

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИ СЪЮЗ  
НА ЕНЕРГЕТИЦИТЕ  
В БЪЛГАРИЯ

# ЕНЕРГИЕН ФОРУМ

25 ЮНИ - 28 ЮНИ  
2024

**СБОРНИК  
ДОКЛАДИ**



# **ЕНЕРГИЕН ФОРУМ 2024**

**СБОРНИК**

**ДОКЛАДИ**



## ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ

Проф. д-р инж. Бончо Бонев – Председател на НТСЕБ  
Проф. д-р инж. Цанчо Цанев – Зам. председател на НТСЕБ  
Доц. д-р. инж. Светлана Цветкова, Технически университет  
София

Доц. д-р инж. Димитър Баев  
ик. Иванка Серафимова, НТСЕБ  
ФНТС

Национална електрическа компания ЕАД  
Електроенергиен системен оператор ЕАД  
Комисия за енергийно и водно регулиране  
Агенция за устойчиво енергийно развитие  
Технически университет – София  
Технически университет – Варна  
Технически университет – Русе  
БКСТО, ТО на НТС - Хасково  
НКО, БНКО, ТО на НТС - Габрово

Всички доклади, отпечатани в сборника, са приети и одобрени от научно-техническа комисия в състав:

Проф. д-р инж. Бончо Бонев  
Проф. д-р инж. Цанчо Цанев  
Доц. д-р. инж. Светлана Цветкова  
Доц. д-р инж. Димитър Баев

Медиен партньор: НАБЛЮДАТЕЛ ЕНЕРГЕТИКА

# СЪДЪРЖАНИЕ

<b>ПЛЕНАРНИ ДОКЛАДИ</b>	8
<b>Т. Тотев</b> Алтернативни решения за намаляване CO2 емисиите при експлоатацията на съоръженията в ТЕЦ „Марица Изток 2“.	8
<b>В. Колев, И. Драганова-Златева</b> Ролята на турбоагрегатите в ТЕЦ за запаса по устойчивост и инерцията в електроенергийната система.	23
<b>Д. Белелиев, Ив. Желязков</b> Иновативни решения в енергийния преход: Профилирането на просюмерите и използването на слънчева енергия за зареждане на електромобили в България.	32
<b>М. Цолева, И. Гюровска</b> Модернизация, дигитализация и развитие на националната преносна мрежа.	42
<b>Щ. Щерев</b> Антибългарска политика в областта на енергетиката.	47
<b>ПЪРВА СЕКЦИЯ</b> <b>ТОПЛО И ЯДРЕНА ЕНЕРГЕТИКА</b>	55
<b>Д. Попов</b> Тенденции в развитието на паротурбинните агрегати за ЯЕЦ.	55
<b>П. Петров, Д. Попов</b> Възможности за трансформиране в ЯЕЦ на кондензационните ТЕЦ на въглища в България.	65
<b>П. Петров</b> Малки модулни реактори и перспективи за използването им при енергийния преход в България .	78
<b>И. Рачев</b> Селективна сепарация на CO2 чрез адсорбция със зеолит в ТЕЦ на Маришкия басейн.	94
<b>Д. Николов</b> Enterprise emissions management. Honeywell.	101

<b>D. Zgureva-Filipova, K. Filipov, M. Mitev</b>	114
Practical approach for joint EU utilization of animal waste towards energy and industrial applications.	
<b>Н. Георгиев</b>	125
Изследване на негативните ефекти при изгаряне на биомаса от твърди селскостопански отпадъци.	
<b>Н. Байкалов, Б. Игнатов</b>	135
Определяне на точката на оросяване на димните газове при различни режими на работа на изнесен въздухоподгревател в ТЕЦ „Марица Изток 2“ ЕАД.	
<b>Н. Байкалов, В. Раденков</b>	151
Оценка на възможността за използване на водород в производствения процес на котли ПК-38-4 в ТЕЦ „Марица Изток 2“ ЕАД.	
<b>Св. Динев</b>	171
Експериментално изследване на възможността за повишаване ефективността на сярочистващи инсталации с подмяна на дюзи по дюзови нива.	
<b>Н. Бойчев</b>	187
Модернизация на силово хранване на блок 5 в ТЕЦ „Марица Изток 2“ ЕАД.	
<b>К. Христов</b>	200
Влияние на температурата на обратната мрежова вода върху показателите на ефективност на инсталациите за комбинирано производство.	
<b>Т. Пантелеева</b>	212
Характеристики на ядрената енергетика като източник на енергия: текущо състояние.	
<b>Т. Пантелеева</b>	232
Характеристики на ядрената енергетика като източник на енергия: предимства и недостатъци.	
<b>Т. Пантелеева</b>	244
Състояние и развитие на ядрената енергетика в България.	
<b>Т. Пантелеева, Ив. Найденов</b>	263
Pestle анализ на ядрения сектор в България в условията на енергиен преход: преглед на основните фактори.	
<b>Т. Пантелеева, Ив. Найденов</b>	287
Pestle анализ на ядрения сектор в България в условията на енергиен преход: оценка на въздействията и рисковете от външните фактори.	

<b>Ан. Тодорова</b>	301
Енергиен съюз vs. енергийното потребление като елемент от фирмените възможности.	
<b>Ив. Александров</b>	315
Анализ на фракционния състав на минералните суровини.	
<b>Ив. Александров</b>	323
Прогнозни изчисления на технологичните показатели при идеално разделяне на обогатителните продукти.	
<b>Ив. Александров</b>	332
Прогнозиране на технологичните показатели при обогатяването на минерални суровини с различен фракционен състав.	
<b>ВТОРА СЕКЦИЯ</b>	342
<b>ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА И ВЕИ</b>	
<b>К. Димитров, Т. Варимезова</b>	342
Развитие на хидроенергетиката в България.	
<b>В. Поповска</b>	356
Наблюдение на пазара на електроенергия в ЕСО ЕАД. Практики по прилагане на регламент ЕС № 1227/2011 (REMIT) относно интегритета и прозрачността на пазара за търговия на едро с енергия. Промени в REMIT.	
<b>И. Рачев</b>	368
Cooling with Adsorption chillers. NELBO Engineering.	
<b>Ан. Календерова, Я. Тодоров</b>	381
Технически анализ на съоръженията за съхраняване на електрическа енергия (ССЕЕ).	
<b>К. Джустров</b>	395
Изследване на качеството на електрическата енергия в електроснабдителната система на минно предприятие.	
<b>Н. Лаков</b>	410
Висши хармоници в мрежи ниско напрежение, захранващи постояннотокови преобразуватели.	
<b>Св. Рачев, Я. Такавидов</b>	420
Високоэффективен асинхронен двигател за индустриални приложения с непрекъснат режим на работа.	
<b>Л. Димитров</b>	432
Анализ на качеството на електрическата енергия при работа на сондажни помпи с честотно управление.	

<b>Хр. Василев, Р. Кючуков</b>	444
Методика за определяне на нормализираната базова линия на уличните осветителни уредби.	
<b>Цв. Димитров</b>	450
Сравнителен анализ на захранващите устройства на светодиодни осветители по топологични особености и функционални възможности.	
<b>Хр. Василев, Р. Кючуков, В. Ангелов</b>	462
Идеен проект за изграждане на един милион покривни и агрофотоволтаични централи плюс съхранение.	
<b>А. Адамов, М. Ангелов, М. Луков</b>	472
Тенденции в развитието на слънчевата енергия в световен аспект.	
<b>А. Адамов</b>	489
Иновативни ефективни решения за PV клетките и PV модули.	
<b>М. Ангелов</b>	501
Анализ на възможностите за електромобилите за балансиране на електроенергийната система.	
<b>Т. Цанков</b>	513
Анализ и оценка на риска при пожар на електрически автомобил в подземен гараж.	
<b>В. Георгиев</b>	529
Относно възможностите за определяне резерва за надеждност във връзка с изчисляване на преносната способност и управление на претоварването на трансграничните пазари в Югоизточна Европа.	
<b>М. Младенова</b>	535
Достига ли електроенергийната система на Европа своите предели?	
<b>Г. Димов, Св. Цветкова, Я. Лозанов</b>	554
Влияние на пълното или частично разпадане на електроенергийната система върху организацията на електроснабдяването в България.	

## ЕНЕРГИЕН ФОРУМ 2024

# ВЛИЯНИЕ НА ПЪЛНОТО ИЛИ ЧАСТИЧНО РАЗПАДАНЕ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЙНАТА СИСТЕМА ВЪРХУ ОРГАНИЗАЦИЯТА НА ЕЛЕКТРОСНАБДЯВАНЕТО В БЪЛГАРИЯ

Георги Димов, Светлана Цветкова, Явор Лозанов

## INFLUENCE OF THE COMPLETE OR PARTIAL FAILURE OF THE ELECTRIC POWER SYSTEM ON OPERATION ORGANIZATION OF THE ELECTRICITY SUPPLY IN BULGARIA

Georgi Dimov, Svetlana Tzvetkova, Yavor Lozanov

**Abstract:** This report presents an analysis of the activities of electricity distribution companies during a Blackout event within the electric power system of the Republic of Bulgaria. The study aims to analyze and assess the impact of a Blackout on the medium and low voltage power distribution networks.

### ВЪВЕДЕНИЕ

През 2022 г. стартират събития, които показват високата вероятност от настъпване на енергийни кризи в Европа. Ставаме свидетели на прекъсване, дори физическо разрушаване на геополитически енергийни обекти и нарушаване на стратегически енергийни потоци. В частност, разпадането на енергийните системи в Югоизточна Европа също изглежда все по-възможно [1].

Получават се сринове в енергийните системи в Европа, които водят до изключване на голям брой генериращи източници. Възможността за динамично балансиране на мрежата става все по-малка. Изградените фотоволтаични и ветрови паркове, водят до необходимост от поддържане на големи мощности в топъл



резерв за компенсиране, при отпадането им. В България няма изградени мощности, които при отпадане на производството от възобновяеми енергийни източници (ВЕИ), бързо да компенсират възникналите небаланси [2].

Зимният период се характеризира с най-високи нива на потребление на електрическа енергия и същевременно производството от ВЕИ е минимално. Причини за това могат да бъдат комбинации от следните метеорологични условия: ниски температури, безветрие, купеста облачност, намалена продължителност на слънцегреенето. В този период недостига на електроенергия се компенсира от конвенционалната енергетика. Ако добавим и лошите метеорологични условия, възникващи през зимния период (силен вятър и сняг/обледеняване) и добавим кризата в доставките на природен газ, възможността за покриване на потреблението на електрическа енергия се свежда до минимум.

Погледнато глобално, множество държави от Близкия изток до Северно море са в състояние на вътрешни или междусъседски военни конфликти и на територията им се водят бойни действия. Това възпрепятства обмена на енергийни потоци между Източна Европа, Азия и Западна Европа.

Свидетели сме на унищожаването на газопроводи, системни електропроводи, електропроизводствени съоръжения, като топлоелектрически централи (ТЕЦ), водноелектрически централи (ВЕЦ), язовири, дори и атомни електрически централи (АЕЦ), като Чернобилска, Запорожка и Мецамор. Нарушени или под заплаха са морските транспортни коридори в Азовско, Черно, Средиземно и Червено море. Въпреки оптимизма с който живеем, че няма да има тежки последствия за нашия регион, трябва да се вземе под внимание възможността за възникване на смущения в електроенергийната система, а дори и на кризи.

На фиг. 1 са показани снимки на унищожени обекти, вследствие на военни действия.



Фиг. 1. Снимки на унищожени обекти

Възстановяването на електроенергийните съоръжения изисква множество ресурси и време, спира се производството и се създават „гънки“ места за пренос на електрическа енергия. Създава се траен недостиг на електроенергия в мрежата, което води до режим или пълно преустановяване на електроснабдяването.

Освен външни зловредни намеси в мрежата, в исторически план имаме разпадане на електроенергийната система на страната или в отделните ѝ региони. Подобен случай се наблюдава през март 2015 г., когато поради обилен снеговалеж настъпва частично разпадане на ЕЕС в Южна България, в района на Родопите.

За да се минимизират последствията от смущенията в работата на електроенергийната система, е необходимо да има план и готовност за адекватна реакция. Това налага пълно синхронизиране на действията на операторите на преносната и разпределителните мрежи.

## **РЕАКЦИЯ НА РАЗЛИЧНИТЕ УЧАСТНИЦИ ОТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЙНАТА СИСТЕМА ПРИ ВЪЗНИКВАНЕ НА РАЗПАД НА СИСТЕМАТА**

Разпадането на ЕЕС (Blackout) е голямо смущение, свързано с нарушаване на системните параметри, разделяне на ЕЕС на несинхронно работещи зони или загуба на напрежение в цялата мрежа или в големи части от нея. Това засяга всички дружества от сектор енергетика, свързани с производство, пренос, разпределение и търговия с електрическа енергия. Няма пазар на електроенергия, не работят балансиращите групи. Няма връзка с централите, използващи ВЕИ, поради липса на комуникация.

В случай на Blackout оператора на преносната мрежа информира операторите на разпределителни мрежи, както и оперативния персонал на участващите във възстановяването.

Възстановяването на ЕЕС се извършва под оперативното ръководство на оператора на преносната мрежа, съгласно „План

за възстановяване на ЕЕС на Република България след тежки аварии“ [3].

Действията на Електроенергийния системен оператор (ЕСО) са регламентирани в плана за възстановяване на ЕЕС. Описани са всички стъпки, които трябва да се предприемат, за възстановяване на работоспособното състояние на всички съоръжения и осигуряване на необходимите системни параметри за нормална работа на ЕЕС. Необходимо е осигуряването на бърза реакция на ниво ВН. Наличието на „Опорни пунктове“ може да забави оперативното обезопасяване. Причина за това е липсата на служители на място в подстанциите. Начинът, по който се възстановява ЕЕС не е тема на този доклад.

Производителите, най-вече тези от ВЕИ не могат да имат бърза реакция, тъй като повечето се управляват дистанционно и при отпадане на захранването бавно се възстановяват.

Поради различни особености, като специфика на работата и големия брой съоръжения, които управляват електроразпределителните предприятия (ЕРП) имат различни методи за възстановяване на електроразпределителната мрежа (ЕРМ). Това може да се случи, едва след възстановяване на захранването на подстанциите. Периодът от настъпване на Blackout до възстановяване на захранването на експлоатираните от ЕРП подстанции, е времето в което операторите от специализираното диспечерско звено (СДЗ) стоят в очакване и не могат да извършват никакви действия. Продължителността на периода не е регламентирана. Поради тази причина се приемат следните времена, като гранични стойности за възстановяване на ЕЕС: до 24 часа възстановяване на преносната система и до 48 часа за пълно възстановяване на ЕРМ Ср.Н и НН.

## **ОПЕРАТИВНИ ДЕЙСТВИЯ НА ЕРП СЛЕД ВЪЗНИКВАНЕ НА РАЗПАД НА СИСТЕМАТА**

Оперативното управление на ЕРМ се извършват от СДЗ на ЕРП, при което то:

- Получава информация от ЕСО за причината за Blackout и времето за найното настъпване (дата и час).
- Информира Ръководството и „Call center“ за настъпилото събитие.
- Изпраща информация за събитието до всички служители на ЕРП, чрез групов SMS и e-mail.

Във връзка с осигуряването на готовност за адекватна реакция на ЕРП и „План за възстановяване на ЕЕС на Република България след тежки аварии“, задължително се свиква Кризисен щаб (КЩ). Той ръководи работата на дружествата до нормализиране на ситуацията. Кризисният щаб има следните задължения:

- Определяне на ситуацията като „Криза“.
- Свикване на Кризисен щаб и събиране на членовете му.
- Оформяне на документация по откриване и работа на КЩ.
- Проверка на средствата за комуникация.
- Изготвяне на първична информация за състоянието – незахранени потребители, причини, прогнози, налични ресурси и др.
- Осъществяване на пряка връзка с кризисен щаб към МЕ (Национален Кризисен щаб) (при налични средства за комуникация).
- Съгласуване на действията на ниво институции - областни администрации, 112/ПБЗН и др. (при налични средства за комуникация).
- Изпращане на съобщения (SMS, e-mail) до производители и VIP клиенти за ограничителен режим (при налични средства за комуникация).
- Предприемане на действия по захранване на стратегически обекти, обекти от „Критичната инфраструктура“.
- Предоставяне на периодична информация за актуалното състояние.

- След получаване на информация за възстановяване на захранването на ЕЕС информира служителите чрез изпращане на e-mail и SMS.
- Координация на възстановяване на захранването на разпределителната мрежа.
- Приключване на кризата, закриване работата на КЩ и преминаване към нормален режим на работа на ЕРП.

“Call center” подготвя съответните съобщения на автоматичен режим на телефонната централа, за осведомяване на клиентите.

Охранителната фирмата се уведомява за възникналите предизвикателства. Същата действа съгласно утвърдени планове за работа в ситуация на пълно или частично прекратяване на захранването на охраняваните обекти.

Комуникация с медии - изпраща се информация до медиите за ограничителните мерки и периодично при техническа възможност, се подава актуална информация. Изготвя се на сайта на ЕРП (ако има такава възможност) информация към клиентите с прогноза за събитието. Описват се полезни съвети за запазване на спокойствие, пестене на електрическа енергия и др.

Комуникация с ЕСО (ТДУ): осигурена е непрекъснатата комуникация с ЕСО чрез системни канали за връзка или пряка връзка между телефонни централи на ЕРП и ЕСО. Използват се всички допълнителни методи за комуникация.

По време на възникла кризисна ситуация персонала на ЕРП има задължение да предприеме следните действия:

- Основната част от сътрудниците си отиват в къщи, при семействата и остават на разположение до повикване.
- Сътрудниците ангажирани с неотложни дейности, трябва да са предварително информирани и да знаят кога и къде да се явят. Предварително се определят служители, чиито отговорности са необходими в тези условия. Същите според плановете, трябва да се явят възможно най-бързо на работните си места или да останат на разположение по

домовете си. Когато се активират, те трябва да бъдат осигурени с транспорт, екипировка и средства за комуникация.

- В регионалните центрове на ЕРП се организира денонощно присъствие. Трябва да е подсигурен с транспорт и средства за комуникация. Поддържа се постоянна връзка с кризисния щаб. Осигурено е резервно хранене на обекта за целия период. Комуникация с кметове на общини и селища се поддържа от Ръководителя на центъра.

Специалистите, които могат да бъдат активирани, трябва да бъдат осигурени с транспортни средства за комуникация.

В критичните обекти работата се извършва съгласно предварително изготвени инструкции, указания и др. Основният принцип е осигуряване на непрекъсната и сигурна работа на обектите и управляваните от там съоръжения.

При преминаване към нормална ситуация:

- Всички служители се завръщат на работните си места след получаване на SMS/e-mail за възстановяване на ЕЕС.
- При необходимост определени служители, могат да бъдат повикани на работните им места чрез SMS, e-mail или чрез изпращане на транспорт.

Начина на работа, при сменен режим/график, присъствие в регионалните центрове и др., при които определени служители трябва да са на работните си места са определени предварително.

Тренировки за действие на дружествата при Blackout, се правят на определен период. В тези тренировки се задействат всички ръководители на техническите отдели, както и на ротационен принцип отдели и регионални центрове.

- Проверява на състоянието на съоръжения, екипировка, система на оповестяване и др.

- Тренировка за проверка на състоянието на радиостанциите, мобилните телефони, автоматично изпращане на СМС или e-mail .

## **ПОЛОЖИТЕЛНИ СТРАНИ В ОРГАНИЗАЦИЯТА НА ЕРП ПО ВРЕМЕ НА „BLACKOUT”**

Изпълнението на описаните по-горе действия, осигурява бърз и добре организиран работен процес на сътрудниците в ЕРП в ситуация на разпадане на ЕЕС. Избягва се вероятната паника в служителите на ЕРП и негативните последици които би имала тя. Всеки служител е наясно със задълженията, които има в тази кризисна ситуация. Хората, които не са ангажирани с конкретни дейности, са освободени и могат да се приберат при семействата си да окажат психологическа подкрепа на роднини и съседи. Могат да дават полезни съвети за поведение по време на кризата. Имат готовност при възстановяване на ЕРМ да се явят на работните си места и да продължат своята работа.

Гарантира се достатъчен резерв от персонал и ресурси за извършване на дейността на дружеството по време на кризата. Осигурени са средства за комуникация, които покриват цялата територия на ЕРП. По този начин е възможно непрекъсваемото извършване на определените дейности и реакция на непредвидени ситуации. Помещенията, в които се намират Кризисния щаб, диспечерите и другите специалисти са обезпечени с канали за комуникация, средства за работа и обезпечени нормални битови условия. В наличност е изградено резервирано хранене на обектите. Осигурен е транспорт за персонала, който се налага да бъде привлечен към работата по време на кризата.

Тъй като тези събития се разглеждат в сферата на „вероятни въздействия“, е необходимо да се направи пълен анализ и подготовка на организацията на процесите в ЕРП. Периодично трябва да се извършват тренировки, на които да се проверява тяхната ефективност. При необходимост се извършват корекции с цел повишаване сигурността и ефективността им.



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Анализът показва, че при поява на ограничителни мерки на електроснабдяването на клиентите в България, се наблюдават процеси, които водят до нетипични резултати за нормалното функциониране на ЕРМ. Те са в резултат от независещи от ЕРП причини, които пречат за работата на служителите на ЕРД и не позволяват нормализирането на работата на съоръженията, поради липса на захранване.

Реално тези ограничения водят до влошаване на показателите за непрекъснатост на електроснабдяването в ЕРМ на България и съответно влошаване на качеството на снабдяване на клиентите за периода [4].

Подготовката на персонала за работа в кризисни ситуации и подготовката на обектите от критичната инфраструктура на ЕРП с резервирано захранване и наличие на непрекъсната връзка ще позволи взаимодействието на екипите и готовността им за работа, веднага след осигуряване на захранване в подстанциите. По този начин времетраенето, в което клиентите са лишени от захранване ще бъде минимизирано.

Инвестирането в такива програми за работа в нестандартни ситуации повишава готовността на ЕРП да реагира бързо на всички предизвикателства, които се появяват във времето.

## **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Zhelyazkov I., Trifonov T., Energy security of Bulgaria, Simolini-94, Sofia 2012, Security library№13.
- [2] 50% от нарушенията в енергийната система в Европа през 2023 г. се дължат на България, [www.investor.bg](http://www.investor.bg).
- [3] Правила за управление на електроенергийната система, [www.dker.bg](http://www.dker.bg).
- [4] Tzanev T., S. Tzvetkova, Quality of electrical energy, Avangard Prima, Sofia, 2011.

**АВТОРИ:**

Георги Димов, маг. инж., ТУ-София, e-mail: [g\\_dimow@abv.bg](mailto:g_dimow@abv.bg)

Светлана Цветкова, доц., д-р, инж., ТУ-София, e-mail: [stzvet@tu-sofia.bg](mailto:stzvet@tu-sofia.bg)

Явор Лозанов, гл. ас., д-р, инж., ТУ-София, e-mail: [ylozanov@tu-sofia.bg](mailto:ylozanov@tu-sofia.bg)