

ЕНЕРГЕТИКА

ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЙНИ РАКУРСИ

брой **9 / 2021**
февруари

entsoe

ЗЕЛЕНИЯТ ПЪТ НА
ЕНЕРГЕТИКАТА



Рубрика „Мнения“ - До 2030 г. трябва да заработи АЕЦ „Белене“ и да започне строителството на 7 и 8 блок на площадката в АЕЦ „Козлодуй“- разговор с Богомил Манчев - председател на БУЛАТОМ	12
Националната електрическа компания разполага с гъвкав потенциал във ВЕЦ и ПАВЕЦ за осигуряване стабилната работа на електроенергийната система - разговор с Иван Йончев - изпълнителен директор на НЕК	15
Рубрика „Иновации“ - Предварителни тестове за активиране на ръчно вторично регулиране на честотата (рВРЧ) - статия на инж. Свилен Пиралков - Албена АД, инж. Николай Чавдаров и д-р инж. Стефан Сулаков - ЕСО ЕАД	20
Рубрика „С поглед в бъдещето“ - Енергийното резервиране в енергийния преход - статия на проф. Радослав Кючуков	26
Рубрика „В партньорство с науката“ - Неразрушаващи методи за диагностика на кабелна изолация - статия на д-р инж. Руслан Папазян	32
Рубрика „Екология и ВЕИ-технологии“ - Новите технологии и ролята им за увеличаване дела на възобновяемата енергия в крайното потребление - статия на проф. Христо Василев	38
Рубрика „Иновации“ - Утилизация на отпадъчна топлина на енергийни котли чрез кондензационни економайзери - статия на проф. д-р инж. Илия Илиев, доц. д-р инж. Ангел Терзиев, член кор. проф. Христо Белолев	43
Рубрика „Иновации“ - Коронен разряд в електропроводни линии високо напрежение. Загуби и методи за решение - статия на Иван Ханджиев	51
В памет на инж. д-р Люлин Радулов	55
В памет на проф. Атанас Тасев	62
Рубрика „Експертният капитал на ЕСО“ - Политиката на ЕСО в областта на човешките ресурси и нейните двигатели - разговор с Евгения Василева - ЧР в МЕР София-област и Светлана Георгиева - ЧР в МЕР Бургас на ЕСО	63

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ:

Ангелин Цачев
 Антон Славов
 Гергана Терзийска
 Стефан Радев
 Димитър Зарчев

Д-р Стефан Сулаков
 Милена Стоянова
 Милена Цолева
 Станислав Георгиев
 Проф. Валентин Колев

Проф. Илия Илиев
 Проф. Радослав Кючуков
 Проф. Христо Василев
 Проф. Венко Н. Бешков

ГЛАВЕН РЕДАКТОР:
 Свилен Димитрова

РЕДАКТОР:
 Боряна Петрова

Автор на концепцията за списанието, издавано от ЕСО:
 Свилен Димитрова



Динамично и предизвикателно започна 2021 година. И това е някак предизвестено. Вече доста уморени от принудителната пауза, която наложи пандемията през 2020 година, хората по целия свят стремително искат да излязат от внезапната летаргия. Не такива са намеренията на видоизменящия се коронавирус. Макар и надеждата да се просмуква, понесена на крехките рамене на започналата масова ваксинация, все по-отчетливо прозира осъзнаването, че обратен ход към „старото нормално“ няма да има. В енергетиката перспективата също непоколебимо гледа към зеленото бъдеще на сектора и как ще бъде постигнато съществено намаляване на въглеродния отпечатък. Освен увеличаване дела на възобновяемите енергийни източници в производството на електроенергия, трябва да се мисли и за други начини за обезпечаване на електропотреблението. Водородът като енергоносител все по-убедително започва да си пробива път като алтернативен енергиен източник. Развиването на водородната енергетика поставя нови въпроси за решаване за начините за неговото производство, съхранение и транспортиране. Управленска подкрепа за разгръщането на тази технология не липсва. Нещо повече, с последните промени в Закона за енергетиката, приети на второ четене от българския парламент, България става една от малкото страни, които дават дефиниция на термина „зелен водород“ – получен чрез електролиза или други технологии, използващи възобновяеми източници. За бъдещето на водородната и ядрената енергетика у нас разговаряме с председателя на „Булатом“ Богомил Манчев часове преди официалната церемония за присъединяването на България към Агенцията за ядрена енергия на Организацията за

икономическо сътрудничество и развитие. На онлайн церемонията българският премиер Бойко Борисов и енергийният министър Теменужка Петкова бяха категорични, че постигането на европейските цели за въглероден неутралитет е немислимо без ядрената енергетика. Същият акцент се очертава и в разговора ни с председателя на „Булатом“. В интервюто, специално за списание „Енергетика-Електроенергийни ракурси“, Богомил Манчев се обявява за изграждане на 7 и 8 блокове на АЕЦ „Козлодуй“ успоредно със строителството на АЕЦ „Белене“. Ден по-късно експертен доклад на енергийното министерство, внесен за разглеждане от Министерския съвет, за техническата възможност оборудването за АЕЦ „Белене“ да бъде използвано за изграждането на 7 блок на АЕЦ „Белене“ отново постави на дневен ред темата за бъдещето на втората атомна централа у нас. Ако има по-тежка дума от тази на експертите, то тя определено е на „живия живот“. А той недвусмислено доказва изключителната роля на ядрената енергия за сигурното, балансирано и непрекъснато функциониране на електроенергийната система, когато на 22 януари 2021 година в 1.16 часа субективна грешка доведе до задействане на защитата на 5-ти блок на АЕЦ „Козлодуй“ и той беше изключен. За минути адекватните и професионални решения на експертите от Електроенергийния системен оператор заместиха с резервни мощности отпадналата генерация от 1000 MW на изключения реактор. 22 часа, които доказаха смисъла на надеждните средства за балансираното и сигурно функциониране на електроенергийната система. Електроенергийният системен оператор осигури стабилното и непрекъснато електроснабдяване на страната като активира заместващи мощности от всички ТЕЦ и ВЕЦ. Водоелектрическите централи изиграха ключова роля за покриване на отпадналата генерация от 1000 MW на 5-блок на АЕЦ „Козлодуй“. За мястото и в бъдеще на ВЕЦ и по-специално на най-голямата помпено-акумулираща ВЕЦ в Югоизточна Европа – ПАВЕЦ „Чаира“ в енергийния баланс на страната разговаряме с изпълнителния директор на Националната електрическа компания Иван Йончев. Тези и още аспекти на дискуссионните въпроси от енергетиката събираме в настоящия брой на списанието на ЕСО „Енергетика-Електроенергийни ракурси“, обединени под водещата тема „Зеленият път на енергетиката“.

Свилена Димитрова

главен редактор на сп. „Енергетика
– Електроенергийни ракурси“

ПРОМЕНИТЕ В ЗАКОНА ЗА ЕНЕРГЕТИКАТА В ПОДКРЕПА НА РЕФОРМИТЕ В СЕКТОРА

Приетите в края на януари месец 2021 година поправки в Закона за енергетиката осигуряват нормативна основа за продължаване либерализацията на електроенергийния пазар. Първата стъпка в тази посока е извеждането на свободния пазар на производителите на електроенергия от ВЕИ с мощност от 0,5 до 1 MW, чиято енергия до промяната се изкупуваше на преференциални цени. От 1 юли 2021 година те вече ще продават енергията си на борсата на пазарни цени, а разликата до размера на определеното им с преференциална цена производство ще се компенсира с премия от Фонд „Сигурност на електроенергийната система“. Извеждането на още производители на свободния пазар цели да осигури по-добра ликвидност на енергийната борса, което пък е предпоставка за по-конкурентни условия за всички участници в нея. Чрез тази стъпка се подготвя и следващият етап в либерализацията - излизането на свободния пазар и на потребителите, които в момента са в регулирания сегмент. Досега на борсата електроенергията си продаваха производителите с мощност над 1 MW, а от 1 юли 2021 г. - когато започва новата регулаторна година, това ще важи и за по-малките централи - от 500 kW до 1 MW. В срок до 31 май 2021 г. тези производители ще сключат договори за компенсиране с премия от Фонд „Сигурност на електроенергийната система“ на произведените от тях количества електрическа енергия до размера на определеното им с преференциална цена. Премията ще се определя всяка година от КЕВР в срок до 30 юни като разлика между преференциалната цена до момента и прогнозната пазарна цена, определена за периода, за електрическата енергия, произведена от възобновяеми източници в зависимост от първичния енергиен източник. Премията ще се предоставя до изтичането на съответния договор за дългосрочно изкупуване или договор по Закона за ВЕИ, подписан преди влизането в сила на новите поправки.

Поправките в Закона за енергетиката предвиждат и увеличаване дела на възобновяемата енергия в общия енергиен микс на страната, чрез премахване на таксата от 5 % върху приходите за новите производители на възобновяема енергия. Тази промяна влиза в сила със задна дата от 1 януари 2021 г. и цели да стимулира инвестициите във ВЕИ. Поетите ангажменти от страната пред ЕК са за 27-процентен дял на ВЕИ в брутното потребление до 2030 г. От 2010 г. досега за стабилизиране на енергийния сектор вноски към Фонда отчисляват всички държавни и частни производители на електрическа енергия, както и преносните оператори ЕСО и Булгартрансгаз.

Законово се насърчава и енергийната ефективност с осигуряване на достъпно финансиране на дейностите в тази посока. Промените на Закона за енергетиката предвиждат Фонд „Сигурност на електроенергийната система“ да поеме лихвите по заемите за инвестиции в проекти за енергийна ефективност. Председателят на енергийната комисия в НС Валентин Николов поясни, че е предвидено този финансов ресурс да може да се ползва от всички граждани, отговарящи на условията, одобрени от Министерския съвет.

Измененията в Закона за енергетиката уреждат още два съществени въпроса в перспективата за постигане на въглероден неутралитет на европейската енергетика. Единият е въвеждане провеждането от Електроенергийния системен оператор на търгове за допълнителни услуги за първично и вторично - ръчно и автоматично регулиране на честотата на системата. Допълнителните услуги за първично и вторично регулиране на честотата са в отговор на изискванията за гарантиране сигурната работа на електроенергийната система в условията на увеличаващия се дял на производство на електроенергия от ВЕИ, както и в подкрепа на предстоящото въвеждане на механизъм за капацитет от 1 юли 2021 година.

Развитието на водородните технологии също получава нормативна подкрепа в Допълнителните разпоредби на Закона за енергетиката, където се дава дефиниция на термина „зелен водород“ - водород, получен чрез електролиза или други технологии, използващи възобновяеми източници. Преходът към нисковъглеродна икономика е свързан със спиране използването на изкопаеми енергийни ресурси и заместването им с екологично чисти енергийни източници. Технологиите за

въвеждане на алтернативни енергоносители търпят бурно развитие през последните години. Едни от най-обсъжданите напоследък технологии са водородните. Комисията по околна среда на Европейския парламент одобри на 27.01.2021 година Водородната стратегия на Европейската комисия, която определя този енергоносител като ключов за постигане на въглероден неутралитет в страните от Общността до 2050 г.

НАД 1,1 МЛРД. ЕВРО ЩЕ ПОЛУЧИ БЪЛГАРИЯ ОТ ФОНДА ЗА СПРАВЕДЛИВ ПРЕХОД

България ще разполага с повече от 1,1 млрд. евро от Фонда за справедлив преход за финансиране на проекти за изпълнение на Европейската зелена сделка.

Предвидените за България средства ще бъдат отпуснати след изработването на регионални планове за възстановяване, уточни в края на 2020 година заместник-министърът на енергетиката Жечо Станков.

За България по линия на Европейската комисия средствата за подготовката на регионалните планове за Стара Загора, Перник и Кюстендил са осигурени. Вече има избран изпълнител, който да подготви плановете за трите региона, но той ще бъде официално оповестен от Комисията в момента на подписване на договорите. Две седмици след това трябва да бъде и първата среща на българското правителство с партньорите. В подготовката на плановете ще се включат и заинтересованите страни и работодателите. Срокът за финализиране на работата по плановете е една година.

В края на септември 2020 година Министерският съвет одобри сключването на консултантски договор със Световната банка на стойност 2,5 млн. лв., която чрез Международната банка за възстановяване и развитие да подпомогне изготвянето на такива планове за другите осем региона, също силно засегнати от бъдещата декарбонизация - Хасково, Сливен, Ямбол, Варна, Бургас, Ловеч, Габрово и Търговище.

В хода на обсъжданията общият размер на Фонда беше променян няколко пъти, но в края на 2020 година се постигна предварително политическо споразумение. В резултат на новата договорка средствата във Фонда се увеличават съществено от последния обсъждан вариант - от 7,5 на 17,5 млрд. евро.

Щетите от енергийната трансформация за най-засегнатите от декарбонизацията икономики ще бъдат компенсирани чрез дългосрочно финансиране и привличане на частни инвестиции. Средствата ще дойдат от многогодишната финансова рамка за периода 2021–2027 г. (7,5 млрд. евро) и инструмента Next Generation EU (10 млрд. евро за период от три години).

Финансирането се предвижда да бъде насочено към производствени инвестиции в малки и средни предприятия, научни изследвания и иновации, внедряване на технологии за чиста енергия на приемлива цена, намаляване на емисиите, енергийна ефективност и възобновяеми енергийни източници, цифровизация и цифрова свързаност, възстановяване и рехабилитация на земи, проекти за промяна на предназначението на обекти, кръгова икономика (намаляване на отпадъците, ефективност на ресурсите, повторна употреба, ремонт и рециклиране), повишаване на квалификацията и преквалификация на работници, съдействие на търсещите работа.

55 % НЕТНО НАМАЛЕНИЕ НА ЕМИСИИТЕ НА ПАРНИКОВИ ГАЗОВЕ ДО 2030 г. ЗА ПОСТИГАНЕ НА ПЪЛНА КЛИМАТИЧНА НЕУТРАЛНОСТ В ЕВРОПА

На последната среща за 2020 година на Европейския съвет на 10-11 декември в Брюксел европейските държавни и правителствени ръководители постигнаха съгласие по Многогодишната финансова рамка и спасителния пакет „Следващо поколение“, насочени към възстановяване на европейските икономики. COVID-19, външните отношения и сигурността също бяха във фокуса на разговорите, но най-сериозните акценти засегнаха Зелената сделка. Утвърдената от Съвета нова цел от 55% нетно намаление на емисиите парникови газове до 2030 г., като следващата стъпка към постигането на пълна климатична неутралност за Европейския съюз, ще бъде отразена и в европейския климатичен закон. В заключенията от срещата на Европейския съвет беше подчертано насърчаването на иновациите в зелени

технологии за стимулиране на устойчивия икономически растеж на Общността. С прокарването на зелени политики се цели създаване на нови работни места и по-добри условия на живот за гражданите на ЕС, както и постигане на дългосрочна конкурентоспособност в световен мащаб на европейската икономика.

След лидерската среща българският премиер потвърди амбицията на страната да работи за нулева климатична неутралност до 2050 г. Той изрази оптимизъм по отношение реализирането на новите цели до 2030 г. и постигането на консенсус между страните членки за вариантите за намаляване на вредните емисии при адекватен компенсаторен механизъм.



Българският премиер Бойко Борисов обсъди с председателя на ЕК Урсула фон дер Лайен по-рано през 2020 година проблемите на страните от Централна и Източна Европа, произтичащи от предстоящото затваряне на въглищните централи. Всяка държава, за да може да гарантира енергийните си доставки на достъпни цени, ще има право сама да определя състава на енергийния си микс и да използва най-подходящите технологии за постигане на климатичните цели до 2030 г.

В заключенията от срещата на Европейския съвет от края на 2020 година по отношение на адекватността на компенсаторните механизми е записано, че икономиката на всяка държава от ЕС ще бъде справедливо подпомагана в прехода ѝ към нисковъглеродна трансформация от европейските финансови инструменти, с отчитане на конкретните национални особености и потенциал за намаляване на емисиите.

Необходимите инвестиции за постигане на по-амбициозните цели на Съюза ще бъдат осигурени чрез мобилизиране на публични финанси и частни капитали, с които се очаква да се даде и конкурентно предимство за европейската икономика в световен мащаб.

Постигането на въглеродна неутралност до 2050 година в държавите от Европейския съюз беше във фокуса на разговорите и по време на неформалната видеоконферентна среща на енергийните министри на 14 декември 2020 г. За реализиране целите на Зелената сделка Европейският съюз трябва изцяло да трансформира енергийната си система в интегрирана енергийна система с висок дял на енергията от възобновяеми източници и значителни подобрения на енергийната ефективност.

КЕВР СТАРТИРА ЕЛЕКТРОННА ПЛАТФОРМА ЗА СРАВНЯВАНЕ НА ОФЕРТИ И СКЛЮЧВАНЕ НА ДОГОВОРИ С ТЪРГОВЦИ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЯ

Поредната стъпка по пътя към пълна либерализация на пазара на електрическа енергия стана факт в началото на 2021 година. Комисията за енергийно и водно регулиране стартира платформа за сравняване на оферти и сключване на договори с търговци за доставка на електроенергия.

Централизираната информационна система е публична и е достъпна от началото на 2021 г. Очакванията са, че след като премине тестовият ѝ период, над 40 търговци да регистрират оферти за битови и бизнес потребители.

Платформата е създадена в съответствие с преходните и заключителни разпоредби на Закона за енергетиката, чиито промени бяха обнародвани в средата на 2020 г.

Чрез нея търговците ще се конкурират да осигурят най-добра услуга, а потребителите могат да сравняват и изберат най-изгодната оферта за доставка на електрическа енергия.

Освен свободен достъп до актуалните предложения на търговците, платформата дава възможност на клиентите с годишно потребление под 100 000 kWh да избират сред

различните оферти и да сключват договори за доставка.

Критериите, по които се сравняват офертите, са различни – за битови и небитови потребители, според товаровия график, месечното потребление, срока на договора, неустойките и др. При избор на конкретна оферта от клиент той ще може да получи договор по електронна поща или с доставка на адрес. При отказ от приета оферта клиентите не дължат неустойка и не търпят санкции.

Но търговец, отказал се от вече публикуваната му оферта, ще бъде санкциониран.

Комисията за енергийно и водно регулиране ще проследява и архивира всички стъпки в платформата както на потребители, така и на търговци. Осигурена е и ефективна процедура за съобщаване за публикувани оферти с неточна информация. В помощ на избора на потребителите са и последните поправки в Закона за енергетиката, които задължават електроразпределителните дружества да публикуват в месечните си фактури товаровия профил на клиентите си.

ОПТИМАЛНО ИЗПОЛЗВАНЕ НА ВТОРАТА ЯДРЕНА ПЛОЩАДКА НА ТЕРИТОРИЯТА НА АЕЦ „КОЗЛОДУЙ“ ЗА ЦЕЛИТЕ НА КЛИМАТИЧНАТА НЕУТРАЛНОСТ

В края на месец януари 2021 година Министерството на енергетиката внесе за разглеждане в Министерския съвет доклад за техническата възможност оборудването за АЕЦ „Белене“ да бъде използвано за реализацията на 7 блок на АЕЦ „Козлодуй“. Амбицията на

управляващите е оптимално оползотворяване на втората площадка на територията на АЕЦ „Козлодуй“ за постигане на въглероден неутралитет и гарантиране сигурността на доставките с екологично чиста електроенергия.



„Това са изключително важни инфраструктурни проекти, които гарантират и националната сигурност, и енергийната сигурност, и диверсификацията. Освен това използват и платеното от държавата и данъкоплатците оборудване за АЕЦ „Белене“. Мисля, че след 7-и, ще отидем и на 8-и реактор“, заяви министър-председателят Бойко Борисов по време на правителственото заседание на 20 януари 2021 година. Изпълнителният директор на АЕЦ „Козлодуй“ Наско Михов аргументира възможността със стремежа към търсене на обосновано, аргументирано и информирано решение за бъдещето на българската енергетика. Той призна, че проектът за изграждане на 7 блок на АЕЦ „Козлодуй“ не е лесен, но при добра организация до десет години може да бъде пуснат в експлоатация новият реактор.

Проучването на възможностите за използване на втората площадка на АЕЦ „Козлодуй“ започна

с дадения от Министерския съвет в средата на октомври 2020 година мандат на АЕЦ „Козлодуй“ за преговори с водещи американски компании в областта на ядрените технологии. Сформирана беше работна група от български и международни ядрени експерти за изготвяне на становище за бъдещето на ядрената енергетика в България.

На 20 януари 2021 г. Министерският съвет възложи на енергийното министерство да организира изготвянето на модел за финансово структуриране на проекта за изграждане на 7 блок на втората площадка в АЕЦ „Козлодуй“ и анализ на приложимата национална, европейска и международна правна рамка. Продължава и проучването на възможностите за изграждане на нова ядрена мощност, чрез използване на технологии за малки модулни реактори.

ИЗПЪЛНЕНИЕТО НА ЕВРОПЕЙСКИТЕ ЦЕЛИ ЗА ВЪГЛЕРОДНА НЕУТРАЛНОСТ Е НЕВЪЗМОЖНО БЕЗ РАЗВИТИЕТО НА ЯДРЕНАТА ЕНЕРГЕТИКА

Акцентът от думите на енергийния министър Теменужка Петкова при официалното присъединяване на България към Агенцията за ядрена енергия на Организацията за икономическо сътрудничество и развитие. Членството на България в Агенцията за ядрена енергия е признание за високото ниво на българската ядрена енергетика.

В началото на 2021 г. България стана 34-ят член на Агенцията за ядрена енергия на Организацията за икономическо сътрудничество и развитие. Престижното включване на страната ни в групата на големите „ядрени“ нации, които оперират почти 90 % от инсталираните ядрени енергийни мощности в света, се случи на официална онлайн церемония.

„Приемането на България като пълноправен член на АЯЕ към ОИСР е безспорно

доказателство за нивото, на което се намира българската енергетика, като се прилагат най-високи стандарти за безопасност“, изтъкна министърът на енергетиката Теменужка Петкова в приветствието си към участниците в срещата. По думите ѝ изпълнението на целите на Европейския съюз за беземисионно производство на енергия към 2050 година е неизпълнимо без участието и на ядрената енергия.



Приветствия по случай членството на България в АЯЕ направиха генералният секретар на ОИСР Анхел Гурия и генералният директор на Агенцията Уилям Магууд.

Генералният секретар на ОИСР Анхел Гурия поздрави всички, допринесли за тази

историческа стъпка, и най-вече министър-председателя Бойко Борисов. Анхел Гурия каза още: „Днес е много важен ден не само за България и цялото семейство на АЯЕ, но също и за ОИСР. Това е плод на нашите постоянни усилия да направим организацията по-глобална, по-приобщаваща“.



На свой ред министър-председателят Бойко Борисов благодари за приятелството и доверието към България и подчерта, че членството на България в АЯЕ е висока оценка за работата на българските ядрени специалисти и за спазването на високите норми на сигурност и безопасност при експлоатацията на ядрени съоръжения в страната. Българският премиер заяви, че страната ни разчита на ядрените си мощности, успяла да даде пример как се извеждат четири реактора от експлоатация, как се съхранява отработено ядрено гориво и в момента усилено работи за развитие на проекта за седми реактор на АЕЦ „Козлодуй“.

Генералният директор на Агенцията за ядрена енергия Уилям Магууд също поздрави България за присъединяването ѝ към организацията. Той подчерта

значението на българската позиция в дискусиите на ЕС за постигане на нулеви въглеродни емисии и отличните си впечатления от кадровата осигуреност и опита на българските ядрени специалисти.

АЯЕ е една от енергийните агенции на Организацията за икономическо сътрудничество и развитие със седалище в Париж. Тя има за цел да подпомага сътрудничеството между страните членки за високи постижения в областта на ядрената безопасност, технологиите, науката, околната среда и правото.

През лятото на миналата година, след одобрението от ОИСР и всички страни членки на АЯЕ за присъединяване на България към организацията, енергийният министър Теменужка Петкова и генералният директор на АЯЕ Уилям Магууд обсъдиха проект за създаване на регионална инициатива за ядрен напредък, която с четири приоритетни области да обедини страните от Централна и Източна Европа, заинтересовани от развитието на ядрената енергия за мирни цели.

Бъдещото сътрудничество ще бъде в сферите на анализа и развитието на дългосрочната енергийна надеждност, управлението на радиоактивни отпадъци, ефективната комуникация с обществеността и развитието на инфраструктурата и образованието за иновации.

АЕЦ „КОЗЛОДУЙ“ И „УЕСТИНГХАУС ЕЛЕКТРИК-ШВЕЦИЯ“ ПОДПИСАХА ДОГОВОР ЗА АНАЛИЗ НА БЕЗОПАСНОСТТА ЗА ЛИЦЕНЗИРАНЕ И ВНЕДРЯВАНЕ НА АЛТЕРНАТИВНО ГОРИВО ЗА БЛОК 5 НА АЕЦ „КОЗЛОДУЙ“

На 4 февруари 2021 година изпълнителният директор на АЕЦ „Козлодуй“ Наско Михов и Азис Даг, вицепрезидент и управляващ директор на „Уестингхаус Електрик“ - Швеция подписаха договор за анализ на безопасността за лицензиране и внедряване на алтернативно гориво за блок 5 на АЕЦ „Козлодуй“. На церемонията присъстваха министър-председателят Бойко Борисов, министърът на енергетиката Теменужка Петкова и посланиците на САЩ и Кралство Швеция в България - Н. Пр. Херо Мустафа и Н. Пр. Катерина Рангнит. Диверсификацията на ядреното гориво е в съответствие с политиката на ЕВРАТОМ за гарантиране на непрекъснатата и безопасна работа на ядрените мощности, подчерта в изказването си министърът на енергетиката Теменужка Петкова.



С подписването на този договор правителството изпълнява един от основните си приоритети в енергетиката за диверсификация на енергийните ресурси, отбеляза българският енергиен министър. Теменужка Петкова изтъкна, че пътната карта, подписана с Агенцията по доставките на ЕС за диверсификацията на свежо ядрено гориво за АЕЦ „Козлодуй“, се изпълнява, въпреки пандемията.

Договорът поставя началото на втория етап от процеса по лицензиране на горивото на Уестингхаус за използване в АЕЦ „Козлодуй“. След завършването му Агенцията за ядрено регулиране трябва да разгледа техническото решение за внедряване на касетите на Уестингхаус в АЕЦ „Козлодуй“.

В Европейската стратегия за енергийна сигурност от 2014 г. се изисква цялостно диверсифицирано портфолио на доставките на ядрени материали и услуги в ядрено-горивния цикъл на всички оператори на ядрени централи в ЕС. Намалването на зависимостта от един доставчик е в съответствие с политиката на ЕВРАТОМ за гарантиране на сигурността при производство на електроенергия за населението и промишлеността на страните членки на ЕС. В отговор в АЕЦ „Козлодуй“ е разработена и внедрена програма за диверсификация на доставките на свежо ядрено гориво за блокове 5 и 6 на централата.

Потърсихме за разговор енергийния експерт Богомил Манчев, за да обсъдим възможностите за постигане на въглероден неутралитет в страната с оглед на европейските и световни тенденции за овладяване на климатичните промени и развитие на нискоемисионни енергийни източници. Във фокуса на разговора ни е мястото на ядрената енергия за осигуряване на електропотреблението и обезпечаване на свободния електроенергиен пазар, както и визиите за развитие на водородната енергетика в перспективата на декарбонизацията на европейската енергетика.

Разговорът ни с Богомил Манчев се случва часове преди официалната церемония за приемането на страната ни в Агенцията за ядрена енергия на Организацията за икономическо сътрудничество и развитие във Франция и ден преди представянето в Министерския съвет на доклад за техническата възможност оборудването за АЕЦ „Белене“ да бъде използвано за изграждането на 7 блок в АЕЦ „Козлодуй“.

БОГОМИЛ МАНЧЕВ: ДО 2030 Г. ТРЯБВА ДА ЗАРАБОТИ АЕЦ „БЕЛЕНЕ“ И ДА ЗАПОЧНЕ СТРОИТЕЛСТВОТО НА 7 И 8 БЛОК НА ПЛОЩАДКАТА В АЕЦ „КОЗЛОДУЙ“

разговор на Свилена Димитрова с
председателя на „Булатом“ Богомил Манчев



В началото на разговора Богомил Манчев очертава енергийните източници, които се използват за покриване на енергийното потребление у нас.

Когато говорим за енергетика, трябва да се направи баланс колко енергия харчи държавата въобще, без значение какъв вид е тя. Ние горим 3 млрд. куб. м газ в ТЕЦ-овете и в промишлеността. В 1 млрд. куб. м газ има 10,5 млн. MWh енергия. Т.е. в тези 3 млрд. куб. м газ имаме около 33 млн. MWh енергия. В нефтената рафинерия в Бургас се преработват между 4 и 5 млн. тона нефт, а в 1 тон нефт има около 11 MWh. Т.е. и там има още около 45 млн. MWh. Като гориво в страната имаме 20-те млн. MWh от ТЕЦ. 18 млн. MWh от въглища, 15 млн. MWh чиста енергия от АЕЦ, 5 млн. MWh от вода, вятър и слънце. В годишния баланс имаме: 1,5 млн. MWh от слънце, 1,5 млн. MWh от вятър и малко над 2 млн. MWh от вода. *В България първо трябва да се реши въпросът с чистотата на енергията, която консумираме, тъй като държавата ни е електроориентирана.* Нашите съседи - Гърция и Румъния са взели решение да затворят термичните си централи 2025 г. Тогава какво ще се случи у нас? Ние трябва да намерим източник, който ще замени тази енергия с друг вид енергия, но чиста и да е достъпна 24 часа.

Каква е алтернативата на въглищните централи у нас?

Ние имаме един единствен чист източник на базова енергия - това е ядреният, и един единствен проект - проектът за АЕЦ „Белене“, който е готов и може да започне строителството на централата. Но държавата трябва да бъде 100% собственик на проекта и да реши кои фирми ще бъдат допуснати като стратегически доставчици. Единият трябва да е General Electric, другият Фрамагом, третият трябва да е Уестингхаус. Експертите да решат по какъв най-добър начин могат да се обединят източната и западната технология, и да се намерят средства, за да започне да се строи централата. Трябва да се изпрати доклад за ренотификация на Беленския проект, тъй като не се изменя ядрената инсталация, а това е основното, което се нотифицира в Европа. Нашият проект вече е нотифициран. Ядрената инсталация, която ще се изгражда с конкретно гориво, показва какви емисии ще има в околната среда. Затова нейният ОВОС е валиден, защото не е изменена инсталацията, а се сменя единствено инвеститорът. За мен най-добър вариант е тази централа да бъде 100 % държавна. Дали в лицето на БЕХ или в лицето на нова компания, но не може да бъде АЕЦ „Козлодуй“, защото по смисъла на европейските политики не се разрешава държавна помощ. Печалбата на АЕЦ „Козлодуй“

не може да се инвестира в АЕЦ „Белене“, защото тази печалба е дивидент на държавата, което се счита за държавна помощ. Например Унгария приложи европейския закон, за да изгради атомна централа. Същото предлагам да се случи и в България. Минимум 5 години трябва, за да получи държавата реално работеща централа с достигнати работещи параметри по проекта на ядрените инсталации, които стоят на площадката в Белене. *До 2030 г. трябва да са заработили първите 2 блока на АЕЦ „Белене“ и да започне строителството на два нови блока на площадката в АЕЦ „Козлодуй“.*

За ролята на политиката при вземането на изключително експертни решения.

Аз искам да разсъждавам от гледна точка на нашата държава. Ние сме малка държава и нашите политици трябва храбро да застанат срещу голямата политика, наречена САЩ или Русия, и да обяснят, че ние не сме плацдарм. Трябва да намерим решение, без значение дали ще вземем ядрена енергетика от САЩ или от Русия, просто енергията трябва да е достъпна и рентабилна. Не сме държава, която има безкраен ресурс. Чрез модернизацията на 5 и 6 блок показвахме, че технологиите от Запад и Изток могат да се обединят и да се получи прекрасно решение. Това предлагаме да се случи и в Белене. Купили сме ядрени инсталации от Русия. Може да направим машинна зала от General Electric, може горивото да е от Уестингхаус, но след определени години. Никой производител няма да даде гаранция за достигане на проектните параметри на инсталацията му, ако не се използва оригиналното за инсталацията гориво.

Богомил Манчев се обявява и за изграждането на 7 и 8 блок на площадката на АЕЦ „Козлодуй“

Грешка е да се прави проект за 1 блок в АЕЦ „Козлодуй“. Трябва да се разработи проект за два нови блока на площадката в АЕЦ „Козлодуй“. Пети блок на централата може да работи до 2047 г., шести блок до - 2051 г. Това означава че до 2035 г. трябва да започне строителството на новите 2 блока на площадката в Козлодуй. Има европейска директива и закон, който е ясен - където има ядрена площадка - на нея може да се изградят само атомни централи. Ние имаме 2 площадки, одобрени за ядрени централи - Козлодуй и Белене. Много хора смятат, че като тръгнем да правим Белене, ще изоставим Козлодуй. Не, ние трябва да развиваме АЕЦ „Козлодуй“. Това са допълващи се във времето проекти. Колкото и да ни се иска да си запълним енергийния микс със соларни мощности и вятър, не можем да го направим. България на картата на вятъра е с нулев потенциал, дори и да се гарантира сигурността с много ВЕИ паркове.

Коментираме и въпроса за цената на електроенергията от АЕЦ „Белене“ с оглед либерализацията на електроенергийните пазари, където единствено пазарната логика е определяща.

Днешната цена на базовата енергия е 70 евро за MWh/б.ред. – цената на базовата електроенергия на борсата в деня на интервюто/. Защитната цена на електроенергията, за да се изплати инвестицията за 12 години на АЕЦ „Белене“, е 60 евро. А себестойността е 27 евро, включително по 1,5 евро да се внасят във фондове за извеждане от експлоатация. Цената на електроенергията от АЕЦ „Белене“ ще бъде като на всички други източници, поради това че тези мощности могат да работят 8000 часа в базов режим, поради това че могат да запълват пиковото потребление в денонощието. АЕЦ „Белене“ ще продава произведената електроенергия на свободен пазар и цената ѝ ще бъде пазарна.

За проблема с кадровото обезпечаване на ядрената енергетика.

Ако започнем да развиваме проекта за АЕЦ „Белене“, ние ще започнем да учим оператори за новата централа, защото т.нар. блочни щитове и автоматизацията на новите централи са много различни от тези на АЕЦ „Козлодуй“. Технологиите на реактора с обикновена вода под налягане е такава и във Франция, и в САЩ, и в Южна Корея, но новото и различното е начинът на управление, поради новата цифровизация и автоматизация. Едно от правилата за ядрена безопасност е, че не може процесите в атомната централа да бъдат 100% автоматизирани. Трябва да има възможност за намеса и реакция на оператор.

За безопасността на ядрените централи.

Проектът АЕЦ „Белене“ е минал стрес тест и е представен в МААЕ. Досега никой не е надминал неговото ниво на безопасност, вкл. и новите проекти на Русия, които са за по 1200 MW.

Разговорът продължава с темата за развитието на водородната енергетика.

На площадките на атомните централи могат да се изградят големи инсталации за производство на водород от вода. Централата да работи базово, ниската себестойност на енергията ѝ ще даде ниска себестойност на водорода като енергиен източник. Чрез електролизата от 1,2 kW електроенергия се получава 1 kW водород. Ако на западните централи и на АЕЦ „Козлодуй“, и на АЕЦ „Белене“

им се разреши да изградят инсталации за производство на водород, те ще бъдат съпътстващи производства на тези централи. Има конфликт с т. нар. безопасност обаче, защото водородът ще се съхранява под налягане от 1000 атмосфери. Затова трябва да се направи инфраструктура, за да може производеният от атомните централи водород да се транспортира и съхранява на отдалечено място. Голяма част от енергията на тези атомни централи ще се преобразува във водород, който ще замести изкопаемите горива.

Може ли да се използва наличната газова инфраструктура за пренос на водород?

До 15% водород могат да се транспортират заедно с природния газ. Т.е. към 3 млрд. куб.м. газ, които консумираме, можем да добавим 500 млн. куб. м. водород. Ненаправно Бенелюкс са започнали да разсъждават как да направят нова тръбопроводна система със съответни компресори, които да транспортират водород, произведен от големите източници на енергия, за да захванват металургията и големите производства. Както и при нас трябва да се случи това в стъкларската промишленост. За да е сравнително чиста енергията, трябва да се смени горивото – природният газ може да се смени с водород. В тежката химия обаче не може да произвеждаш азотен тор без газ, защото той се прави от газ. Все пак нещо ще остане, което да излъчва емисии и трябва да си го плащаме. В цялата страна трябва да се изгради съответната инфраструктура за транспортиране на водород. За водорода имаме само 15 години, защото 2035 г. е крайната дата за спиране на въглищните централи. Наказанието за всеки тон емисии на CO₂ е 100 евро. Ако горим въглища за производство на енергия, тя ще бъде много скъпа и хората няма да може да си я плащат. Само след 1 или 2 години максимум, емисиите ще стигнат до 50 евро на тон. А знаете, че ние отделяме 1,4 тона въглероден диоксид на 1 MW. Как да продадем тази енергия? Трябва да се помисли и за преквалификация на миньорите. Не можем да ги оставим на улицата тези хора, защото в преходния период ТЕЦ-овете в района на Марица изток ще минат на газ. Там ще трябва да се изхарчат над 1,5 млрд. лв. за смяна на горивната база. И този процес не може да се случи за по-малко от 3 до 5 години. Трябва по някакъв начин да се намери вариант как да се доставят огромните количества газ до комплекса Марица изток, за да се смени горивната уредба от въглища на газ до 2030 година. Количеството газ, което ще трябва да им се предостави е между 3 и 5 млрд. куб. м.

НАЦИОНАЛНАТА ЕЛЕКТРИЧЕСКА КОМПАНИЯ РАЗПОЛАГА С ГЪВКАВ ПОТЕНЦИАЛ ВЪВ ВЕЦ И ПАВЕЦ ЗА ОСИГУРЯВАНЕ СТАБИЛНАТА РАБОТА НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЙНАТА СИСТЕМА

Интервю с Иван Йончев - изпълнителен директор на Националната електрическа компания

Иван Йончев е роден на 16.12.1978 г. в гр. Плевен. През 2003 г. завършва право в Юридическия факултет на Русенския университет „Ангел Кънчев“. Професионалния си път започва през 2004 г. в държавната администрация. Впоследствие преминава в частния сектор като ръководител на правния екип в холдингово дружество, обединяващо различни компании от металургията, инвестиционното проектиране, гражданското строителство и др. През 2010 г. постъпва в “Български Енергиен Холдинг” ЕАД, като заема както експертни, така и ръководни длъжности в холдинга, Мини „Марица Изток“, АЕЦ „Козлодуй“ и др. От месец август 2019 г. е изпълнителен директор на Националната електрическа компания.



Срещаме изпълнителния директор на Националната електрическа компания Иван Йончев дни след като именно водноелектрическите централи, стопанисвани и управлявани от компанията, заместват в голяма степен изключения 5 блок на АЕЦ „Козлодуй“ и осигуряват балансирането на електроенергийната система с надеждно покриване на отпадналата за 22 часа генерация от 1000 MW. В разговора отдаваме заслужено внимание на ПАВЕЦ „Чаира“ и приноса на уникалното съоръжение за балансиране на електроенергийната система на страната ни през четвъртвековния ѝ живот. Очертаваме мястото на водноелектрическите централи в зеленото бъдеще на енергетиката и ролята им за постигане на въглероден неутралитет.

Започваме разговора с темата за значението на ПАВЕЦ „Чаира“ за българската електроенергийна система и за изграждането на уникалното съоръжение, което функционира вече четвърт век.

От инженерна гледна точка помпено-акумулиращата водноелектрическа централа (ПАВЕЦ) „Чаира“ е голямо постижение за българското хидроенергийно строителство и за световната хидроенергийна практика като цяло. Съоръжението представлява подземна централа, вкопана дълбоко в Рила планина на 1 260 м надморска височина.



За производство на електроенергия ПАВЕЦ „Чаира“ черпи води от язовир „Белмекен“ (144 млн. м³ завирен обем), чието строителство завършва през 1975 г. Енергийно отработените води от централата се събират в язовир „Чаира“ (разположен на 1260 м надморско височина) и се връщат обратно в язовир „Белмекен“ (разположен на 1 923 м надморско височина) при работа на централата в помпен режим през часове с излишък на енергия. Централата разполага с четири обратими хидроагрегата с турбини тип „Францис“, като осъществява свързаност с енергийната система посредством два електропровода по 400 kV.

Строителството на ПАВЕЦ „Чаира“ започва през 1982 г. Първият етап завършва през 1995 г. с въвеждането в експлоатация на първите два хидроагрегата. Вторият етап завършва през 1999 г. с изграждането на трети и четвърти хидроагрегати. През този период са построени още язовир „Чаира“ с бетонно-гравитачна стена и завирен обем 4,47 мил. м³. Уникалността на централата се обуславя и от двете подземни каверни с размери 111,5 x 22,5 x 43 м и 96,2 x 12,8 x 19,5 м. Например обемът на вкопаните в планината каверни се равнява на обема на 52 басейна с олимпийски размери и дълбочина от 2 метра.

Каква е ролята на ПАВЕЦ „Чаира“ в енергийната система на страната и равносметката от работата на централата през 25-годишния ѝ живот?

ПАВЕЦ „Чаира“ има изключително важна роля за балансирането на електроенергийната система на страната. Със своята инсталирана мощност от 864 МВт в генераторен режим и 784 МВт в помпен режим, това е най-голямата ПАВЕЦ не само в България, но и на целия Балкански полуостров. Централата дава възможност да бъдат успешно балансирани както традиционните базови мощности – АЕЦ и ТЕЦ, така и новопостроените възобновяеми източници на енергия – от слънце, вятър, биомаса. По този начин се обезпечават стабилността и сигурността на електроенергийната система на страната.

Освен със своето гъвкаво производство на енергия, ПАВЕЦ „Чаира“ участва в балансирането на електроенергийната система на България и със своето потребление на енергия в помпен режим на работа, при изкачване (връщане) на енергийно преработените води от язовир „Чаира“ обратно в язовир „Белмекен“. И всичкото това става без загуба на този така ценен природен ресурс – водата.



Язовир "Чаира"

Общото време на работа на централата за тези 25 години е почти 3 900 часа. За това време централата е произвела над 10 500 ГВтч. В същото време за изпомпване са използвани над 15 000 ГВтч електроенергия през часове с излишък на енергия.

Какви са настоящите планове за модернизация и рехабилитация на централата?

25 години след пускането в експлоатация на централата в настоящия момент се провежда най-мощната рехабилитация на основните системи и съоръжения. Част от тях, като управляващите системи, освен физически са и морално остарели. Рехабилитацията стартира през 2019 г. и има за цел повишаване на ефективността, надеждността и сигурността на работа на централата, и усъвършенстване на системите за управление до нива, отговарящи на най-съвременните стандарти.



Обхватът на рехабилитацията включва смяна на управляващата система, турбинните регулатори, възбудителните системи, генераторни прекъсвачи, защиты, части на турбините, статори на някои хидрогенератори, вентилационната система и др.

Да поговорим и за проекта „Яденица“ и как неговата реализация ще се отрази на ефективността на ПАВЕЦ „Чаира“. Какво е мястото на проекта в енергийната стратегия на България и европейския зелен пакет?

Още при проектирането на ПАВЕЦ „Чаира“ и на долния ѝ изравнител – язовир „Чаира“, е било ясно, че обемът му не е достатъчен за ефективна работа на централата. За усвояване на пълния потенциал на ПАВЕЦ „Чаира“ е проектирано увеличаване обема на долния изравнител, чрез изграждане на язовир „Яденица“ на нивото на язовир „Чаира“ и свързването им посредством напорна деривация. Тази система от скачени съдове ще позволи прехвърлянето на води по гравитачен път от единия резервоар към другия, което ще доведе до увеличаване на обема на долния резервоар на ПАВЕЦ „Чаира“ с 9 млн.м³ (от 5.6 млн.м³ на 14.6 млн.м³). Така централата ще премине от дневен към седмичен режим на изравняване на водните обеми и възможност за работа в пълна генераторна мощност в продължение на 20 часа (от 8,5 часа в момента) и 22,5 часа в помпен режим (от 11 ч. в момента).



Реализирането на проекта „Яденица“ ще доведе и до подобряване структурата на резервните мощности на страната. С огромната си генераторна мощност от 864 MW, минималното време за достигане на пълно натоварване (под 5 мин.), високата степен на автоматизация при управлението на работните режими и намалени ограничения, свързани с обема на долния изравнител, ПАВЕЦ „Чаира“ може да изпълнява ролята на аварийен резерв в електроенергийната система за период от 20 часа, дори при отпадане на основни базови генериращи мощности, включително 1 000 MW на АЕЦ „Козлодуй“.

Нуждата от реализиране на проекта „Яденица“ е потвърдена на национално ниво с получаването на статут на „Обект с национално значение“ с решение на Министерския съвет на Република България от август 2012 година, както и статут на „Национален обект“, съгласно Закон за държавната собственост. Проектът е част от Интегрирания национален план за климата и енергетика 2021-2030. Не на последно място той е важен елемент от стратегията за бизнес развитие на Националната електрическа компания.

Проектът „Яденица“ включва изграждането на каменно-насипна язовирна стена с асфалтобетонна диафрагма, с височина 100 м, както и реверсивен напорен тунел с дължина 6,8 км със светъл диаметър на отвора 7 м за връзка между водохранилищата на язовир „Яденица“ и язовир

„Чаира“. Реализацията на проекта започва още през 90-те години. В периода 1999 – 2005 са построени приблизително 1200 м реверсивен напорен тунел, апаратна камера, савачна шахта и всички временни и спомагателни съоръжения, необходими за обезпечаване строителството на основните съоръжения (строителни площадки, транспортни връзки, ел. захранване на строителството, ВиК системи, взривен склад и т.н.).

Можем да кажем, че подготовката за доизграждане на язовир „Яденица“ е на финалната права – на стъпка преди издаването на разрешение за строеж. Разполагаме с актуализиран работен проект, влязъл в сила ОВОС, както и влязъл в сила подробен устройствен план (ПУП). Необходимо е да бъде получено Разрешение за ползване на воден обект и водовземане и да бъде учредено на НЕК възмездно право на строеж, за да можем да пристъпим към подаване на документи за издаване на разрешение за строеж.

Активно се работи и по темата за финансиране на проекта по линия на Европейския зелен пакт.

Достатъчен ли е производственият капацитет на ПАВЕЦ „Чаира“ и другите хидроенергийни мощности, собственост на НЕК, за да се балансира и покрие нарастващият дял от децентрализираното електроенергийно производство в енергийната система на страната?

Към настоящия момент НЕК разполага с производствен капацитет във ВЕЦ и ПАВЕЦ и акумулиращи мощности в ПАВЕЦ. С този наличен потенциал НЕК осигурява необходим резерв на Електроенергийния системен оператор за гарантиране наличието на достатъчно балансиращи мощности за стабилната работа на електроенергийната система. Законовата рамка през последните години значително промени условията, в които работи НЕК като производител и обществен доставчик. В качеството си на обществен доставчик дружеството ежедневно извършва балансиране между нуждите на битовите потребители и производството на електрическа енергия от различен по вид източници. Този баланс се характеризира със значителни отклонения в часовете товари през денонощието и единствено маневреността на ВЕЦ и акумулиращите възможности в ПАВЕЦ осигуряват обвързването му.

Децентрализирането на енергийното производство прехвърли част от ангажимента по обвързване на баланса в Д-1 от НЕК към координаторите на балансиращи групи. В деня на доставка балансирането се извършва от ЕСО, което при излишък на енергия основно използва мощност за акумулиране в ПАВЕЦ и при по-продължителен недостиг активиране на ВЕЦ и ПАВЕЦ в генераторен режим.

Ограничените възможности в бързоманеврени мощности, каквито биха могли да бъдат парогазовите централи, ще продължи и в бъдеще тенденцията ЕСО да използва основно ВЕЦ и ПАВЕЦ за балансиране на електроенергийната система.

Гъвкавите генериращи мощности на НЕК задоволяват пиковете в потреблението на регулирания сегмент от една страна, от друга ежедневно поддържат стабилни нива на ликвидност в часовете, характеризиращи се със значително търсене и търговия на борсовия пазар „ден напред“.

Предвид първичния енергоресурс и стандартизираните профили на дългосрочни продукти, възможни за търговия на БНЕБ, участието на НЕК в пазарния сегмент „ден напред“ е от изключителна необходимост за оптимизиране на производството в краткосрочен план.

Изпълнението на целите за значителен ръст на дела на ВЕИ производителите, заложи в Интегрирания национален план за климата и енергетика 2021-2030 и невъзможността на тези мощности да се самобалансират, изискват своевременно изграждане на балансираща мощност с необходимия мащаб. Тази необходимост ще бъде покрита чрез реализиране на проекта „Яденица“.

Пълното либерализиране на пазара ще създаде условия за търгуване на нови продукти от ВЕЦ и ПАВЕЦ за компенсирани на отклоненията, които към момента се компенсират от обществения доставчик.

Каква 2020 година изпрати Националната електрическа компания? Оптимистични ли са финансовите резултати на дружеството за деветмесечието на отминалата година?

НЕК, както всички, осъществяваше дейността си през 2020 година в условията на пандемията от COVID-19, което се отрази в намаление на потреблението на електроенергия от стопанските субекти в страната и региона и спад на търсенето на електроенергия на свободния пазар. Въпреки действащите неблагоприятни фактори, дружеството изпълни задълженията си съгласно притежаваните лицензионни дейности и тези към обществото в съответствие с изискванията на Закона за енергетиката и действащите ценови решения на КЕВР.

Националната електрическа компания отчита положителен финансов резултат в размер на 16 659 хил. лв. преди данъчното облагане, сочи предварителният финансов отчет за 2020 година. В сравнение със същия период на предходната година, финансовият резултат е подобрен със 17 719 хил. лв. Необходимо е да се отбележи, че НЕК не е предявила към ФСЕС разходи за закупени въглеродни емисии в размер на около 22 000 хил. лв. Това ще бъде направено, когато в НЕК постъпят официално разходооправдателни документи от електроцентралите с дългосрочни договори. Към 31.12.2020 г. тези разходи са провизирани в отчета за доходите на компанията и влияят на финансовия резултат. Сотрпяване на приходите за емисии, които ФСЕС ще възстанови, финансовият резултат на дружеството ще е на печалба приблизително 39 млн. лв.

Отчетеният финансов резултат на Националната електрическа компания за деветмесечието на 2020 година е задоволителен на фона на продължаващата пандемия от COVID-19.

Кои са най-важните задачи пред компанията през идните години в перспективата на пълната либерализация на пазара на електроенергия след 2025 година?

След пълната либерализация на електроенергийния пазар НЕК ще бъде изправена пред сериозното предизвикателство да възвърне водещите си позиции в търговията с електрическа енергия. Оптималното управление на водния ресурс и генериращите мощности, с които разполага компанията, ще бъде наш приоритет.

В ерата на трансформация на доставките на електрическа енергия участието на активните потребители, разпределената генерация и системите за съхранение ще играят все по-важна роля в балансирането и резервирането на електроенергийните системи. През последните години бяха публикувани и представени множество статии и презентации в тази насока, които описват общи идеи и политики, но много малко от тях дават ясна конкретика за потенциала на новите технологии и ограничителните условия за използването им в доставките на резерви и балансираща енергия. Тази статия дава светлина именно в този контекст, като описва подготовката и последващото провеждане на първоначални тестове за доставка на ръчно вторично регулиране на честотата (pVРЧ) чрез бойлерни системи и батерия, инсталирани в к. к. Албена като част от проекта X-FLEX- Integrated energy solutions and new market mechanisms for an eXtended FLEXibility of the European grid.

ПРЕДВАРИТЕЛНИ ТЕСТОВЕ ЗА АКТИВИРАНЕ НА РЪЧНО ВТОРИЧНО РЕГУЛИРАНЕ НА ЧЕСТОТАТА (РВРЧ) ЧРЕЗ ГЪВКАВИТЕ ИНСТАЛАЦИИ В К. К. АЛБЕНА - ЧАСТ ПЪРВА

Статия на инж. Свилен Пиралков - Албена АД, инж. Николай Чавдаров и д-р инж. Стефан Сулаков - ЕСО ЕАД

The work of the authors is a part of the H2020 project X-FLEX - „Integrated energy solutions and new market mechanisms for an eXtended FLEXibility of the European grid“. This document has been produced with the financial assistance from the European Union’s Horizon 2020 Research and Innovation Programme under Grant Agreement № 863927. More information available at <https://X-Flexproject.eu>. This document reflects only the authors’ views and neither the Agency nor the Commission are responsible for any use that may be made of the information contained therein.



ВЪВЕДЕНИЕ

Дейностите, изложени в тази статия, бяха проведени като част от проекта X-FLEX (за повече информация вижте специализираната страница на официалния сайт на ECO ЕАД или на сайта на проекта <https://X-Flexproject.eu>). Тази публикацията представя визията и убежденията на X-FLEX консорциума и Европейският съюз не е отговорен за използването на съществуващата в него информация под каквато и да е форма, както и за последствията от използването на тази информация.

Статията описва подготовката и последващото провеждане на първоначални тестове за ръчно вторично регулиране на честотата (рВРЧ) чрез бойлерни системи и батерия, инсталирани в к. к. Албена. Представен е план за провеждане на теста, базиран на съществуващата инфраструктура и потребление, след което е проведен самият тест. Впоследствие резултатите са анализирани на база представената хронологична информация, описваща подробно проведените тестове. Въз основа на наученото са представени също така препоръки за бъдещи подобрения и следващи стъпки. Цялостните резултати са много обещаващи и проведените тестове се считат за успех и стандарт при доставката на рВРЧ от активни потребители, системи за съхранение на енергия и разпръснати генериращи мощности. Посочена е обаче и нужда от провеждане на допълнителни тестове и изследвания. Очаква се тяхното провеждане да е основа за разработка на модулите SERVIFLEX и MARKETFLEX към проекта X-FLEX, които ще бъдат от голяма полза при предоставянето на така нужната автоматизация при процеса на регулиране от страна на крайния клиент. От друга страна се очаква модулът GRIDFLEX към проекта X-FLEX да спомогне за вътрешната оптимизация на енергийната мрежа в к. к. Албена.

ПОДГОТОВКА И НАЛИЧНА ИНФРАСТРУКТУРА

При провеждането на тестовете са използвани следните съществуващи системи и инфраструктура:

- SCADA система (система за диспечерско управление и събиране на данни) за следене на отклоненията от междусистемния график за обмен на българския контролен блок, намираща се в ЦДУ (Централно Диспечерско Управление);

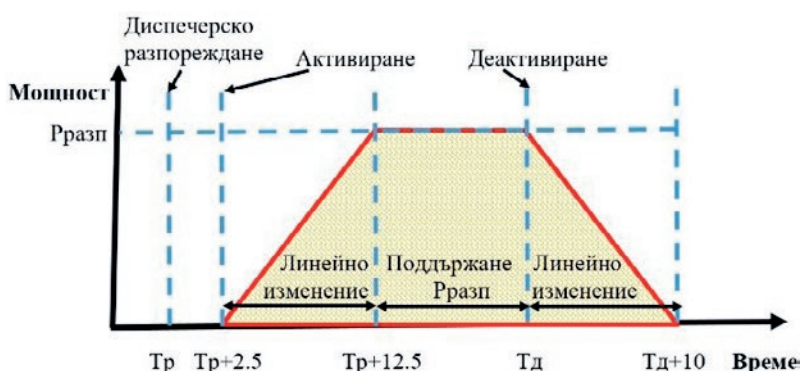
- Устройства за измерване на електрическа енергия с времева резолюция от 1 минута в п/ст Албена.
- ЦДУ е отговорно за управлението на ЕЕС както и за следенето на отклонения от графика за междусистемен обмен. За целите на тестовете беше определено активиране на рВРЧ при отклонения по-големи от праговата стойност от 20 MW.
- 6 бойлерни системи с обща инсталирана мощност от 890 kW, инсталирани в к. к. Албена. Четири от тези инсталации имат стъпково управление на натоварването с резолюция от 12 kW, като за останалите две тази резолюция е 23.5 kW. На този етап Албена АД не притежава и не използва система за автоматично регулиране на потребяваната мощност по задание.
- 200 kWh батерия, намираща се в к. к. Албена. Батерията може да се разрежда и зарежда с максимална мощност от 120 kW и съответна управляема стъпка от 200 W. За този тест Албена АД използва вътрешно разработен прототип на система за управление на потреблението и доставката на енергия към и от батерията, като за тази цел се използва автоматично постепенно увеличаване и намаляване на потреблението според изискванията на теста.
- Устройства за измерване на електрическа енергия в к. к. Албена с времева резолюция от 15 минути. Съществува също така възможност за временно проследяване на данни с възможност за записване с резолюция от 20 секунди. Тази възможност ще бъде използвана по време на теста.
- Оперативен персонал в к. к. Албена, който наблюдава бойлерните системи и батерията, и който изпълнява съответните промени в потреблението според задания от ECO.

ПЛАН ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА ТЕСТОВЕТЕ

ЦДУ на ECO наблюдава интегралното отклонение от графика за междусистемен обмен и следи за недостиг/излишък на електроенергия (нужда от регулиране нагоре/надолу) в периода:

- Бойлери - 3-ти август - 14-ти август 2020 за времето между 09:00 - 16:00 ч.;

- Батерия – 12-ти октомври – 21-ви октомври 2020 за времето между 09:00 – 16:00 ч.
- В случай на отклонения, по-големи от 20 MW от графика за междусистемен обмен, оперативният персонал в ЦДУ нарежда на оперативния персонал на к. к. Албена по телефон да се намали/увеличи потреблението на електроенергия от бойлерните системи или разрежда/зарежда батерията при следните ограничителни условия:
- Времето за реакция (начало на изменение на потребление или разреждане/зареждане на батерията) от получаване на разпореждането трябва да бъде не по-голямо от 2 минути и 30 секунди.
- Достигането на разпорежданата мощност (Рразп) да стане не по-късно от 12 минути и 30 секунди след получаване на разпореждането.
- Достигнатата разпореждана мощност трябва да се поддържа за период от поне 5 минути.
- Достигнатата разпореждана мощност се деактивира не по-рано от 17 минути и 30 секунди след разпореждането, а времето за достигане на номинални работни стойности е 10 минути.
- Процесът на рВРЧ е описан на **Фигура 1**:



Фигура 1. Процес на рВРЧ.

Минималният брой активирания във всяка една от посоките е определен на 2 пъти за периода. По време на тестовете се регистрират следните процеси и данни:

- телефонните разговори между оперативния персонал на ЦДУ и к. к. Албена се записват.
- планът за междусистемен обмен е достъпен на следния линк: <http://www.eso.bg/?did=35&date=dd.mm.yyyy>. Информацията в този линк не взема под внимание времевата корекция, изисквана от ENTSO-E.
- SCADA системата на ЦДУ записва интегралните отклонения от плана за междусистемен обмен за посочените периоди на теста.
- SCADA системата на ТДУ-Изток записва:
 - напрежение на шини 110 kV и средно напрежение в подстанция Албена;
 - активна и реактивна мощност на ЕП 110 kV Екрене и Момчил;

- активна и реактивна мощност на изводите към к. к. Албена.

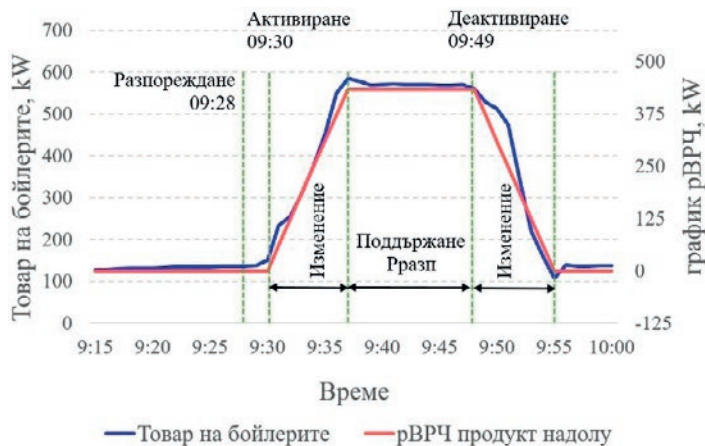
- SCADA системата на к. к. Албена записва данните за натоварване/разтоварване по бойлерните инсталации и разреждане/зареждане на батерията.
- Времева резолюция на записите от SCADA – интегрални стойности за 1 минута.
- К. к. Албена предоставя търговските си графици за периодите на теста с времева резолюция 1 час.
- К. к. Албена предоставя електромерни данни за периодите на теста с времева резолюция 15 минути.

ПРОВЕДЕНИ ТЕСТОВЕ И РЕЗУЛТАТИ

Бойлери - активирание на рВРЧ надолу

На 5-ти август 2020 г. отклонението от междусистемния график на българския

контролен блок надхвърля границата от 20 MW (излишък). Това представлява неволното отклонение между плана за междусистемен обмен и реализираните физически електроенергийни потоци. В 09:28:49 ч. ЕСО нарежда на Албена АД по телефон да активира рВРЧ надолу (да увеличи потреблението на бойлерните системи). По-малко от две минути по-късно (в 09:31:12 ч.) Албена активира (ръчно) предоставянето на рВРЧ с постепенни темпове на нарастване в потреблението на бойлерните системи от около 60 kW/минута. Очаква се, че платформите SERVIFLEX и MARKETFLEX от проекта X-FLEX ще осигурят автоматизация на този процес. Нужната максимална мощност се достига около 6 минути след разпореждането и се задържа до 09:48:00 ч. по изискване на ЕСО. След това, със същите темпове от 60 kW/минута потреблението се намалява и достига номинални стойности в 09:55:12 ч.

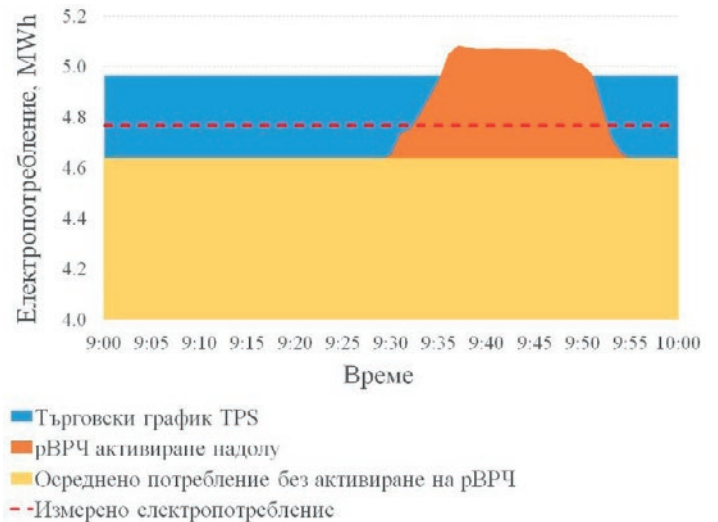


Фигура 2. рВРЧ активиране надолу в к. к. Албена (05.08.2020)

През процеса на активиране на рВРЧ някои електрически параметри на к. к. Албена бяха наблюдавани, за да може да се оцени влиянието на потреблението на бойлерните системи върху тях. За съжаление в този период информацията от SCADA системата на ЕСО ЕАД от подстанция Албена бе с резолюция от 5 минути, вместо 1 минута. Проблемът бе разрешен за провеждането на следващите тестове. За целите на теста, използвайки линейна и нелинейна интерполация, са изчислени приблизителни стойности с резолюция от 1 минута, както са представени на **Фигура 4**. Както може да се очаква от увеличаването на потреблението в бойлерните системи индукционната мощност,

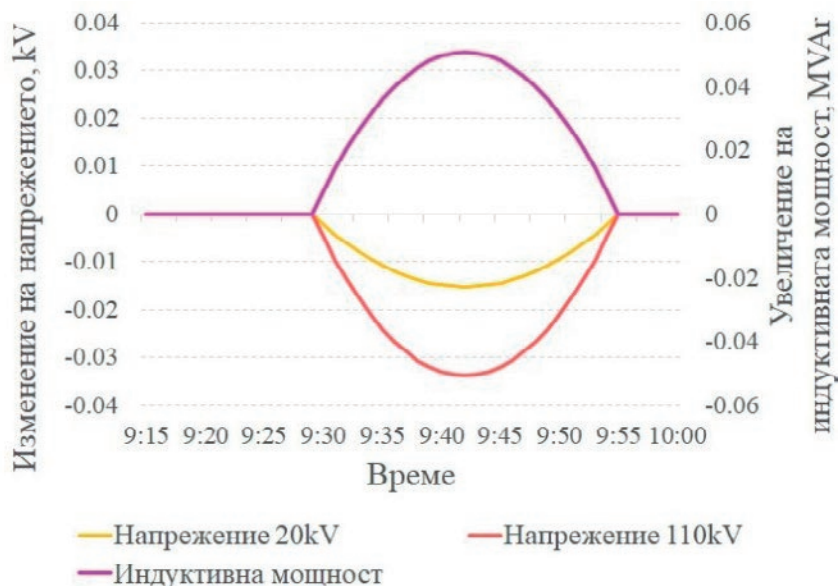
Активирането на рВРЧ услугата за регулиране надолу даде много добри резултати, както може да се види на **Фигура 2**. Разликата между графика за активиране на услугата рВРЧ (132.71kWh) и действителното изпълнение (130.2kWh) е 1.93 %. Разликата между разпоредената мощност (434 kW) и реално достигнатата мощност (432.95 kW средно) е 0.2%.

Интересно е да се отбележи, че по време на периода на активиране реалното общо потребление на к. к. Албена е била под пазарните графици за потребление. В тази ситуация рВРЧ успява да намали отклонението съответно и санкциите за небаланс, както може да се види на **Фигура 3**. Това потвърждава потенциала на бойлерните инсталации да бъде използван за подобрене на енергийното портфолио на к. к. Албена при положение, че дружеството не предоставя услугата рВРЧ.



Фигура 3. Потребление на к. к. Албена (05.08.2020)

потребявана в к. к. Албена се увеличава с 1.75 %. Нивата при високо и средно напрежение също намаляват с малко - съответно с 0.02 % и 0.05 %. Важно е да се отбележи, че много други съоръжения също влияят на тези електрически параметри и е трудно да се разграничи действителното влияние само на бойлерните инсталации. При всички положения, предвид количеството енергия (около 500 kW), това потенциално отражение може да се счита за незначително. Накратко, влиянието на бойлерните системи върху тези електрически параметри е незначително в сравнение със стъпалното регулиране на трансформаторите с Янсенови регулатори в подстанцията 110/20 kV.



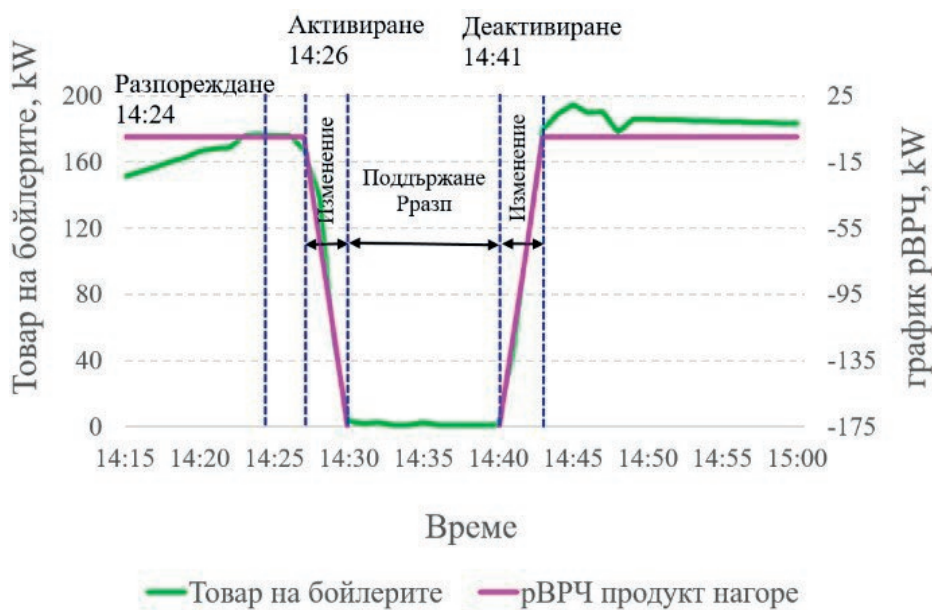
Фигура 4. Преизчислени едноминутни изменения в някои електрически параметри по време на активирането на рВРЧ (05.08.2020)

Бойлери - активиране на рВРЧ нагоре

На 11-ти август 2020 г. отклонението от междусистемния обмен на българския контролен блок надхвърля границата от 20 MW отново, но този път в обратната посока - недостиг. В 14:23:56 EEST, ECO нарежда на Албена АД по телефон да активира рВРЧ нагоре (да намали потреблението на бойлерните системи). Около две минути по-късно (в 14:26:10) Албена активира (ръчно) предоставянето на услугата рВРЧ с постепенни темпове на намаляване на потреблението на бойлерните системи от около 60 kW/минута. Нужната минимална мощност се

достига около 4 минути след разпореждането и се задържа до 14:40:00 по изискване на ECO. След това със същите темпове потреблението се увеличава и достига номинални работни стойности в 14:45:12.

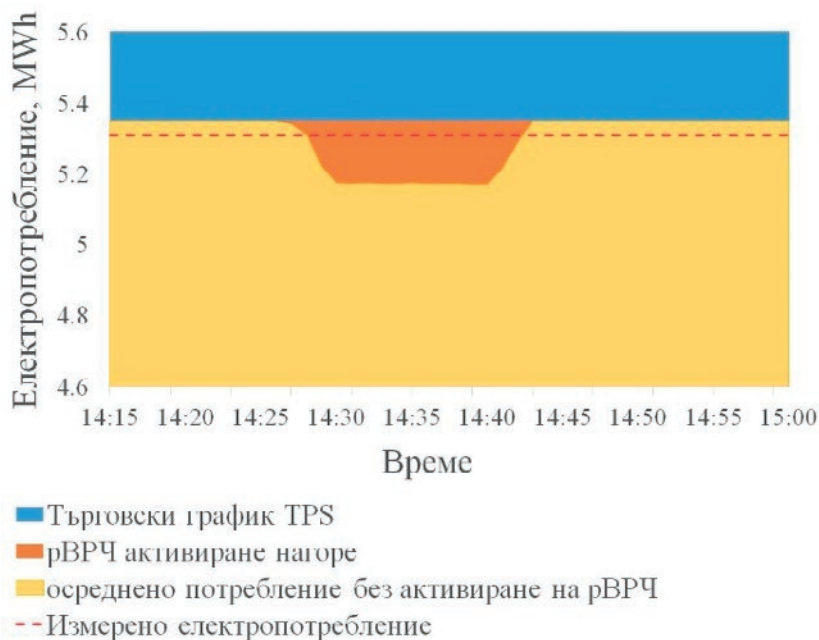
Активирането на услугата рВРЧ за регулиране нагоре показва много добри резултати, както може да се види на **Фигура 5**. Разликата между графика за активиране на услугата (-39 kWh) и реалното изпълнение (-38.3 kWh) е 1.8 %. Разликата между разпоредената мощност от ECO (-180 kW) и реално достигнатата мощност (-176.21 kW средно) е 2.11 %.



Фигура 5. рВРЧ активиране нагоре в к. к. Албена (11.08.2020)

По време на процеса на активиране на рВРЧ реалното потребление на к. к. Албена е било по-малко от търговските графици за потребление. В този случай рВРЧ увеличава отклонението, като по този начин увеличава и санкциите за небаланс (**Фигура 6**). Очаква се, че платформата

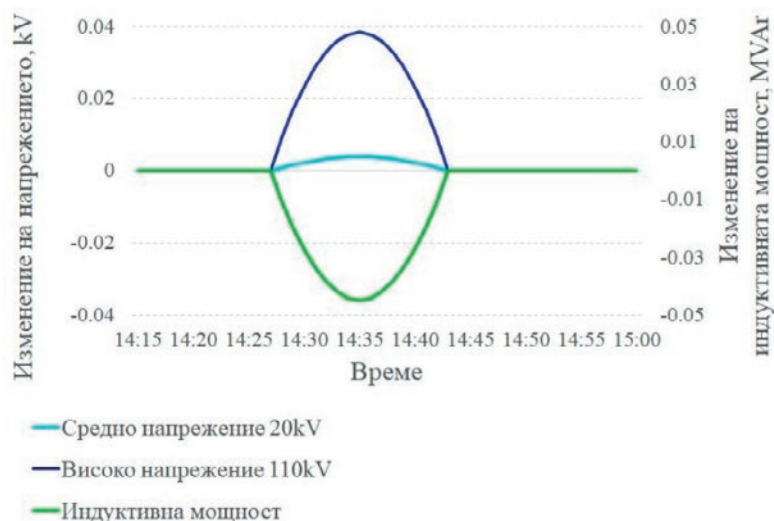
MARKETFLEX към проекта X-FLEX ще осигури нужния анализ на приходи и разходи при предоставянето на допълнителни услуги (цени и количества) с цел подобряване на портфолиото на к. к. Албена на пазарен сегмент „в рамките на деня“.



Фигура 6. Потребление на к. к. Албена (11.08.2020)

Както може да се очаква от намаляването на потреблението в бойлерните системи, индукционната мощност, потребявана в к. к. Албена, се намалява с около 1.25 % (**Фигура 7**). Нивата при високо и средно напрежение също

намаляват незначително – съответно с 0.02 % и 0.1 %. Това отново потвърждава твърдението, че бойлерните системи оказват незначително влияние върху изследваните електрически параметри на работния режим.



Фигура 7. Преизчислени едноминутни изменения в някои електрически параметри по време на активирането на рВРЧ (11.08.2020)

(очаквайте продължението на статията в следващия брой на списанието)

ЕНЕРГИЙНОТО РЕЗЕРВИРАНЕ В ЕНЕРГИЙНИЯ ПРЕХОД

статия на проф. Радослав Кючуков

ВЪВЕДЕНИЕ

В енергийния преход основополагащи документи са Стратегията за Европейския енергиен съюз (5 измерения: енергийна сигурност; вътрешен енергиен пазар; енергийна ефективност; декарбонизация; научни изследвания, иновации и конкурентоспособност), Европейският зелен пакт (неутралност по отношение на климата до 2050 г.), национални документи в областта [5,6]; други. Енергийното резервиране се разглежда в контекста на енергетиката като устойчива многокомпонентна система, която е в основата на енергийната, а и на националната сигурност [3,4]



ИЗЛОЖЕНИЕ

Факторно пространство на енергийното резервиране

Икономиката на енергийното резервиране предполага отчитането на: инвестиции за резервиране; загуби от прекъсване на енергоснабдяването; резервни части, суровини, материали, консумативи; експлоатационни разходи; други. Резервирането обхваща трите нива на приложение на енергията: първична енергия (базово ниво); вторична енергия (преобразувана енергия, която се произвежда, пренася и разпределя до потребителите); крайна енергия. Всяка от тези три вида енергии е обект на енергийно резервиране, съгласно областта на приложение; разполагаемостта по количество и качество в необходимия момент и на необходимото място. Електрическата

енергия е най-функционалният енергоносител по целия процес: производство; пренасяне; разпределение; потребление.

Това е едната страна на енергетиката, при която икономиката на резервирането се явява необходимо, но недостатъчно условие. Енергетиката е фактор и за енергийна сигурност, в широк смисъл. Резервирането обхваща и дейности, процеси и субекти, при които прекъсването на енергоснабдяването или липсата на енергоснабдяване няма икономически еквивалент и пазарна логика. Енергетиката е фактор, осигуряващ всички човешки дейности. Други елементи на факторното пространство са: социален, абиотичен, пазарни и политически позиции, други.

Енергийна матрица на България в контекста на енергийното резервиране

В контекста на енергийното резервиране енергията и енергийните източници подлежат на пълно проучване и оценка (**табл. 1**).

Таблица 1. Енергийната матрица в енергийното резервиране

Енергия и енергийни източници	Характеристика
1	2
Електрическа енергия	Конвенционални производства (ТЕЦ, АЕЦ, ВЕЦ, ПАВЕЦ). Електрическа енергия от възобновяеми източници. Пренос, разпределение, потребление. Електроакмулиране. Електроенергиен микс.
Топлинна енергия	Конвенционални производства; Възобновяеми източници; Пренос, разпределение, потребление; Топлоакмулиране.
Газ	Внос по газопроводи; Проучване на потенциални находища и евентуално собствен газов добив; Доставка на втечен газ; Съхранение в газохранилища; Потребление на газ; Забележка: В близост до нашата сухопътна и морска граница, в Румъния има големи газови находища.
Шистов газ	Проучване на всички потенциални находища, независимо от отношението към този вид гориво.
Въглища	Проучване на потенциални находища, независимо от отношението към този вид гориво; Класически добив; Подземна газификация.
Нефт	Проучване на всички потенциални находища, независимо от отношението към този вид гориво. Собствен добив. Преработка в горива и неенергийни продукти.
Слънчева енергия	Производство на електрическа и топлинна енергия. Фотоволтаични централи. Комплексни автономни фотоволтаични светлинни модули. България е разположена в т. нар. „Слънчев пояс“.
Водна енергия	Конвенционално производство на електрическа енергия (ВЕЦ, ПАВЕЦ). Акмулиране на енергия чрез водни запаси. Понтонни електрически централи с потопяеми турбини. Изграждане на хидроенергиен комплекс на р. Дунав.
Вятърна енергия	Вятърни електрически централи, разположени на сушата и в българската акватория на Черно море.
Геотермална енергия	България има доказан с проучвания геотермален потенциал.
Газови хидрати	Неразработен ресурс в нашата акватория на Черно море.
Водород	Развитие на водородната енергетика. Извличане, съхранение, транспортиране. Оперативно и дългосрочно съхранение на водород. Участие в енергийния микс. Видове водород - технологии и източници.
Уран	Обективна преценка за възстановяване на уранодобива.
Биомаса	Местно енергоснабдяване.
Специфични горива от отпадъци	SRF (Solid Recovered Fuel) – твърдо възстановено гориво от безопасни отпадъци (БДС EN 15359). RDF (Refuse Derived Fuel) - модифицирано твърдо гориво, получено чрез разделяне на горима и негорима отпадни фракции.
Космос	Слънчеви електрически централи в Космоса. Енергия на бъдещето.
Други	-

Класификационна оценъчна система на енергийното резервиране

Енергийното резервиране може да се оцени по примерни показатели (**табл. 2**).

Таблица 2. Оценъчна система на енергийното резервиране

Показатели	Съдържание
1	2
Основни елементи	Вид и локация на резервните източници; баланс на централизираната и децентрализираната енергетика; количество, качество на резервната енергия; разполагаемост на резервирането (допълнителни услуги за първично и вторично - ръчно и автоматично регулиране на честотата на системата); резервиране за планиран срок, резервиране, преминаващо в постоянно заместващо); състояние на резервирането (налично; проучено, но неизползвано към момента; потенциал; експлоатационна готовност); съвместимост и независимост от други резервни източници; възможност за резервиране чрез заместване от други източници; замествана енергия (резервиране с друг вид енергия); неенергийно технологично резервиране; обстоятелства, налагащи резервирането: при всяко прекъсване на снабдяването; само в планирани определени случаи; при извънредни ситуации (природни бедствия, промишлени аварии, военни действия други форсмажорни обстоятелства); екологичност на резервирането (потенциално замърсяване на работната и околната среда).
Икономически аспекти	Загуби от прекъсване на снабдяването (с или без икономически еквивалент); инвестиционни и експлоатационни разходи за резервиране.
Времеви характеристики	Време на заработване на резервирането (от 1/100 s до часове и за постоянно, топъл резерв); оперативно време на резервирането; планиран срок на разполагаемост на резервирането (оперативно, краткосрочно, средносрочно, дългосрочно).
Обхват на резервирането	Глобално; европейско; балканско (Балкански енергиен пул); държавно - централизирано и децентрализирано; по райони на планиране; общинско и селищно; корпоративно (от малки фирми до мултинационални компании); специализирано - на публични институции; локално (напр. енергийни кооперативи); индивидуално (отговорност и мотивиране на отделните граждани); друго.
Диверсификация на резервирането	Териториална; структурна; експортно-импортна; други форми на диверсификация;
Форми на резервирането	Организационно резервиране - с организация и управление на наличните резерви; технико-инвестиционно резервиране: планиране и добиване на енергийни ресурси; изграждане и експлоатация на резервни мощности; доставка на резервни съоръжения; поддържане на складова наличност на съоръжения, резервни части, горива; други форми на резервиране.
Енергийно образование [1]	Висше - в трите степени (бакалавър, магистър, доктор); средно специално; продължаващо обучение, квалификация и преквалификация.

Базовите електропроизводствени мощности в енергийното резервиране

Поддържането на резерв от базови мощности има няколко аспекта:

- резервиране при специфични варианти и ситуации, които нямат икономически еквивалент. Привидно икономически логични решения могат да имат непредвидими последствия: опасност за живота на хората; нарушаване на комуникациите; тотален срив на икономиката и обществения живот; други;
- евентуално аварийно отпадане на ядрена мощност: конвенционална повреда; катастрофични варианти (ядрена авария, природно бедствие, атентат и др.);
- възможност за регулиране на натоварването;
- възможност за бъдеща обратна ситуация: България от износител на енергия в региона да стане вносител;
- енергиен микс: производствен мощностен; производствен енергиен; потребителски (енергиен & мощностен). Участие в микса на преференции и дългосрочни договори за изкупуване;
- икономическите модели за оценка на ядрената енергетика, които зависят преди всичко от специфицирането на факторите и задаването на техните стойности (прогнозни, вариабилни).
- Енергетиката е фактор, осигуряващ всички човешки дейности. Други елементи на

факторното пространство са: социален, абиотичен, пазарни и политически позиции, други.

Роля на държавата в енергетиката и енергийното резервиране

Държавното енергийното резервиране съдържа конвенционалните подходи чрез резервни мощности и ресурси, като философия, технология и икономика на резервирането. Класиката са т. нар. допълнителни услуги за регулиране на честотата на системата. Резервите от енергийните ресурси трябва да бъдат планирани на базата на оценка на риска - добре съхранявани, защитени и периодично обновявани. В допълнение, следва да се поддържат национални технологични резерви от неенергийни ресурси - също на базата на оценка на риска.

Обстоятелства, налагащи енергийно резервиране

Обстоятелствата, налагащи резервиране, в експлоатационен аспект обхващат:

- при нормален експлоатационен режим: инцидентни краткотрайни прекъсвания на енергоснабдяването; неправилно действие на автоматиката и защитите; грешки на персонала, други;
- при аварийен режим: аварии от всякакъв характер, обем, териториален обхват, щети, времетраене на отстраняването и др.;
- в следаварийен режим: компенсаторно претоварване след прекъсването; допълващо резервно захранване до пълното възстановяване на нормалния режим;
- при профилактика на съоръженията, планови и аварийни ремонти - с изключвания на енергоснабдяването;
- при извънредни ситуации (природни бедствия, промишлени аварии, военни действия, други форсмажорни обстоятелства);
- в други случаи.

Технология на експлоатационното резервиране

Експлоатационното резервиране, конкретно в електроенергетиката, е:

- в производствената електроенергетика, където обхваща основно допълнителните услуги за първично и вторично - ръчно и автоматично регулиране на честотата на

системата, които са предмет на сериозни обсъждания и оценки в последно време;

- в междусистемната енергетика - електропроводните връзки със съседни енергийни системи;
- в преносната енергетика - подстанциите и преносните електропроводни линии, със съответното техническо осигуряване и управление;
- в разпределителната енергетика - подстанциите и разпределителните електропроводни линии, със съответните техническо осигуряване и управление;
- в потребителската енергетика:
 - индустрия, транспорт, земеделие, мини, туризъм, публични дейности и други икономически отрасли. Реализира се със собствено резервиране на електропотребителите (агрегати за резервно захранване, рационализиране на електропроводните решения, технологични резерви, други) Преценката на целесъобразността на резервирането е на базата на: загуби от прекъсвания на енергоснабдяването; икономическа логика на резервирането; енергийна култура.
 - битови потребители. Реализира се със собствено резервиране на електропотребителите (собствени електроагрегати за резервно захранване, горива, неенергийни продукти). Преценката на целесъобразността на резервирането е на базата на: стандарт на живот; очаквани загуби от прекъсвания на енергоснабдяването; икономическа логика на резервирането; енергийна култура.

Към тези подходи на резервиране следва да се добавят следните възможности:

Консервиран резерв. В много случаи се извеждат от експлоатация енергийни мощности, уредби и съоръжения, поради промени в производствата, конюнктура и др. В същото време те могат да имат остатъчен, понякога доста голям, експлоатационен ресурс.

Складов резерв. Той е традиционно решение, което предполага добре планирани резерви от съоръжения и уредби, горива и други.

Замяна на енергийната база. Прилагат се хибридни технически решения, при които могат да се използват освен основните и

други енергоносители. Например парни или водогрейни котли да бъдат конструктивно изпълнени с възможност за работа на газ, течно или твърдо гориво, с възможност за замяна на горивна база при дефицит на някои горива.

Неенергийно технологично резервиране.

В производствените дейности загубите от прекъсвания на електроснабдяването, понякога дори продължителни, могат да се компенсират с резервни количества междинна или крайна продукция.

Енергийното спестяване в енергийното резервиране

Енергийното спестяване е съществен енергиен резерв. Енергоспестяващите технологии се развиват иновативно, преди всичко като пазарен елемент. В същото време се регламентират рестрикции – например ограничаване на мощността на битови уреди, производствени машини и др. Минималният сценарий за брутно електропотребление в България е за неговото задържане за целия период до 2028 г., чрез по-интензивно прилагане на мерки за енергийна ефективност. При това положение е постижимо намаление на електропотреблението с 2201 MWh/година – спрямо максималния сценарий [5].

Формулирани са националните енергийни приоритети до 2030 г., с хоризонт до 2050 г., като до 2030 г. са заложили следните цели [6]: а) намаляване, в сравнение с базовата прогноза PRIMES 2007, на: първичното енергийно потребление -27.89%; крайното енергийно потребление - 31.67%; б) дял от 27.09% на енергията от възобновяеми източници в брутно крайно потребление на енергия; в) най-малко 15% междусистемна електроенергийна свързаност.

Реализирането на мерки за енергийно спестяване на практика осигурява енергийни резерви, които следва да бъдат оползотворени за: разширяване и откриване на нови производства; захранване на нови потребители; разтоварване на преносните и разпределителните енергийни мрежи и осигуряване на резервен капацитет; други възможности. Топлоизолирането на сградите е полезна мярка, но не е панацея. Следва да се обърне внимание рационалното използване на енергия в индустрията и другите стопански отрасли, в публичния сектор. Подценяван елемент е натоварването на трансформаторите.

Енергията от възобновяеми източници в енергийното резервиране

Възобновяемите източници и енергийното резервиране следва да се разглеждат в два случая:

- Резервиране на възобновяеми източници от конвенционални източници (например, когато няма или са недостатъчни слънчева енергия, вятър, вода и др.
- Резервиране на конвенционални източници от възобновяеми източници (например: при системни аварии и добра кондиция на възобновяемите източници; електромобили, които са заредили енергия от възобновяеми източници, са макар и малък резерв в акумулаторните батерии).

Нулево енергийно потребление. Нулевото или близко до нулевото енергопотребление е реално постижимо при домакинства, които освен топлоизолирането на жилищата, изградят собствени покривни или други локални фотоволтаични (PV) централи (напр. мощност 5 kWp) и с акумулиране на неизползваната енергия. Могат да приложат битови уреди с висок енергиен клас (напр. електрически бойлери с термopомпа, инверторни климатици с голяма стойност на коефициента на трансформация COP; светодиодни (LED) осветители). В допълнение, отпадането на отопление с печки на въглища и дърва позволява реализирането на нулеви емисии от фини прахови частици.

Енергийни кооперативи. В този контекст е актуално създаването на децентрализирани електроенергийни системи, оперирани от т. нар. енергийни кооперативи. Участниците в кооперативите, които споделят енергия, могат да бъдат местни общности от граждани, в т.ч. публично-частни партньорства. Енергийните кооперативи извършват следните примерни дейности: кооперирано проектиране, изграждане и експлоатация на кооперативни енергийни обекти (вкл. кооперирано топлоизолиране на сградите); кооперирано собствено производство, съхранение, консумация на енергия (базирано на възобновяеми източници); кооперирано участие в енергийния пазар. Предварителни разчети показват, че половината от гражданите на Европейския съюз, включително местни общности, училища и болници, могат да произвеждат сами възобновяема енергия до 2050 г., задоволявайки 45% от енергийните си нужди. Енергийните кооперативи са гъвкав енергиен резерв според състоянието на енергийната система.

Децентрализирано производство на енергия от общините. Общините разполагат с голям брой собствени сгради с големи покривни площи. Много от тези сгради имат трансформаторен пост - в тях или разположен в близост. Могат да задоволят значителна част от собственото електро-потребление с електрически централи, базирани на възобновяеми източници, напр. фотоволтаични

централи, монтирани на покриви на общински сгради.

Общински енергиен бартер. Енергийният бартер се прилага в случаите, когато има изградени общински електрически централи за собствено електропотребление, базирани на възобновяеми източници, напр. фотоволтаични централи. Реализира се чрез взаимно компенсиране на консумацията на електрическа енергия (в kWh), респ. на разходите за заплащане на електрическата енергия (в лева) на общинските потребители, захранени от електроразпределително предприятие и от общинските електрически централи на възобновяеми източници. Пример за компенсиране е външното изкуствено осветление, което използва електрическа енергия през тъмната част от денонощието от мрежа на електроразпределително предприятие. Общинска сграда се захранва през светлата част от денонощието от общинска централа на възобновяем източник. Извършва се вътрешно общинско прихващане на количествата енергия, респ. на разходите за заплащане на енергията от двата потребителя. Отпада необходимостта от сложни процедури по покупко-продажба на енергия.

Комплектни автономни фотоволтаични светлинни модули за улично осветление. Общото годишно потребление за улично осветление в Република България е 11.57% от общото електропотребление за осветление (1.62% от общото годишно електропотребление в Република България). Външното изкуствено осветление е „видим“ разход на енергия и много пъти попада под необосновани ограничителни мерки. Резерв за намаление на общинската консумация на електрическа енергия за улично осветление е приложението на комплектни автономни фотоволтаични светлинни модули [4]. През пасивната част от нощта, когато уличното движение е с много малка интензивност, излъчваният светлинен поток може да се намали с до 50% (осигуряване на осветление, основно за превенция на криминални действия). При съществуващите решения произведената от автономните модули фотоволтаична електрическа енергия е с около 20-25% повече от консумираната от осветителите в модулите. През най-неблагоприятните зимни дни е възможно да не се постигне проектната задоволеност на модулите. Само в тези дни контролерите намаляват излъчения поток, респ. мощността на осветителите.

Енергийно резервиране в електромобилната революция

Енергийното резервиране в електромобилите може да се разгледа в следните аспекти:

- Необходимост от енергийно резервиране на зарядните станции с оглед осигуряване на нормален заряден процес, независимо от количеството зареждана енергия.
- Възможност електромобилите да осигурят активно енергийно резервиране чрез гъвкавост на зарядния процес и изнасяне на акумулирана енергия в енергийната система.

Собствениците на зарядни станции в много случаи следва да изградят собствено електроснабдяване (електропроводни линии, трансформаторни постове, евентуално фотоволтаични централи), за да могат да осигурят бърз и надежден заряден процес, независимо от часа от денонощието и необходимата енергия за дозареждане на акумулаторните батерии на автомобилите.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Енергийното резервиране е един от основните елементи в многокомпонентната система на енергетиката. В контекста на енергийния преход са разгледани въпроси в областта на енергийното резервиране: факторно пространство, класификационна структура, оценъчна система, държавна политика, базова енергетика, технология, енергийно спестяване, възобновяема енергетика, електромобилна революция.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Белоев Х., В. Пенчева, Р. Енергийното образование в енергийния преход. УЕБ Научна конференция „ЕНЕРГИЕН ФОРУМ 2020“
- [2] Кючуков Р. Хибридна енергетика в националната енергийна доктрина. Списание „Енергиен форум“, 2019, № 33/34, ISSN 1313-2962.
- [3] Кючуков Р. Хибридна енергетика-енергетиката на бъдещето. Списание „Енергетика. Електроенергийни ракурси“, 2020, № 4, ISSN 2682-9770.
- [4] Кючуков Р. Комплектни автономни фотоволтаични светлинни модули за улично осветление. Варна, Сборник доклади на Енергиен форум 2015., ISSN 2367-6728.
- [5] План за развитие на преносната електрическа мрежа на България за периода 2019-2028 г. Енергиен системен оператор, София, 2019
- [6] Проект: Стратегия за устойчиво енергийно развитие на Република България до 2030 г. с хоризонт до 2050 г.

НЕРАЗРУШАВАЩИ МЕТОДИ ЗА ДИАГНОСТИКА НА КАБЕЛНА ИЗОЛАЦИЯ

д-р инж. Руслан Папазян

Докладът представя иновативна комбинация от два неразрушаващи диагностични метода. Диелектрична спектроскопия и рефлектометрия се използват респективно за оценка на общото състояние на изолацията на кабелните линии, както и за локализация на региони с влошени изолационни качества. Методологията намира практическо приложение за два типа кабелна изолация – омрежен полиетилен и хартиено маслена изолация. Предложеният подход за оценка състоянието на кабелната линия намира място при планиране на програма за капиталови вложения, която поетапно и приоритетно да заменя кабелите (или части от тях), които са в най-лошо състояние. Докладът включва кратко обобщение на типовете кабелни изолации и наличните неразрушаващи методи за диагностика на кабелна изолация.

ВЪВЕДЕНИЕ

Силовите кабели са основен актив в услугите за доставка на електроенергия. Освен това повредите на кабелите са една от главните причини за прекъсване на електрозахранването [1].

Подземният пренос на електрическа енергия датира от края на XIX век и става още по-разпространен през последните години. Фактори като повишена експлоатационна надеждност, по-скъпоструващи права на преминаване, екологични и естетически ограничения, както и усъвършенствана кабелна конструкция и производствени технологии, би следвало да са причина тази тенденция да продължи.



Повече от 80 години хартията, импрегнирана с маслено-смолни съединения или само с масло, преобладава като изолационен материал при производството на кабели. През 60-те години на миналия век употребата на екструдирани полимерни материали както термопластични, така и терморективни, се развива с бързи темпове. Оттогава най-значимият материал е полиетиленът, чист или вулканизиран. Сега е широко прието, че омреженият полиетилен (ОПЕ) за момента е най-добрата изолация за приложения при кабели за високо променливотоково напрежение. Освен с отличните си електрически свойства той се отличава също с термичните и механичните си характеристики.

Важността на кабелната преносна и разпределителна инфраструктура, комбинирана с факта, че някои от инсталираните кабели са в експлоатация от десетилетия, изисква оценка на състоянието и надеждността им. От гледна точка на електроинженера, изпитванията на електрически пробив или с повишени спрямо номиналното напрежение стойности, са може би най-известните. Обаче за оценка на състоянието на остарели кабели, които са в експлоатация, тези изпитванията са непрактични и допълнително занижават остатъчния ресурс на кабелната изолация. За целта са необходими изпитания, които изпъл-

Фиг 1. Разнообразие от конструкции и изолационни системи на кабели за средно и високо напрежение

зват напрежения, ненадвишаващи номиналните. Този икономически аспект на диагностичните изпитвания води до разработването на множество неразрушаващи методи.

Неразрушаващите методи в голямото си мнозинство оценяват състоянието на кабелната изолация като цяло. От друга страна пробивите нерядко настъпват вследствие на локални промени на изолационното състояние. Така, чрез допълнително локализиране и замяна на най-силно влошените зони, би се удължил оставащият експлоатационен живот на цялата изолационна система. Това спестява време за цялостна подмяна на кабела и повишава надеждността на кабелната линия при минимални разходи за кабелния оператор.

ТИПОВЕ КАБЕЛНА ИЗОЛАЦИЯ И НЯКОИ СПЕЦИФИКИ НА СТАРЕЕНЕТО

Изолация от импрегнирана хартия

Импрегнираната хартия се появява през 1890 г. Основите на производствените методи се запазват през годините и този тип кабел в различните си конструкции съставлява по-голямата част от обществените и частните електроенергийни мрежи в началото на 20-ти век. Нещо повече, голямо количество от тези кабели все още са в експлоатация.

Екструдирена синтетична изолация

Без съмнение голямото развитие на силовите кабели с хартиена изолация през първата половина на 20-ти век се дължи на липсата на екструдиреми материали с подходящо качество и умерена цена.

Пробивът настъпва, когато поливинилхлоридът (PVC), полиетиленът (PE) и различни синтетични каучуци започват да се предлагат в достатъчно количество. Това развитие започва през петдесетте и бележи ръст през шейсетте години на XX-и век.

PVC е полярен материал с висока диелектрична проникваемост и значителни диелектрични загуби, нарастващи с температурата, като максималната му работна температура е 70°C до 85°C. Приложението му е ограничено до кабели за ниско напрежение.

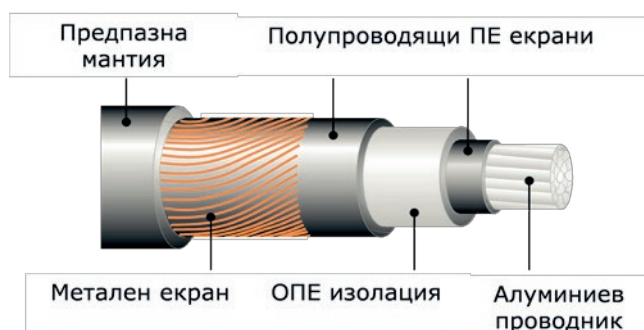
През 40-те години на миналия век кабелната промишленост разполага също с голямо разнообразие от **синтетични еластомери**: бутилкаучук, полихлоропрен (неопрен),

хлорсулфониран полиетилен (хипалон), а по-късно и нитрилов каучук, силиконови каучуци, етилен-пропиленов съполимер и терполимер каучуци (EPR или EPM и EPDM) и др. Всички тези продукти проявяват качества на устойчивост на стареене, безспорно по-високи от тези на естествения каучук и позволяват по-високи работни температури.

Историята на **полиетилена (ПЕ)** започва в годишния доклад от 1938 г. на „Импириъл Кемикъл Индъстриз“, където се описва нов термопластичен материал, който проявява „уникална комбинация от електрически и механични свойства“. Става дума за полиетилен с ниска плътност, получен чрез полимеризация на етилен под много високо налягане (150 до 3000 MPa) и при висока температура (170 до 300°C).

Дали най-накрая идеалният изолационен материал е открит? В това може да се вярва за известно време, тъй като той има изключително висока присъща диелектрична якост, ниска диелектрична проникваемост, незначителни диелектрични загуби, добра топлопроводимост, очевидна водонепроницаемост и т.н.

Скоро след въвеждането става необходимо да се разгледа проблемът за селектирането на качеството на полиетилена, неговата чистота и условията за екструдиране и охлаждане на дебелите изолационни стени. През петдесетте години непрекъснато се извършва изследователска и развойна дейност, която води до конструкции на кабели, които са известни днес (**Фиг. 2**).



Фиг. 2. Типична кабелна конструкция, използваща ОПЕ като изолационен материал.

Използването на кабели с изолация от **омрежен полиетилен (ОПЕ/XLPE)** претърпява много бързо развитие в края на 60-те години на миналия век в скандинавските страни, САЩ и Япония, а след това и в останалия свят. XLPE-кабелите се появяват като истински наследник на кабелите с хартиена изолация в целия диапазон на напреженията, както на разпределителните, така и на преносните мрежи.

Омрежването превръща термопластичния полиетилен с ниска плътност в еластомер. Поради това материалът запазва известна механична устойчивост, когато е горещ, което позволява да се повиши чувствително работната температура: 90°C в условия на установен режим, 100 – 105°C или повече при аварийни условия и 250°C при условия на късо съединение.

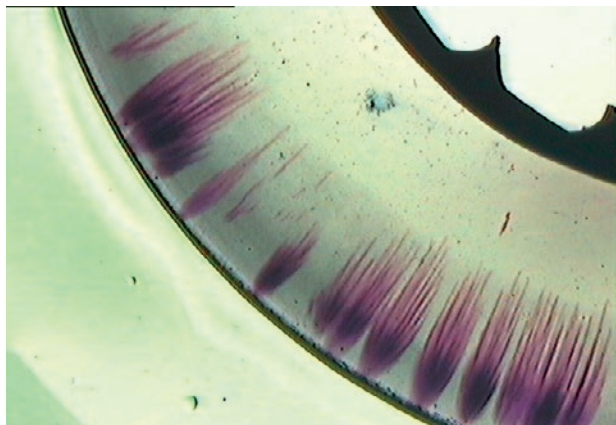
Деграцията на кабелната изолация

Въпреки предимствата на изолациите от импрегирана хартия и полимери и двата изолационни материала могат да бъдат засегнати от различни фактори на стареене. От тези фактори, един от основните и общ такъв е проникването на влага.

Явлението има своите специфични особености за всеки тип изолация: при изолацията от импрегирана хартия влагата е една от най-честите причини за преждевременно стареене. При това не е необходимо влагата да прониква в изолацията отвън поради повреда на оловната защита. Старееенето (естествено, термично) на самата целулоза може да произвежда известно количество вода, което след това действа като катализатор за допълнително влошаване [2].

С въвеждането на полиетиленовите кабели се приема, че кабелите с този тип изолация ще имат много дълъг експлоатационен живот. Това има своите основания, тъй като полиетиленът има изключително висока присъща диелектрична якост, ниска диелектрична проникваемост, незначителни диелектрични загуби, добра топлопроводимост и очевидна водонепроницаемост. Скоро след въвеждането му обаче започва докладването на пробиви в кабелите.

Основната причина за тези преждевременни откази са дифузни структури в изолацията, с хростовидна или ветрилообразна форма, свързани с локални отлагания на вода [3]. Те са наречени „водни дендрити“ (Фиг. 3).



Фиг. 3. Старееене на ОПЕ изолация от водни дендрити.

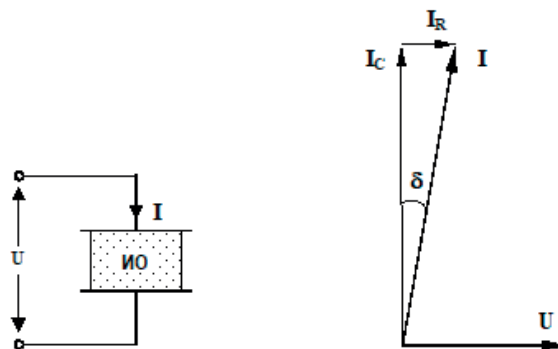
НЕРАЗРУШАВАЩИ ДИАГНОСТИЧНИ МЕТОДИ

За да се характеризира изолацията и конструкцията на кабела като цяло по отношение на нейните електрически, химични, механични и физични свойства, има широк спектър от диагностични методи [4]. За оценката на кабели, които вече дълго са били в експлоатация, е важно диагностичното измерване да не съкращава оставащия ресурс на изолацията.

В тази връзка диагностичните методи могат да бъдат квалифицирани както като разрушаващи, така и като неразрушаващи, в зависимост от напрежението, което се използва по време на измерванията. Неразрушаващ е метод, при който напрежението, приложено към обекта на изследване, не надвишава номиналното напрежение. Могат да се използват различни диагностични измервания на изолацията на кабелите за високо напрежение. Сред тях централно място заемат откриването и локализирането на **частични разряди** и измерванията на **диелектричните загуби** и капацитета [2] – [6]. Съществуват налични на пазара диагностични средства за измервания в честотната област на капацитета и загубите ($\tan \delta$) като функция на честотата (f). Измерванията във времевата област са представени посредством **поляризационните/деполяризационните токове и възстановяващото се напрежение като функция на времето**. Чрез извършване на измерване с диелектрична спектроскопия може да се получи средната степен на деграцията на изолацията.

Диелектрична спектроскопия

„Измервания в честотната област“ е родов термин, използван за измервания, извършени като функция на честотата. Тази група включва класически измервания, като измервания с мост на Шеринг на коефициента на загубите при определена честота. Основният принцип е, че върху диелектричния материал се прилага променливо напрежение, което поражда ток през материала, Фиг. 4.



Фиг. 4. Принцип на измерванията с диелектрична спектроскопия.

Чрез измерване на напрежението върху изпитвания обект (ИО) и тока през него, както по амплитуда, така и по фаза, се получава комплексният импеданс. Познаването на геометрията на материала ни позволява да изчислим комплексната диелектрична проницаемост на диелектричния материал. Коефициентът на загубите се определя като съотношението между имагинерната $\epsilon''(f)$ и реалната част $\epsilon'(f)$ на комплексната проницаемост и реалната част на комплексната диелектрична проницаемост или като съотношението между тока по фаза и тока в съответствие с приложеното напрежение.

За целите на диелектричната спектроскопия се извършват измервания на комплексната диелектрична проницаемост при няколко честоти (f), което позволява да се наблюдава честотен спектър. Този спектър представлява свойствата на диелектричния материал в измервания честотен диапазон. Важно е да се отбележи, че този метод е доказал ефективността си в полеви условия и предсказуемо може да се използва в практиката.

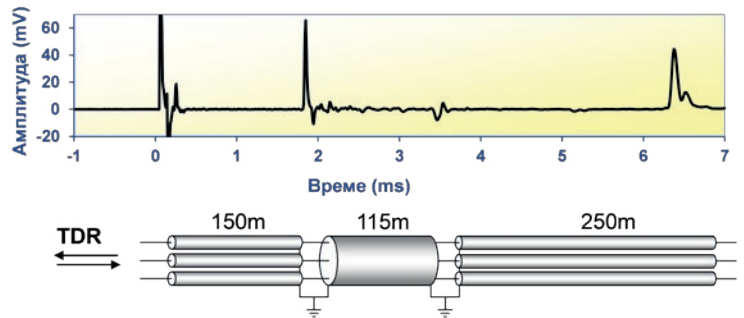
Рефлектометрия във времевата област (TDR)

По отношение на XLPE кабелите има случаи, когато общата оценка на състоянието на изолацията не е достатъчна. Водните дендрити често са локално явление и не засягат цялата дължина на изолацията, което е особено вярно за по-новите кабелни конструкции [3]. Същото се отнася за изолацията от импрегнирана хартия, тъй като данните показват, че дори локално увреждане на иначе хомогенно остаряла изолация дава резултати от измерванията с диелектрична спектроскопия, които могат да се интерпретират като „хартия с висока обща деградация, причинена от водата“ [7].

Локализирането на водните дендрити е особено възникващо поради техните свойства и липсата на генериране на частичен разряд. Изследвани са обаче малко методи за локализиране и повечето от тях са с лабораторно приложение. Преглед на методите за локализиране и откриване на дефекти може да се намери в [4].

За да намери методът рефлектометрия (TDR) практическо приложение за локализация на райони с влошени изолационни качества, трябва да се отчетат два основни аспекта.

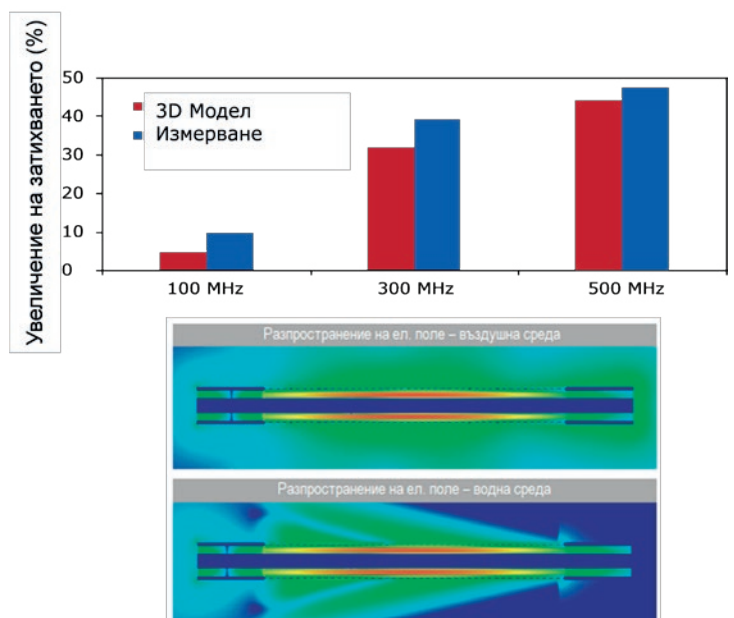
Влияние на геометрични неравности: Фиг. 5 показва реално измерване върху инсталиран ОПЕ кабел с дължина от 415 м.



Фиг. 5. Полеви измервания на кабел с TDR метод. На фигурата се вижда разпространение на пулс по продължение на ОПЕ изолиран кабел с дължина от 415 м. Виждат отраженията на въведения пулс от муфа на 150-и метър ($2 \mu s$) и 265-и метър ($3,5 \mu s$), както и от отдалечения край на кабела ($6,5 \mu s$)

Ясно се вижда, че отраженията от муфи и други артефакти доминират диагностичния сигнал. Определянето дали има (и кои са) слабите отразени сигнали от водни дендрити е практически невъзможно с този подход на директно измерване.

Влияние на външната среда: Освен вътрешните за кабелната линия неравности, влияние има и състоянието на външната за кабела среда. Фиг. 6 показва симулация на наблюдаван в практиката ефект върху разпространяващия се по продължение на кабела TDR сигнал, в зависимост от това каква е външната среда.



Фиг. 6. Симулация на разпространение на TDR пулс по продължение на кабел. Силата на сигнала в изолационната среда е изобразена в грацията от висока [■] към ниска [■] - за обкръжаваща среда въздух и вода.

ДИАГНОСТИЧНИ РЕЗУЛТАТИ

Обекти на изследването

Иновативната комбинация от диагностични методи и специфична последователност от измервания е приложена върху два кабела.

ОПЕ кабел: 14 kV ОПЕ кабел в експлоатация от 80-те години е с трифазна конструкция с обща мантия. Историята на кабела показва, че след множество пробиви повече от половината от дължината му е подменена. Скоро преди диагностичните измервания нов пробив изисква подмяна и на малка (30 м) секция в старата секция на кабелната линия.

Хартиено-маслен кабел: 12 kV кабелна линия от над 800 метра е подменена след 35-годишна експлоатация. Историята на кабела не показва проблеми. За целите на диагностиката е взета тестова дължина от 3 метра. В средата на тестовата дължина е премахната оловната мантия (Фиг. 7) и средата на кабела е потопена във вода в продължение на две седмици (335 часа).

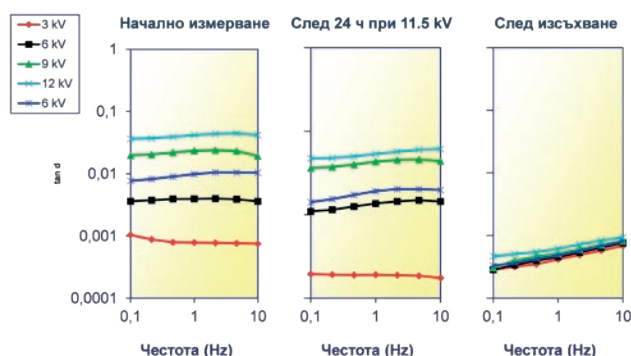


Фиг. 7. Конструкция на 12 kV хартиено-маслен кабел

Обща оценка на изолацията чрез диелектрична спектроскопия

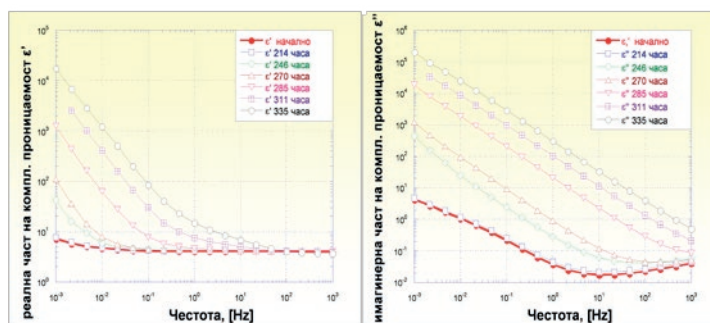
ОПЕ кабел: измерванията чрез диелектрична спектроскопия целят да изследват диелектричните загуби във функция на честота, която варира от 0.1 до 10 Hz. Ниската честота е необходима поради значителната дължина на диагностицирания кабел, което от своя страна ограничава възможния ток на апаратурата, обусловен от капацитета на обекта. Освен измерване на диелектричните загуби при различни нива на напрежение, ненадвишаващи номиналното, се изследва и нелинейността на характеристиката. Т.е. се прави ново измерване на 6 kV, преди и след покачване до номиналното напрежение от 12 kV (Фиг. 8). Наличието на нелинейност и разлика между диелектричните загуби при едно и също ниво на напрежение е типичен израз на деградация от водни дендрити [3]. Първите измервания се извършват през пролетта, когато наличието на влага е високо. За наличието на водни дендрити потвърждава

и измерването на характеристиките на кабела след шест месеца, след сух летен период, в който се вижда изсушаване на изолацията на отсъствие на нелинейни характеристики на диелектричните загуби в зависимост от приложеното напрежение.



Фиг. 8. Резултати от диелектрична спектроскопия за ОПЕ кабел в региона 0,1 - 10 Hz

Хартиено-маслен кабел: Ефектът на локално навлизането на влага върху общите диелектрични загуби е проследен чрез регулярни измервания с интервал от приблизително един ден във втората седмица след нарушаване на оловната мантия. Ефектът на увеличение на диелектричните загуби е видим, особено в по-ниската честотна област. В случая системата позволява измервания в честотната област до 1000 Hz, поради по-малката дължина на диагностицирания обект.



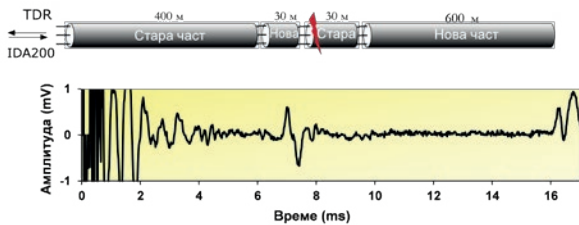
Фиг. 9. Резултати от диелектрична спектроскопия за хартиено-маслен кабел в региона 0,001 - 1000 Hz

Установяване на потенциални локални промени в изолационните качества

ОПЕ кабел: Директно установяване на отражения от например водни дендрити е практически трудно. За целта се предлага иновативна методология, която използва нелинейността на водните дендрити, показана в измерванията на диелектрична проникваемост за целта. Тези измервания показват, че характеристиките на изолацията, засегната

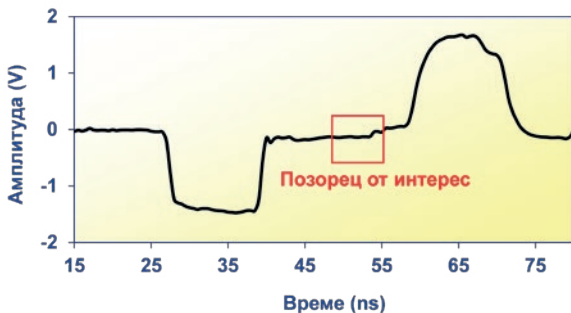
от стареене, ще са различни преди и след прилагането на номинално напрежение. От друга страна геометричните нехомогенности и околната на кабела среда ще останат постоянни. В такъв случай ако от TDR сигналът, измерен преди прилагането на номинално напрежение, се извади този след прилагането му, единствената промяна в сигнала, ще идва от потенциален регион, засегнат от водни дендрити.

Фиг. 10 показва TDR сигнал, получен след изваждане на измерените отражения преди и след прилагане на номинално напрежение. Така получения сигнал наричаме **диференциален TDR**. Сигналът, който се наблюдава при 7 μ s, съвпада със стара секция на кабела с повтарящи се пробиви, свързани със стареене от водни дендрити.

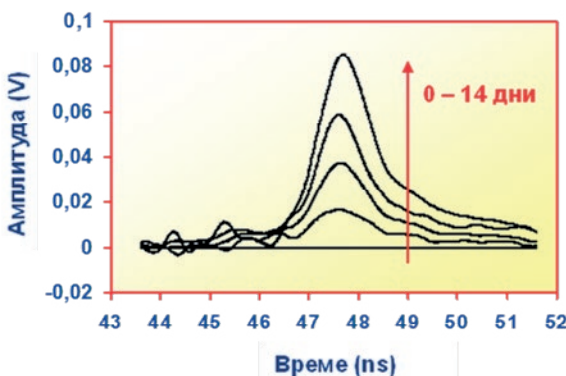


Фиг. 10. Диференциален TDR сигнал за ОПЕ кабел

Хартиено-маслен кабел: В случая, тъй като мястото на локално проникване на влага е известно, TDR методът може да прецени къде се очакват локални промени на сигнала. От общия TDR сигнал (**Фиг. 11**) разглеждаме фокусиран прозорец (**Фиг. 12**) и следим развитието на диференциалния TDR сигнал с интервал от 3 до 4 дни след нарушаването на оловната мантия.



Фиг. 11. TDR сигнал за хартиено-маслен кабел



Фиг. 12. Диференциален TDR за хартиено-маслен кабел в прозореца от интерес

ИЗВОДИ И ОБОБЩЕНИЕ

Докладът представя иновативна комбинация и последователност от два неразрушаващи диагностични метода. Диелектрична спектроскопия и рефлектометрия се използват респективно за оценка на общото състояние на изолацията на кабелните линии, както и за локализация на региони с влошени изолационни качества. Методологията е демонстрирана за два типа кабелна изолация – омержен полиетилен (ОПЕ) и хартиено маслена изолация. Предложеният подход позволява обща оценка на изолацията. В допълнение, използвайки нелинейните характеристики на регионите, засегнати от стареене, е възможно тяхното локализиране.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторът изказва благодарност на проф. д-р инж. П. Након, проф. д-р инж. В. Колев (Технически Университет – София) и проф. д-р инж. Р. Ерикссон (Кралски Технологичен Институт – Стокхолм) за подкрепата и напътствията.

Библиография

- [1] B. Holmgren, "Dielectric Response, Breakdown Strength and Water Tree Content of Medium Voltage XLPE Cables," Tech. Lic., Royal Institute of Technology (KTH), TRITA-EEA-9705, Stockholm, Sweden, 1997.
- [2] P. Werelius, P. Tharning, R. Eriksson, B. Holmgren, U. Gäfvert, "Di-electric spectroscopy for diagnosis of water tree deterioration in XLPE cables," IEEE Trans. Dielect. and Elect. Insulation, vol. 8, pp. 27-42, Feb. 2001.
- [3] R. Papazyan, R. Eriksson, "Calibration for Time Domain Propagation Constant Measurements on Power Cables," IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 52, pp. 415-418, Apr. 2003.
- [4] G. Mugala, R. Eriksson, U. Gäfvert, P. Pettersson, "Measurement technique for high frequency characterization of semi-conducting materials in extruded cables," IEEE Trans. Dielect. and Elect. Insulation, vol. 11, pp. 471-480, June 2004.
- [5] G. C. Stone and S. A. Boggs, "Propagation of Partial Discharge Pulses in Shielded Power Cable," in 1982 IEEE Conf. Electr. Insul. Dielectr. Phenomena, pp. 275-280.
- [6] V. Kolev, P. Nakov, R. Papazyan, "Evaluating the state of power cable insulation using time domain reflectometry (TDR) technique", Nordic Insulation Symposium (NORD-IS'99), pp.117-124, June 14-16th 1999, Copenhagen, Denmark.
- [7] P. Nakov, V. Kolev, R. Papazyan, "Increasing the precision of partial discharge (PD) measurements in operational conditions", Nordic Insulation Symposium (NORD-IS'99), pp.165-172, June 14-16th 1999, Copenhagen, Denmark

НОВИТЕ ТЕХНОЛОГИИ И РОЛЯТА ИМ ЗА УВЕЛИЧАВАНЕ ДЕЛА НА ВЪЗОБНОВЯЕМАТА ЕНЕРГИЯ В ЕНЕРГИЙНОТО ПОТРЕБЛЕНИЕ

статия на проф. Христо Василев

МАЛКО ИСТОРИЯ

През 1839 г. Александър Едмонд Бекерел открива фотоволтаичния ефект - възникване на електрически потенциал при въздействието на светлина върху някои материали. През 1953 г. в лабораторията на BELL LABS -САЩ се доказва, че използването на силиций в PV-технологията увеличава около 10 пъти ефективността на PV-клетките в сравнение със селеновите клетки. От този момент силицият става най-изследваният материал в света и започва комерсиализацията на тази технология. Днес PV-технологията в глобален мащаб осигурява най-голям ръст на генериращите електрически мощности. Въпреки КОВИД19 за 2020 г. са инсталирани PV-мощности в размер на 125 GWp. Всички опити за дългосрочни прогнози за развитието на PV се оказват консервативни. Една оптимистична прогноза към днешна дата [1] определя, че след 2030 година глобалните годишни инсталирани PV-мощности ще достигнат 3 TWp и глобалните кумулирани PV-мощности към 2050 г. ще достигнат 70 TWp.



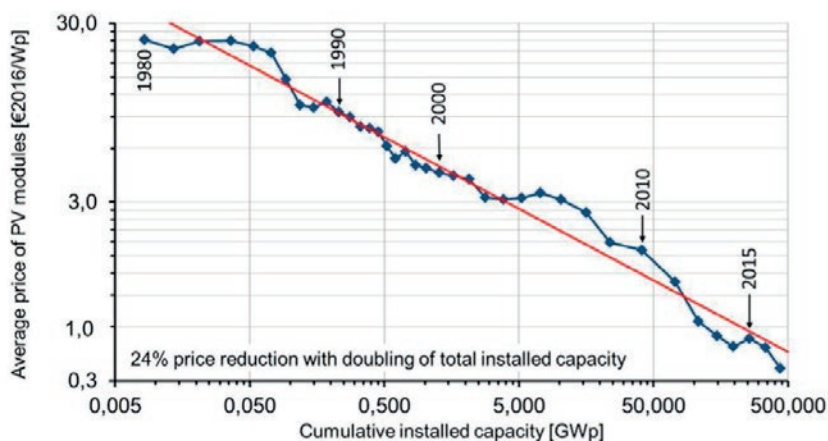
Какво е отношението на водещите икономики в света към възобновяемата енергия?

Новият министър председател на Япония Йошихиде Суга на 26.10.2020 г. в реч пред парламента заяви, че страната ще декарбонизира икономиката си до средата на века. В речта си той е разкрил планове за **ускорена научно-изследователска и развойна дейност на слънчеви клетки от следващо поколение, както и технологии за „рециклиране на въглерод“**. На 28.10.2020 г. в реч пред националния законодателен орган, преизбраният президент на Южна Корея Му Дже Ин е заявил, че ще продължи изпълнението на направеното по време на предизборната му кампания обещание за премахване на въглеродните емисии до средата на века. В края на септември т.г. в реч пред ООН президентът на Китай Си Дзи Пин обяви, че Китай възнамерява да декарбонизира икономиката си

до 2060 година. Прогнозата на политическите анализатори за значимите действия през първите 100 дни на новоизбрания президент Джо Байдън е присъединяване на САЩ към Парижкото споразумение от 2015 година и обявяване на програма за декарбонизация на американската икономика до 2050 г.

Как ще се изменят цените на PV-енергията ?

На **фиг.1** е представено глобалното намаление на цената на PV-панелите след 1980 г. Към днешна дата цената на панелите (€/Wp) за големи проекти (над 50 MWp) е около 0.18 €/Wp, т.е. намаление спрямо 1980 г. повече от 150 пъти. Това изменение на цената е дефинирано чрез закона на SWANSON, който гласи: При двукратно увеличение на глобалното кумулативно производство на PV-панели, цените се намаляват с 24%.



Фиг. 1

В **табл. 1** са представени ценови рекорди на енергия от PV-централи, получени през последните 18 месеца.

Таблица 1.

№ по ред	Държава	Цена на енергията	Дата на провеждане на търга
1	Абу Даби (световен рекорд [2])	0,0135 \$/kWh	28.04.2020
2	Португалия (европейски рекорд [3])	0,0148 €/kWh	31.07.2019
3	Албания (рекорд на страната [4])	0,0248 €/kWh	28.05.2020
4	Германия (рекорд на страната [5])	0,0335 €/kWh	05.03.2020
5	Португалия (световен рекорд [6])	0.0112 €/kWh	28.08.2020

Както се вижда от представените в **табл. 1** резултати, ценовите рекорди се устремяват към 0.01 €/kWh. Въпрос на време е да бъде преодоляна тази ценова бариера. Предпоставки за това са:

1. Повишаване на единичната мощност на PV-панелите, която в момента достигна 600 Wp и следващата година се очаква да достигне 815 Wp, като по този начин се намаляват BOS разходите и се повишава минимално ефективността на панелите;
2. Приложение на минерала перовскит при производството на клетки, тъй като той има потенциал за по-висока ефективност на клетките и същевременно има по-ниска цена в сравнение със силиция;
3. Производство на тандемни двуслойни (трислойни) клетки от перовскит-силиций и перовскит-перовскит.

Ниските цени на PV-енергията действат като ускорител за масовото ѝ въвеждане в практиката. В момента в глобален мащаб това е най-евтината енергия, а тя разполага с потенциал за допълнително намаление на цените. Първи в световен мащаб, водещите компании в IT сектора (Google, Facebook, Apple, Microsoft и др.) декларираха, че в следващите години в своята дейност ще използват само възобновяема енергия, вследствие на което ще получат сертификата RE100. Това начинание беше възприето от хиляди компании по света и обхватът му продължава да се разширява. Производството на „зелени продукти“ като: зелена енергия, произведена с нулеви въглеродни емисии, зелен водород, произведен от зелена енергия, зелен амоняк, зелена стомана, зелен алуминий, зелен цимент, зелен керосин, зелени хранителни продукти и други, продължава да се разширява. Чрез зеления водород ще се декарбонизират производствата на стомана, алуминий, цимент, керосин и т.н.

Сертификатите RE100 и производството на „зелени продукти“ ще бъдат ускорителите за увеличаване дела на възобновяемата енергия в глобален мащаб. Изследване, проведено от автора съвместно с колектив, доказва, че цената на PV-енергията в България от полеви централи (с мощност над 10 MWp) към 2030 година ще бъде под 0.015 €/kWh. Възможно е тази прогноза да се окаже консервативна и това да се случи още през 2025 година.

Фасадни PV централи

На **фиг.2** е представена част от фасадата на сградата на местния радиологичен център в град Марбург – средна Германия, на която

предстои да бъде реализиран проект, в който да се обединят две цели в едно: да се постигне архитектурно привлекателна фасада и производство на зелена енергия [7]. Югоизточната и югозападната фасада ще бъдат покрити със специално изработени монокристални слънчеви панели. Поради заоблените ъгли на фасадата, ще се монтират специално изработени извити модули. Целта на този пилотен проект е да докаже, че всички налични фасади в страната в бъдеще ще могат да се използват за производство на енергия, без да се нарушава градската естетика. Цветът на панелите в нормално изпълнение е сив (като на фигурата), но може да бъде в различни цветове, като тогава мощността на панелите се намалява с 10-15 %. За конкретния случай инсталираната мощност на фасадните панели е 50 kWp. За да се удовлетворят изискванията на стандарта за сгради с близко до нулево енергийно потребление [9] при високото строителство, PV-фасадите са едно от най-добрите технически решения. През следващите години тази технология ще започне да се прилага при новото строителство, а по-късно ще започне санирането на фасадите на съществуващите сгради, като се използват фасадни PV-панели.



Фиг. 2

Покривни PV централи

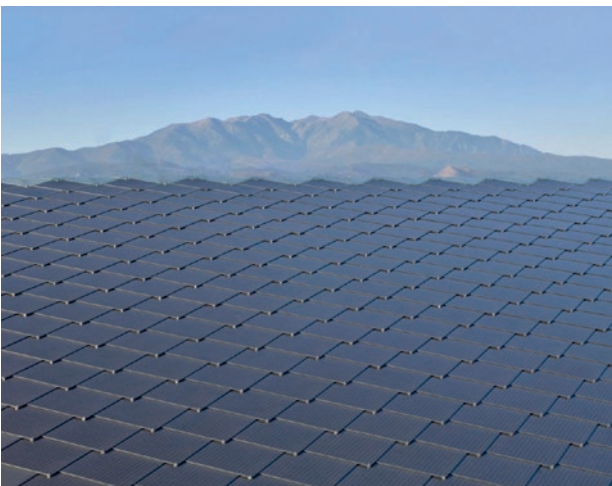
На **фигура 3** са показани покривите на жилищни сгради в южния германски град Фрайбург. Покривите на тези сгради имат „соларна архитектура“, като са ориентирани на юг и имат удължен южен скат и върху цялата му повърхност се монтират стандартно произведени PV-панели. Под панелите се поставя хидроизолацията на покрива. Тези сгради произвеждат повече енергия, отколкото консумират. В Германия се изграждат над 50 хиляди подобни покрива годишно, като преобладаващата част са оборудвани с батерии за краткосрочно съхранение на енергията.



Фиг. 3

По този начин домакинствата, които имат покривни централи, могат да си осигурят енергия за вечерните и нощните часове, като излишната енергия се продава в мрежата. Предимството на този тип PV е, че енергията е зелена и се произвежда там, където се консумира и не се заплащат мрежови такси. При изграждане на покривни централи върху съществуващи покриви панелите се монтират чрез специална технология на определено разстояние върху керемидите.

На **фигура 4** е показан част от покрива на сграда, върху който са монтирани специални PV-керемиди, подобни на PV-керемидите на TESLA. Френският производител SunStyle планира до 2025 да достигне годишен производствен капацитет на PV „покривни керемиди“ от 1 GWp/г., като те обединяват две функции в един проект „водоустойчив покрив и производство на енергия“ [8]. С годишния производствен капацитет ще могат да се монтират около 100 хиляди покрива, всеки с мощност 10 kWp. PV-покривните керемиди са с размери 870 x 870 мм и имат мощност 115 Wp. Нормалният цвят на керемидите е сив. При цветово изпълнение на керемидите мощността им се намалява до 85 Wp. Конструкцията на керемидите е такава, че позволява лесен и бърз монтаж.



Фиг. 4

Термохромни фотоволтаични прозорци

Новата технология за термохромни фотоволтаични прозорци е разработена от Американската лаборатория за възобновяема енергия (NREL). Тези прозорци потъмняват, когато слънцето загрее повърхността им и същевременно произвеждат електричество посредством перовскитен слой, вграден в материала на прозорците. Групата от NREL направи съобщение, че ще разработи първия прототип на прозореца в рамките на една година и ще продължи изследванията си. Комбинирането на потъмняване на прозорците при висока степен на IR-радиацията (т.е. ограничаване на „влизането на топлина“ в помещението) и същевременно производството на енергия е една отдавнашна мечта на топлотехници и светлотехници. Ако се достигне до практическа реализация на тази технология, това ще спомогне за постигане на показателите на стандарта за сгради с близки до нулевото потребление на енергия.

Технология за производство на зелен водород и електричество чрез горивна клетка в домашни условия

Енергията, която се генерира от фасадните и покривните PV-централи, е непостоянна в денонощен и годишен разрез. За осигуряване на енергия през вечерните и нощните часове се използват батерии за краткосрочно съхранение на енергията, които се зареждат през деня и захранват с енергия консуматорите в нощните часове. Цената на Li-ion-батериите е намаляла през последните 8 години от 1120 \$/kWh до 140 \$/kWh, като се очаква съгласно прогноза на MIT да достигне 20 \$/kWh [11]. Това е една много голяма тема и тя се нуждае от много сериозен анализ. Основен елемент в този процес на сезонно съхранение на енергията е водородна технология, наречена **rSOC**, която комбинира в едно реверсивно устройство (с размерите на домашна микровълнова фурна) електролизер и горивна клетка. Устройството се намира в производство, но цената на произведения зелен водород е около 5 €/кг. В момента се строи голяма производствена мощност в Италия, като се очаква вследствие на мащаба на производството и технологични подобрения цената на произвеждания водород да спадне в пъти [10]. Когато има излишна електрическа енергия, произведена от покривната PV-централа на домакинството, устройството работи като електролизер и преобразува енергията в зелен водород с ефективност около 80%. В случаите, когато има нужда от електрическа енергия в домакинството, устройството работи като горивна клетка и преобразува водорода (който е сезонно съхранен в бутилки или по друг начин) в електричество с ефективност на енергийната

трансформация 60%. Крайната ефективност на устройството при трансформацията „електричество - водород - електричество“ е около 50%. За да се получи 1 MWh зелена електрическа енергия от устройството, са необходими около 2 MWh електрическа енергия от покривната PV централа на домакинството, която да захрани устройството и се трансформира в зелен водород, и да го съхрани сезонно. Необходимата топлинна енергия през отоплителния сезон се получава от топлинни помпи, захранени основно с енергия от горивната клетка на **rSOC**, а останалата енергия (около 30%) се получава директно от покривната PV-централа. Технологията **rSOC** е приложима за еднофамилни и двуфамилни сгради. Чрез приложението на тази система, емисиите от парникови газове и ФПЧ стават нулеви. Топлинните помпи се закупуват от домакинствата основно за охлаждане на жилищата през летния сезон.

В комбинация разгледаните четири броя технологии предоставят следните възможности:

- задоволяване на нуждите от електрическа енергия на сградите в населените места като се обединяват две функции в една, а именно:
 - архитектурно привлекателни и цветово оформени фасади и производството на енергия;
 - водоустойчиви покриви и производството на енергия;
 - регулиране на проникването на топлина през прозорците на сградите и производство на енергия;
 - трансформация на излишната зелена енергия във водород и сезонното му съхранение и последващото му трансформиране през отоплителния сезон в електрическа енергия за еднофамилни и двуфамилни сгради, а за останалите сгради излишната енергия ще се трансформира във водород в големи електролизери и сезонно ще се съхранява;
- задоволяване на нуждите от топлинна (охладителна) енергия и топла вода в сградите чрез приложение на топлинни помпи;
- зареждане на електромобилите със зелена енергия;
- премахване на емисиите от фини прахови частици от отоплителните системи на твърдо гориво, като по този начин се подобрява общественото здраве;

- чувствително намаление на загубите от пренос и разпределение;
- разкриване на нови работни места при реализация на проектите.

Необходимо е да се даде отговор на следните въпроси :

- Какви са необходимите инвестиции за реализация на подобен проект в България ?
- Какви финансови механизми трябва да се използват за да се осигурят необходимите инвестиции ?
- Каква добавена стойност ще се реализира в страната при реализацията на проекта?
- Каква ще бъде енергийната устойчивост на проекта при екстремални зимни условия, подобни на януарската зима от 2017г. ?

Информационни източници:

1. PV Magazine 03.11.2020 Terawat scale by 2050
2. PV - Magazine - 28.04.2020 Abu Dhabi's 1.5 GW tender draws world low price of \$ 0.0125/kWh.
3. PV - Magazine 28.05.2020 Albania's 140 MW tender concludes with final price of 0.0248 €/kWh
4. PV - Magazine 31.07.2019 Portuguese action attracts world record of 14.8 €/MWh for solar.
5. German PV tender delivers record low most low solar power price of 0.0335 €/kW - 03, 2020.
6. Portugal's second PV auction draws world record low bid of \$0.0132/kWh
7. PV Magazine 06.11.2020 - PPA for PV facade in Germany
8. PV Magazine 23.10.2020 - France to support BIPV solar tiles with additional incentives ;
9. Директива 2012/27/ ЕС на Европейския парламент и на Съвета от 25 октомври 2012 година относно енергийната ефективност, за изменение на директиви 2009/125/ЕО и 2010/30/ЕС и за отмяна на директиви 2004/8/ЕО и 2006/32/ЕО.
10. PV Magazine - 21.03.2020 Hydrogen is getting cheaper
11. Energyjobline - 13.08.2019 New study finds renewable energy storage cost needs to drop 90%

УТИЛИЗАЦИЯ НА ОТПАДЪЧНА ТОПЛИНА НА ЕНЕРГИЙНИ КОТЛИ ЧРЕЗ КОНДЕНЗАЦИОННИ ЕКОНОМАЙЗЕРИ

Статия на проф. д-р инж. Илия Илиев, доц. д-р инж. Ангел Терзиев, член кор. проф. Христо Белоев

Направен е енергиен анализ и оценка на целесъобразността от разработването и внедряването на кондензационен економайзер (КЕ) за парогенератор ТГМ-96А. Кондензационният економайзер се характеризира с много висока топлинна мощност 21-23,5 Gcal/h и ще охлажда димните газове след котела от 123°C до 47°C. Оползотворената топлина ще загрява три водни контура: два контура с вода от централната топлофикационна мрежа и един за сурова вода от река Днепър. Очакваното увеличение на КПД на парогенератора е 10,55%. Извършени са пълни топлинни изчисления на кондензационния економайзер и са определени температурите и дебитите на топлоносителите. Въз основа на изчисленията на процесите на топло- и масообмен, е оценена топлинната мощност на економайзера при условията на частична кондензация на водни пари в димните газове. Анализът дава обективна оценка на инвестициите за реализацията на проекта, както и други финансови показатели и ползи за околната среда. Подобни проекти могат да бъдат реализирани и в родната енергетика, в частност в софийската топлофикация и други големи енергийни парогенератори, изгарящи природен газ.

ВЪВЕДЕНИЕ

Ефективното използване на горивата в големи енергийни котли е свързано с понижаването на топлинните загуби от изходящите димни газове. Един от начините за повишаване на енергийната ефективност е използването на съвременни кондензационни економайзери за оползотворяване на топлината от отпадъчните газове на парогенераторите [1, 2, 3]. Обичайната практика показва, че на този етап утилизацията на отпадъчна топлина от котли, изгарящи природен газ, метан и пропан бутан, е най-обещаващо [2, 3]. КПД на котлите, изгарящи природен газ, варира между 82-94% [4], изчислен по долната топлина на горене (Q_i). При температури на изходящите газове между 110-220°C загубите на топлина са 6-12% [1, 4]. През последните години кондензационните котли придобиха популярност, при които газовете се охлаждат до температури под точката на оросяване (58-60°C) [1, 2, 9]. В тези

котли се оползотворява както физическата топлина на газовете, така и латентната топлина на кондензация, което позволява ефективността на горивното устройство да се увеличи значително с до 15%. Например в [5] е показано, че когато газовете се охладят до 0°C, оползотворената топлина от кондензация е 11,9% отнесено към долната топлина на горене на природния газ. Въпреки това, поради липсата на източник с толкова ниска температура, на практика газовете се охлаждат до 30-40°C, което до известна степен намалява ефекта от използването на топлината на кондензация.

Редица проучвания [6] са установили, че кондензацията на водни пари от димните газове значително увеличава "цената" на всеки охладен градус. Най-важният фактор за увеличението на "цената" е началната влага в димните газове; колкото по-високо е съдържанието на влага,

толкова по-висока е "цената". Ако например за конвенционалните котли за повишаване на КПД с 1% е достатъчно да се намали температурата на газа с 15-20°C, то за кондензационните котли за същото увеличение на КПД е достатъчно газовете да се охладят с 2-3°C. Същите проучвания [2, 6] доказват, че когато отработените газове се охладят от 150°C до 40°C, икономията на гориво достига 10-12%. Освен това топлинните загуби на излизащите газове, отнесени към горната топлина на изгаряне на горивото, са 2-3%, а КПД на котела достига 96-97%. Ако топлинният баланс на парогенератора се прави по долната топлина на горене, КПД на котела достига 105-107% [1, 2, 3, 10].

ЦЕЛИ НА ЕНЕРГИЙНИЯ АНАЛИЗ

ТЕЦ-5 е най-голямата топлоцентрала в Украйна с инсталирана топлинна мощност от 1874 Gcal/h и инсталирана електрическа мощност от 700 MW. Централата разполага с четири блока, два енергийни блока от 100 MW и два от 250 MW. ТЕЦ-ът разполага с два вертикални водогрейни парогенератора, модел ТГМ-96А; два пикови парогенератора, тип ТГМП-314 А; три водогрейни котли, модел ПТВМ-180; и два бойлера за топла вода, модел КВГМ-180. Основното гориво за парогенераторите е природният газ, а мазутът М100 се използва като резервно гориво.

ТЕЦ-5 осигурява битова гореща вода за 850 000 жители на Киев, както и топлинна енергия за 3 милиона квадратни метра промишлени сгради.

Топлинната енергия се подава по 6 основни тръбопровода с диаметър от 900 mm до 1200 mm.

За отопление и производство на електроенергия се изразходват годишно 800 000 m³ природен газ с калоричност 34 330 kJ/nm³.

Изграждането на ТЕЦ-5 започва през 1960 г. Първи и втори енергиен блок са пуснати в експлоатация през 1971-72 г., а трети и четвърти през 1974-1976 г.

Обектът на този енергиен анализ са съвременните парогенератори ТГМ-96А. Брутният топлинен КПД на парогенераторите, според техния товар, е в рамките на $\eta = 92\%$ до 94% при температури на изходящите газове от 123°C до 125°C.

Целта на проекта е да се оцени възможността за въвеждане в експлоатация на кондензационен

економайзер, който да повиши КПД на парогенераторите с 8 до 10%; намаляване разхода на природен газ и емисиите на CO₂ и NO_x, като същевременно се спестяват значителни количества топлина в регенерационния цикъл на ТЕЦ-5 и топлоразпределителната мрежа.

Анализ на параметрите за определяне на степента на охлаждане на димните газове

В днешно време най-често срещаните топлообменници от повърхностен тип са индиректните, които използват воден топлоносител за охлаждане. Изключителното им предимство спрямо останалите е, че те осигуряват оптимална цена, производителност и най-добро технологично решение.

Ключовият фактор, който влияе върху степента на утилизация на отпадъчната топлина от димните газове, при този тип регенеративен топлообменник е дебитът и температурата на охлаждащия топлоносител (обикновено вода) [7]. Вторичните фактори, влияещи върху експлоатационните и конструктивните характеристики, включват: тип на топлообменника; вертикална, хоризонтална стъпка и разположение на тръбите на топлообменника; скорост на газовете и водата; пад на налягането във водния и газовия поток; състав на отработените газове (включително коефициент на излишък на въздух и влажност на въздуха); и тип на топлообменната повърхност [8, 9, 10].

Топлинна мощност на парогенераторите и дебит на отработени газове

Въз основа на данните, предоставени от КП "Киевтеплоэнерго" (КТЕ):

- Котел №1 работи около 2648 часа годишно при среден капацитет 206 Gcal / h (240 MW);
- Котел №2 работи около 5204 часа при среден капацитет 230 Gcal / h (268 MW).

И двата парогенератора не работят едновременно с включен кондензационен економайзер (КЕ). КЕ ще работи с всеки от котлите и ще бъде превключен от котел на котел по целесъобразност.

През три от зимните месеци средната мощност на един котел е около 259 Gcal/h, когато условията за режим на кондензация са най-добри. Следователно, при определяне на количеството отработени газове, което е необходимо за изчисляване на мощността на КЕ, се приема, че максималният капацитет на котела е 260 Gcal/h (302 MW).

Като се вземат предвид дебитът и съставът на горивото и продуктите на горене и коефициентът на излишък на въздух (което не трябва да надвишава 1,4), се приема, че дебитът на отработените газове е 411 000 m^3/h . Анализът използва този метод за оценка на обема на отработените газове, вместо да се изчислява теоретичното количество газ при пълен капацитет на котела.

Температура на отработените газове

Температурата на отработените газове в различни периоди от време и натоварвания варира между 110°C и 130°C. Този анализ е при приета средна температура на изходящите газове от 123°C.

Дебит и температура на водните потоци за охлаждане на димните газове

КЕ може да има от един до няколко входа и изхода за водния топлоносител, със скорости и температури на водния поток, достатъчни за охлаждане на изходящите димни газове под точката на оросяване на водните пари при съответното парциално налягане.

При ТЕЦ-5 са налице три вида водни потока: вода за топлофикационна мрежа; допълнителна вода за зареждане на топлофикационната система; или сурова вода от река Днепър за технологични нужди на КЕ.

Вода за топлофикационна мрежа

Използването на обратната вода от топлофикационната мрежа има значително предимство за КЕ, тъй като е на лице достатъчно мрежова вода при температури, близки до температурата на кондензация на водните пари в димните газове.

Възможно е да се изгради КЕ с два или три независими водни контура на изхода в димохода на отработените газове, като се използва обратна мрежова вода с дебит от 2000 m^3/h до 3000 m^3/h . Водата ще бъде транспортирана с циркулационни помпи към и от КЕ при необходимия дебит и напор. Също така е възможно да се използват главните мрежови помпи, разположени преди котелната система, за циркулация на водата през економайзера. (Различните стратегии ще бъдат разгледани по време на процеса на проектиране на КЕ.)

Температурата на водата за връщане в топлофикационната мрежа варира между 52°C и 55°C през летните месеци май, юни, юли и август. През зимата температурата варира между 46°C и 50°C. Опитът показва, че когато температурата на водата надвишава 53°C до 55°C, температурата на изходящите газове обикновено е по-висока от 56°C до 58°C (при достатъчен дебит на охлаждащата вода). При тази температура в КЕ частично кондензират отработените газове. Следователно през 4-те летни месеца входящата вода от топлофикационната мрежа не осигурява стабилен процес на кондензация в КЕ. През зимния период мрежовата вода в КЕ може да използва мощност от 10 до 15 Gcal/h, а през лятото 8 до 10 Gcal/h. Разстоянието между предложената КЕ площадка и отоплителната мрежа е около 250 m.

Подхранваща вода за компенсиране на загубите на вода в топлофикационната система

КЕ може да използва водата за захранване на централната отоплителна системата. Химически обработената и пречистена подхранваща вода, с дебит 400-500 m^3/h и температура около 30°C, може да се използва от КЕ за осигуряване на целогодишна кондензация на водни пари в изходящите газове на почти всички товари от отоплителните мрежи и котлите. Ако се използва този източник на вода, препоръчително е подхранващата вода да се нагрее с 10°C преди да влезе в обезвъздушителя и да се добави обратно към отоплителната мрежа.

Добавянето на вода с тези характеристики е изгодно за осигуряване на кондензат в КЕ и спестяване на около 8 Gcal/h до 10 Gcal/h топлинна мощност.

Циркулацията ще бъде осигурена с помпа с подходящ напор и дебит. Разстоянието от предложената от КЕ площадка до водоизточника за подхранваща вода е около 80 m до 100 m.

Сурова вода от река Днепър за технологични нужди на ТЕЦ

Водата от река Днепър също може да служи като охлаждаща вода на КЕ. Циркулацията на вода се осъществява от помпа с подходящо налягане и дебит. Много е вероятно речната вода да се нуждае от пречистване. Разстоянието до водоизточника (т.е. река Днепър) е около 80 - 100 m.

Таблица 1. Средногодишни данни за водните контури на кондензацията економайзер

Елемент	Мерна единица	Стойност
Среден дебит на мрежова вода от най-близката мрежа	m ³ /h	17 614
Минимален дебит на БГВ (не случайно) от най-близката мрежа	m ³ /h	15 009
Максимален поток на мрежова вода (повече от един ден)	m ³ /h	29 000
Средна температура на връщащата мрежова вода	°C	50,0
Брой часове с температура > t _{рег}	ч / година	4,104
Разстояние от мрежата до КЕ	m	≈250
Диаметър на тръбите за мрежова вода в точката на свързване	m	0.9
Време на работа на мрежата	ч / година	8,760
Налягане на връщащата мрежова вода	MPa	0,33
ПОДХРАНВАЩА ВОДА ЗА ТОПЛОФИКАЦИОННАТА МРЕЖА		
Среден дебит на захранващата вода	m ³ /h	512
Температура на захранващата вода преди нагряване	°C	20 - 30
Разстояние между водоизточника и КЕ	m	≈80
СУРОВА РЕЧНА ВОДА		
Температура на суровата вода след кондензатора	°C	15 - 25
Среден дебит на сурова вода	m ³ /h	665

Таблица 1 представя средногодишни данни за дебита и температурата за различните възможни водоизточници.

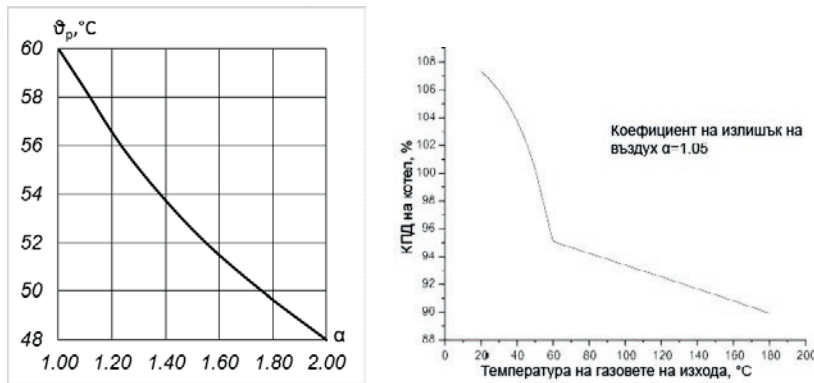
УСЛОВИЯ НА КОНДЕНЗАЦИЯ

Най-лесният и категоричен начин за значително намаляване на потреблението на гориво от ТЕЦ-5 е дълбокото охлаждане на димните газове до и под температурата на кондензация на водните пари в димните газове и използването на латентна топлина на кондензация.

Максималното възможно количество оползотворена топлина от димните газове се представя от топлината, отделена при пълна кондензация (при температура под точката на оросяване $t = 0^{\circ}\text{C}$ и съдържание на влага $d=0$ g/kg сух газ), свързано с долната топлина на горене (Q_i') на горивото. Използваната латентна топлина е с 11,9% повече, отнесена към Q_i' - в зависимост от количеството въздух в димните газове и съдържанието на влага, парциалното налягане на газовата смес, температурата на газовете, характеристиките на охлаждащата повърхност, и т.н. - този процент може да варира. Няма точен теоретичен метод, използван за определяне на процента на рекуперация на топлина при кондензация в промишлен мащаб в тръбните економайзери поради значителните физически, конструктивни и други фактори, които влияят на процеса.

Редица изследвания обаче показват, че кондензацията на водни пари в димните газове до голяма степен зависи от коефициента на излишък на въздух, което променя температурата на кондензация [8]. Високите стойности на излишък на въздух могат да компрометират работата на економайзера, като ограничат кондензацията и намалят дела от оползотворената латентна топлина. Чрез увеличаване на коефициента на излишък на въздух (α) се затруднява кондензацията на димни газове, което изисква по-дълбоко охлаждане на димните газове. Поради това се препоръчва коефициент на излишък на въздух $\alpha < 1,4$ преди и след економайзера, за да може процесът на кондензация на водните пари в димните газове да започне при температура по-висока от $53,5^{\circ}\text{C}$ (**Фигура 1**). Намаляването и поддържането на коефициента на излишък на въздух (α) на възможно най-ниското ниво е важно за ефективната работа на КЕ.

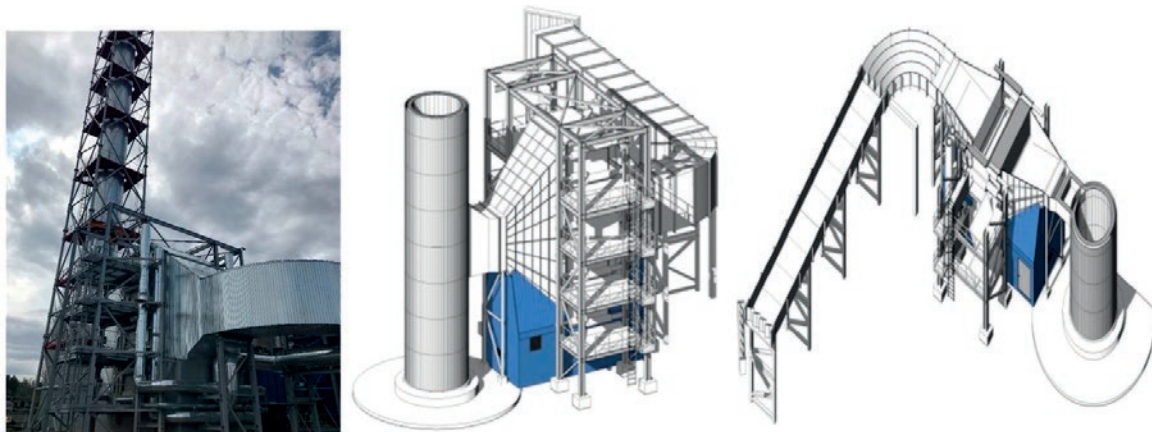
В заключение има три потенциални водоизточника с необходимите дебити и при необходимата температура, които могат да охладят и да създадат условия за кондензация на димните газове от парогенераторите. Максималната мощност на КЕ се оценява на 21 до 23,5 Gcal/h (24,5 до 27,3 MW), което представлява увеличение на КПД на парогенератора от 9% до 10,5%. Като цяло е възможно да се постигне допълнително увеличение от около 1% до 2%, но това изисква сложни инженерни решения и оборудване, което е икономически нецелесъобразно.



Фиг. 1. Зависимост между температурата на оросяване и коефициента на излишък на въздух [1]

Фигура 2 представя общия външен вид на КЕ, инсталиран на ТЕЦ-6 в Киев след водогреен котел ALSTOM с топлинна мощност 180 Gcal/h. Топлинната мощност на работещия

кондензационен економайзер е 15,6 Gcal/h, при което се реализира пряка икономия на гориво от 8% до 10%.



Фиг. 2. Кондензационният економайзер (КЕ), инсталиран наскоро в ТЕЦ-6

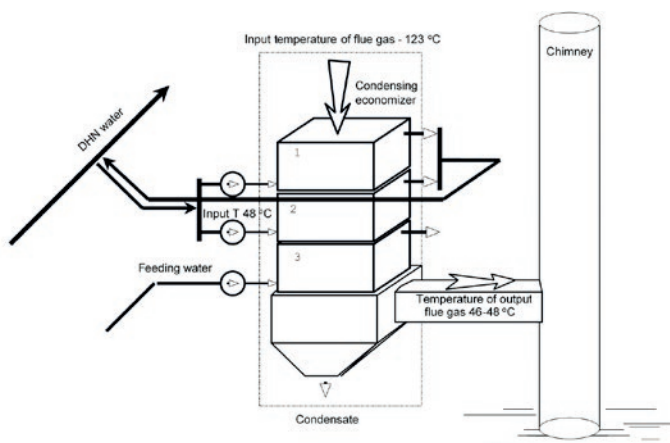
Този анализ предполага, че при ТЕЦ-5: КЕ ще работи със средно реално натоварване на котела (вж. **Таблица 2**) от 222 Gcal/h; котлите ще работят с 8,6% увеличение на КПД (което е теоретично разумно и практически възможно), средната годишна мощност на КЕ е 21 Gcal/h, а КЕ ще работи надеждно и ще поддържа своите технически параметри.

Средните годишни показатели за ефективност на КЕ, които могат да се превключват между двата парогенератора, са представени в **Таблица 2**.

Схема на кондензационния економайзер на ТЕЦ-5 е показана на **фигура 3**. Фигурата показва трите входа и изхода на водата и техните температури, както и температурите на входящите и изходящите димни газове, използвани при изчисленията.

Таблица 2. Средни годишни данни за един котел, с кондензационен економайзер

Елемент	Мерна единица	Стойност
Средно товар на парогенератора	t / h	372
Среден разход на природен газ	Nm ³ /h	29,154v
Средна мощност на парогенератора	Gcal /h	222
Температура на димните газове след парогенератора	°C	123
Коефициент на излишък на въздух в пеща	-	1.11
Коефициент на излишък на въздух след парогенератора	-	1.4
КПД (брuto)	%	92,36
Общо работни часове за двата парогенератора	ч / година	7 800



Фиг. 3. Схемата на кондензиращия економайзер, предложен за внедряване в ТЕЦ-5

В **Таблица 3** са представени входните данни (състав и калоричност на горивото, параметри на парогенератора и др.), необходими за изчисленията на КЕ.

В **Таблица 4** са обобщени изчислителните параметри, използвани за анализа на КЕ.

Таблица 3. Входни данни за анализ на кондензационния економайзер

Елемент	Мерна единица	Стойност
Долна топлина на горене (калоричност)	kJ/nm ³	34 330
Коефициент на излишък на въздух в пещта	-	1.11
Максимално допустима стойност на коефициента на излишък на въздух след въздухоподгревателя	-	1.40
Номинална дебит на прегрята пара	t/h	480
Температура на димните газове на входа на економайзера	°C	123
Енталпия на димните газове на входа на економайзера	kJ / nm ³	2 576,40
Налягане на парата в паропрегревателя	MPa	11.50
Температура на парата в паропрегревателя	°C	540
Енталпия на пара в паропрегревателя	kJ / kg	3,460,40
Налягане на захранващата вода	MPa	14.60
Температура на захранващата вода	°C	230
Енталпия на захранващата вода	kJ / kg	993,00
Енталпия при насищане	kJ / kg	2788,65
Налягане в барабана на котела	MPa	12,88
Загуба на топлина с изходящите газове, q ₂	%	7.49
Загуба на топлина от химически непълно изгаряне, q ₃	%	0,0
Загуба на топлина от механично непълно изгаряне, q ₄	%	0,0
Загуба на топлина от радиация към околната среда, q ₅	%	0,13
КПД на котела	%	92,36

Таблица 4. Изчислителни параметри на кондензационния економайзер

Елемент	Мерна единица	Стойност
Охладени димни газове		
Температура на димните газове на входа на економайзера	°C	123
Енталпия на димните газове на входа на економайзера	kJ / nm ³	2,576
Температура на димните газове на изхода на економайзера	°C	47
Енталпия на димните газове на изхода на економайзера	kJ / nm ³	-888
Максимална мощност на котела за изчисляване на КЕ	Gcal / h	260
Дебит на димните газове при средна мощност на котела	Nm ³ / h	411 000
Средна мощност на котела, доставящ димни газове към КЕ (при Q _B = 260 Gcal / h)	Gcal / h	222

Средна мощност на КЕ (при средно $Q_B = 222 \text{ Gcal/h}$)	Gcal h	21
Работни часове	ч /година	7 800
Оползотворена отпадъчна топлина (икономия на топлинна енергия)	Gcal година	163 323
Намаляване на потреблението на природен газ (икономии на природен газ)	1000 nm ³ / h	23 500
Загуба на топлина с изходящите газове след изграждане на КЕ, q''_2	%	-2,26
КПД на котела след изграждане на КЕ	%	102.1
Повишаване на КПД на котела	%	10.55
Нагрятата вода в кондензационния економайзер		
Температура на входящата мрежова вода, постъпваща в економайзера	°C	50,0
Температура на изходящата мрежова вода, напускаща економайзера	°C	55.7
Воден поток в мрежата	t /s	0.8
Температура на захранващата вода, постъпваща в економайзера	°C	28,0
Температура на захранващата вода, напускаща економайзера	°C	44,0
Поток на захранващата вода през економайзера	t /s	0,14
Температура на входа на технологична вода от река Днепър	°C	22,0
Изходна температура на технологичната вода от р. Днепър	°C	30,0
Технологичен воден поток	t /s	0,18
Мощност на циркуляционната помпа $H = 22 \text{ m H}_2\text{O}$, $m = 1700 \text{ m}^3$ / h-2 контур	kW	700
Мощност на циркуляционната помпа $H = 15 \text{ m H}_2\text{O}$, $m = 600 \text{ m}^3$ / h - 1 контур	kW	150
Мощност на циркуляционната помпа $H = 15 \text{ m H}_2\text{O}$, $m = 900 \text{ m}^3$ / h - 1 контур	kW	240
Общ електрическа мощност на водните помпи	kW	1,090
Годишни топлинни загуби от мрежови тръби към КЕ	Gcal / година	477
Намаляване на специфичната консумация на газ след инсталиране на КЕ	Nm ³ / Gcal	118,8

ПОЛЗИ ОТ ПРОЕКТА

Ползите от проекта се изчисляват въз основа на изчисления на енергийното потребление и ефективност на КЕ:

Икономия на топлинна енергия и природен газ

След инсталирането на КЕ, ТЕЦ-5 ще утилизира отпадъчната топлина на отработените газове на парогенератора. Температурата на отработените газове на парогенератора ще бъде понижена от 123°C на 47°C. Мрежовата вода (или нагрятата подхранваща/сурова вода) ще се циркулира и ще се нагрява в тръбните снопове на КЕ. Ако приемем, че средната мощност на парогенератора е 222 Gcal/h, а средната мощност на КЕ е 21 Gcal/h и със 7800 работни часа годишно, КЕ ще произвежда 163 800 Gcal/година. Като се имат предвид годишните топлинни загуби в тръбите към КЕ, от 477 Gcal/година, очакваните икономии на топлина са 163323 Gcal/година. Производството на това количество топлина изисква разход на 23 500 000 nm³ /година природен газ.

Икономия на разходи за природен газ

- Цената на природния газ в Украйна

редовно се променя и тези промени могат да бъдат значителни. Съществуват две различни цени на природния газ, в зависимост от вида на енергията (топлинна или електрическа енергия), произведена от природен газ: „топлинна цена на природния газ“ и „електрическа цена на природния газ“. Персоналът на КТЕ препоръчва да използва „цената на природния газ за отопление“, тъй като КЕ произвежда топлина, която в алтернативния случай (когато КЕ не работи) се произвежда от водогреен котел, генериращ само топлина. Данните за „цената на природния газ за топлина“ са за 2018 г., предоставени са от КТЕ и се използват за изчисления. Тази цена е:

6 763,51 UAH / 1000 nm³ (229,51 EUR / 1000 nm³).

- Прогнозираните бъдещи цени на природния газ трябва да бъдат използвани в по-подробното проучване за осъществимост.
- При цена на природния газ от 229,51 EUR/1000 nm³ годишните икономии на разходи за природен газ са 5 393 454 EUR.

Допълнителни разходи

- Цената на електроенергията е 58,36 EUR/MWh въз основа на средните разходи за производство на електроенергия на КТЕ през 2018 г. (данни, предоставени от КТЕ).
- Консумация на електроенергия от циркуляционните помпи: Три водни помпи с обща инсталирана мощност от 1090 kW се използват за циркулация на водата в трите контура на КЕ за 7800 работни часа годишно. Годишното потребление на електроенергия на помпите е 8 502 MWh/годишно. При цена на електроенергията от 58,36 EUR/MWh годишните разходи са 496 159 EUR / година.
- Разходи за химически реактиви за неутрализиране на кондензата: при цена от 20 EUR / ч и при 7800 работни часа годишно годишните разходи са 156 000 EUR / годишно.
- Икономии на нетни разходи, изчислени като разлика между спестяванията на природен газ, намалени с допълнителните разходи, се оценени на 4 741 295 EUR / година.

Икономии на нетни разходи по проекта КЕ:
4 741 295 евро годишно.

Предварителните изчислени капиталови разходи са 9 739 167 евро, включително непредвидени от 205 833 евро или 2,11%, като се вземе предвид само предварителният статус на проекта.

Това води до прогнозен период на откупуване на инвестицията от 2,05 години, който е много атрактивен.

С реализацията на КЕ на ТЕЦ-5, годишните емисии на CO₂ ще се понижат с 44 791 тона в резултат икономията на 23 500 000 nm³ природен газ. Но работата на циркуляционните помпи ще увеличи годишния разход на електрическа енергия с 8502 MWh, което ще увеличи емисиите на CO₂ с 8 723 t/година.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Енергийният анализ и оценка на осъществимостта на разработването и внедряването на кондензационен економайзер за парогенератор ТГМ-96А показва, че:

- Съществува значителен потенциал за оползотворяване на отпадъчна топлина от котела и КПД на котела може да бъде увеличен с 10,55% чрез използване на кондензационен економайзер;
- Максималната мощност на КЕ се очаква в диапазона от 21 до 23,5 Gcal/h (24,5 до 27,3 MW);

- Мярката за енергоспестяване би довела до очаквано намаляване на потреблението на:
 - Консумацията на електроенергия от циркуляционните помпи ще увеличи консумацията на електроенергия на КЕ: Годишното потребление на електроенергия на помпите е 8 502 MWh/годишно или годишните разходи са 496 159 EUR/година.
 - Нагряване с 163 323 Gcal/година;
 - Природният газ с 23 500 000 m³/година или икономии на разходи са 5 393 454 евро.
 - Предложената мярка за енергийна ефективност има период на изплащане от 2,05 години.
- Реализацията на предложението кондензационен економайзер ще доведе до намаляване на емисиите:
 - NO_x с 52,17 тона / годишно;
 - CO₂ с 36 068 тона / годишно.
- Разработването и внедряването на кондензационни економайзери в българската енергетика е актуална възможност. Подобни економайзери могат да бъдат внедрени в софийската топлофикация и други големи енергийни парогенератори, изгарящи природен газ, което ще доведе до реални икономии на газово гориво и ще бъде реална предпоставка за понижаването на цената на топлинната енергия за крайния потребител.

Литература

1. Аронов И.З., Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа, Ленинград, Недра, (1990)
2. Илиев И, Методи и средства за ефективно оползотворяване на отпадъчна топлина от нископотенциални парогазови потоци. Русе, Университетски издателски център при РУ "Ангел Кънчев", 2013, стр. 152, ISBN 978-619-90013-9-4.
3. Илиев, И. Оптимизиране на работните режими на инсталация за утилизация на нископотенциална топлина.// Енергетика, 2002, брой 1/2, стр. 33÷37, ISSN 0324-1521
4. Илиев И., Я. Дочев. Понижаване температурата на изходящите газове на котел ПК-62 в ТЕЦ "Марица изток-2".// Енергетика, 2002, брой 5, стр. 12÷17, ISSN 0324-1521.
5. Илиев И., Я. Дочев, В. Бобилов, Г. Генчев. Анализ на кондензационни економайзери изгарящи растителна биомаса. В: Научна конференция ЕМФ'97, 17÷21.09.1997, Созопол, ТУ София, 1997, стр. 18÷22.

КОРОНЕН РАЗРЯД В ЕЛЕКТРОПРОВОДНИ ЛИНИИ ВИСОКО НАПРЕЖЕНИЕ. ЗАГУБИ И МЕТОДИ ЗА РЕШЕНИЕ

статия на Иван Ханджиев

Коронният разряд предизвиква загуба на мощност в линиите за високо напрежение под формата на светлина, звук, топлина и химични реакции. Въпреки че тези загуби са индивидуално малки, с течение на времето те оказват значително влияние върху ефективността на линиите.

Коронният ефект се проявява в рязко нехомогенни електрически полета. Характерно за него е, че възниква, когато интензитетът на електрическото поле в изолационната среда между проводниците е достатъчно голям, за да се образува проводим участък, но не е достатъчен, за да се осъществи пробив и да се образува дъга.

Естествена причина за коронния ефект е фактът, че въздухът не е идеален изолатор. При нормални условия въздушната среда съдържа много свободни електрони и йони. Когато се установи електрическо поле във въздуха между два проводника, заредените частици в изолационния флуид придобиват насочено движение. По време на това движение те се сблъскват една с друга, а също и с бавно движещи се незаредени молекули, в резултат на което броят им лавинообразно нараства.

При ниски стойности на захранващото напрежение йонизиране на въздуха не настъпва, но когато потенциалната разлика нарасне над определена прагова стойност (известна като критично напрежение), въздухът около проводниците става достатъчно проводим за възникване на разряд. Установено е, че при

нормални условия при приблизително 30 kV настъпва Корона ефектът. Той е съпроводен с шум от пукане или пращане и виолетово сияние.

„ПРЕДИМСТВА“ НА КОРОНА ЕФЕКТА

- Поради образуването на корона, въздухът около проводника става проводящ и по този начин се увеличава виртуалният диаметър на проводника. Увеличеният диаметър намалява електростатично напрежение между проводниците.
- Намалява се ефектът на преходните процеси, причинени от пренапрежения, мълнии и други причини. Зарядът, индуциран по линията от пикове, ще бъде частично разсеян като загуба на корона. По този начин той действа като предпазен клапан.

НЕДОСТАТЪЦИ НА КОРОНА ЕФЕКТА

- Корона ефектът е придружен от загуба на енергия. Това влияе върху ефективността на преноса на линията.
- Отделя се озон, което може да причини корозия на проводника поради химическо въздействие.
- В линията се индуцират хармоници.

- Корона ефектът е източник на индуктивна интерференция между предавателните линии и Wi-Fi линиите;
- Радио смущенията, дължащи се на короната, са от значение за:
 - линии над 200 kV.
 - Възникват вибрации в проводника, което води до отслабване на механичните му параметри или дори до скъсване.

ФАКТОРИ И СЪСТОЯНИЯ, ВЛИЯЕЩИ ВЪРХУ КОРОНА ЕФЕКТА

Атмосферни условия

Тъй като йонизацията на въздуха, обграждащ проводниците, е в основата на коронния разряд, физическото състояние на атмосферата въздейства на неговото образуване. В бурно време степента на йонизация е по-голяма от нормалното, което предполага по-ниско прагово напрежение на възникване на ефекта, отколкото при спокойни метеорологични условия.

Размер на проводника

Коронният ефект зависи от формата и качествата на проводниците. Грапавата и неправилна повърхност е предпоставка за възникване на разряд, тъй като неравностите на повърхността намаляват стойността на напрежението на пробив. Тъй като многожилните проводници са с неправилна повърхност, вероятността за възникване на коронен разряд при тях е по-голяма в сравнение с тази при единичен проводник.

Разстояние между проводниците

Ако разстоянието между проводниците е много по-голямо в сравнение с техните диаметри, може да няма ефект на корона. Това е така, защото по-голямото разстояние между проводниците намалява електростатичните напрежения в повърхността на проводника, като по този начин се избягва образуването на корона.

Линейно напрежение

Линейното напрежение силно влияе на корона ефекта. Ако то е ниско, няма промяна в състоянието на въздуха около проводниците и

следователно не се образува разряд. Ако обаче напрежението на линията има такава стойност, че електростатичните напрежения, развити на повърхността на проводника, правят въздуха около него проводим, тогава се образува коронен разряд.

Ефект на честотата

Енергийните загуби от корона ефекта са пропорционални на честотата на системата – видно от формулите, представени по-долу в текста.

Загуба на мощност на корона

От всички негативни ефекти, загубата на мощност от коронния разряд е тази, която засяга най-много въздушните линии и намалява ефективността им.

Мощността, която се разсейва в системата поради коронни разряди, се нарича „загуба от корона“. Точната оценка на загубата от корона е трудна поради променливата му природа. Установено е, че тя в хубаво време е по-малка, отколкото при неблагоприятни метеорологични условия. Коронната загуба при нормално време е дадена по-долу по формулата на Peek;

$$P_c = \frac{244}{\delta} (f + 25) (E_n - E_0)^2 \frac{\sqrt{r}}{\sqrt{D}} 10^{-5} \text{ kW / km / phase}$$

Където P_c - корона загуба на мощност;
 f - честота на захранване в Hz;
 δ - коефициент на плътност на въздуха;
 E_n - r.m.s фазово напрежение в kV;
 E_0 - разрушаващо критично напрежение за фаза в kV;
 r - радиус на проводника, m;
 D - разстояние между проводниците, m.
 Също така трябва да се отбележи, че за еднофазна линия,
 $E_n = 1/2 \times$ напрежение
 и за трифазна линия,
 $E_n = 1/(\sqrt{3}) \times$ напрежение на мрежата

Формулата на Peek е приложима когато коронният разряд е визуален. Тази формула дава неточен резултат, когато загубите са ниски, а E_n / E_0 е по-малка от 1.8. Тя е заменена от формулата на Питърсън, дадена по-долу:

$$P_c = 2.1fF \frac{E_n^2}{(\log_{10} \frac{D}{r})^2} \times 10^{-5}$$

Където:

P_c - загуба на мощност на корона, kW/km;

f - честота на захранване в Hz;

E_n - напрежение на фаза, kV;

r - радиус на проводника, m;

D - разстояние между проводниците, m.

Фактор F се нарича функция за загуба на корона. Тя варира в зависимост от съотношението (E_n / E_0). Ео се изчислява по формулата, дадена по-долу,

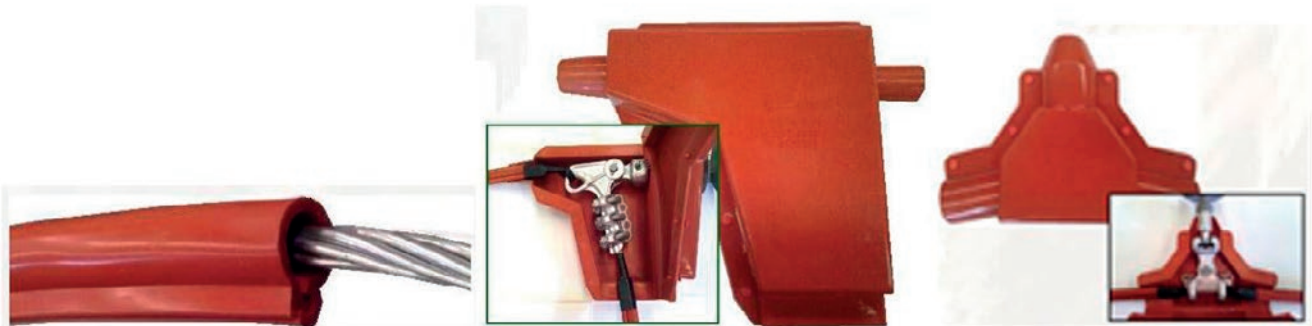
$$E_0 = G_0 m_0 r \delta^2 \ln \frac{D_{eq}}{r} V/phase$$

Където:

G_0 - максимална стойност на разрушаващ критичен градиент на напрежението в V/m.

m_0 = коефициент на нередност.

НАМАЛЯВАНЕ НА РАЗРЯДА НА КОРОНА



В участъци на въздушните линии с увеличен ефект на короната, предвид факторите, обуславящи появата му, проводникът се покрива по цялата дължина на междустълбието със силиконово покритие. Покриват се и носещите

А) Конвенционални методи

- **Увеличаване на размера на проводника:** По-голям диаметър на проводника води до намаляване на ефекта на короната.
- **Увеличаване на разстоянието между проводниците:** Увеличаването на разстоянието между проводниците също намалява ефекта на короната.
- Използване на **снопови проводници:** те увеличават ефективния диаметър на проводника - като по този начин намаляват ефекта на короната.
- Използване на **коронни пръстени:** Ролята на коронния пръстен е да разпредели градиента на електрическото поле и да намали неговите максимални стойности под прага на критичното напрежение по протежението на изолаторната верига, като по този начин предотврати коронния разряд.

Б) Иновационен метод

Използване на силиконово покритие за проводници, което е с намалена степен на стареене, корозионно и високотемпературно устойчиво, да не се обледява и е подходящо за изолиране на АС/АСО проводници по въздушни електропроводи с висока степен на електрическа якост - **22 kV/mm**.

и опъвателните клеми. Поради изолационните параметри на силикона не се позволява достъп на проводника до околния въздух и оттам отпада възможността от йонизирането му и появата на ефекта.



Подстанция Биовет Пещера 2019 г

Покритието не се поставя плътно около проводника и има въздушна междина, но количеството въздух е много малко, за да предизвика корона ефект.



ИЗВОДИ

Опитно беше монтирано силиконово покритие тип SWP в Подстанция Биовет Пещера 110/6 кV, през 2019 г. Целта беше от една страна за предпазване на съоръженията от птици и животни, а от друга премахване обледяването на проводниците и съоръженията, предвид хидрофобността на силикона. Резултатите са повече от обнадеждаващи, защото освен търсената защита беше предотвратено и възникването на коронен разряд в цялата уредба 110 kV.

В същото време силиконовото покритие беше изпитано във високоволтовата лаборатория на ЕРП Север и се установи, че няма възможност за пробив на самия силикон като изолационен материал. Пробивът се извършва през въздушната междина на свързването на двете части на покритието, при напрежение от 42 kV.

1. Стандартните методи, които се използват в експлоатацията на електропроводите, намаляват ефекта на корона и оттам загубите.
2. Иновативният метод премахва възможността за поява на ефекта корона и премахва загубите на електроенергия. Освен това дава възможност за намаляване габарита на линията и оттам възможността за надграждането ѝ към по-висока степен напрежение (220 кV).

Литература:

1. <https://electrical-engineering-portal.com/high-voltage-transmission-lines-and-electromagnetic-interference-emi>
2. <https://www.electrical4u.com/corona-effect-in-power-system/>
3. <https://www.slideshare.net/HasibHossen2/corona-effect-96369723>
4. <https://circuitglobe.com/corona-power-loss.html>

През 2020 година българската енергетика се раздели с емблематични личности с огромен принос за развитието на сектора. През пролетта на 2020 година ни напусна заместник-изпълнителният директор на Електроенергийния системен оператор - Камен Тодоров. Той е основоположникът на предприятие „Мрежи високо напрежение“, създадено през 2000 година, чийто своеобразен наследник е Електроенергийният системен оператор. Камен Тодоров ще остане в историята на българската енергетика и като един от създателите на Електроенергийния системен оператор, за чийто растеж и развитие работи до последния час на земния си път. Съграденото от него като главен инженер, заместник-директор „Експлоатация и ремонт на преносната мрежа“, заместник-ръководител на Мрежови експлоатационен район - София област, ръководител управление „Инвеститорски контрол и подготовка на обекти“ и заместник-изпълнителен директор на независимия преносен оператор ще разказва за големия професионалист и след смъртта му.

В края на 2020 година се разделихме с още две знакови фигури в българската енергетика. На 1 декември 2020 г. след продължително боледуване ни напусна един от изтъкнатите специалисти в областта на енергетиката у нас - д-р инж. Люлин Радулов. На 9 декември 2020 г. загубихме професор Атанас Тасев. Следващите страници на броя с поклон и признателност посвещаваме на тези ярки имена, които оставят незаличима дияра в историята на енергетиката.

В ПАМЕТ НА ИНЖ. Д-Р ЛЮЛИН РАДУЛОВ

Думи на Данаил Игантовски

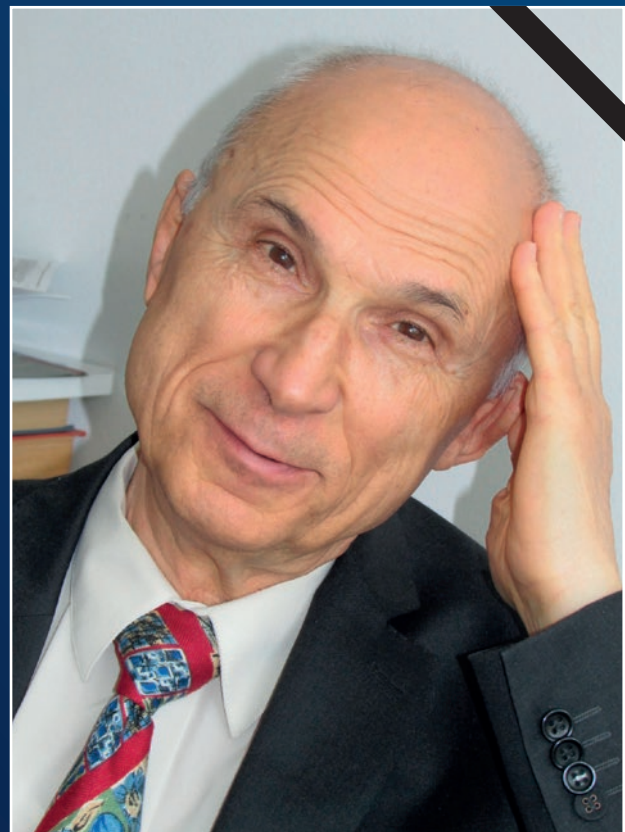
Инженер Люлин Радулов беше истински отдаден инженер-изследовател.

На тези, които го познаваха или са работели с него, несъмнено ще им липсват нетривиалните, компетентни мнения по широк кръг проблеми, разговорите по особен начин, често с добронамерена ирония.

Люлин Радулов беше човек с многостранни интереси, при това с изключителна обстойност и компетентност - литература, история и др. Майстор на спорта по кореспондентен шахмат.

Има многобройни публикации в издания у нас и в чужбина.

Член е на Американския институт на електро и електронните инженери (IEEE), дългогодишен председател на Националния комитет на България към Световния енергиен съвет (НКБСЕС), Член на Съвета на настоятелите на Технически университет София, Съветник към парламента и консултант по енергийни проекти.



Роден е на 11.05.1938 г. в с. Ставерци, Плевенски окръг.

Завършва ВМЕИ София през 1962 г. със специалност „Електрически централи, мрежи и системи“. Професионалния си път започва в „Електроснабдяване – Мездра“. За година е електромеханик на кораб в търговския флот.

През 1967 г. с конкурс постъпва в Научната дирекция на „Енергопроект“ като научен сътрудник в секция „Промислена енергетика“. Едновременно с това е задочен аспирант към катедра „Електрически централи, мрежи и системи“ (с научен ръководител проф. инж. П. Влъчков). След като през 1972 г. се хабилитира като ст.н.с. II ст., три години по-късно защитава докторска дисертация на тема „Надеждност на електрическите мрежи“. Тази област е относително нова у нас и той е един от първите специалисти в нея.

В „Енергопроект“ работи до 1990 г., където заема и длъжността заместник-директор на Научната дирекцията.

Има значителен принос с приложни изследвания, свързани с развитието на преносната електрическа мрежа, в областта на регулиране на напрежението и баланса на реактивните мощности в енергийната система и др.

Прилага за първи път съвременна икономическа методика, възприета в напредналите страни, за оценка на варианти за развитието на преносната електрическа мрежа.

След закриването на Научната дирекция на „Енергопроект“, професионалната му биография е тясно свързана с проблемите на енергетиката на страната, като заема различни ръководни длъжности в Комитета по енергетика. Трябва да се подчертае че Люлин Радулов, никога не е преследвал на всяка цена кариерното издигане, а винаги съвестно е следвал принципното изпълнение на належащи за сектора задачи.

След 1989 г. често е споделял необходимостта от интензивна, непрекъсната работа за преодоляване на възникналите в социалния и икономическия живот предизвикателства, свързани и с енергийния сектор. Тези години са изключително трудни, затрудненията налагат режимни ограничения на електроснабдяването (т.нар. „режим на тока“).

Работи в Националната електрическа компания в периода 1993-1997 и допринася за подготовката на процеса на реорганизация и реструктуриране на енергетиката на страната. Управлява договорите и финансовите заеми, предоставяни от IBRD, EBRD, EIB и различните европейски програми.

От 1995 г. е директор на Черноморския регионален енергиен център (ЧРЕЦ), създаден от Главна дирекция Енергетика на ЕС, като с вложените от него познания и усилия го превръща в средище за напредничави енергийни изследвания и международни връзки. Междувременно консултира Световната банка във връзка с подобряване на законодателната и регулаторната рамка в областта на българския енергиен сектор. Работи с Канадската агенция за международно развитие - CIDA, по организирането и създаването на правила и модел за функциониране на регионален електроенергиен пазар в Югоизточна Европа. Участва в създаването на Българския фонд за енергийна ефективност и като негов председател пряко отговаря за оценката, избора, финансирането и мониторинга на проектите за повишаване енергийната ефективност на публичните сгради и промишлеността. През 2007 г. създава и оглавява Черноморския изследователски енергиен център (ЧИЕЦ) – наследник на ЧРЕЦ.

В този последен период от професионалната си биография д-р Радулов защитава идеите за регионално сътрудничество и интересите на страната в контекста на европейската интеграция. Той ръководи цялостната дейност на организацията и управлението на множество проекти, финансирани от най-различни национални и международни финансови институции и програми, главно по линия на Европейската комисия. Натрупва богат опит от работа по енергийни проекти в Албания, Азербайджан, Армения, Босна и Херцеговина, Грузия, Гърция, Северна Македония, Молдова, Румъния, Русия, Сърбия, Турция и Украйна. Основните теми, по които работи в последните години са свързани с хармонизирането на законодателствата и регулациите, разработването на прогнози и сценарии за енергийно развитие, енергийна ефективност в сгради и индустрия, възобновяема енергия и нейното интегриране в електроенергийните мрежи, смекчаване последствията от изменението на климата и др.

Поклон пред паметта на инж. д-р Люлин Радулов!

Списание „Енергетика-Електроенергийни ракурси“ с поклон пред паметта на именития инженер Люлин Радулов представя неговата статия, подготвена специално за изданието и публикувана в брой 3 от декември 2019 година.

ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЙНИТЕ СИСТЕМИ ПО ПЪТЯ КЪМ 2050 г.

публикувана в брой 3, декември 2019 година

Статия на Люлин Радулов

Наложият се поради климатичните промени курс към беземисионна енергетика издигна електроенергията на първо място между енергоносителите заради нейното сравнително лесно производство, универсалност при използване и възможности за превръщане в други видове енергия.

Вече се вижда относителното ѝ увеличаване в потреблението на всички сектори - промишленост, население, търговия, услуги и транспорт - в европейски и световен мащаб. Водеща роля обаче все още имат изкопаемите горива - 41% от нетното производство на електроенергия в Европа през 2017 г. е от въглища, газ, петрол¹. Но електроенергията ще продължава да ги измества чрез нови технически решения в потреблението.

В началото на въвеждане на променливите енергийни ресурси (ПЕР) в електроенергийната система, тя можеше до известни граници да се справя с интегрирането им, като използва своите технологични възможности - маневрени генератори и системна автоматика. При повишаване на процентното им участие обаче се появиха затруднения при регулирането на честотата. Очевидна стана необходимостта от нови технически средства за повишаване

на маневреността и устойчивостта: участие на товара в балансирането, ограничаване генерацията на ПЕР, нови акумулиращи средства, обмен със съседни системи и т.н. Пред електроенергийните системи се изправи задачата за ново технологично развитие с поглед в бъдещето, когато не бива да се налагат ограничения нито на производството, нито на потреблението.

Един поглед 20 години назад, ще покаже, че сегашните постижения в усвояването на ресурсите на вятъра и слънцето в началото на 90-те години са изглеждали невероятни. Това вдъхва увереност, че целите на ЕС и на света за 2050 г., дефинирани в Парижкото споразумение, са постижими. Затова обаче е наложително продължаване на същата енергична политика, която да насочва развитието към нови технологични постижения. Предстоят трудни решения, произтичащи от необходимостта за замяна или усъвършенстване на досегашните технологии, което изисква огромни разходи при едновременно поддържане темпа на икономическото развитие. Измененията са всеобхватни и обхващат всички технологии - в производството, преноса, разпределението и управлението.

ПРОИЗВОДСТВО НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЯ

Класическите централи със своята маневреност изпълняваха задачата за регулиране на честотата

и обменните мощности и правеха възможно управлението на електрическите системи.

¹Brussels, 9.4.2019 COM(2019) 175 final

Исключение правеха ядрените централи, които по икономически и технологични съображения се ограничават до първично регулиране, с изключение например във Франция, където се включваха и във вторично регулиране. Тази задача те без особени изменения успешно изпълняват и в началния период на развитието на ПЕР. С тяхното увеличаване обаче се налага намалените ресурси на класическите термични централи да бъдат по-оперативни и маневрени². Принципът „оптимално използване на генериращите мощности“ вече става неприложим, както поради пазарните взаимоотношения, така и поради технологични нужди. Преходът изисква различни усилия от страните членки в зависимост от настоящото състояние, енергийните ресурси и наличните технологии.

РЕГИОНИ С ИНТЕНЗИВНО ИЗПОЛЗВАНЕ НА ВЪГЛИЩА

Преходът на страните, използващи собствени въглища за производство на електроенергия, е много сериозен икономически проблем, който не може да бъде решен чрез налагане на строги изисквания съгласно документите на общата енергийна политика. Икономиките на държави като Полша, Гърция, България, Румъния, Чехия и Словакия се основават на собствените въглищни ресурси и непосредственият принудителен преход може да доведе до сериозни социални и икономически затруднения. След влизането в сила на Парижкото споразумение, засегнатите държави и Европейската комисия инициираха създаването на **Платформата „Въглищни региони в преход“** за „улесняване разработването на проекти и дългосрочни стратегии за въглищните региони, с цел начало на процес на преход и отговор на екологичните и социални предизвикателства“. Идеята зад тази платформа е ясно изразена в нейния лозунг **„Нито един регион изостава!“**, т.е. на страните с интензивно въглищно производство трябва да се даде възможност да следват общите темпове на развитие на ЕС. Целта на платформата е да подпомогне прехода към чиста енергия, като отчита възможностите за развитие на икономиката на страните и обръща повече внимание на социалните проблеми, необходимото реструктуриране и преквалифициране на работната сила. В резултат на организирания чрез платформата активен процес на обмен на информация, изследвания³, идеи за успешен преход, практики, възможни решения, резултати от подкрепата и работата на „пилотни региони“⁴ се очаква участващите в платформата за въглищни региони успешно да постигнат целите за 2050 г.

ЯДРЕНИТЕ ЦЕНТРАЛИ

Ядрената технология работи в 14 държави членки на ЕС с инсталирана мощност около 122 GW, производство 829,7 TWh и дял в производството на електроенергия в Европа от около 25,1% (2016 г.).

Някои от страните възнамеряват да прекратят използването на ядрена енергия, но не всички.

Примерно разделение на страните по този показател изглежда така⁵:

- държави, които са определили срокове за прекратяване използването на ядрена енергия: Белгия - 2025 г., Германия - 2022 г., Холандия - 2035 г., Испания - 2045 г., Швеция - 2045 г.
- държави, които възнамеряват да продължат да използват ядрена енергия: България - потенциално изграждане на нова АЕЦ с мощност 2000 MW, Чехия - цел за дела на ядрената енергия в брутното производство на електроенергия през 2040 г. - 46-58% (29% през 2016 г.), Унгария - изграждане на два нови блока до 2030 г. (1200 MW всеки), Румъния - изграждане на още два блока през периода 2030 - 2040 г., Словакия - предвиждана инсталирана мощност в АЕЦ през 2030 г.: 27-35%, възможно строителство на нови централи, Финландия - изграждане на още един блок в края на 2020-те, Франция - 63,1 GWe, 556 TWh бруто производство 2016 г., 50% намаление до 2035 г., Великобритания - изграждане на нова ядрена мощност през 2030-те години.

В последните години интересът в ЕС към ядрената енергия намалява поради намаляване използваемостта на ядрените централи, липсата на маневреност и трудно приспособяване към нарастващото нерегулируемо производство.

По правило ядрените централи в миналото нямаха регулиращи функции, освен за първично регулиране, поради високите им постоянни разходи. С изменението на структурата на генерацията и напредъка на ПЕР, съображенията за ефективно управление на генерацията отстъпиха пред необходимостта да се използват повече ВИ. В някои страни - Франция, Белгия, Германия - ядрените централи трябваше да се включат в регулирането на дневно и сезонно натоварване. При нарастващата променлива генерация бъдещото използване на ядрената енергетика зависи от нейната маневреност и способност да се впише в прехода, където са в сила пазарните отношения. Но развитието на водородната енергетика и производството на възобновяеми горива чрез използване на електроенергия (PtX)⁶ би могло да даде нови

²Маневрена изглежда по-технологично, отколкото използването „гъвкава система“

³Horizon 2020 Project Tracer, <https://tracer-h2020.eu>

⁴Trencin - Словакия, Silesia - Германия and Western Macedonia - Гърция, финансирани чрез Кохезионния фонд,

⁵Тези групи отразяват националните намерения, изразени в Национални планове за енергия и климат (НЕКП).

Някои от решенията би могло да са взети под политически натиск и да се променят в бъдеще.

⁶PtX - прието съкращение за означаване на използването на електроенергия за производство на други горива

възможности за бъдещо използване на ядрената енергия в страните, които желаят това

Производството на водород от ядрена електроенергия би позволило на ядрените централи да изравняват товаровия си график, а на електроенергията да разшири и без това широкото си поле на приложение като проникне и, заедно с горивата от ново поколение, замести изкопаемите горива – петрол и природен газ.

ПРОМЕНЛИВО ВЪЗОБНОВЯЕМО ПРОИЗВОДСТВО И ПОТРЕБЛЕНИЕ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЯ

Технологичното развитие на ПЕР вече позволява участието им в електроенергийния пазар, както и в пазара за системни услуги, но за да се постигне това е необходима конкретна политическа, регулаторна и пазарна рамка. ПЕР вече се използват на пазарен принцип за системни услуги в редица електрически системи по света (САЩ, Китай), включително и в страни от ЕС. За тази цел те изоставят принципа „максимално производство“. В някои страни ВЕИ работят с „намалена мощност“ и предоставят поле за „увеличаване на мощността“, когато е необходимо. Другата възможност, която също се използва, е ПЕР да работят на максимална мощност, но да са готови да я намалят в случай на нужда за участие в балансирането.

Координираното изграждане на „слънчеви и ветрови паркове“ между различни електроенергийни системи (ЕЕС) е друга стратегическа мярка от голям мащаб, която допринася съществено за маневреността на системата, когато интензивността на първичните източници в денонощието в двете страни е различна. В зависимост от ресурса в съседните страни те могат да се насочат към най-благоприятен и за двете избор на развитие на ПЕР. Подобно сътрудничеството би могло да допринесе за значително намаляване на разходите за маневреност.

Разпределен енергиен ресурс – малки генератори, отговор на товара⁷, батерии и др. – са също в състояние да участват в управлението на мрежата чрез услуги за маневреност като бъдат виртуално⁸ обединени за общо участие в пазара на услуги. Виртуалното обединение им дава възможност за участие в пазара на електроенергия най-често чрез намаляване на потреблението в случай на необходимост и по задействане от управлението на електрическата мрежа. Участието на товара в регулирането на системата има добри перспективи в ЕС (Германия, Дания, Великобритания) и по света – Япония и САЩ. В перспектива до 2030 г. в САЩ се очаква спестяванията от него да достигнат \$15 млрд./год.⁹

Възползването от тези възможности изисква регулаторни промени в правилата за присъединяване и участие в пазара.

ЕЛЕКТРИЧЕСКИ МРЕЖИ

Обновяването на електрическата мрежа става под натиска на развиващата се генерация. Същността на проблема е в това, че напредъкът на технологиите за производство (генератори) и интегриране (мрежа) на ПЕР са взаимно свързани и се осъществяват паралелно: **изникват задачи и се намират решения**. Интеграцията на произведената възобновяема енергия изисква значителни инвестиции и подкрепа от регулаторната система. В първоначалния период на развитие на ВЕИ политиката подкрепяше главно източниците, като се предполагаше, че електрическата система ще може да бъде обновявана от операторите в съответствие с изискванията за адекватност и устойчивост. Тези надежди се оказаха погрешни и трябваше да се предприемат коригиращи мерки за подкрепа на модернизацията на електроенергийната

система с нови средства за регулиране на енергийни потоци, напрежения, статични и динамични характеристики. Без непрекъснатото обновяване на електрическата система не може да бъдат интегрирани ПЕР при повишаване на сигурността и ефективността. Наложително е паралелно развитие на разширяването на мрежата и средствата за управление, като се използват съвременните технологии за дигитализация – управление и автоматика.

В основата на този процес лежат стратегическите решения. За големите ЕЕС например са извънредно важни междусистемните връзки и затова всички страни в Европа са осигурили такива връзки със съседните държави. В 10-годишния план за развитие на мрежата (TYNDP) на ENTSO-е се предлага преносните възможности на линиите между националните

⁷ demand response

⁸ Един пример за внедряване на DER е виртуалната батерия Fortum Spring, която агрегира натоварванията на електрически бойлери Финландия, <https://www.fortum.com/products-and-services/smart-energy-solutions/virtual-battery-spring>

⁹ Smart Electric Power Alliance, Utility Demand Response Market Snapshot, September 2019, <https://sepapower.org/resource/2019-utility-demand-response-market-snapshot/thank-you/>

системи да достигнат 15% цел, основана на инсталирана мощност за 2030 г. Тази мярка позволява да се намалят значително разходите за балансиране, да се повиши надеждността на обединените системи и да се реализират значителни спестявания.

Разпределеното производство на електроенергия също налага сериозни изменения в основните съоръжения и средствата за управление и защита на разпределителните мрежи навсякъде в Европа и по света. Съществуващите преди, и до голяма степен и сега, разпределителни мрежи са максимално прости поради **известната отнапред посока на енергийния поток**. Това се отнася както за основните съоръжения и апаратура, така и за средствата за управление, релейни защити и автоматика. Разпределеното производство на ПЕР налага решително обновяване на тези мрежи, които със своята разпространеност и достъп до всеки потребител имат огромни

основни активи, и инвестициите за тяхното обновяване може да се окажат много високи - дори на нивото на инвестициите в ПЕР.

Регулаторната система трябва да осигури използване на съвременни технологии на апарати и съоръжения с особено внимание върху средствата за акумулиране на енергия, изравняване на денонощното потребление (електрически автомобили), непрекъснато усъвършенстване средствата за управление, включително на потоците на мощност, за постигане на висока надеждност и адекватност, обновяване на мрежите за средно и ниско напрежение в съответствие с развитието на разпределените възобновяеми генератори.

Забавянето на развитието на ПЕР в някои страни на Европейския съюз се дължи на изоставането на модернизацията на мрежата поради стремежа им за поддържане на **ниски тарифи на електроенергията** по социални причини.

СЪХРАНЯВАНЕ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЯТА

Електроенергията има скромни възможности за съхранение - капацитивни, индуктивни, свръхпроводници - но затова пък има богати възможности за превръщане в други видове енергия - водна, механична, сгъстен въздух, химическа - които се съхраняват по-лесно и са развити дотолкова, колкото е било нужно на електроенергийните системи и някои ограничени технически приложения.

Мощното развитие на ПЕР води към интензивно производство както на батерии за мрежови услуги, така и на малки акумулиращи устройства за развиващия се електромобилен транспорт. Акумулаторните технологии се усъвършенстват непрекъснато, особен напредък отбелязват литиево-йонните батерии, чрез които се постига по-висока ефективност и по-големи мощности.

За електроенергийната система е от особено

значение да се осигурят възможности за изравняване на товара чрез зареждане на транспортни батерии и в определени случаи ползването на батериите при недостиг. Това е и в интерес на производителите на автомобили и някои от тях инвестират в изграждането на зарядни станции.

И тук възниква въпросът за **устойчивостта на съвременната батерийна технология**. Добре известно е, че залежите на металите, необходими за производство на акумулатори са ограничени и се намират в малко находища в света. Излизащите от употреба може да бъдат използвани за извличане на ценните метали, но това едва ли ще доведе до устойчивото им използване. Бъдещото развитие на технологиите към беземисионна енергетика изисква просто и естествено решение. Извличането на ценни метали не изглежда такова.

ВОДОРОДНАТА ТЕХНОЛОГИЯ

Защитата на климата изисква използване на всички технологични, благоприятни за климата възможности - съществуващи и в процес на изследвания и развитие. Водородната енергетика е широкообхватна перспектива за декарбонизация на енергетиката. Водородът стои най-близо до електроенергията в качеството си на първия химически елемент. Разлагането на водата на водород и кислород не е нерешима техническа проблема, а разширява неимоверно възможностите за приложение на възобновяемата електроенергия.

С високото си относително енергосъдържание водородът може да замени изкопаемите горива в превозните средства и големите работни машини - пътни, земекопни, земеделски. Водородът е главна съставна част на използваните течни и газови горива и това близко родство дава възможност полученият чрез възобновяема енергия водород да се използва за изкуственото им производство без загуба на енергия. Произведените по такъв начин горива не се отличават по основните си качества от произведените от петрол и

природен газ горива, и могат успешно да ги заместят, заедно с очакваните второ и трето поколение възобновяеми горива.

Водородните горива може да се транспортират и съхраняват във вече изградената инфраструктура за петролни горива и природен газ, и може да се използват в приложения, които най-добре отговарят на особеностите и изискванията на технологичните процеси. Това представлява значително облекчаване на разходите за развитие на водородната енергетика.

Тези възможности са в развитие и в бъдеще - 2030, 2040 г., ще отворят **нова ера** в прилагането и трансформацията на възобновяемата електроенергия. Технологиите P-to-X ще намалят рязкото разграничение между технологиите и ще допринесат за регулирането на баланса на енергийната система.

Интегрирането на енергоносителите и енергийните потоци чрез взаимна трансформация е мощен инструмент за използване на слънчевите ресурси. Изследването „Международни аспекти на пътната карта Power-To-X¹⁰“ анализира възможностите за „създаване на глобална P-t-X индустрия през следващите десетилетия“ и „да покаже необходимостта от производство и търговия на P-t-X в глобален мащаб и да идентифицира основните етапи на Пътната карта към глобалния пазар на P-t-X.“

Може да се предположи, че възобновяемият водород ще намери най-напред приложения в индустрията, където и сега се прилага, но произведен от невъзобновяема електроенергия. Замяната му с възобновяем ще позволи да се изпитат първите стъпки към използването му и в другите сектори¹¹.

Засега водородната енергетика е слабо развита и това е естествено поради твърде късия път, извървян към безвъглеродна енергетика, недостатъчния все още напредък в развитието на ПЕР и на ефективното потребление. Бъдещото и бързо развитие ще изисква сътрудничество между ЕС и страни с висока слънчева радиация в Африка, Азия, дори Австралия. При високото си енергосъдържание, разходите за транспорт на водорода не са пречка за неговия пренос с морски транспорт на далечни разстояния. За производство на водород ще е най-вероятно

подходящо и използването на високия ветрови потенциал на крайбрежието на Северния океан. В Германия вече има над 55 MW мощности, произвеждащи водород, като единичните мощности бързо нарастват. До няколко години PtX ще навлезе в период на технологична зрялост¹².

Осъзнавайки перспективата електроенергия-водород, на 17 и 18 септември 2018 г. на среща на енергийните министри в Линц, австрийското правителство представи разработената от него Водородна инициатива¹³. Към нея вече са се присъединили 25 европейски страни и няколко десетки компании, което е обнадеждаваща крачка към бъдещото развитие на водородната енергетика.

Преходът към безвъглеродна електроенергийна система е политическа и техническа задача, която трябва да се реши от всяка отделна страна членка в зависимост от разполагаемите местни ресурси, силните местни технологии, традициите, социалните условия и други фактори. За да подпомогне този процес и да го направи отчетен и направляем, Европейският съюз разработи правила за Национални енергийни и климатични планове (НЕКП), предоставящи специфична информация за намеренията на страните за развитие до 2030 г. и по-обща до 2050 г.

НЕКП „поставят основите за успешен преход към чиста енергия¹⁴“. „НЕКП играят ключова роля в нашата система за управление, за да гарантират, че ще обединим усилията си и постигаме целите си заедно. Те трябва да осигурят възможно най-голяма яснота и предсказуемост за бизнеса и финансовия сектор, за да стимулират необходимите частни инвестиции.“ Необходим е решителен напредък в системните технологии – за управление и маневреност¹⁵ – за поддържане на **адекватността** на ЕС. Все по-разрастващото се „разпределено производство¹⁶“ – електроенергия от малки слънчеви и вятърни инсталации, налага изменения и в мрежите НН и СН.

Чрез националните планове страните членки въвеждат регулаторна политика в съответствие с *2030 climate & energy framework*¹⁷, която систематично се актуализира от ЕК и отразява специфичните за страната условия, традиции, предпочитания и бъдещи възможности.

¹⁰ WEC Germany, International Aspects Of A Power-To-X Roadmap, 2018

¹¹ WEC the Netherlands, Hydrogen -Industry as Catalyst the Netherlands Accelerating the Decarbonisation of Our Economy to 2030

¹² <https://www.globenewswire.com/news-release/2019/03/19/1757426/0/en/Power-to-Gas-Plants-in-First-Commercial-Applications.html>

¹³ Hydrogen initiative, <http://h2est.ee/wp-content/uploads/2018/09/The-Hydrogen-Initiative.pdf>

¹⁴ 21/12/2018 - Регламент (EU) 2018/1999

¹⁵ Не е дефинирано в Правилата за управление на ЕЕС от 2014 г. „... способността на електроенергийната система да управлява надеждно и икономически ефективно търсенето и предлагането във всички съответстващи времеви интервали (21CPP, 2018)

¹⁶ „разпределено производство (distributed generation)“ = електроцентрала (инсталация) присъединена към разпределителната мрежа

¹⁷ Климатична и енергийна рамка, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0841&from=EN>

В КРАЯ НА 2020 ГОДИНА СЕ РАЗДЕЛИХМЕ С ОЩЕ ЕДНА ЗНАКОВА ФИГУРА В БЪЛГАРСКАТА ЕНЕРГЕТИКА

На 9 декември загубихме професор Атанас Тасев – уважаван експерт и анализатор, допринесъл изключително много за развитието на българската енергетика.

Професор Тасев неуморно и до последния си дъх безпристрастно и честно работи за успешното развитие на българския енергиен сектор, воден от каузата за защита на българските национални интереси.

Неговата брилянтна експертиза, достоверните му прогнози и безпогрешни анализи спомагаха за реализация на големите енергийни проекти в България в сферата на природния газ и електроенергетиката. Всяка негова оценка е била подчинена на принципната цел за диверсификация в национален план на енергийните ресурси, източници, маршрути и технологии. Проф. Тасев беше поддръжник на плановете за изграждане на нови ядрени мощности на площадките в Белене и Козлодуй, решително застъпваше и тезата за развитие на газовата инфраструктура в страната с цел гарантиране на енергийната независимост на България и осигуряване на оптимални приходи от нея.

В едно не особено далечно бъдеще високо технологичните решения на водородните технологии с помощта на развитата ядрена енергетика, ще бъдат основен инструмент в борбата с климатичните промени, беше прогнозировал професор Тасев.

„С проучването на възможностите за изграждане за 7 блок на АЕЦ „Козлодуй“ за първи път действваме проактивно, а не вървим след времето“, коментираше в публичното пространство проф. Тасев. По негово мнение стъпката в посока реализация на 7 блок в АЕЦ „Козлодуй“ е стъпка в правилната посока. „В бъдеще в страната ще има големи потребности от базова и подвърхова енергия. 21-ви век не е векът на фосилните горива, което налага отказ от използването на термични централи. Очакваният недостиг от върхова и подвърхова енергия, прави проект за АЕЦ „Белене“ необходим и при сегашната ситуация той също трябва да се случи.“, категоричен беше в позициите си професор Атанас Тасев. Неговите анализи се разгръщаха и в посока развитието на водородните технологии, които по думите му ще спомогат за изравняване на товара на атомните реактори през нощта.

Друга основна теза, застъпвана от проф. Тасев беше свързана със стратегическото значение на страната ни на газовата карта на Европа. „С развитието на проекта за газовия хъб „Балкан“ и изграждането на Балкански поток, интерконекторът с Гърция и участието в терминала за втечен природен газ се сменя векторът на движение на природния газ - не от север на юг, а от юг на север и се осигуряват различни източници на суровината.“, казваше той. По думите му с развитието на тези проекти България отново може да се върне на газовата карта, като транзитира между 18 и 22 млрд. куб. м газ, при това не само с източник Русия, но и от Азербайджан и като се прави микс с втечен газ от бъдещия терминал.



„Във връзка с изпълнението на проекта за газовия хъб „Балкан“ сме и ще останем на газовата карта на Европа. Европа все повече ще разчита на доставки на газ от южното направление“, казваше още професорът.

Проф. Тасев е родом от Свиленград. След като завършва с отличие Киевския политехнически институт, защитава и аспирантура и разработва 4 собствени изобретения, които веднага са внедрени във Военно-промишления комплекс на тогавашния Съветски съюз. Връща се в България, където започва преподавателска работа във ВМЕИ, а впоследствие ръководи различни институти и организации. През 1977 г. е удостоен с титлата най-добър изобретател на България.

С енергетика започва да се занимава през 1998 г., когато е включен в преговорния екип на „Булгаргаз“ с „Газпром“. От тогава датира и кариерата му в енергийния бранш.

Проф. Тасев е бил член на междуведомствения консултативен съвет към Министерски съвет по проекта за АЕЦ „Белене“ и групата за управление на проекта, главен експерт в Комисията по енергетика в 40-тото и 42-рото Народно събрание, общински съветник от НДСВ в столицата. Удостоен е с отличието почетен гражданин на София.

Професор по кибернетика и информатика, изобретател, автор на 18 патента във военното дело, специалист по банково дело, застраховане, биотехнологии, и не на последно място енергиен експерт, професор Атанас Тасев ни напусна внезапно на 9 декември 2020 г.

Поклон пред паметта на проф. Атанас Тасев!

ПОЛИТИКАТА НА ЕСО В ОБЛАСТТА НА „ЧОВЕШКИТЕ РЕСУРСИ“ И НЕЙНИТЕ ДВИГАТЕЛИ

Разговор със Светлана Георгиева - ръководител сектор „Човешки ресурси“ в МЕР-Бургас



Какви са предизвикателствата в работата Ви като експерт по човешки ресурси, предвид мащаба и значимостта на дейностите, изпълнявани от Електроенергийния системен оператор?

Процесите по управление на човешките ресурси имат основно значение за ефективното и качествено осъществяване на дейността на Електроенергийния системен оператор.

Ролята на експертите в тази област е свързана с администриране, планиране, обучение и развитие на персонала. Те са и своеобразен доверен съветник както на служителите в дружеството, така и на работодателя. Експертите по човешки ресурси трябва да надграждат своите знания и умения и да не спират да

се развиват, за да могат да способстват и развитието на персонала на ЕСО.

Съвременето ни доведе до автоматизиране на работните процеси, но и наложи нови подходи в работата на специалистите по човешките ресурси. Основните предизвикателства, които се открояват на преден план, са свързани главно със стремежа към мотивиране на служителите да разгърнат професионалния си потенциал за постигане на още по-добри резултати за дружеството. Политиката на Електроенергийния системен оператор по отношение на човешките ресурси е насочена към разработване на широка гама от социални пакети. Работим активно и за привличане на нови висококвалифицирани специалисти, които да бъдат ангажирани в дружеството. Успешно

вече няколко години дружеството провежда стипендиантска програма в партньорство с техническите образователни институции, както и програма за кариерно развитие на стипендианти в структурите на ЕСО. Целта на тези програми е привличане в дружеството на успешни студенти след завършване на обучението им.

За мотивацията на служителите, освен различните програми за подкрепяща работна среда и създаване на благоприятни условия за разгръщане на потенциала им, решаваща роля има и лидерският пример. Той е решаващ фактор, който задава посоката на растеж на дружеството.

Може ли да обобщите с няколко думи основните политики в дейността на дружеството, които го определят като атрактивен и престижен работодател?

Електроенергийният системен оператор е финансово стабилно дружество, осигуряващо работна среда с недопускане на дискриминация, развиващо организационна култура, базирана на законност, почтеност в действията, лоялност и обективност. Принципите, залегнали в политиката по управлението на човешкия ресурс в ЕСО за ангажираност, равнопоставеност, ефективност, доверие, екипен дух и социална отговорност, утвърждават дружеството като атрактивен и престижен работодател.

Младите специалисти и тяхната професионална подготовка винаги са били в основата на успехите на всяка компания. Какви са политиките на дружеството в тази насока, транслирани от специалистите от Човешки ресурси в страната? Как сътрудничеството с академичните среди способства привличането на таланти и перспективни експерти за работа в ЕСО?

Назначаването на млади специалисти е един от основните приоритети на дружеството. Електроенергийният системен оператор предоставя възможност за придобиване на практически опит на студентите от висшите технически университети в страната и така

улеснява техния преход от студентската скамейка към работното място. Стипендиантската програма и Програмата за кариерно развитие се изпълняват успешно, което затвърждава социално отговорните позиции на ЕСО като работодател. Резултатите от реализацията на тези програми са налице. В Мрежовия експлоатационен район в Бургас имаме стипендиант, успешно преминал програмите и отлично вписал се в екипа на ЕСО.

Разкажете малко повече за добрите практики, прилагани в компанията за стимулиране и мотивиране кариерното развитие на вече ангажираните служители в дружеството?

Най-важният актив на ЕСО са неговите служители. Главните приоритети на дружеството при управлението на човешките ресурси са утвърждаването му като коректен работодател с висока социална отговорност, осигуряващ сигурна, здравословна и безопасна работна среда. Електроенергийният системен оператор прилага различни инициативи за подкрепа и мотивация на ангажираните служители в дружеството – допълнителни обучения за професионално и кариерно развитие, средства за рехабилитация и възстановяване, разгърнатата социална програма, гарантираща добър баланс между работен и личен живот.

Какви качества трябва да притежава успешният HR за ефективното управление на човешкия ресурс и гарантиране високия престиж на Електроенергийния системен оператор?

Успешният експерт в областта на човешките ресурси трябва да бъде с високо ниво на професионална компетентност, да бъде открит и същевременно дискретен човек, с неподправена съпричастност към всеки отделен колега, умеещ да печели доверието на хората. Нужно е да се подхожда с разбиране към техните проблеми, да се търси гъвкав подход за решаването им. Специалистите на това поприще е нужно постоянно да усъвършенстват експертизата си в областта на управлението на човешките ресурси.

ПОЛИТИКАТА НА ЕСО В ОБЛАСТТА НА „ЧОВЕШКИТЕ РЕСУРСИ“ И НЕЙНИТЕ ДВИГАТЕЛИ

Разговор с Евгения Василева- ръководител сектор „Човешки ресурси“ в МЕР София област



Какви са предизвикателствата в работата Ви като експерт по човешки ресурси, предвид мащаба и значимостта на дейностите, изпълнявани от Електроенергийния системен оператор?

Работата като HR-специалист в Електроенергийния системен оператор е предизвикателство и отговорност. Професията изисква освен качествено изпълнение на основните дейности в сферата на управлението на човешките ресурси, но и детайлно познаване на стратегическите, икономическите, и технологичните цели на дружеството. Експертите в тази област трябва да имат ясна визия как най-ефективно да бъде ръководен човешкият ресурс за постигане целите на организацията. Ние сме призвани да провеждаме успешна комуникация и сътрудничество между ръководния екип и всеки отделен служител.

Може ли да обобщите с няколко думи основните политики в дейността на дружеството, които го определят като атрактивен и престижен работодател?

Политиката по управление на човешките ресурси в Електроенергийния системен оператор е в съответствие с мисията и стратегическите цели на дружеството - непрекъснато повишаване сигурната и надеждна работа на електроенергийната система на България и оптимизиране процеса на нейното управление за постигане на максимална сигурност на доставките на електроенергия. Нашата работа трябва да е в подкрепа и стимул за служителите - най-важният актив на дружеството. Стремим се да осигуряваме все по-благоприятна работна среда, чрез прилагане на различни системи за повишаване мотивацията и удовлетвореността, провеждане на разнообразни мерки за

надграждане на квалификацията. Не на последно място трябва да отбележим и изключително добрите инициативи, които дружеството реализира за професионалното и личностното израстване на служителите.

Младите специалисти и тяхната професионална подготовка винаги са били в основата на успехите на всяка компания. Какви са политиките на дружеството в тази насока, транслирани от специалистите от Човешки ресурси в страната? Как сътрудничеството с академичните среди способства привличането на таланти и перспективни експерти за работа в ЕСО?

Назначаването на млади специалисти е основен приоритет в Електроенергийния системен оператор. За привличането им дружеството прилага Стипендиантска програма, насочена към студентите от техническите университети в страната. Програмата доказва успеха си в партньорство със Софийския университет и техническите университети в Русе, Габрово и Варна.

Стратегическа цел в дейността по управление на човешките ресурси е разгръщането на Стажантска програма, насочена към предоставяне на възможност на студентите да придобият професионален опит и да усъвършенстват практическите си умения, за да улесни прехода от образователните институции към работното място и да повиши успешната реализация на младите хора на трудовия пазар. Програмата на ЕСО цели да стимулира интереса на студентите към участие в допълнително практическо обучение в реална работна среда. Реализацията на тази стратегическа политика на дружеството ще способства разширяването на партньорството с образователните институции и сътрудничеството между бизнеса и академичните среди. Всички тези инициативи затвърждават позициите на ЕСО като социално отговорно дружество и атрактивен работодател в сектор „Енергетика“.

Младите хора получават възможност за

кариерно развитие на място, утвърдено с добро име и доказано доверие в обществото.

Разкажете малко повече за добрите практики, прилагани в компанията за стимулиране и мотивиране кариерното развитие на вече ангажираните служители в дружеството?


На територията на дружеството от дълги години функционира обучителен център за професионална квалификация и преквалификация в съответствие с националните и международните стандарти и добри практики в тази сфера. Всяка година ЕСО инвестира в най-модерни програми за обучение с цел повишаване експертността на служителите.

Какви качества трябва да притежава успешният HR за ефективното управление на човешкия ресурс и гарантиране високия престиж на Електроенергийния системен оператор?

Успешният експерт по човешки ресурси трябва да е отговорен и открит в работа си. Трябва да бъде справедлив, обективен, решителен. Екипите от специалисти в областта на човешките ресурси са кръвоносната система на всяка успешна компания. Те трябва да бъдат еднакво близо и до ръководния състав и до служителите, защото тяхното призвание е да защитават интересите и на компанията като участник в икономическия живот, така и на отделния човек, ангажиран с труда си в нея. Задължително качество за всеки, който иска да се развива на това поприще, е добрата комуникативност.

За да е успешен в работа си един експерт по човешки ресурси, трябва да умее да чува гласа на хората, да бъде аналитичен, организиран и обективен в преценките си. Работата налага познаване на човешката психика и гъвкавост, защото всяко предизвикателство в хода на работата предполага индивидуален подход. В ЕСО специалистите по човешки ресурси трябва да са водени от стремежа към утвърждаване имиджа на дружеството на престижен и коректен работодател.





ЕНЕРГЕТИКА
ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЙНИ РАКУРСИ