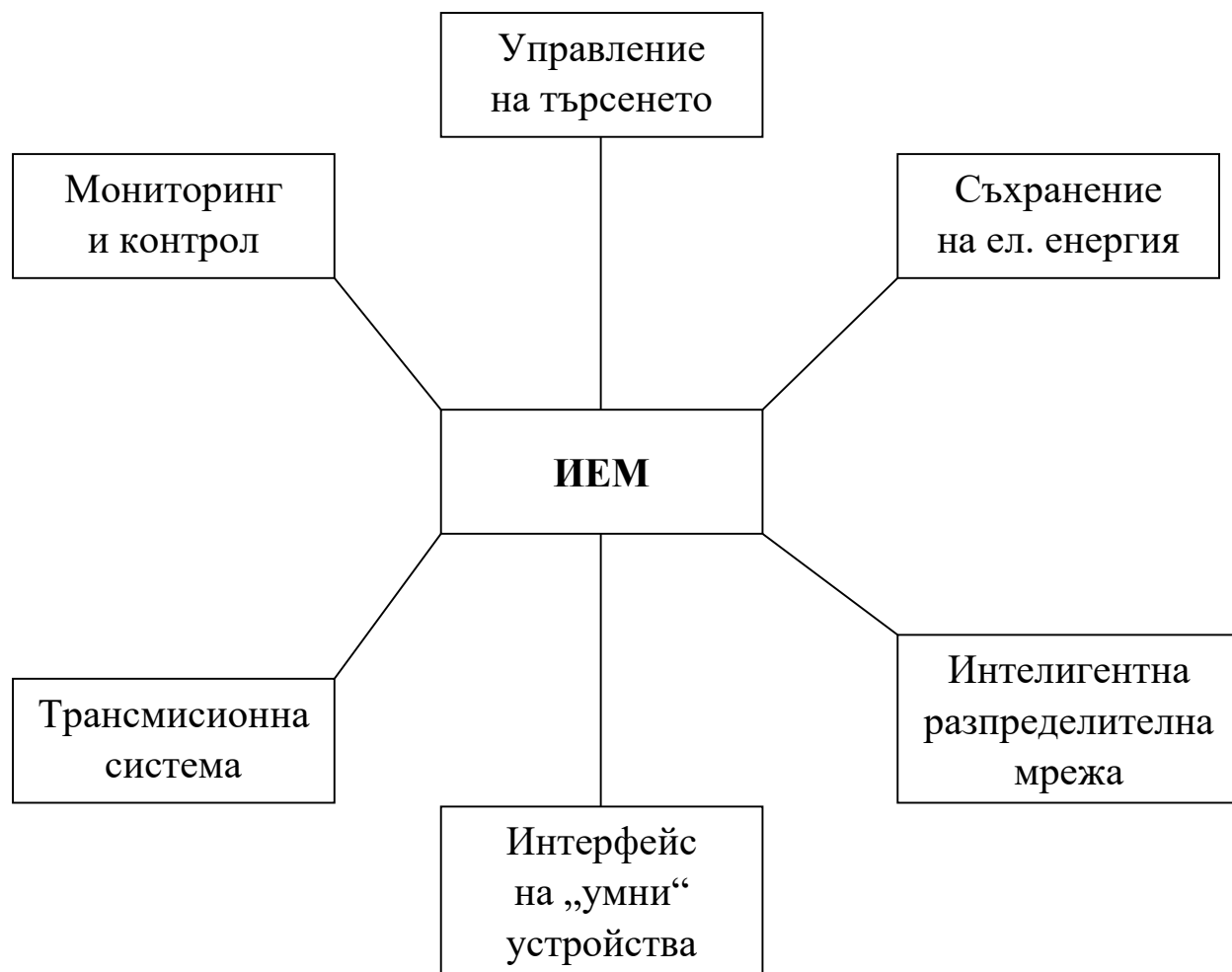
В първа глава се разглежда същността на интелигентните мрежи и техните характеристики. На основата на направен преглед на различни дефиниции за

интелигентни електрически мрежи е формулирано следното определение за ИЕМ, а именно: *електрическа мрежа, дигитализирана чрез сензори, които правят възможно интегрирането ѝ с оглед контролиране, визуализиране и оптимизиране на електропотреблението на клиентите.* ИЕМ може разходно-ефективно да обедини усилията на всички ползватели, свързани към нея: производители, потребители и тези, които са едновременно производители и потребители, за да осигурят електроенергийна ефективна система с ниски загуби, повишено равнище на качество и сигурността и безопасността на електроснабдяването.

Въвеждането на Smart Grid в инфраструктурата на електрическата мрежа ще донесе следните ползи: гарантиране надеждността на мрежата до нива, които никога не са били възможни преди; постигане на икономическа ефективност; осигуряване понижаване на цените на електроенергията; поддържане достъпността на потребителите на енергия; предоставяне на потребителите по-пълна информация и избор на доставчик; осигуряване приспособяване на възобновяемите и конвенционалните енергийни ресурси; по-голямо проникване на прекъсващи източници на електроенергия; революционизиране не само сектора на комуналните услуги, но и транспортния сектор чрез интегриране на електрически превозни средства (носители) като устройства за производство и съхранение на енергия.

Изведените характеристики на Smart Grid са: използване иновативни продукти и услуги заедно с интелигентни технологии за мониторинг, контрол, комуникация и самовъзстановяване. Smart Grid проявява следните характерни свойства: пълна автоматизация, пълна интеграция на потребителите, адаптиране на мрежите към различни топологии на електропроизводство

Компонентите на интелигентната мрежа обхващат както технологиите, използвани за подобряване на стабилността и надеждността на производството на електроенергия, така и интелигентните контроли и смесите, състоящи се от възобновяеми ресурси, използвани за производство на електроенергия. Системата се състои от следните компоненти (фиг.1.):



Фигура 1. Компоненти на ИЕМ

Влиянието на интелигентната мрежа върху околната среда се изразява в намаляване на емисиите на парникови газове, като се забави ръста на търсенето на електроенергия.

Потребителите ще могат да управляват собствената си консумация на енергия чрез табла за управление и електронни енергийни съвети. По-точната и навременна информация относно ценообразуването на електроенергията ще насърчи потребителите да възприемат решенията за намаляване на натоварването, които активно наблюдават и контролират потреблението на енергия от уредите. При дерегулираните пазари ще се позволи на потребителите да използват информацията за динамично преместване между конкурентни доставчици на енергия въз основа на желаните променливи, включително разходите за енергия, емисиите на парникови газове и социалните цели. Потребителите могат да включват компании за комунални услуги, собственици на жилища със слънчеви

панели, разположени на покрива и правителства с поземлени площадки, които използват метан. Този подход на отворения пазар би могъл да доведе до нужната яснота и да ускори по-нататъшните инвестиции в производството на възобновяема енергия.

Важно при внедряването на smart grid е съхранението на електроенергия (ES) чрез създаване на среда (носител), в която се съхранява някаква форма на енергия, която да се използва по-късно. При традиционната електроенергийна система ES играят относително малка роля, но тъй като периодичните възобновяеми енергийни източници или разпределените генератори и модерните технологии се интегрират в електрическата мрежа, съхранението става *ключов фактор* за нисковъглеродните, интелигентни енергийни системи за в бъдеще. Повечето възобновяеми източници на енергия не могат да осигурят стабилно енергоснабдяване и въвеждат потенциален дисбаланс в енергийните доставки и търсенето на електронатоварване. При анализа се установиха следните възможни начини за целта:

- А) Системи за съхранение на енергия с използване на акумулаторни батерии (BESS),
- Б) Съхранение на енергия чрез използване на суперпроводници на магнитна енергия (SMES)
- В) Съхранение на електроенергия чрез използване на супер кондензатори (SCES)
- Г) Съхранение на енергия с маховик (FES)
- Д) Съхранение на топлинна енергия (TES)
- Е) Съхранение на енергия чрез помпени хидроелектрични системи (PHS)
- Ж) Съхранение на енергия под формата на компресиран въздух (CAES)
- З) Използване на водород за съхранение на енергия (HES).

Всеки от предложените начини има своите предимства и недостатъци. Най-важният критерий за избор е колко ще струва избраната технология за съхранение. Когато се извършва оценка на всички фактори (Impact assessment), трябва да се отчитат още продължителността (срок на съхранение), мощността, времето за реакция и различни ситуационни ограничения.

Ползите от приложението на системите за съхранение на енергия са *технически, икономически и екологични ползи*

Електроенергията може да бъде закупена по време на ниско търсене да се съхранява по начин, избран на база на посочените критерии и да се използва по време на високо

търсене и по този начин общата цена на потребление се намалява. Освен това съхранената електроенергия може да се продава на международните пазари по време на повишено търсене на по-висока цена. Електричеството от възобновяеми източници може да се използва по подобен начин, за да се намалят общите разходи за консумирана енергия. За България една от възможностите за евтино производство и съхранение е при подходящи метеорологични условия чрез използване на ВЕЦ, които макар и малки по капацитет, се намират в различни части от територията на страната ни.

От системите за анализ на преноса на електроенергия SCADA с най-голямо приложение с трансмисионния компонент на ИЕМ. SCADA използва програмируеми логически контролери (PLC) като интерфейс за управление и е в състояние да контролира от няколкостотин до един милион или повече входно/изходни устройства в областта. Много оператори, вкл. и в България използват версиите на софтуера SCADA с отворен код, тъй като са финансово по-изгодни.

От гледна точка на мрежовата топология, обектите за интелигентна комуникационна мрежа могат да бъдат разделени на три вида мрежови архитектури, а именно: домашна мрежа, Home Area Network (HAN; мрежата на съседните райони, Neighbouring Area Network (NAN) и широкообхватната мрежа, Wide Area Network (WAN).

Комуникационните технологии за интелигентната мрежа са ZigBee, WLAN, WiMAX, Femtocells и други. Това е набор от спецификации, предназначени да свързват различни устройства под един мрежов контрол. За пълнота, в допълнение към гореспоменатите технологии, могат да се изброят и други технологии, включително Bluetooth с цифров микровълнов и безжичен мобилен широколентов достъп.

Широкото навлизане на малки генератори в разпределителните мрежи повдига някои технически въпроси и проблеми свързани с работата на конвенционалните енергийни системи. Концепцията за микромрежата предлага стъпка на преход към *автономна, нискоемисионна, интелигентна енергийна система*. Добре разработената система за управление и управление на микромрежа позволява разширен контрол, който е съвместим с текущите операции на електроенергийната система, а микромрежата е видима и контролируема от системните оператори на по-високо ниво. Като *изолирана микромрежа се определя такава микромрежа, която няма свързваща точка към мрежата за комунални услуги*. Този вид микромрежа обикновено се намира в

отдалечените селски райони или на остров. Тези зони могат да бъдат осигурени от голям брой чисти енергийни генератори, управлявани с добра стратегия за контрол на натоварването. Погледната по този начин, микромрежата е *нов метод за захранване на отдалечени райони*, който елиминира необходимостта от инсталиране на далекопроводи до района, което не е икономично, ако търсенето на електроенергия и броят на потребителите са малки. Микромрежа, свързана към основната мрежа, представлява *преход от традиционната електроенергийна система към интелигентна мрежа*, с цел приспособяване на нарастващия брой РГ. *Ползите* от микромрежите се оценяват от различни аспекти. Чрез интегрирането на разпръснатата възобновяема енергия към доставките на електроенергия, микросредите имат значително въздействие върху намаляването на емисиите на парникови газове и разрешаването на други екологични проблеми. Съществуват обаче значителни предизвикателства при изграждането на микроелектроразпределителните системи в съществуващата развита енергийна мрежа.

В областта на микромрежите най-дискутираните теми включват: *стратегии за контрол, надеждност и проблеми с качеството на електроенергията, островна работа, дизайн на microgrid и реакция към търсенето*.

Микромрежите могат да бъдат разделени на две категории:

1) Изолирани микромрежи, които работят самостоятелно и обикновено не са свързани към основната мрежа

2) Микромрежи, свързани към основната мрежа, които имат електрозахранване.

Микромрежите от първата категория обикновено се намират в изолирани отдалечени райони. Самата система много прилича на независимо действаща миниелектрическа система. Техническите изисквания са еднакви. Въпреки това те използват повече периодични възобновяеми енергийни източници. Регулирането на честотата и контролът на напрежението са важни за надеждната работа на microgrid. Изолираните микромрежи обикновено са оборудвани с устройства за съхранение на енергия, за да компенсират колебанията в производството на генераторите и нарушенията на системата. За микромрежите, свързани към основната мрежа, главната електропреносна мрежа е основен източник за захранване.

Микромрежите, свързани към главната мрежа, имат два основни режима на работа: мрежовосвързан режим и островен режим. Има два режима на преход: режим на преход от

мрежово свързан към островен и възстановяване на връзката. В режим, свързан с мрежата, прекъсвачът в точката на свързване е изключен. Мрежата е свързана и служи като част от главната мрежа. Благодарение на разпръснатите генератори (РГ) съществува обратен поток на мощност от микросредата към основната мрежа. В режим, свързан с мрежата, управлението на системата се нуждае от обмен на информацията за работата на системата. Информацията служи като контролен параметър за планиране на прехода към режима на островно опериране. При островен режим някои натоварвания могат да бъдат изключени, за да се гарантира, че захранването е достатъчно за важни товари. Децентрализираният контрол се прилага към микромрежите посредством характеристиките на разпръснатите енергийни източници. В една микромрежа е важно ресурсът от производството да бъде гъвкаво добавен, премахнат или коригиран, по подобие на ресурс от типа „включи и пусни“ (plug-and-play). От страна на клиентите, това е преходно състояние от конвенционалната към интелигентната мрежа. Реакцията към търсенето и управлението на търсенето е първият етап от интелигентната мрежа. С икономически стимули и подходящи стратегии за контрол, микромрежите могат да участват като компонент на интелигентната мрежа, за да коригират резултатите, за да подобрят енергийната и икономическата ефективност.

Инвестицията за изграждане на микромрежа включва капиталовите разходи (I) за генераторни устройства, съхраняване на енергията, контролно оборудване, системи за управление, комуникационни системи и схеми за защита. Оперативните разходи (OC) включват разходи за гориво за разпръснатите генератори и разходи за закупуване на енергия от основната мрежа. Разходите за разпръснати енергийни генератори в повечето случаи са по-високи от тези за конвенционалните централизирани генериращи единици. Това е един от недостатъците на микромрежите. Въпреки това, като се вземат предвид високите разходи за преносните линии до отдалечена зона, инсталирането на микромрежи може да се окаже по-икономично.¹ С прилагането на реакцията към търсенето и интелигентните измервателни уреди **икономическите ползи** от микромрежите се увеличават. По време на пиковите часове микромрежата би могла да употреби своята складирана енергия и да изнесе електричество в електропреносната мрежа на по-висока

¹ Center for Contemporary Conflict Report. (2002) „Economic Costs to the United States Stemming from the 9/11 Attacks.”

цена. По време на часове с по-ниско потребление микромрежата може да купува електроенергия от електропреносната мрежа на по-ниска цена и да попълва енергийния си запас. С добре настроена система за управление и контрол, микромрежата би могла да постигне добри резултати в реагирането към търсенето и да постигне значителни финансови ползи. В микромрежата с разпределени генератори, когенерация и възобновяеми енергийни генератори, системата може да се използва по енергийно ефективен начин. Когато възобновяемата енергия е в излишък, тя би могла да се използва за зареждане на устройства за съхранение на енергия или за натоварвания, които не са обвързани с времето, например отопление / охлаждане, пералня и т.н. Съхранената енергия може да бъде употребена, когато цената на електроенергията е висока. Стратегиите за управление и контрол могат да бъдат разработени за различни видове натоварвания, за да се сведе до минимум генерирането на електроенергия от базираните на изкопаеми горива генератори, както и да се сведат до минимум общите разходи за доставка на локални товари. За микромрежата с комбинирано производство на електроенергия, икономическата полза би могла да бъде подобрена чрез координиране на електрическото натоварване с топлинните товари, чрез което общата енергийна ефективност може да бъде подобрена.

На основата на извършен преглед на съществуващи ИЕМ могат да се изведат насоки за създаване на интелигентни мрежи:

Интелигентните електрически мрежи пренасят електроенергия двупосочно, т.е. те са способни не само да захранват домовете и офисите с ток, но и да поемат генерираната от тези домове и офиси електроенергия. На практика при „умните“ електро-мрежи всеки дом, офис, къща, сграда, двор и поляна ще е едновременно и консуматор, и производител на ток. Малки вятърни турбини в дворовете на къщите, соларни фотоволтаични панели по покривите на бизнес-сградите ще спомагат жилищата и работните ни пространства да бъдат едновременно потребители и доставчици на електроенергия.

Освен двупосочния пренос, интелигентните електрически мрежи се отличават и с интелигентно разпределение на консумацията и натоварването. Уреди, които са включени, но не се използват активно, ще се изключват автоматично. В часовите зони, когато електро-потреблението е слабо (например нощем), умните мрежи ще включват определени уреди – например пералните машини в домовете или заводско оборудване,

което е проектирано да работи в произволни интервали от време. Обратното важи също – умната електро-мрежа ще се грижи в часовете с най-натоварено потребление да изключва всички уреди, чието функциониране може да почака за по-слабо натоварената часова зона.

Подобна модернизирана система за разпределение и пренос на електричеството се рекламира от много правителства като начин за разрешаване на проблемите с енергоконсумацията и постигане на енергийна независимост, както и справяне със замърсяването на околната среда и промените в климата.

От гледна точка на крайния клиент използването на такава умна електропреносна система ще значи съществено спестяване на електроенергия. Това на свой ред ще води до намаляване на разходите на домакинствата. Би трябвало да доведе и до повишаване на надеждността – благодарение на по-балансираното натоварване, намаляването на случаите на претоварване и съответните сривове на мрежите.

В първа глава са посочени пет основни приложения на интелигентните мрежи: интелигентни системи, интелигентни ВЕИ, интелигентни доставчици на електроенергия, интелигентни потребители и интелигентен транспорт. Два основни ИТ компонента ще трябва да бъдат развити до най-висока степен – софтуерът за управление и мрежите за преноса на данните. *Софтуерът* – „мозъкът“, който ще управлява всички системи и електроуреди, е изключително сложен и прецизен. Неговото създаване е същинско предизвикателство за софтуерната индустрия. *Мрежите за пренос на данни* са другият изключително важен компонент в системата за управление на смарт грид. Тук има голяма борба между фиксираните и безжичните технологии за комуникация. При всички положения обаче комуникациите играят основа роля за контрола на умните електро-мрежи и това е друго предизвикателство към индустрията на високите технологии.

Предизвикателство към мрежите е това, че алтернативните източници на енергия – парковете със соларни панели и вятърни турбини – обичайно са географски разпръснати и изискват мрежи с голямо покритие. Големият им брой и разнородност поставя изискване към софтуера са борави безотказно с огромни обеми данни. И в двата случая не са допустими закъснения. Когато към това се добави наличието на огромен брой датчици и сензори за целите на електронното управление, се вижда, че силната интеграция и автоматизация са задължителни. Като се има предвид, че чрез въпросните мрежи за данни трафикът е предимно машина-към-машина, то надали ще се изисква огромен преносен

капацитет. Все пак много се разчита на постоянната обратна връзка и забавянията биха били огромен проблем. Най-вероятно повечето доставчици ще разчитат на собствени, частни мрежи, защото не биха искали да зависят от публичния интернет трафик, сочат анализаторите.

Безжичните комуникации ще имат ключова роля, защото се внедряват бързо и спестяват значително разходи при свързването на хиляди, географски разпръснати електронни устройства. Интелигентните електро-мрежи обаче няма да минат без медийните трасета за данни.

И разработчиците на софтуер, и създателите на комуникационни системи са длъжни да успеят, защото интелигентното управление на електроенергията е от огромно значение в днешно време. Поне три глобални тенденции ще оказват натиск в тази посока. Източниците на електроенергия, които разчитат на преработката на въглища, са сериозен замърсител на въздуха и основен виновник за парниковия ефект на планетата. От друга страна сегашните системи за електропренос са не особено ефективни, голяма част от електроенергията се губи при преноса, а доставчиците калкулират загубите си в крайно-клиентските цени и натоварват бюджетите.

Не на последно място, моторните превозни средства, които разчитат на изкопаеми горива, все повече ще мигрират към захранване чрез ток. Все повече хора ще включват автомобилите си към точките за презареждане на батерии, което закономерно ще доведе до увеличаване на натоварването на електропреносните мрежи.

В Smart Grid едни от източниците на енергия са променливотокови (електрическата мрежа, вятърните турбини), а другите – постояннотокови (фотоволтаиците, акумулаторите за съхранение на енергия). Поради това задължителен елемент са преобразувателите на всеки вид енергия в другия. Те могат да са за големи и малки мощности, например двупосочен мощен преобразувател (на променливо в постоянно напрежение и обратно) – Bi-directional inverter/charger с постояннотокова мощност 70 MVA и променливотокова 60 MWh.²

Необходимостта от електроенергия в Европа расте годишно средно с 1,5% и за развитието и обновяването на електроенергийната мрежа, вкл. присъединяването на съоръжения за ток от възобновяеми енергийни източници (ВЕИ), до 2030 г. са необходими

² [http:// www.smartgrid.com.br/eventos/smartgrid2013](http://www.smartgrid.com.br/eventos/smartgrid2013)

инвестиции в размер на 436 млрд. евро. Това съобщиха от Асоциацията на електрическата индустрия в Европа по време на проведената в София Международна конференция за енергийна ефективност и ВЕИ. Голяма част от тези инвестиции ще са насочени към изграждане на т.нар. „умни мрежи“ (smart grids). Най-общо казано, тези мрежи позволяват „складиране“ на електроенергия за определени часове от денонощието, когато има излишък, за да може да се ползва през други, когато е необходима. От европейската асоциация смятат, че след като около 35% от електроенергията е прадназначена за битовите потребители, то те трябва „да имат думата“ при вземането на важните решения за развитието на „умните мрежи“ и за начините за по-ефективно ползване на електричество. С тази цел, в Италия и Швеция вече всички домакинства имат монтирани от т.нар. „умни електромери“, където абонатите могат да наблюдават едновременно няколко показателя за ползваната от тях електроенергия, като тази информация отива у доставчика на електричество. Оказало се обаче, че доставчиците били „заляти“ от информация, която трудно се обработва, а информацията е необходима, за да се разбере как по-ефективно да се ползва електроенергията, така че освен да се пести, по възможност част от ползването в пиковите часове да се премести в друго време на денонощието. В Дания и Финландия над една четвърт от домакинствата имат „умни електромери“, в други страни от Европейския съюз те са по-малко, а в някои страни, в т.ч. България, изобщо няма. Енергийни експерти от Германия същевременно обърнаха внимание, че при внедряването на „умните електромери“ трябва да се мисли и за тяхната цена, т.е. дали навсякъде са необходими.

През последните години методиката за развитие на електрическите мрежи се видоизменя под влияние на симбиозата между комуникационните и електрическите мрежи, както и появата на нови технологии и видове преносни елементи. В преносната електрическа мрежа на България концепцията на smart grid започна да се реализира, като в началото са ползвани механични и аналогови устройства. Повишената използваемост и гъвкавост на българската електропреносна мрежа е постигната чрез масово въвеждане на устройства, обезпечаващи пълноценното използване на съществуващото оборудване и противоаварийното управление на ЕЕС. Паралелно с модернизирването на противоаварийното управление на централите поетапно ЕСО въвежда различни модули като част от smart grid. Към настоящия момент преносната електрическа мрежа на България изпълнява изискванията на системните оператори за пренос на електричество

(ENTSO-E), като концепцията на умните преносни мрежи е от Research & Development Plan Committee, в който има представители на ЕСО ЕАД.³ В разпределителните електрически мрежи (ниско и средно напрежение) процесът за създаване на smart grid тепърва предстои, като би трябвало да се направят много инвестиции за интегриране на науката и бизнеса. Високотехнологичните постижения трябва да се превърнат в инсталации, които ще се изплащат чрез повишената икономичност, природосъобразност и сигурност на електрозахранването. Именно там са най-големите възможности за развитие на умните мрежи, информационните технологии, разпределеното производство и акумулиращите устройства. В първа глава е направен литературен обзор на съществуващи публикации за интелигентната мрежа. Въпреки че концепцията за интелигентната мрежа все още не е напълно дефинирана, беше дадена работна дефиниция на Smart Grid. Бяха разгледани характеристиките на Smart Grid и направени сравненията между традиционната или съществуващата мрежа и Smart Grid. След това бе представена историята на еволюцията на Smart Grid и специфичните ѝ компоненти. Въздействието върху околната среда от прилагането на Smart Grid, по-специално начина, по който може да се използва за намаляване на емисиите на парникови газове, и подробен преглед на технологиите, необходими за Smart Grid, също бяха обсъдени в настоящата глава. На тази основа мога да се направят някои изводи:

- 1) Интелигентните електроенергийни мрежи са бъдещето и в редица развити икономики те се внедряват с бързи темпове.
- 2) Използването на ВЕИ и комбинираното електроподаване е задължителен елемент от гъвкавостта на реагиране според предлагането и търсенето на ток.
- 3) Необходим е високо развит електроенергиен пазар и неговата либерализация като предпоставки за внедряването на ИЕМ.
- 4) Съзнанието на потребителите трябва да се промени и те да станат проактивни като участват в процеса на доставката и разпределението на електричеството от ЕРП.
- 5) Очакваните икономически ефекти от внедряването на ИЕМ ще се получат от оптимизиране работата на електроуредите.

³ ZigBee Exploitation Framework or „Wireless Hacking and the Kinetic World.” Retrieved from <http://www.willhackforsushi.com/presentations/toorcon11-wright.pdf>.

б) Чрез инсталирането на микромрежи електропотреблението ще бъде по-икономично в сравнение с разходите на централизираното електропренасяне от отдалечени зони.

Глава втора

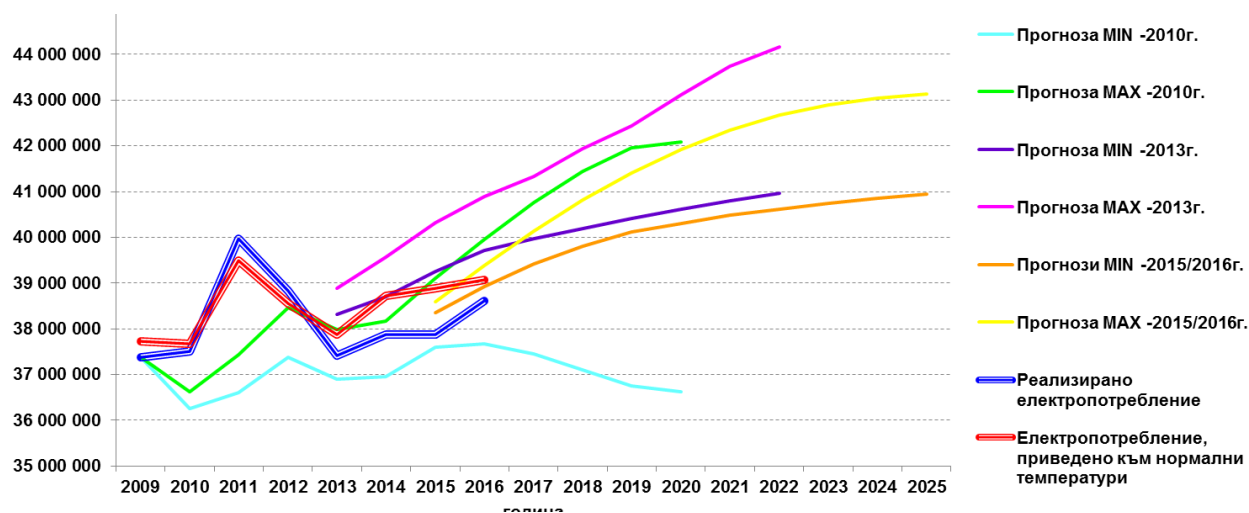
Анализ на състоянието и използването на интелигентните мрежи в електроенергийните системи

В аналитичната част са показани перспективите за енергийния сектор. Цялостният контекст за производство и използване на енергия постепенно се движи в посока, която ще подкрепи инициативите на ИМ. Този контекст отразява не само глобалната загриженост, свързана с изменението на климата, и необходимостта от по-разумно и ефикасно използване на енергията, но и вида енергия, която ще бъде произведена, и естеството на електрическите мрежи, които ще доставят електроенергия на крайните потребители.

Очаква се глобалното търсене на електричество да продължи да се увеличава – с 70% в периода до 2035 г. – и приблизително половината от това увеличение на търсенето се очаква да възникне в енергийните икономики на Китай (38%) и Индия (13%). По отношение на секторното търсене на електроенергия, промишлеността ще остане най-големият потребител на електроенергия, което представлява 2.3% увеличение на търсенето годишно и над 40% от общото търсене през 2035 г. Другите основни сектори на търсенето ще останат секторите жилища и услуги. Очаква се секторът на транспорта да претърпи значителен ръст на търсенето на електроенергия в резултат на разгръщането на електрическите автомобили. Делът на възобновяемите енергийни източници в световното производство на електроенергия се очаква да нарасне от около 20% през 2010 г. на 28% до 2020 г. и почти 60% до 2050 г. Разпространението на възобновяемите енергийни източници вече се е разпростряло далеч отвъд развитите икономики на OECD като САЩ и тези в Европа и е силно застъпено в развиващите се икономики като Бразилия, Китай и Индия. Всъщност страните, които не са членки на OECD, съставляват 53% от световното производство на електроенергия от възобновяеми източници. Освен това, самият Китай се превърна в основен играч в областта на технологиите за възобновяеми източници и е най-големият производител на слънчеви панели в света. Машабът на инвестициите в електропреносните мрежи през следващите десетилетия ще бъде огромен, в световен

мащаб се очакват до 17 трилиона долара инвестиции за подобряването на инфраструктурата на мрежата, за да може да отговори на нарастващото търсене на енергия до 2035 г. Направен е обстоен анализ на състоянието на отрасъла енергетика на Р България и е представена прогноза за развитие на потреблението на електрическа енергия. Провежданите политики за енергийна ефективност (саниране, енергоспестяващи електроуреди и цели производства и т.н.) и навлизането на нови технологии създадоха микс от фактори влияещ по различен начин върху електропотреблението в страната, което затруднява в значителна степен определянето на корелационните зависимости. Следва да се отбележи, че не се открива еластичност между цената на електроенергията и нейното електропотребление.

Анализ на електропотреблението в страната включва корелационните му зависимости с потенциалните влияещи фактори. На база на тези зависимости и разиграването на различни сценарии за развитието на влияещите фактори бе направена прогноза за развитие на брутното електропотребление в страната. В допълнение бе направена съпоставка на тази прогноза с прогнозите на Европейската комисия до 2050 година и на Агенцията за устойчиво енергийно развитие, като се отчете и опита от последните години (Фиг.2.).



Фигура 2. Резултатна картина от прогнозите на ЕСО

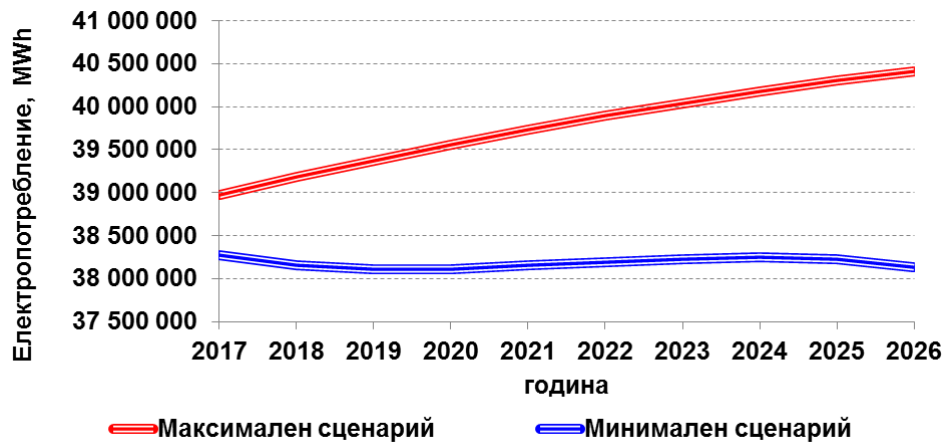
На база на гореизложеното са приетите два основни сценария за развитие на електропотреблението: максимален и минимален сценарий, които са показани както следва по години:

Таблица 1. Сценарии за развитие на електропотреблението

Години	Максимален	Минимален
2017	38 970 000	38 270 000
2018	39 180 000	38 150 000
2019	39 370 000	38 110 000
2020	39 560 000	38 110 000
2021	39 730 000	38 150 000
2022	39 890 000	38 190 000
2023	40 040 000	38 230 000
2024	40 170 000	38 250 000
2025	40 300 000	38 220 000
2026	40 410 000	38 130 000

Максималният сценарий за брутно електропотребление съвпада с тренда на референтния такъв за крайното електропотребление в страната на Европейската комисия за периода 2015-2025г. Заложено е забавяне в прилагането на мерки за енергийна ефективност. Към 2026 година се очаква брутно потребление да достигне 40 410 000 MWh.

Минимален сценарий – при този сценарий е предвидено задържане на нивото на електропотреблението за целия период спрямо 2017г., поради по-интензивно прилагане на мерки за енергийна ефективност. През 2026 година брутно електропотреблението достига 38 130 000 MWh.



Фигура 3. Прогноза за развитие на брутно електронепотребление в страната⁴

Прогнозата за развитие на производствените мощности на България до 2026г. се основава на изразените от производствените дружества инвестиционни намерения и на „Програма за прилагане на директива 2001/80/ЕО, касаеща големите горивни инсталации”, приета от Министерски съвет с решение № 216/04.04.2003г., която е Приложение към договора за присъединяване на България към Европейския съюз.⁵ Следва да се отбележи, че поради разминаване във времето изразените инвестиционни намерения от производствените дружества, ползващи въглища като първичен енергиен източник, не отчитат приемането от Европейския парламент на Референтен документ за най-добри налични техники за големи горивни инсталации. В тази връзка всяка бъдеща промяна на инвестиционни намерения ще бъде отразена в следващия десетгодишен план. Прогнозата за развитие на производствените мощности на България не включва хидроенергийните комплекси по река Дунав, които са класически, но едновременно попадат в групата на възобновяемите. Тяхното разглеждане изисква препроектиране, в съответствие с действащите природоопазващи и икономически критерии. Тези нови проекти трябва да са комплексни, което значи да включват едновременно проект за ВЕЦ, за водоплаване, за мостове и пътища, в т.ч. железопътни. Те трябва да са съвместно разработени и приети с румънската страна. Този процес е много неопределен и изисква много време, поради което не са предвидени такива работни мощности в настоящия план, въпреки че при умело организиране и провеждане на целия проектантски, съгласувателен и инвестиционен

⁴ Десетгодишният план за развитие на електропреносната мрежа на България, ЕСО, 2017

⁵ Развитие към Smart Grid – Списание ЕНЕРГИЯ – Ел Медиа energia.elmedia.net › начало › статии

проект, към 2026г. е възможна поява на работещи съоръжения. Предвижда се до 2040г. електропроизводството да достигне 29 048 ГВтч (прогноза на БАН).

Съществува проект за изграждане на 7-ми реактор на площадката на АЕЦ „Козлодуй” при най-оптимистичната прогноза се очаква да влезе в редовна експлоатация след 2026 година, поради дългите съгласувателни процедури, които тепърва предстоят. Това се подкрепя и от прогнозата на Европейската комисия до 2050 година, в която допълнителна ядрена мощност в България се предвижда едва след 2035 година. Всичко това е насложено с неяснотите относно използването на оборудването за АЕЦ „Белене“. Поради изложените аргументи, вариант с нова ядрена мощност ще бъде взет в предвид при следващи обновявания на плана за развитие на електропреносната мрежа. Понастоящем има раздвижване по темата АЕЦ „Белене” и е възможно да се тръгне към изграждане преди 2026 г., но има много пречки, които трябва да бъдат преодоляни. Съществуват също така и проекти за изграждане на нови конвенционални мощности в ТЕЦ и ВЕЦ.

Тенденцията за внедряване на ВЕИ и след 2020 година в рамките на Европейския съюз се запазва, макар и при по-умерени темпове на развитие и икономически обосновани схеми за изкупуване на електрическата енергия. Поради замразяване на проекта „Горна Арда” от страна на инвеститорите, същият не е разгледан в настоящия план, но при промяна на решението на инвеститорите ще бъде включен в следващите варианти планове за развитие на електропреносната мрежа.

Гореизложената детерминираност в развитието на електропроизводствените мощности, предполага изготвянето на единствен сценарий, за който са взети следните основни предпоставки:

- Предвидено е удължаване експлоатацията на блокове 5 и 6 в АЕЦ „Козлодуй”;
- Изграждане на договорените за присъединяване мощности по §18 от ЗЕВИ, както и изграждане на заявените ко-генериращи мощности с приоритетно изкупуване на електроенергията;
- Изграждане на икономически ефективни малки ВЕИ по чл.24 от ЗЕВИ;
- Изграждане на икономически ефективни ВЕИ по чл.25 от ЗЕВИ, но извън обхвата на чл.24 от същия закон, които са способни да се конкурират за доставки на електроенергия на свободния пазар.

Сценарият, който ще се осъществи, ще бъде умерен на стойност между максималния и минималния вариант, по-близо до минималния. Предвидени условия за това са растеж на БВП във варианти: от минимален - 3%; среден – 3,7% и максимален 4,9%.

Направен е анализ на инвестиционни проекти за изграждане на електроцентрали с приоритетно производство. Изграждането на нови междусистемни електропроводи се определя в съответствие с общоевропейския и регионалния десетгодишен план, който се разработва и актуализира периодично от ENTSO-E.

Графикът за развитие на електропреносната мрежа предвижда достатъчна перспектива във времето, така че да могат да бъдат изпълнени всички дейности по съгласуване, проектиране, изграждане и въвеждане в експлоатация на планираните нови съоръжения, без да се нарушава нормалната работа на електроенергийната система.

Десетгодишният план определя развитието на преносната електрическа мрежа 400kV, 220kV и 110kV на ЕЕС на България до 2026г., така че да се създадат необходимите технически условия за⁶: сигурно и качествено доставяне на произведената електрическа енергия до всички възли на електропреносната мрежа; устойчива работа и развитие на производствените мощности в страната; жизненост на пазара на електрическа енергия.

Изложените в разработката прогнози за развитие на електрическите товари и производствени мощности са направени, чрез използването на съвременни методи на прогнозиране. Използвана е информация за развитие на електропотреблението и производствените мощности, предоставена от електроразпределителните и електропроизводствените дружества.

Българската електропреносна мрежа е част от обединената преносна мрежа на страните от континентална Европа и развитието ѝ е тясно свързано с развитието на мрежите на съседните страни. При изготвяне на настоящия 10-годишен план, освен решаване на техническите проблеми по електропреносната мрежа, са взети предвид и резултатите от пазарните и мрежовите изчисления, извършени в работната група „Югоизточна Европа“ към ENTSO-е, при изготвяне на регионалния инвестиционен план 2015г. В групата са представени системните оператори на страните от Балканския полуостров, Унгария, Италия и Кипър. Регионалният инвестиционен план 2015 е част от новия десетгодишен план на ENTSO-е, който беше публикуван в края на 2016г. Новият

⁶ Десетгодишният план за развитие на електропреносната мрежа на България, ЕСО, 2017

регионален инвестиционен план бе изготвен през лятото на 2017г. Резултатите от пазарните изчисления, извършени въз основа на прогнозата на всеки системен оператор за развитие на производството и потреблението на електрическа енергия, показват преобладаващи направления на пренос изток → запад и север → юг.

За сигурно функциониране на електропреносната мрежа при спазване на посочените по-горе принципи, осигуряване необходимата надеждност на електропренасянето и устойчивост на генериращите източници, в мрежа 400kV на България е необходимо да се изградят следните нови електропроводи: п/ст „Марица изток“ - п/ст „Неа Санта“ (Гърция); п/ст „Пловдив“ – п/ст „Марица изток“; – п/ст „Марица изток“ – ОРУ ТЕЦ МИЗ; – п/ст „Марица изток“ – п/ст „Бургас“; – п/ст „Бургас“ – п/ст „Варна“.

Извършен е преглед на Европейските проекти за Smart Grid, от които най –подходящи за България са тези на Финландия и Италия. Водещи енергийни компании като **Enel** и **Endesa** вече са в изпълнение на глобални решения, свързани с използването на интелигентни електромери. Проекти за внедряване на **AMR** (Automated Meter Reading - автоматизирано отчитане на електромери) има и в много други държави.

Мрежовият гигант Cisco Systems обяви сделка с производителя на измервателни устройства Itron за развитие на IP-базирани комуникационни решения за „умните“ електрически мрежи. ИКТ индустрията създадоха нова работна група към Международния съюз по далекосъобщенията ITU, натоварена със задачата да изготви стандарти за новите „умни“ електроразпределителни мрежи. В европейската система на електроенергийните оператори влизат 41 оператора от 34 страни. Те обслужват общо 532 млн. потребители по 305 000 км високоволтажна мрежа. Японският гигант „Тошиба“ планира да инвестира освен в соларна централа и в изграждането на система от т. нар. умни електрически мрежи у нас. Ако инвестицията стане факт, 20 на сто от автопарка в страната ще могат да бъдат заменени с електромобили, без да се налага строителството на нови централи, за да се удовлетворят нуждите от ток. Учени от Института Фраунхофер в Германия са разработили платформа „mySmartGrid“, която позволява отдалечен контрол на работата на включените към домашната електрическа мрежа електроуреди с помощта на смартфон или компютър с достъп до интернет. Системата Panasonic с умна термопомпа представя иновативен и интелигентен подход към управлението на енергията в дома, предназначен за намаляване на натоварването върху енергийната мрежа чрез разработване

на системи, черпещи енергия само *извън* периода на пиково потребление, като по този начин намаляват сметките за ток на собственика на дома, като същевременно предотвратяват натоварването на мрежата в периода на пиково потребление.

При анализа на енергийната ефективност на РБългария бяха идентифицирани следните основни рискове: достъпност - краткосрочен до средносрочен план (1-5 години) - висока степен на вероятност. недостатъчната конкуренция между различните видове горива се дължи на високите входни бариери и невъзможността за преминаване от един тип гориво на друг - краткосрочен до средносрочен план (1-5 години) - висока степен на вероятност; липса на ясна стратегия за микса от горива при генерирането на електричество и топлина - средносрочен план (5-10 години) - висока степен на вероятност.

От приложения анализ „разходи – ползи“ при използването на ИЕМ бе установено следното. Разходите и ползите от внедряването на ИЕМ трябва да се изчисляват във времето, като се определи една базова година и всички инвестиционни разходи, направени в минали периоди, се конвертират в настоящи стойности при отчитане ръста на инфлацията в страната. Могат да се посочат шест основни фактора, влияещи върху дългосрочните продажби, три от които са положителни и три отрицателни. Положителните фактори са нарастването на населението, икономическият растеж и тенденцията към електрификация, особено в автомобилите. Негативните фактори са високите цени на интелигентното електричество, неправилната политика за енергийна ефективност и бавното навлизане на ИЕМ.

В хода на изследването бяха разглеждани различни варианти за моделиране на управлението на интелигентни електрически мрежи и икономически ефекти. Изборът на модел за управление на Smart grid с възможности за динамична промяна показва сложността на средата на изследваната електроенергийна мрежа като комплицирана четирислойна Бейсова мрежа и съществуващите корелационни връзки между известните и неизвестни (в стремеж да бъдат сведени до нула) величини. За разработване на модела бяха идентифицирани специфични икономически показатели, свързани със създаването и внедряването на интелигентните мрежи.

Избраният модел за изследването е многофакторен регресионен модел от вида:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n.$$

където: Y - общи нетни разходи

X_1 - Разходи за експлоатация и поддръжка без гориво (O & M);

X_2 - Разходи за подмяна (SC);

X_3 - Енергийни разходи (разходи за гориво плюс всякакви свързани разходи (COE));

X_4 - Всички други разходи, като правни такси и т.н. (LC).

Общите нетни настоящи разходи за проекта се намират след сумиране на всички разходни компоненти: $NPC = I + O\&M + SC + COE + LC$

където:

I – капиталови инвестиции;

$O\&M$ – разходи за експлоатация и поддръжка без гориво;

SC – разходи за подмяна;

COE – енергийни разходи (за гориво и др. свързани разходи);

LC – всички други разходи, като правни такси и т.н.

Възвръщаемост на инвестициите е $ROI = Pf / I$

Времето (срокът) за възвръщаемост (PBT) е реципрочен показател на ROI и едновременно с това е мярка за това колко бързо паричният поток, генериран от системата, покрива първоначалната инвестиция - $PBT = I / ROI$ или I / Pf

От многообразните модели за ценообразуване на електроенергийните услуги в Европейския съюз се прилагат няколко модела: „Разходи +“ – регулаторът определя цена за достъп на база разходите на компанията плюс печалба (Белгия, CREG); „Incentive base”, прилаган в Чехия, Франция, Германия и Холандия. „Разходи-цена-приход“ е метод, прилаган в Полша, Румъния, Словакия и Швеция. Комбинацията от тези модели (Финландия, Испания, Гърция, Италия). Финландия определя цена на достъп до мрежата, като сравнява ефективността на работа със „стандартна” възвръщаемост. Регулаторът на Финландия ЕМА прилага мерки, с които гарантира, че компаниите не печелят за сметка на качеството на услугата. Регулаторът определя равнището на „стандартната” възвръщаемост.

По смисъла на третия либерализационен енергиен пакет, страните-членки на ЕС трябва да регламентират ролята и задачите на всички участници в системата така, че електроенергията да е сигурна и достъпна за потребителите. Крайни потребители по смисъла на директивата, се делят на три основни групи: домакинства, малки и средни

предприятия и големи индустриални потребители. От 2012 г. петнадесет от страните членки, в т.ч. и България прилагат модела за *регулирани цени* за битови потребители. Крайната цена на електроенергията се формира от три компонента „енергия”, формирана от цена на едро и цена на дребно; „мрежови разходи”, формирана от разходите за пренос и разпределение и „данъци и такси”, формирана от данъчните задължения по специфични национални политики. Хармонизираният индекс на потребителските цени по прогнозни стойности е предвиден през 2020 г. минимален 49,72 $\text{€}/\text{MgVch}$, а през 2040 г. – 80 $\text{€}/\text{MgVch}$ и максимален – през 2020 г. – 61 $\text{€}/\text{MgVch}$ и през 2040 г. – 84 $\text{€}/\text{MgVch}$. Друг показател е коефициентът за превключване, който свидетелства за конкуренция между доставчиците на електроенергия на националните пазари. В България, Литва и Румъния на практика съществуват регионални монополи на доставка. Методът „Цените в реално време“ изпраща точни сигнали, но също така изисква постоянно наблюдение и настройка и те лесно могат да се изменят с 300% или повече в течение на един ден. Тъй като много клиенти смятат, че това е твърде сложен метод, индустрията е разработила някои по-опростени времеви променливи. Поради факта, че цените са склонни да следват ежедневно повтарящ се модел – най-високи между обед и вечер, средни – сутрин и късно вечер, а най-ниски в средата на нощта – може да се създадат *стълбици* или „блокове“ на цената, която се повишава, приближавайки се към пиковия период на потребление. Тези ставки, известни като график на ползване или (Time of Utilisation – TOU), са исторически най-често срещани, защото не изискват комуникация в реално време на цената на клиента, която доскоро беше неизгодна поради високите разходи, необходими за осъществяването и. Различните в зависимост от времето или „*диференцирани от времето цени*“ понякога представляват „динамично ценообразуване“. *Реакцията към търсенето* е по-широка концепция, която се отнася до всички политики и програми, които карат клиентите да изместят употребата на електричество от един момент в друг. При ценообразуването на базата на критичните пикови периоди (CPP), на комуналната услуга може да се даде свобода да определи много високи цени, може би пет или дори десет пъти по-високи, в рамките на десет до двадесет дни, когато има скок в търсенето (напр. по време на най-горещите дни в годината). *Важен принцип на ползата от ИЕМ е спестяване на пари чрез изместване на натоварването*. Терминът за всички тези устройства, които улесняват клиентския контрол върху техните уреди, е подпомагащи технологии („enabling

technologies“). Както се очаква, когато клиентите разполагат с подобни технологии, те пренасочват много повече от потреблението си към периоди с по-ниски цени. Тези ползи следва да се измерват от регулатори и да се разделят между предприятието и неговите клиенти, като регулирането на тези ставки е много по-голямо предизвикателство, отколкото определянето на обикновените (но неефективни) фиксирани ставки. „Поумното“ ценообразуване на електричеството ще бъде най-важният отличителен знак на интелигентните мрежи.

При разработване на дисертационния труд в ограниченията на предмета на изследването бяха идентифицирани и обяснени някои трудности при изграждането ИЕМ, а именно: *Липса на стимули за изграждане на интелигентна мрежа; Технология срещу трансформация; Потребителите срещу мрежата; Наличието на различни тарифи; 5) Увеличено търсене на електричество; Политики на енергийна ефективност.*

Основните бариери – липса на информация, наличност на капитал и достъпа до него, високи разходи за транзакции и неточни цени са подробно обяснени.

В обобщение на втората глава могат са изведат някои насоки за бъдещи ключови предизвикателства, които трябва да бъдат решени за успешното внедряване на Smart Grid. На базата на извършени анализи на енергийния отрасъл и на енергийната ефективност у нас, се достига до следните изводи:

1) Необходимата предпоставка за внедряване на ИЕМ е либерализацията на електроенергийния пазар.

2) Другите необходими условия за внедряване са: използване на разпръснати генератори за производство на електроенергия, с активното прилагане на ВЕИ,

3) Необходимо е въвеждането на нови телекомуникационни технологии с двупосочна връзка, за да бъде ИЕМ интегрирана.

4) Извършеният преглед на европейските проекти за разработване на ИЕМ ще бъде основа за предлагане на най-подходящите за внедряване в условията на България.

5) Класифицирани са методите за ценообразуване на услугата „доставяне на електрическа енергия“, като се анализират възможностите за използване на някои от тях.

6) Разработен е модел за управление на ИЕМ с оглед апробиране в следващата глава.

7) Потърсени са и показани пътища за повишаване на енергийната ефективност на РБългария чрез внедряване на ИЕМ.

Глава трета

Насоки за проектиране и внедряване на интелигентни мрежи в България

В трета глава се поставя изискването за смяна на модела за електропреносната мрежа. Съществените нововъведения в Smart Grid технологиите през последните две години могат да се обяснят посредством смяна на моделите. Пренасяната електроенергия във всяка съвременна електроенергийна система непрекъснато се мени и за поддържане на необходимия баланс между производство и консумация към системата се включват и изключват енергийни източници, т. е. производството е като следствие на нуждите. Двата важни принципа са: въвеждане в Smart Grid на повече от две цени на тока в различните части на денонощието с дистанционно превключване на тарифите на електромерите и въвеждане на поощрения за малка консумация, например едни цени на тока до определена месечна консумация и по-високи над нея.

Таблица 2. Бизнес модел за внедряване на ИЕМ

Етапи на внедряване	
Разработка на основни градивни блокове на мрежата	Слънчеви и вятърни електроцентрали, кабели за високо и средно напрежение, комутатори
Стимулиране на работата на Smart grid	SWOT анализ – оценка на качества и слабите места при изграждането
Разработка на методи за контрол на състоянието на мрежата	Сензори и измервателни прибори за автоматично следене
Създаване на необходимите комуникации	Дистанционно отчитане
Създаване на технически решения	Самовъзстановяващи се мрежи

Разработването на Smart Grid (SG) има пет задължителни етапа:

- 1) Разработка на основните градивни блокове на мрежата
- 2) Симулиране на работата на Smart Grid
- 3) Разработка на методи за контрол на състоянието на мрежата
- 4) Създаване на необходимите комуникации.
- 5) Създаване на технически решения

Важното място, което заемат Smart Grid, се подчертава от двата нови стандарта IEEE802.15.4g-2012 и IEEE802.16-2012, касаещи различни аспекти на изграждането на интелигентни електроенергийни мрежи, като *оптимизация и комуникации*.

Бизнес модел, свързани с IoT (Internet of Things, интернет на нещата) е с основна форма „Хардуер премия“. Технологичната платформа Internet of Things (IoT) предстои да се разрастне до внушителните 50 млрд. свързани устройства до 2020 г., осигурявайки достъп до тази мрежа на все повече потребители, производители и доставчици на комунални услуги, прогнозира пазарните анализатори. Първата стъпка към институционализирането на синергията между IoT технологиите и интелигентните електроразпределителни мрежи е масовото внедряване на смарт електромери.

Ползите от IoT технологиите при интелигентни електромрежи Ползите от това са много и безспорни: Тази *многопосочна връзка не само улеснява процесите, но и спомага за увеличаване на производителността посредством комуникация*; едно от най-съществените предимства на smart grid архитектурите е възможността *превантивно да се отстраняват потенциални причинители на аварии*, да се предотвратяват непланирани прекъсвания на електрозахранването, да се подменят амортизирани мрежови активи, преди на практика да са се повредили; ключовата полза от внедряването на IoT технологии в интелигентните електроразпределителни мрежи е възможността „умните“ домакински електроуреди да се свързват с портал за енергиен мониторинг, който дава на потребителите гъвкавостта да определят сами електроподаването съгласно потребностите. В бъдеще, оборудвани с тези технологии, комуналните оператори ще могат лесно да разширяват съществуващи безжични мрежи с цел по-ефективно да управляват електроразпределителната инфраструктура.

Друга анализирана възможност са решенията на Huawei за интелигентна електромрежа. Като глобален доставчик на ИКТ решения, Huawei разработва напълно свързани „смарт грид“ решения, покриващи всички аспекти на електроенергийния сектор. Тези решения създават надеждна, ефикасна и екологична енергийна мрежа. Huawei предлага и инфраструктура за усъвършенствано измерване (AMI – Automated measuring infrastructure). Това решение е ключово за смарт енергийните мрежи. Основната полза от AMI е улесненото взаимодействие между енергийните компании и клиентите. То позволява на ЕРП да съхраняват прецизни отчети за консумацията на енергия и позволява

на потребителите да предприемат действия за оптимизиране на използваната от тях електроенергия.

При внедряването на ИЕМ електромерите имат нова роля. През 2011 г. в света са били инсталирани 1,43 милиарда такива електромери (Advanced Meter Reading) AMR, а според директива на Европейския съюз през 2020 г. 80% от електромерите трябва да са AMR. Една от функциите на Smart Grid е дистанционното включване, изключване и регулиране на действието на консуматори (например включване на определена мощност), типичен прибор, осигуряващ подобна функционалност се свързва към Ethernet, като на екрана на компютър, включен към мрежата, се получава карта на всички управляеми прибори – климатици, радиатори, вентилатори, електрически печки, перални, бойлери, осветителни тела, охранителна система, електромер. Всеки от приборите е с вградена карта, която получава управляващи сигнали от компютъра и осъществява необходимото управление. Интелигентните измервателни уреди разширяват погледа на дистрибутора върху неговата мрежа до крайния потребител, като в същото време предоставят на клиентите информация в реално време, от която се нуждаят. Бъдещето на европейската електроенергийна мрежа е основен елемент за постигане на амбициите за 20% намаляване на емисиите от парникови газове от базата за сравнение през 1990 г., намаляването на потреблението на енергия с 20% за 2020 г. и достигане на дял на енергията от възобновяеми източници в размер на 20%. За постигането на тези цели интелигентните мрежи все повече се признават като ключов компонент. „Поумняването на електрическите мрежи“ получава висок приоритет в политическия дневен ред на Европейския съюз. В съобщението на Комисията относно вътрешния енергиен пазар, се предупреждава, че постигането на приоритетите за вътрешния енергиен пазар изостава от графика и изисква подновени усилия от страна на държавите-членки. В плана за действие се изисква активното участие на потребителите чрез мерките на Директива за енергийна ефективност, стандартизацията на интелигентни уреди, както и изготвянето на национални планове за бързото разполагане на интелигентни мрежи. Страните от Енергийната общност често актуализират Пътната карта на енергийна ефективност, която расте в обхват с приемането на нови законодателни актове в областта на електроенергетиката.

Целта на икономическото проектиране на интелигентната мрежа е да се намерят най-ниските разходи за системата. Като цяло проблемът е многофункционален, като всички компоненти в системата и системната конфигурация оказват известно влияние върху производителността и по този начин върху цената. За интелигентната мрежа размерът на компонентите е най-важната променлива при анализа на разходите. Ето защо оптималният дизайн трябва да намери оптималния брой на компонентите, и в същото време да осигурява, че системата може да се справи с електрическото натоварване.

Въвеждането на интелигентни електроенергийни мрежи от страна на електроразпределителните компании ще подпомогне достигането на националните цели в рамките на европейската цел 20/20/20 през 2020 г. Тези цели са императивни, а времето за постигането им се скъсява все повече. За да може да се гарантира изпълнението им, включително чрез въвеждане на интелигентни електроенергийни мрежи, трябва да се постигне съгласие между заинтересованите и балансиращите страни в електроенергийния пазар по отношение на необходимите разходи и техния ефект върху крайните цени. Дискусиите между заинтересованите страни трябва да включват най-малко следните участници: *От страна на бизнеса:* производители и търговци, предлагащи енергия на свободния пазар преносната компания и електроенергийният оператор; операторите на електроразпределителни мрежи. *От страна на изпълнителната власт:* министерства (представители на МИ, МРРБ, МОСВ) регулаторни агенции (КЕВР) и общини.

От проведени неструктурирани дълбочинни интервюта с представители на БЕХ и НЕК могат да се изведат следните заключения за състоянието на електропреносните мрежи в РБългария. По територията на нашата страна електропреносната мрежа е от ТВН през средно и до ниско напрежение, достигаща до производствените потребители и домакинствата. Телекомуникационната мрежа на България посредством три мобилни оператора се използва и от НЕК за превод на данни. Разпределителната електромрежа е снабдена с трансформатори и прекъсвачи с автоматизирано управление. Загуби се получават при отпадане на захранването и при непрекъснати производства. Всяко от трите електроразпределителни дружества (ЕПД) – EVN, Енерго-про (на мястото на EON) и засега все още ЧЕЗ има сключени договори с неустойки. КЕВР регулира цените на тока и за електропреноса по квартали с приоритет за болници, пожарна, национална сигурност. Тарифите са две: дневна 17 ст/Квтч и нощна 5 ст./ Квтч при режим от 22.00 ч. до 6 ч. В

други страни има и по 3-4 тарифи в зависимост от пиковите часове. Топологията на мрежата е така създадена, че да се възстановява възможно най-бързо електроподаването. Страната е разделена на 4 територии Варна, Плевен Пловдив и Бургас, а ЕРП-тата са с центрове в София, Пловдив и Варна. НЕК използва диспечерски центрове, с изяснения по-рано софтуер SCADA. От направения сравнителен анализ могат да се видят показателите.

Сравнението между трите електро-разпределителни дружества е показано в следващата таблица.

Таблица 3. Сравнение на показателите на трите електроразпределителни дружества

Показатели	Енерго-про	EVN	ЧЕЗ
Обслужени потребители – бр.	1,1 млн.	1,5 млн.	1,5 млн.
Поставени смарт електромери - бр.	13 000	19 000	18 000
Прогноза за ел.мери	400 000	600 000	500 000
Инвестиции – общо към 2017 млн.лв	700 000 млн.лв	1,5 млрд лв.	900 000 млн.лв
Икономии - годишно	1 200 000 КВтч	Намаление на разходите с 10%	Намаление на разходите с 10 %
Проекти	Пилотен в квартал Максуда, град Варна	Нови подземни линии, рехабилитация на 60 км електропроводи	AMR Automatic meter reading
Нови услуги	Осведомяване по мейл	Осведомяване със SMS	Пълен мониторинг

България е в единна електропреносна европейска мрежа ENTSO-E. Износ се осъществява периодически към Турция, Македония и Сърбия. Проблемът е, че след пренос няма стимулиране на разпределението.

За да има смисъл внедряването на ИЕМ, трябва да са налице електроефективни уреди в т.ч. не само „умни” електромери, да има генериране на енергия от ВЕИ, да има връзка на **проактивните** потребители, която да е в добър синхрон с производството и преноса и разпределението. Необходимо е да се внедрят сензори, датчици, комуникатори и пр. Проектите за внедряване на ИЕМ е за след около 10 години със срок на

възвръщаемост – 6-7 години. Всяко едно домакинство трябва да направи съответна инвестиция, което ще стане трудно без едно подробно разясняване на ползите. Очаваните ефекти са икономии при потреблението на електроенергията.

Друг проект за интелигентна мрежа, обявен миналата година, е въвеждането на система **FlexNet**, внедрена от американската SENSUS и телеком оператора Мобилтел (вече А1). Системата FlexNet™ е решение от типа AMI - Advanced Metering Infrastructure (събиране и обработка на данните от измерванията чрез дистанционно отчитане на измервателни уреди), която дава възможност дружествата потребители на електричество, газ, вода или комбинация от тях да запазват ресурсите чрез предоставяне на точно и ефективно потребление според отчитането на данните и подобро обслужване на клиентите. При пълно внедряване, системата за комуникации FLEXnet ще допринесе за изграждане на взаимно доверие между клиентите и експлоатационните дружества. Тя ще позволи не само дистанционно отчитане, но и контрол над цялата мрежа. Използването на системата FlexNet ще повиши прозрачността на месечните сметки за крайните потребители.

Изследване на натоварването на преносната мрежа се осъществява чрез разработване на изчислителни модели на ЕЕС на България за възможните гранични режими на работа. Изчислителните модели включват и електропреносните мрежи на останалите държави от ENTSO-E (основно ЕЕС от Югоизточна Европа), които оказват влияние на потокоразпределението в ЕЕС на България. Разработени са три режима за изчисление на потокоразпределение: *максимален* зимен режим; *среден* зимен режим и *минимален режим*. Оценката на натоварването на електропроводите е извършена спрямо допустим ток за съответното сечение на проводниците. Граничните стойности на нивата на напрежение в електрическата мрежа са взети, съгласно БДС и съгласно чл.21 т.1 на ПУЕЕС. Изчислението на натоварването на трансформаторите е извършено спрямо номиналната им мощност.

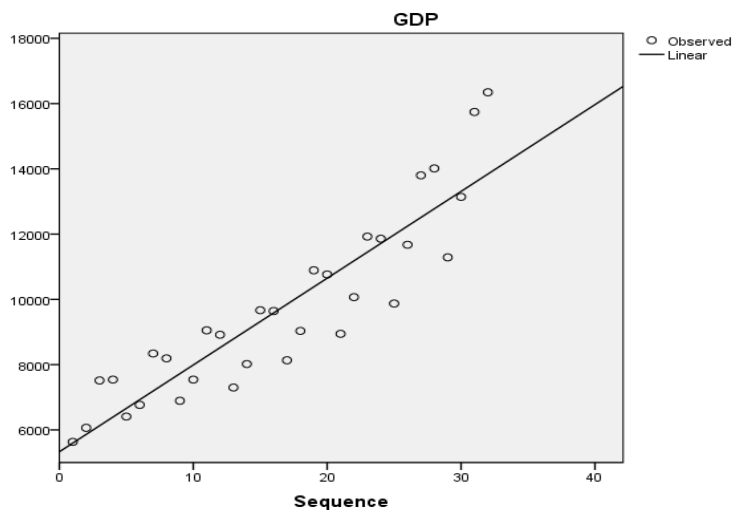
Интелигентната мрежа обикновено се характеризира с високи разходи за инсталация и ниски оперативни разходи. В изследването бе приложен анализът „разходи – ползи“ и бе установено, че очакваният абсолютен максимален електрически товар за 2026г. е 8050MW. Генериращите източници, работещи за захранване на този товар, са дадени в прогнозния мощностен баланс за максимални товари, като разликата от очаквания максимален товар за среден

работен ден 7520MW до абсолютния максимум е покрита от резервни мощности. В съответствие с основните направления за развитие на преносната мрежа, в изчислителните модели за потокоразпределение са въведени новите елементи: в модела за зимен абсолютен максимум (в тъмната част на денонощието), въведените фотоволтаични електрически централи (ФЕЦ) са изключени. Разпределението преноса на активна мощност и загубите на активна мощност по нива на напрежение за максимален зимен режим, са както следва: Загубите от пренос и трансформация в ЕЕС са около 185MW, или 2,4% от сумарната нетна генерация, като в тях не са включени загубите в подстанциите 110 kV/Ср.Н. Собствените нужди на централите са 498 MW.

Компютърната интелигентност (CI) държи ключа за развитието на Smart Grid за преодоляване на предизвикателствата на планирането и оптимизацията чрез точно *предсказване на възобновяемите енергийни източници*, управлението на данни и комуникациите, контрола и защитата на електроцентралите. Беше установено, че методът на хибридно предсказване или моделът на съвкупност (т.е. набор от различни регресионни алгоритми или техники за машинно обучение, чиито дискретни прогнози са обединени, за да генерират крайна агрегирана прогноза) е подходящ за надеждно управление на енергията от Smart Grid. Този потенциален хибриден модел е приложим като локална прогноза за всеки предложен хибриден метод в реалния живот за 6 часа предварително предсказване, за да се осигури постоянно снабдяване със слънчева енергия при действие на Smart Grid.

Комуникационната мрежа ще бъде неразделна част от бъдещата интелигентна мрежа, като нейната производителност ще зависи от капацитета за предаване на данни. Наличието на данни, получени в почти реално време, ще позволи на системата да взема по-добри решения, които биха могли да създадат редица ползи за потребителя. За да се осигури наличността на данни винаги и където е необходимо, са необходими здрави и надеждни комуникации, а капацитетът на съществуващата комуникационна инфраструктура трябва да бъде подобрен, за да може да бъде обработен този масивен растеж на данните.

От прилагането на избрания регресионен модел във втора глава, като краен резултат се получава $Y = 3,8556 + 0,094X_1 + 0,325X_2 + 0,324X_3 = 18,177$ млн.лв прогнозен NPC с отчетен сезонен компонент.



Фигура 4. Прогноза за разходите за smart grid до 2029

Прогнози за повече от 10 години не са необходими, защото към 2040 г. ще има нови усъвършенствани технологии и може би на основа на изкуствения интелект ще има нови решения в областта на преноса и разпределението на електрическата енергия.

На основата на разгледания във втора глава модел за намиране на икономическия ефект от внедряване на ИЕМ бе извършена икономическа прогноза за потреблението на електроенергия на мини жилищен квартал, както следва:

$$NPC = I + O\&M + SC + COE + LC = \text{€}1\,344 \text{ хил.} + \text{€}768 \text{ хил.} + \text{€}37 \text{ хил.} + \text{€}100 \text{ хил.} + \text{€}31 \text{ хил.} = 2\,280 \text{ хил. евро.}$$

$$\text{Икономия} = COE_{\text{изк}} - COE_{\text{ф}} = \text{€}300 \text{ хил.} - \text{€}100 \text{ хил.} = \text{€}200 \text{ хил.}$$

Икономисаните пари от този мини квартал са в размер на 200 хил. евро, което означава, че коефициентът на възвръщаемостта на инвестициите (*ROI*) възлиза на:

$$ROI = Pf / I \times 100 = \text{€}200 \text{ хил.} / \text{€}1\,344 \text{ хил.} = 14,88\%$$

Времето (срокт) за възвращаемост (*PBT*), реципрочен показател на *ROI*, е мярка за това колко бързо паричният поток, генериран от системата, покрива първоначалната инвестиция.

$$PBT = 1 / ROI \text{ или } I / Pf = \text{€}1\,344 \text{ хил.} / \text{€}200 \text{ хил.} = 6,72 \text{ г. (6 г. и 8 мес.)}$$

Примерът е показателен, защото ако дадено домакинство в днешно време реши да се включи към „умните мрежи“, стойността на инвестицията е прекалено голяма за него. Очаква се намеса на ЕРП, които да заплатят „умните електромери“ и да направят

значителни инвестиции в електро- разпределителната мрежа. Освен това се има предвид, че ползите за крайните потребители ще се мултиплицират както от държавните регулации, така и от социалните и обществени ефекти.

В трета глава бе извършен избор между различните възможности за внедряване на Smart Grid у нас, както следва:

1) Научно-изследователския проект на тема „Интелигентни системи за енергиен мениджмънт и управление на разходите“, в резултат от ползотворното съвместно сътрудничество между млади учени от три катедри в ТУ-Варна – „Електроенергетика“, „Електронна Техника и Микроелектроника“ и „Радиотехника“.

2) Проекта на Италия, като един от добрите примери за национално регулиране на инвестициите в интелигентни мрежи. Местният регулатор, AEEG, има последователна политика за развитие на интелигентните мрежи, като този процес започна в тясно сътрудничество с най-голямата електроразпределителна компания в страната – Enel.

3) Предложение за използване проектите на Панасоник и Тошиба в България

От разгледаните във втора глава проекти за внедряване на smart grid най-подходящ за нашата страна е проектът на Panasonic. Ако достатъчен брой домакинства се възползват от този тип технология и инсталират интелигентно решение като умната термопомпа на Panasonic – като черпят електроенергия от националната мрежа само извън пиковите часове, едно ефективно и интелигентно ползване на енергия – ще бъдат изведени от експлоатация по-голям брой захранвани с изкопаеми горива електроцентрали от стар тип, като по този начин ще се изчисти атмосферата на планетата и значително ще се намалятемисиите напарниковите газове.

За България ще бъде икономически изгодно партньорство с японския концерн Тошиба, чийто проект бе разгледа във втора глава и който се отнася най-вече до използването на smart grid при зареждане на електромобилите.

Пред нашата страна стои избор на един или повече от предложените проекти. След направения преглед на алтернативите, бе направен извод, че е по-правилно да се внедри проектът на Панасоник, а има и алтернатива за внедряване на Cisco Systems & Itron.

Установените предимствата на проектите за внедряването на новите мрежови технологии в разпределението и начините за насърчаване от регулатора са следните:

Предимства за участниците в пазара

Въвеждането на интелигентни електроразпределителни мрежи ще доведе до редица предимства както за компаниите от енергийния сектор, така и за потребителите. От гледна точка на управлението на мрежите, основните предимства от въвеждането на Smart Grids в България ще са:

- подобряване управлението на електроразпределителните мрежи;
- възможност за присъединяване на повече разпределени електропроизводствени мощности близо до потребителите, напр. фотоволтаични панели; когенеративни инсталации, използващи природен газ или биогаз; ветроенергийни генератори и др.;
- изглаждане на пиковете в потреблението и спестяване на средства за инвестиции в някои тесни места на мрежата;
- по-добро управление на активите чрез превантивна поддръжка;
- по-бързо отстраняване на аварийни ситуации, благодарение на новите комуникационни възможности, които Smart Grids предлагат;
- по-лесна интеграция на електромобилите в мрежите на големите населени места.

От гледна точка на потребителите, предимствата в България са следните и те трябва широко да бъдат рекламирани :

- ускоряване либерализацията на електроенергийния пазар чрез въвеждането на интелигентни измервателни устройства, както и други елементи от интелигентните мрежи;
- предлагане на нови тарифни структури от страна на доставчиците за по-голяма гъвкавост и по-точно отразяване на клиентските потребности;
- подобряване на енергийната ефективност и намаляване на клиентското потребление;
- повече възможности за инсталиране на собствени енергоизточници;
- намалена аварийност на мрежите.

Регулаторни аспекти. В момента ценовото регулиране чрез ценови таван и горна граница на приходите не предлага достатъчно възможности за инвестиции в интелигентни електроенергийни мрежи. Въпреки наличието на показатели за качество на електрозахранването и обслужването на клиентите, връзката между качествените показатели и необходимите инвестиции не е достатъчно добра. Необходима е нова

регулаторна парадигма, така че националните цели (вкл. за въвеждане на интелигентни електроенергийни мрежи) да бъдат отразени по-точно в регулаторните методологии и най-вече – при формирането на необходимите приходи за регулираните компании. В противен случай инвестициите в интелигентни електроенергийни мрежи няма да се случат с необходимия темп на развитие.

Ефектите от внедряване на интелигентните мрежи трябва да се търсят в няколко насоки: икономически, социални и екологични.

1) Икономически ефекти за крайните потребители

Интелигентни мерки за икономия на енергия за сгради са в следните направления::
1.Отопление и вентилация; 2.Отоплявайте дома си с възобновяеми енергийни източници;
3.Енергоефективен начин на живот; 4.Екологични строителни материали; 5.Пасивните къщи; 6.Избор на енергоефективни уреди; 7.Енергийни етикети, одити и оценки на дома;
8.Интелигентни измервателни уреди и интелигентни мрежи; 9.Подобреете изолацията на вашето жилище 10.Малки мерки за енергийна ефективност във вашия дом; 11.Намаляване на енергопотреблението в стари сгради; 12.Принципи на енергоефективното планиране.

2) Икономически ефекти за големите предприятия и за държавата

ИЕМ ще играят основна роля в икономиката в бъдеще, затова трябва да им се отделя достатъчно внимание и средства за изграждането и усъвършването им. Има приет план за икономическо въздействие, според който се придвижда сключването на партньорства между публичния и частен сектор за разработване на широка гама от технологии и интелигентни енергийни инфраструктурни системи. Необходими са работни места в областта на интелигентната енергетика. В допълнение полезните взаимодействия между услуги, ИЕМ и телекомуникационните мрежи ще бъдат максимизирани, за да се избегне дублирането на инвестиции и да се ускори въвеждането на интелигентните енергийни.

3) Социални ефекти за потребителите Социалната ефективност може да се търси във все по-честото използване на категорията „умни“ за нещата от живота: „умни продукти, умни мрежи, умни измервания, умни сгради, умни коли“ и т.н.

4) Екологични ефекти В крайна сметка умната енергийна система има потенциала да бъде още по-зелена от зелената енергийна система, като причините за това са свързани с: производството – възможност за още по-широко използване на възобновяемите

източници на енергия; мрежата – ограничени мрежови загуби и възможност за прогнозиране на консумацията на енергия и нивата на производство в съответствие с климатичните условия; съхранението на електроенергията – ограничени загуби поради гъвкавост и ефективност на системата (напр. съхранение на енергията за по-късно използване); потреблението – достъпът до данни за потреблението в реално време като цяло може да промени моделите на потребление, като ги направи по-ефективни, напр. чрез изместване на потреблението към по-евтини, по-чисти и по-ненатоварени часове или чрез намаляване на разточителното потребление при поддържане на сходни нива на комфорт. Умните технологии разширяват спектъра и внедряват в зелената тенденция един нов практически смисъл като добавят към ползите за околната среда и ползите за човека – по-добра, функционална и устойчива среда за обитаване, а оттам – и по-добър живот.

Възможностите за финансиране на проекти за внедряване на ИЕМ могат да бъдат обобщени в зависимост от подходите и начините на финансиране. Финансови инструменти: ясно могат да бъдат разграничени три основни начина, а именно: 1. Публично финансиране, вкл. кредитиране от СБ и МВФ, финансиране от европейски програми и от европейски структурни фондове, международни споразумения и др.; 2. Публично-частни партньорства и 3. Частно финансиране.

На **европейско ниво** съществуват следните инструменти⁷: Програма Интелигентна енергия—Европа (ИЕЕ); Европейски фондове - Мобилизиране на местните енергийни инвестиции (MLEI); Съвместно европейско подпомагане за устойчиво финансиране в градските зони (JESSICA)

Инструментите за финансиране на местно ниво са: Европейска програма за подпомагане в областта на енергетиката на местно равнище (ELENA); Европейски фонд за енергийна ефективност (ЕФЕЕ)

Външното финансиране включва, от една страна, структурните и кохезионния фондове, както и фондовете на ЕО, и от друга страна— дългово финансиране, при което инвеститорите вземат парите, които инвестират или под формата на заем, или чрез издаване на акции

Финансиране за общинските и регионалните власти се предлага чрез участие в програми, като Интелигентни градове (7-ма Рамкова програма), програми за

⁷ www.eumayors.eu

сътрудничество (INTERREG IV A, INTERREG IV B и INTERREG IV C) и URBACT. Интерес представляват и други програми: „Интелигентна енергия – Европа“ с няколко мерки: **SAVE** зат финансирани проекти за енергийна ефективност в строителството и индустрията и за прилагане на законодателни мерки в тази област; **ALTENER** е насочена към популяризиране на нови и възобновяеми енергийни източници за централизирано и децентрализирано производство на електричество; **STEER** е мярката за енергийна ефективност в транспорта. Максималният грант, искан от Европейската комисия, не може да надхвърля 75% от общия бюджет на проекта.

В края на трета глава са изведени насоки и стратегии за постигането на енергийна ефективност чрез внедряване на ИЕМ:

1. *Енергийна ефективност на сградите:*
2. *Насоки, проитичащи от поведението на потребителите са заложели в проектите:*
3. *Финансиране на енергийната инфраструктурата*

Европейският съюз стимулира енергийната ефективност на своите членки чрез програмата „Интелигентна енергия за Европа“. Препоръчва се внедряването на важни европейски програми:

4. *Нови и възобновяеми енергийни източници (ALTENER)*
5. *Насоки за развитие на енергийно ефективен транспорт (програма STEER)*
6. *Насоки за подобряване на енергийната ефективност*
7. *Инициативи в областта на енергетиката на местното ръководство:*

Перспективите за бъдещо развитие на интелигентните мрежи са благоприятни. Основните движещи сили като непрекъснатия растеж в разгръщането на технологиите за възобновяема енергия, особено вятърната и слънчевата енергия, нарастването на електрическия транспорт и цялостното нарастване на търсенето на електроенергия изглеждат създадени, за да създадат положителна среда за Интелигентните мрежи през следващото десетилетие. Ангажираността на потребителите по въпросите, свързани с предоставянето на достъп до електроенергия, също продължава да расте, макар и в далеч по-ниско темпо. Потребителите в европейските държави обикновено са по-ангажирани с пазарите на електроенергия и намаленията на разходите поради широкото либерализиране на пазарите на електроенергия.

Механизми за подкрепа на политиките и инициативи за интелигентните мрежи

По-широкото разпространение на технологиите за интелигентните мрежи през следващите десетилетия ще зависи от много и разнообразни фактори. Ще има редица ключови политически движещи сили за интелигентните мрежи, които ще осигурят положителна среда за тяхното развитие и които ще улеснят подобряването на мрежата. Някои от най-важните са свързани с правителствените инициативи за по-добро управление на търсенето на енергия и за повишаване на енергийната ефективност. Това ще бъде особено важно за страните извън OECD, които ще представляват много висок процент от нарастващото потребление на първична енергия през следващите две десетилетия. Ключов елемент за създаването на благоприятен климат за инициативите на интелигентните мрежи ще бъде решимостта на правителствата да провеждат инициативи за енергийна ефективност. Друг важен елемент във връзка с по-нататъшното развитие на ИМ ще бъде развитието и иновациите в бизнес моделите. В светлината на необходимите значителни капиталови инвестиции, както и на потенциалния глобален пазар на нови енергийни продукти и услуги, разработването на нови бизнес стратегии за постигане на икономии от мащаба и споделяне на риска ще изисква ефективно сътрудничество между правителството и бизнеса.

Виждат се възможностите за прилагане на Smart grids у нас в различни насоки. Интелигентните електроенергийни мрежи не се отнасят само до комуналните услуги и технологиите. Те са свързани и с това да се предоставят информацията и инструментите, от които се нуждаят потребителите, за да направят своя избор относно използването на енергия. С по-интелигентната мрежа се получава ясна и навременна картина за това. Също така може да се спести още повече, като се генерира собствено електричество чрез използване на соларни инсталации. В комбинация с ценообразуването в реално време, това позволява да се спестяват пари, като се използва по-малко енергия, когато електричеството е най-скъпо. Наличният капацитет на мрежата трябва да се оповестява и да се разпределя справедливо между всички ползватели. Важно е също така мрежата да се развива в полза на всички участници, чрез което да се гарантира, че и в бъдеще капацитетът ще е достатъчен и разполагаме за всички.

Заклучение

В отговор на поставените въпроси при разработване на дисертационната хипотеза се достигна до определени изводи. Цифровата технология, която дава възможност за двупосочна комуникация между комуналната услуга и нейните клиенти и осъществява контрол по електропроводните линии, което прави електроенергийната мрежа *интелигентна*. По време на преходния период, ще бъде от решаващо значение да се извърши тестване, технологично подобрене, да повиши образоваността на потребителите, да се разработят стандарти и разпоредби, както и да се обмени информация между проектите., *свързани с интелигентни мрежи са*: по-ефективен пренос на електрическа енергия; възстановяване на електричеството след смущения в електрозагранването; намалени разходи за операции и управление на комунални услуги, и в крайна сметка по-ниски разходи за електроенергия за потребителите; намалено пиково потребление, което ще помогне също така за по-ниски цени на електроенергията; увеличена интеграция на мащабните системи за възобновяема енергия; по-добра интеграция на системи за производство на електроенергия, притежавани от клиенти, включително възобновяеми енергийни системи; подобрена сигурност. Тези отговори осветлиха проблема и може да се види изостаналостта на България в тази област. Нашата страна е с най-високата енергийна интензивност и енергийна зависимост, проектите за разработване и внедряване на ИЕМ са само в началото. В дисертационния труд беше доказана повдигнатата хипотеза, че България трябва да използва опита на страните от ЕС, които са започнали разработването и внедряването на smart grids и че това е неизбежно за повишаване на енергийната ефективност на страната. Основните изводи, които могат да се направят, са: Разработването и внедряването на интелигентни електромрежи е необходимост и без тях България би изостанала от европейския електроенергиен пазар. Доказани са икономическите ефекти от внедряване на интелигентните мрежи за крайните потребители, за производствените предприятия, за общините и за цялата държава. От разгледаните проекти бяха избрани най-подходящите за нашата страна – опита на Италия и проектите на Панасоник и Тошиба за внедряване на ИЕМ. Псочените изводи са само първите стъпки на разработване и внедряване на ИЕМ в България, която е част от енергийната система на ЕС, а за в бъдеще предстои още много работа, докато се постигнат успехи и това е само началото на развитието на Smart grid в нашата страна.

III. СПРАВКА ЗА ПРИНОСНИТЕ МОМЕНТИ В ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

I. Научно-теоретични приноси:

1. На базата на направено проучване на научната литература и анализ на практиката за внедряване на ИЕМ са обобщени и допълнени основните характеристики и компоненти на Smart Grid. Направен е общ преглед на уредите и технологиите, необходими за ИЕМ, както и нови начини за съхранение на електроенергията – технологии и системи. Анализирани са методите и системите за пренос на електроенергия в аспекта на ИЕМ.

2. Извършена е класификация на методите за ценообразуване на електроенергийните услуги

3. Извършен е анализ на европейските проекти за Smart grid с обобщаване на насоките и стратегиите за постигането на енергийна ефективност от внедряването на ИЕМ.

II. Практико-приложни приноси:

1. Въз основа на анализ и сравнения на отделни проекти за внедряване на интелигентни енергийни мрежи в различни страни са разработени и апробирани модели за управление и оценка на ефекта от внедряване на ИЕМ.

2. Направено е адаптиране и е предложен подход за комплексна оценка на икономическите ползи от приложението на ИЕМ

3. Предложени са конкретни мерки за стимулиране на внедряването на ИЕМ в България, респ. за подобряване на енергийната ефективност в различни сектори на икономиката.

IV. ПУБЛИКАЦИИ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Монография

- 1. Медникаров, М. Интелигентни енергийни мрежи, Варна, изд. “Малео 63“, 2019, 225 страници**

Статии

- 2. Медникаров, М. Електроенергийната промишленост на България – анализ и прогнози, УНСС, сп. „Инфраструктура & Комуникации“, бр. 13/ 2018, с. 74-80**
- 3. Медникаров, М. Внедряване на интелигентни уреди в домакинствата у нас, УНСС, сп. „Недвижими имоти & Бизнес“, том II(2) / 2018, с. 128-132**
- 4. Медникаров, М. Развитие и внедряване на интелигентни мрежи в енергийната система, том 14/ 2018 на електронно научно списание „Авангардни научни инструменти в управлението“ (ISSN 1314-0582).**