

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 (рВРЧ) чрез бойлерни системи и батерия, инсталирани в кк. Албена като част от проекта X-FLEX.

## Предварителни тестове за активиране на ръчно вторично регулиране на честотата (рВРЧ) чрез гъвкавите инсталации в кк. Албена

инж. Свилен Пиралков – Албена АД, инж. Николай Чавдаров и д-р инж. Стефан Сулаков – ECO 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>). Тя 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 кк. Албена. Представен е план за провеждане на теста, базиран на съществуващата инфраструктура и потребление, след което е проведен самият тест. В следствие, 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 кк. Албена

## ПОДГОТОВКА И НАЛИЧНА ИНФРАСТРУКТУРА

Следните съществуващи системи и инфраструктура са използвани за провеждането на тестовете:

- 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 трансграничен 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 890kW инсталирани в кк. Албена. Четири от тези инсталации имат стъпково управление на натоварването с резолюция от 12kW, като за останалите две тази резолюция е 23.5kW. На този етап Албена АД не притежава и не използва система за автоматично регулиране на консумираната мощност по задание, която система да прави постепенни увеличавания или намалявания в използваната мощност при съответни големи промени в потреблението.
- 200kWh батерия намираща се в кк. Албена. Батерията може да се разрежда и зарежда с максимална мощност от 120kW и съответна управляема стъпка от 200W. За този тест Албена АД ще използва вътрешно разработен прототип на система за контролиране 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 кк. 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, който наблюдава бойлерните системи и батерията, и който изпълнява съответните промени в потреблението според задания от ЕСО ЕАД.

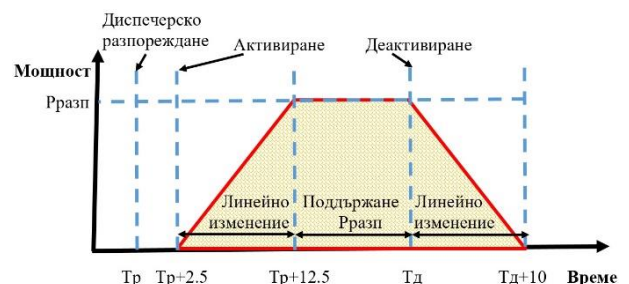
## ПЛАН ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА ТЕСТОВЕТЕ

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

- Бойлери - 3<sup>ти</sup> Август – 14<sup>ти</sup> Август 2020 за времето между 09:00 – 16:00;
- Батерия - 12<sup>ти</sup> Октомври – 21<sup>ви</sup> Октомври 2020 за времето между 09:00 – 16:00.

В случай на отклонения по-големи от 20MW от графика за трансграничен обмен, оперативният персонал на смяна в ЦДУ нарежда на оперативния персонал на кк. 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 разпоредената мощност (Pразп) да стане не по-късно от 12 минути и 30 секунди след получаване на разпореждането.
- Достигнатата разпоредена мощност трябва да се поддържа за период от поне 5 минути.
- Достигнатата разпоредена мощност се деактивира 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 кк. 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 110kV и средно напрежение в подстанция Албена;
  - Активна и реактивна мощност на ЕП 110kV Екрена и Момчил.
  - Активна и реактивна мощност на изводите към кк. Албена.
- SCADA системата на кк. Албена записва данните за натоварване/разтоварване по бойлерните инсталации и разреждане/зареждане на батерията.
- Времева резолюция на записите от SCADA-те – интегрални стойности за 1 минута.
- кк. Албена предоставя търговските си графици за периодите на теста с времева резолюция 1 час.
- кк. Албена предоставя електромерни данни за периодите на теста с времева резолюция 15 минути.

## ПРОВЕДЕНИ ТЕСТОВЕ И РЕЗУЛТАТИ

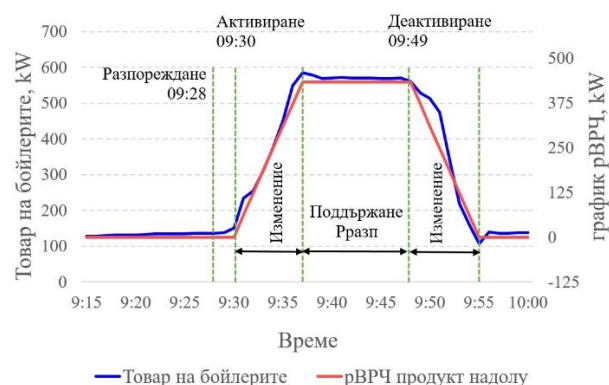
### Бойлери - активирание на рВРЧ надолу

На 5ти август 2020 отклонението от междусистемния график на българската контролна зона надхвърля границата от 20MW (излишък). Това представлява неволното отклонение между плана за междусистемен обмен и реализираните физически електроенергийни потоци.

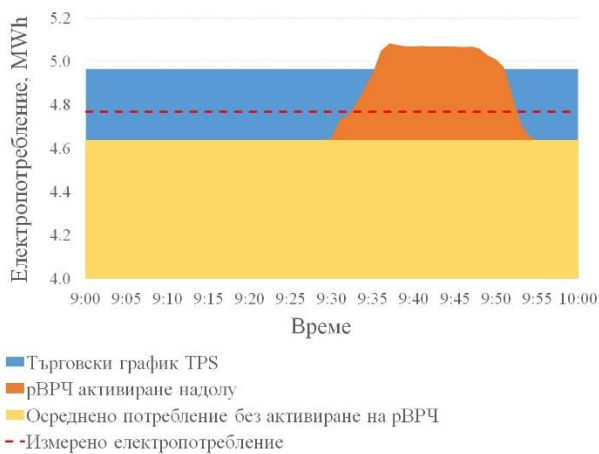
В 09:28:49, ЕСО ЕАД нарежда на Албена АД по телефон да активира рВРЧ надолу (да увеличи потреблението на бойлерните системи). По-малко от две минути по-късно (в 09:31:12) Албена активира (ръчно) предоставянето на рВРЧ с постепенни темпове на нарастване в потреблението на бойлерните системи от около 60 kW/минута. Очаква се, че SERVIFLEX и MARKETFLEX ще осигурят автоматизация на този процес. Нужната максимална мощност се достига около 6 минути след разпореждането и се задържа до 09:48:00 по изискване на ЕСО. След това, със същите темпове от 60 kW/минута потреблението се намалява и достига номинални стойности в 09:55:12.

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

Интересно е да се отбележи, че по време на периода на активация реалната обща консумация на кк. Албена е била под пазарните графици за консумация. В тази ситуация, рВРЧ успява да намали отклонението съответно и глобите за небаланс, както може да се види на Фигура 3. Това потвърждава потенциала на бойлерните инсталации да бъдат използвани за подобрене на енергийното портфолио на кк. Албена при положение, че дружеството не предоставя услугата рВРЧ.

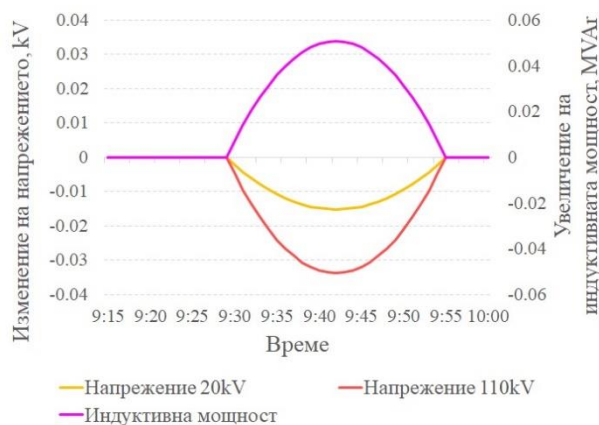


Фигура 2 – рВРЧ активация надолу в кк. Албена (05.08.2020)



Фигура 3 – Потребление на кк. Албена (05.08.2020)

По време на активационния процес на рВРЧ някои електрически параметри на кк. Албена бяха наблюдавани, за да може да се оцени влиянието на консумацията на бойлерните системи върху тях. За съжаление информацията от SCADA системата на ЕСО от подстанция Албена е с резолюция от 5 минути. Този проблем се очаква да бъде разрешен преди провеждането на нови тестове. Съответно 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 консумацията в бойлерните системи индукционната мощност консумирана в кк. 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



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

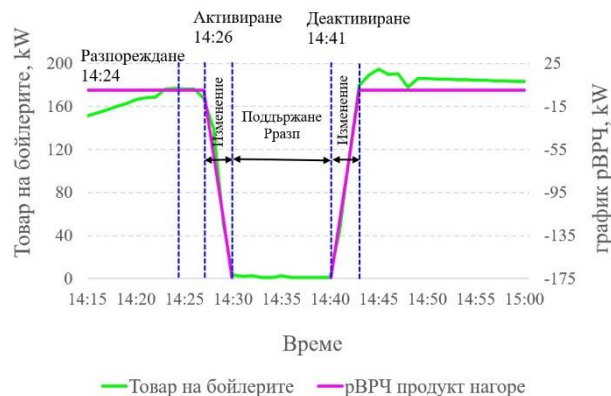
### Бойлери - активиране на рВРЧ нагоре

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 110/20kV.

На 11ти август 2020 г. отклонението от междусистемния обмен на българската контролна зона надхвърля границата от 20MW отново, но този път в обратната посока – дефицит. В 14:23:56 ЕЕСТ, ЕСО ЕАД 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 ЕСО. 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

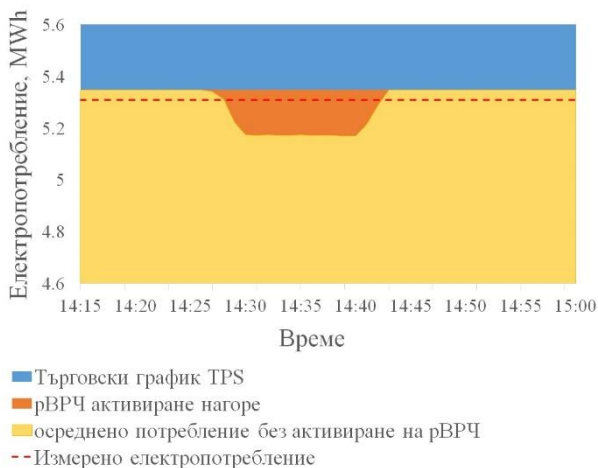
Фигура 5. Разликата между плана за активация на услугата (-39kWh) и реалното изпълнение (-38.3kWh) е 1.8%. Разликата между разпотредената мощност от ЕСО ЕАД (-180kW) и реално достигнатата мощност (-176.21kW средно) е 2.11%.



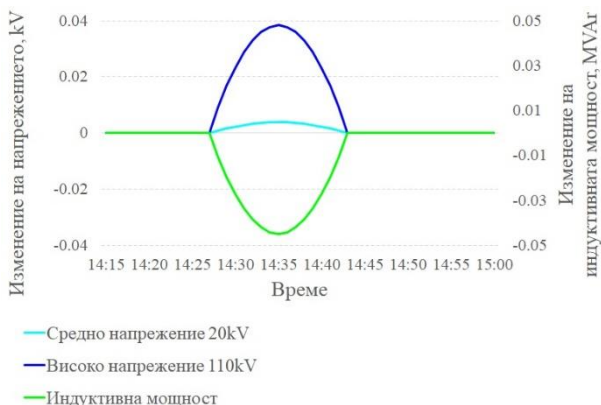
**Фигура 5 – рВРЧ активация нагоре в кк. Албена (11.08.2020)**

По време на активационния процес на рВРЧ реалната консумация на кк. Албена е била по-малка от пазарните графици за консумация. В този случай, рВРЧ увеличава отклонението като по този начин увеличава и глобите за небаланс (Фигура 6). Очаква се, че MARKETFLEX ще осигури нужният анализ на приходи и разходи при предоставянето на допълнителни услуги (цени и количества) с цел подобряване на портфолиото на кк. Албена на пазарен сегмент „в рамките на деня“.

Както може да се очаква от намаляването на консумацията в бойлерните системи индукционната мощност консумирана в кк. Албена се намалява с около 1.25% (Фигура 7). Нивата при високо и средно напрежение също намаляват с малко – съответно с 0.02% и 0.1%. Това потвърждава твърдението от предния раздел, че бойлерните системи оказват незначително влияние върху изследваните електрически параметри на работния режим.



**Фигура 6 – Потребление на кк. Албена (11.08.2020)**



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

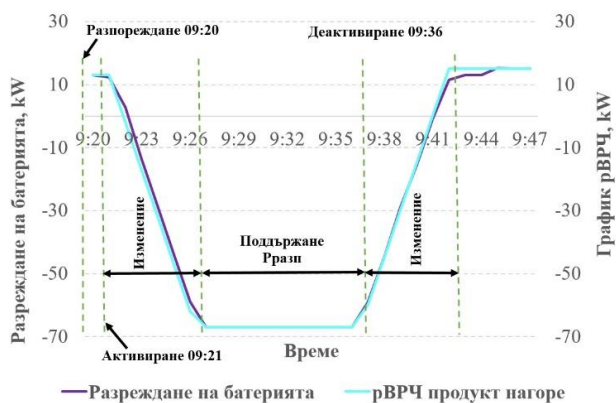
## Батерия

Седем активирания (3 нагоре и 4 надолу) на рВРЧ продукти, предоставени от батерията, бяха извършени през периода от 12<sup>ти</sup> октомври до 21<sup>ви</sup> октомври. Третото активирание на рВРЧ надолу на 20<sup>ти</sup> октомври в 15:12 бе неуспешно, тъй като през предходния час от 14:09 до 14:34 батерията бе напълно заредена чрез активирание в същата посока. Това ограничение на потенциала на батерията трябва да се интегрира в платформите X-FLEX. По-долу са представени резултатите от тестовете за една и съща дата (20<sup>ти</sup> октомври), където останалите две активирания бяха в двете посоки.

## Батерия - активирание на рВРЧ нагоре

След 09:00 на 20.10.2020 отклонението от междусистемния график за обмен на българския контролен блок надхвърля 20MW (недостиг). В 09:19:20, ЕСО ЕАД нарежда на Албена АД по телефон да активира рВРЧ нагоре (разреждане на батерията). По-малко от 2 минути по-късно (в 09:20:51), Албена стартира (автоматично от SCADA) предоставянето на рВРЧ със скорост на нарастване от 15kW/минута, увеличаваща разреждането на батерията. Разпоредената мощност е достигната около 6 минути след даване на разпоредането и се задържа до 09:26:11, по изискване на ЕСО ЕАД. След това, със същата скорост, разреждането на батерията намалява обратно до номиналните стойности на работа в 09:41:33.

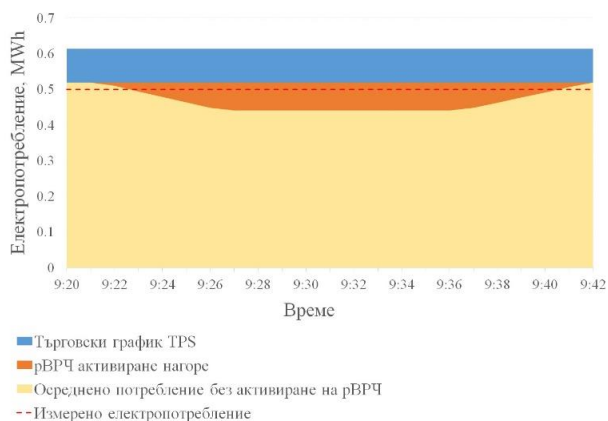
Предоставянето на рВРЧ за регулиране нагоре е почти перфектно, както може да се види на Фигура 8. Разликата между продуктивния график на рВРЧ (-20.33kWh) и реалното



**Фигура 8 - активиране на рВРЧ нагоре в кк Албена (20.10.2020)**

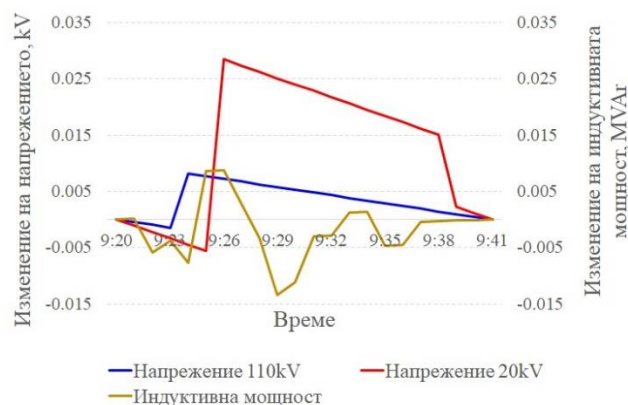
изпълнение (-20.02kWh) е 1,53%. Разликата между разпоредената и постигнатата мощност е по-малка от 0,01%.

По време на активирането на рВРЧ нагоре потреблението на кк Албена е било по-малко от търговския график и в този случай отклонението се увеличава, съответно и санкциите за небаланси (Фигура 9). Очаква се пазарната платформа на X-FLEX да предостави нужният анализ на приходи и разходи при предоставяне на рВРЧ (цена и количества) с цел подобряване на портфолиото на кк Албена на пазарен сегмент „в рамките на деня“.



**Фигура 9 – Потребление на кк. Албена (20.10.2020)**

По време на разреждането на батерията, индуктивната мощност, консумирана в курорта, варира, но намалява с 0,99% (Фигура 10). Нивата на високо и средно напрежение се увеличават малко, съответно 0,003% и 0,06%. В обобщение, влиянието на батерията върху тези параметри е незначително, в сравнение със стъпалното регулиране на трансформаторите с Янсенови регулатори в подстанция 110/20kV.

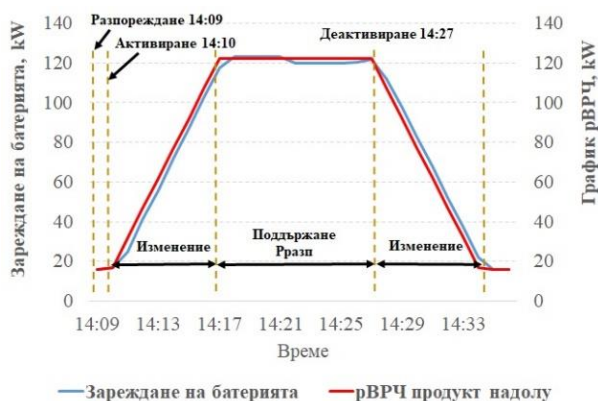


**Фигура 10 – Преизчислени едноминутни изменения в някои електрически параметри по време на активирането на рВРЧ (20.10.2020)**

### Батерия - активиране на рВРЧ надолу

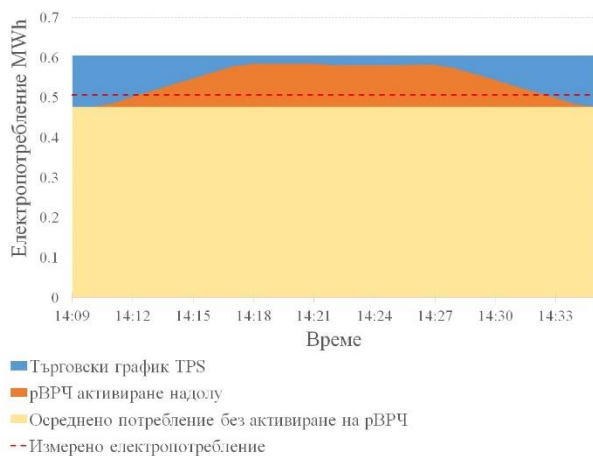
На 20.10.2020 след 14:00 отклонението от междусистемния график за обмен на българския контролен блок надхвърля границата от 20MW, но в обратна посока (излишък). В 14:08:57, ЕСО ЕАД уведомява Албена АД по телефона за активиране на рВРЧ надолу (увеличаване на консумацията на батерията - зареждане). По-малко от 2 минути по-късно (14:09:58), Албена стартира (автоматично от SCADA) предоставянето на рВРЧ продукт с фиксирана скорост на натоварване от 15kW/минута, увеличавайки мощността на зареждане на батерията. Необходимата мощност е достигната около 7 минути след даване на заявката и се задържа до 14:27:01, както е поискано от ЕСО ЕАД. След това, със същата скорост на изменение, консумацията на батерията се връща обратно до номинални работни стойности в 14:34:04.

Активирането на рВРЧ за регулиране надолу показва много добри резултати (Фигура 11). Разликата между графика за активиране на рВРЧ (29,75kWh) и реалното изпълнение (30,02kWh) е 0,9%. Разликата между разпоредената (122kW) и постигнатата (121.05kW средно) мощност е 0.78%.



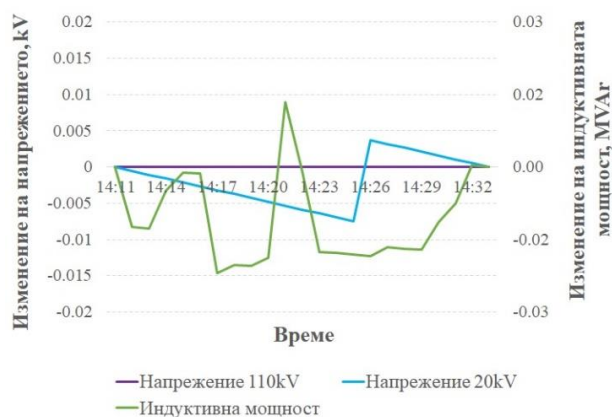
Фигура 11 - активиране на рВРЧ надолу в кк Албена (20.10.2020)

През този период на активиране, реалното потребление на кк Албена, е по-малко от търговския график. В този случай активирането на рВРЧ намалява отклонението, съответно и санкциите за небаланси (Фигура 12). Това потвърждава потенциала на батерията да се използва за подобряване на енергийното портфолио на кк Албена, ако липсва участие в рВРЧ. Трябва да се отбележи, че този потенциал е по-висок през периодите с ниско потребление (извън туристическия сезон) в кк Албена.



Фигура 12 – Потребление на кк. Албена (20.10.2020)

По време на разреждането на батерията, индуктивната мощност, консумирана в курорта, варира, но основно намалява със 7,61% (Фигура 13) поради нарастващия капацитивен дял от потреблението на к.к. Албена, което е ниско през този период. Нивата на високо и средно напрежение са намалели незначително, съответно с по-малко от 0,001% и 0,01%. В обобщение, влиянието на батерията върху тези параметри е пренебрежимо малко.



Фигура 13 – Преизчислени едноминутни изменения в някои електрически параметри по време на активирането на рВРЧ (20.10.2020)

## РЕЗЮМЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ТЕСТА

Всички разходи за небаланси по време на тестовите са за сметка на кк Албена. Резултатите от проведените тестове за осигуряване на рВРЧ са представени в поредица от таблици по-долу.

Съоръжения на кк. Албена, предоставящи продукт за рВРЧ	Проведени тестове					КПЕ
	Общо брой	Успешни брой	Неуспешни брой	причина	коригиращи действия	
Бойлерни системи	4	2	2	Частично регистрирани данни в SCADA	Проблемите бяха отстранени за следващите тестове	50%
Батерия	7	6	1	Технологично ограничение за последователно активиране в същата посока	Ограничението да се заложи в оптимизационните платформи	86%
Всички съоръжения	11	8	3	Техническа	Някои отстранени, останалите ще бъдат взети в предвид в процеса на автоматизация	73%

Таблица 1 – Предоставяне на рВРЧ - Количествени КПЕ

Таблица 1 показва преглед на количествените Ключови Показатели за Ефективност (КПЕ). По време на тестовите на бойлерите, някои данни и в двете SCADA системи (Албена и ECO) не се регистрират. Проблемът е открит и незабавно разрешен, за да се предотвратят други подобни инциденти. Последвалите тестове с батерията потвърждават успешното разрешаване на тези проблеми. Въпреки това бяха извършени осем успешни теста както с бойлерите, така и с батерията. Ограничаващият фактор се оказва последователното активиране на батерията в същата посока поради технологичната спецификация на цикъла на зареждане и разреждане на батерията.

Таблица 2 съдържа информация за качествените КПЕ на успешните тестове. Както е видно от данните, участието в рВРЧ на бойлерната инсталация и на батерията е отлично. И двата вида оборудване са в

състояние да изпълняват зададените команди и в двете посоки - нагоре и надолу, много точно (под 2% отклонение). Закъснението във времето на активиране/деактивиране на съоръженията след разпореждане на ЕСО е под 2 минути при всички тестове.

Съоръжения на кк. Албена, предоставящи продукт за рВРЧ	Успешни тестове				рВРЧ продукт				
	дата	начало	край	посока	Скорост на изменение kW/минута	Скорост на изменение			
						График	Представяне	Отклонение от график (абс.)	Отклонение от Ррал (абс.)
Бойлерни системи	05.08.2020	9:28:49	9:55:12	Надолу	60	130.20	133.27	2.356%	0.200%
	11.08.2020	14:23:56	14:45:12	Нагоре		-39.00	-38.30	1.797%	2.106%
					<b>Средно 2,077% 1,153%</b>				
Батерия	12.10.2020	14:22:25	14:48:36	Надолу	15	31.75	30.79	3.037%	0.125%
	20.10.2020	9:19:20	9:41:33	Нагоре		-10.37	-10.33	0.322%	0.015%
	20.10.2020	14:08:57	14:34:04	Надолу		30.15	30.02	0.445%	0.779%
	21.10.2020	9:09:48	9:32:01	Нагоре		-22.30	-22.35	0.210%	0.471%
	21.10.2020	12:04:37	12:27:36	Нагоре		-26.73	-25.87	3.186%	1.974%
	21.10.2020	15:07:37	15:33:27	Надолу		30.28	30.32	0.135%	1.345%
					<b>Средно 1,223% 0,785%</b>				

Таблица 2 – Предоставяне на рВРЧ - Качествени КПЕ



Фигура 14 - Сравнение с други потенциални доставчици на рВРЧ в България

Фигура 14 илюстрира възможностите на съоръженията на Албена АД в сравнение с останалите доставчици на рВРЧ в България. По отношение на точността на предоставяне на рВРЧ, както батерията, така и бойлерните системи, на българския пилотен обект са по-добри от индустриалните потребители с управляем товар и старите ТЕЦ на лигнитни въглища. По отношение на скоростта на изменение на работната мощност (изразена в % от мощността за рВРЧ в минута) на бойлерната инсталация, Албена АД (20%) е редом с подязовирни водноелектрически централи (ВЕЦ) със среден пад на водата и изостава само от подязовирни ВЕЦ с висок пад на водата (85%). Относно скоростта на изменение на работната мощност на батерията, Албена АД (7,5%) задминава всички ТЕЦ-ове и промишлени потребители с управляем товар и изостава само от ВЕЦ. Това е доказателство, че оборудването на новите активни потребители има необходимия потенциал да играе важна роля в пазара на

допълнителни услуги, особено ако предлагания капацитет е агрегиран в големи количества.

Съоръжения на кк. Албена, предоставящи продукт за рВРЧ	Успешни тестове				Влияние върху други ел. параметри (abs)			
	дата	начало	край	посока	%	%	%	%
Бойлерни системи	05.08.2020	9:28:49	9:55:12	Надолу	0.020%	0.052%	1.236%	0.090%
	11.08.2020	14:23:56	14:45:12	Нагоре	0.024%	0.013%	0.830%	0.173%
					<b>Средно 0,022% 0,033% 1,033% 0,131%</b>			
Батерия	12.10.2020	14:22:25	14:48:36	Надолу	0.000%	0.069%	0.305%	0.025%
	20.10.2020	9:19:20	9:41:33	Нагоре	0.003%	0.059%	0.985%	0.052%
	20.10.2020	14:08:57	14:34:04	Надолу	0.000%	0.009%	7.607%	0.183%
	21.10.2020	9:09:48	9:32:01	Нагоре	0.060%	0.054%	22.524%	0.986%
	21.10.2020	12:04:37	12:27:36	Нагоре	0.003%	0.003%	1.093%	0.083%
	21.10.2020	15:07:37	15:33:27	Надолу	0.006%	0.037%	1.804%	0.000%
					<b>Средно 0,012% 0,038% 5,720% 0,222%</b>			

Таблица 3 - Въздействие върху други параметри на електрическата мрежа

Таблица 3 показва въздействието на проведените тестове за рВРЧ върху другите важни параметри на мрежата като нива на високо и средно напрежение, изменение на индуктивната мощност и фактора на мощността (cos φ). Данните показват, че ефектът върху споменатите параметри на мрежата може да се счита за незначителен. Въпреки това, в два от случаите активирането на батерията в посока надолу и нагоре е причинило значително отклонение в потока на индуктивната мощност, съответно и cos φ. Това може да е чисто случайно събитие и да не е свързано с тестовете, проведени по това време, но може също така да се окаже, че извън сезона, в периоди на ниско потребление, активирането на батерията може да повлияе промяна в потока на индуктивната мощност. Необходимо е допълнително проучване, за да се потвърди.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И СЛЕДВАЩИ СЪПЪРНИ

Предоставянето на услугата рВРЧ и в двете посоки от съоръжения, инсталирани в кк Албена, е възможно и производителността може да бъде по-добра от тази на някои други генериращи единици (например стари въглищни централи). Предоставянето на продукти за първично регулиране на честотата от съоръженията в Албена АД също е възможно. Изисква се инсталиране на честотомери, комуникация/автоматизация със SCADA и алгоритъм за определяне на диапазона и мащаба на честотната реакция, които ще бъдат част от следващите стъпки.

В момента потенциалната работна мощност на бойлерите е около 600kW или +/- 300kW в двете посоки през летния период. Поради влиянието на COVID-19 върху туристическите



услуги, хотелите в кк Албена не са били напълно заети по време на тестовете. Следователно, потенциалът за рВРЧ на експлоатираните бойлерни инсталации при тези условия е установен на -175kW и +425kW. Ако туристическият сезон е редовен, работата на бойлерите ще бъде в очаквания диапазон на регулиране на мощността от +/-300kW. По-нататъшното разширяване на бойлерните инсталации в Албена АД потенциално ще увеличи обхвата на регулиране до +/-500kW, през редовния летен сезон. Скоростта на изменение на натоварването на предоставената услуга за рВРЧ от бойлерите е много бърза - около 60kW/min с 2-минутно забавяне на реакцията по заявката на диспечера на ЕСО ЕАД. В момента обаче, увеличаването и намаляването на потреблението на бойлерите се задейства ръчно от операторите на кк Албена чрез SCADA. Очаква се, че платформите на X-FLEX да осигурят автоматизация на този процес, като вземат предвид пазарните резултати, реалното и прогнозното потребление на бойлерите. Това ще увеличи не само потенциала за предоставяне на рВРЧ, но и прецизиране на портфолиото на кк Албена на пазарен сегмент в рамките на деня и съответно намаление на небалансите.

Възможно е използването на бойлери за други допълнителни услуги като регулиране на напрежение (високо и средно) и контрол на реактивната мощност, но ефектът е незначителен и може да се ползва само в аварийни случаи като подкрепяща мярка на останалите вече предприети мерки. Следователно, платформата GRIDFLEX на проекта X-FLEX може да бъде полезна за вътрешна оптимизация на мрежата на Албена, което изисква допълнителни изследвания.

Работният диапазон на рВРЧ на батерията е + 105kW и -80/85kW. Скоростта на изменение на натоварването при предоставяне на рВРЧ е 15kW/min с по-малко от 2 минути закъснение на реакцията при диспечерско разпореждане. Процесът се извършва автоматично. Батерията е много подходяща за изглаждане на портфолиото на кк Албена извън туристическия сезон, където освен това въздействието на батерията върху cos φ в някои случаи може да е значително. Въздействието върху нивата на напрежение е

подобно на това на бойлерите - пренебрежимо.

Предвид извършените тестове и резултатите от анализа, набелязани са следните стъпки за подобряване на ефективността на съоръженията на Албена АД при предоставяне на допълнителни услуги:

- Проучване и тестване на потенциала на биогаз централата за предоставяне на рВРЧ;
- Тестване на кумулативния потенциал на всички контролируеми съоръжения в Албена за предоставяне на рВРЧ;
- Проучване и тестване на съоръженията (бойлери и батерия) за предоставяне на първично регулиране на честотата;
- Интеграция на платформите SERVIFLEX и MARKETFLEX към проекта X-FFLEX.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] ENTSO-E, MARI Stakeholder Workshop, 4 September 2017.
- [2] Energy community, Final Report: Models of regional cooperation for balancing energy – Exchange of balancing energy (Task 4), March 2019.
- [3] Commission Regulation (EU) 2017/1485 of 2 August 2017 establishing a guideline on electricity transmission system operation.
- [4] Energinet, Prequalification of units and aggregated portfolios, Doc. 13/80940-106 – Offentlig/Public, 16 August 2018.
- [5] P. Olivella-Rosell, P. Loret, L. Haupt, S. Barja, S. Bjarghov, V. Lakshmanan, H. Farahmand, M. Korpås, J. Forsström, V. Mukherjee, A. Hentunen, S. Ottesen and T. Lundby, INVADE project D5.4: Advanced Optimal Battery operation and control algorithm – eSmart, 17 December 2018.
- [6] A. Hentunen, J. Forsström, Sa. Jenu, S. Tuurala, A. Manninen and S. Bjarghov, INVADE project D6.2: Battery techno-economics tool, 15 March 2018.
- [7] Rambøll Danmark A/S, Ancillary services from new technologies – technical potentials and market integration, Report, December 2019.
- [8] K. Poplavskaya, L. de Vries, Distributed energy resources and the organized balancing market: A symbiosis yet? Case of three European balancing markets, Elsevier, Energy Policy, Volume 126, March 2019, Pages 264-276.