

УПРАВЛЕНИЕ НА ЕЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕТО В ЕВРОПЕЙСКИЯ СЪЮЗ

Теодора Терентева, Димо Стоилов, Никола Николов, Иван Загорчев

Резюме: Тази статия представя основни знания за управление на електропотреблението, кратък исторически преглед на развитието на отзива на търсенето в САЩ и Европа, както и съвременното състояние на политиката за управление на товарите в Европейския съюз. Вместо към отзив на товарите при изменение на цените в реално време едновременно в преносната и разпределителните мрежи, сега политици и бизнес насочват управлението на потреблението към агрегиране на консуматорите и участие (на агрегатора) в пазара на едро, където действат ежечасови или половин часови цени за електроенергия.

Ключови думи: Управление на потреблението, отзив на търсенето, отзив на товарите

DEMAND SIDE MANAGEMENT IN EUROPEAN UNION

Teodora Terenteva, Dimo Stoilov, Nikola Nikolov, Ivan Zagorchev

Abstract: This paper presents basic knowleges on Demand Side Management, breaf historic review of the demand respons development in USA and Europe, as well as the present policy for demand response in the European Union. Business and politics guide demand response towards aggregation of loads for the aggregators' participation in the wholesale market instead of towards simultaneous real time pricing in transmission and distribution networks.

Keywords: Demand Side Menagement, Demand response, Load response

1. Въведение

Управление на потреблението (Consumption control или management) е широкообхватно понятие, което включва всички форми на въздействие върху консумацията на енергия: i) мерки за енергоспестяване (energy saving mesures), които най-често са мерки за енергийна ефективност (Energy Efficiency Mesures), ii) мерки за парично спестяване (Money Savings), които най-често са мерки за изместване на периодите на консумация (Load Shifting), iii) мерки за балансиране на електроснабдителната система (Demand-Supply Balancing) и пр. [1], [2]. След планиране, проектиране и внедряване на предпоставките за някаква мярка, тя се прилага в реално време и тогава се използва понятието **управление на товарите** (Load Management или Load Control).

Ако не се разграничава товара в MW от потреблението в MWh се употребява събирателното понятие **управление откъм търсенето** (Demand Side

Management-DSM), което означава управление на онази част от електроенергийната система, която е разположена зад електромера на потребителя, сиреч управление на устройствата за преобразуване на електрическата енергия откъм страната на консуматора. Когато това управление е в резултат от реакция на консуматора към изменението на цените се използва понятието **отзив на търсенето** (Demand Response-DR). Често понятието „търсене“ (demand) е синоним на „товар“ (load) затова „отзив на търсенето“ е синоним на „отзив на товара“ (load response)

Ефектите от управление на потреблението са многообразни [3]. Най-често се цитира потенциала за намаляване на върховете товари [4]. Според [5]: *‘Потенциалът от отзива на потребителите на електроенергия в Европейския съюз е огромен: върховият товар може да бъде намален с 60 000 MW или около 10 % от общия върхов товар в Европа.’*

2. Кратка история на управлението на потреблението

Управление на товарите/потреблението съществува откакто съществуват електроенергийни системи. Това управление придобива жизнено значение в периоди на недостиг на производствени мощности, независимо от първопричината за възникване на дефицита. В такива случаи следва понижаване на честотата или превишаване на договорения междусистемен внос или понижаване на напреженията. По-голям дефицит може да предизвика разпадане на ЕЕС на части и погасяване на големи райони. За да се предотвратят тежките технически и икономически последици в такива случаи се прилага дозирано ограничаване или прекъсване на част от потребителите. В зависимост от степента на технологичните и комуникационни възможности се прилага ръчно или автоматично пряко изключване на захранващите електропроводи (Direct Load Control - DLC, или Curtailment) или степенувано изключване на групи от изводи или определяне на квоти/дажби по време и мощност (Rationing) или друга форма за непряко управление на товарите. За тях Theodore Hesser and Samir Succar казват: *‘Ръчното изключване на товарите не представлява „ефективност (оптималност) по Парето‘. ‘Автоматичното честотно или напрежено разтоварване представлява груба/силова форма на управление на товара’* [6].

До към петдесетте години на миналия век малко електроенергийни компании са договаряли предварително ценови отстъпки или други условия с прекъсваемите потребители. Тогавашните форми на ограничаване на товарите са предшественици на съвременните форми на ограничаване на товара (Demand Limiting - DL), управляване на товара (Demand Management - DM), отзив на товара (Demand Response - DR).

Първоначално европейците се стремили да намаляват върховете натоварвания и по този начин да спестяват влагане на инвестиции във върхови агрегати, които имат малка използваемост. Като пионери на автоматичното ограничаване на върховете товари се смятат швейцарските инженери от държавната електрическа компания Swiss electric power monopoly, които са изпращали вълна/импулс по захранващите електропроводи, който е изключвал

съответния товар (перални машини или бойлери). Този прост, но ефикасен начин се е използвал около 50 години [4].

Към средата на миналия век на електроснабдителните компании се предлагат прости устройства за проследяване на товара (simple demand-drag indicators - Schleppezeiger), чрез които се регистрира максимално използваната мощност от отделни консуматори. Към 1960 г. небезизвестната швейцарска компания Landis and Gyr произвежда и предлага електромери 'Duomax', които могат да изключват машини или други захранвани уреди, когато мощността им надвиши определена величина. По същото време широко се разпространяват електромери, които позволяват прилагане на различни цени през различни часове от денонощието или сезона. От края на 60-те години до началото на 80-те са прилагани сравнително прости и евтини устройства, в т.ч. радио управляеми подгреватели на вода или помещения, но компютърните технологии се появяват и разпространяват едва след поевтиняването на електрониката. По това време започват да се внедряват мерки за енергийна ефективност като първоначални форми на политика за енергоспестяване и намаляване на разходите за енергия.

Към средата на 80-те компании като RSW, Mensch & Technik, Borer, Janitza и др. започват да разработват и въвеждат компютърно управление на товари като алтернатива на върховите производствени мощности в Европа и в отговор на разрастващите се анти ядрени движения. Тези фирми постоянно усъвършенстват изделията и алгоритмите за управление на товарите. Понастоящем около 50 европейски компании предлагат различни форми на интелигентни (intelligent, smart) устройства и системи за управление на товарите, в съчетание с масово разпространяване на хитри (smart) електромери. Много индустриални или търговски или обществени потребители, както и правителствени агенции прилагат различни способи за ограничаване на върховите товари, което им създава големи финансови ползи.

Въпреки наличието на теоретични трудове, поради относително ниските цени на енергията, мерките за управление на товарите в САЩ остават примитивни и започват да се развиват едва след енергийния недостиг от 1997 г. и уроците на Калифорнийската криза през 2000 г. и последващите няколко години [4]. През 1978 Sanford V. Berg публикува сравнение и анализ на ползите и разходите между пасивно и активно управление на товарите [7]. Той нарича използването на устройства за прекъсване на определени товари в мястото на потребление „въвеждане на дажби“ (rationing) или „активно управление“ (active load management) или „пряко управление на товара“ (direct load management), например чрез часовник или чрез радиосигнал или високочестотен импулс по мрежата или ниско честотна вълна, също предавана по мрежата или по телефонен кабел. Той нарича пасивно (passive) управлението на товари чрез прилагане на върхови цени (peak load pricing-PLP) като инструмент за енергоспестяване и/или преместване на товара.

Оттогава насам започват дискусии и опитно въвеждане на различни системи от тарифни цени, които по-късно започват да се наричат с общо понятие „динамични цени“. Първоначално се прилага терминът „Demand-side

management - DSM“, който по-късно се трансформира в „отзив на търсенето“ (Demand response) [8], [9], въпреки че за първи път то е въведено още през 1938 г. от Bolton D. J. [10].

DSM се отнася преди всичко към усилията и мерките, които прилагат електроенергийните и газови компании, за да изменят товарите чрез стимули към енергийна ефективност главно при частните потребители [11].

След 2000 година в САЩ се разпространиха много опитни програми за отзив на потребителите чрез различни динамични цени и усъвършенстване на инфраструктурата за измерване на електроенергията (advanced metering infrastructure -AMI). Например в [12] е представена теорията за стимулиране отзива на товарите чрез цени (The Theory of Demand Side Price Incentives). Най-естественият, но за съжаление най-последният, е методът за стимулиране чрез „цени в реално време“ (ЦРВ) (real-time pricing of electricity - RTP). ЦРВ са различни за всеки час и всеки ден, но се колебаят много в зависимост от цените на едро. Това не означава, че консуматорите трябва да купят цялото си количество по ЦРВ, защото те могат да договорят дългосрочни доставки на определени цени, а разликите до своите нужди да купуват/продават по ЦРВ. И докато ЦРВ тепърва ще се внедряват в пазарите, то в тях вече действат по-прости методи.

Най-популярен е методът за две или три цени според зони/участъци/блокове от време за ползване през денонощието и през годината (time-of-use - TOU). Тези две или три цени се комбинират с една постоянна съставка¹, пропорционална на максималния петнадесет минутен товар по време на годишния или сезонен общ максимален товар. (Към тях са включени други съставки: зелена добавка, местни такси, добавка за разчистване на ядрени централи и пр.).

Противоположен е методът за тарифи с прекъсване, което значи, че консуматорът поема задължение по всяко време при поискване (най-често с шапка на общата продължителност) да намалява или прекратява ползването на електроенергия. За консумираната енергия по време на поискано и изпълнено намаление плаща по-ниска цена (получава отстъпка - rebate), но ако не изпълни задължението си, заплаща консумираната енергия 30 пъти по-скъпо.

Елементи на ЦРВ има и методът известен под името „цена при критически връх“ (critical peak pricing – CPP). Обикновено това е една допълнителна цена в зоналната тарифа, която се въвежда с предизвестие от оператора при прогнозирано или настъпило критично натоварване. Методът съдържа „шапка“ на общото времетраене от 50 до 100 часа през годината. Има разновидност с две критични върхови цени, които се избират според затруднения случай.

Последен е методът известен под названието „програми за намален товар“ (demand-reduction programs - DRPs). При него на удостоверени потребители предварително се определя един базисен товар, наричан „базова линия“ (base

¹ У нас трите цени за консумирана електроенергия се комбинираха с постоянна съставка, известна като „такса електромер“, която бе отменена през 2006 г.

line). Удостоверени са големи индустриални потребители, присъединени към мрежа с напрежение над 100 kV, както и електроснабдителни компании, които участват в пазара на едро със сумарния товар от всичките си възли по границата с тази мрежа. Те предлагат на балансиращия пазар цена за намаление на товара до базовата линия и ако регионалният оператор приеме предложението, то се разплаща като равностойно на предложението на производителите за повишаване на мощността на производствен агрегат за определено време.

По този начин се изкривява смисъла на понятието “отзив на товара”, а потребителите се мотивират към корупция. *‘Всяка парадигма, съгласно която се продава редукция на товара спрямо базова линия ще избутва прилагането на преки ценови въздействия (critical peak and real-time pricing) върху еластичните товари. Прилагането на такъв изкривен отзив ще работи против истинското равнопоставяне на потребителите и производителите. Има значителен риск от създаване на условия за прилагане на много недостоверни отзиви, вместо прилагане на истински цени в реално време и реална еластичност при консуматора. Така консуматорите могат да получават свръх плащане, което не заслужават.*’ [13].

Въпреки ясно оформено съзнание за икономическа несъстоятелност на последния метод, в резултат от многогодишни дискусии, в т.ч. цитата от [13], Федералната комисия за енергийно регулиране в САЩ е разрешила прилагането на този метод².

В края на 2009 г. PJM предлага на FERC въвеждане на допълнителна форма на отзив на товара, наричана „отзивчив към цената товар“ (*Price responsive demand - PRD*) [14]. Тази форма на отзив допълва досегашната. Тя се основава на „динамични цени на дребно“ (*Dynamic retail rates - DRR*). Това означава цени на дребно, които следват измененията на цените на едро. Така крайните консуматори на дребно ще могат да реагират на измененията на цените, но за разлика от консуматорите на едро няма да получават заплащане за намалението на своя товар според съществуващия отзив. Те ще получават ползи от намаленото потребление при високи цени и обратно - увеличено потребление при ниски цени.

Освен споменатите до тук, в PJM се прилагат още две форми на отзив на товара: *Програма за аварийен отзив на товара (Emergency Load Response Program)* и *Програма за отзив на товара преди авария (Pre-Emergency Load Response Program)* [15]. Те се прилагат за общия товар на електроразпределителна компания, получен като сума от товарите в определени отнапред възли на преносната мрежа.

Характерният за PJM пазар на производствена мощност (Capacity Market) задължава всяка електроснабдителна компания да обезпечи разполагаема работна и резервна мощност през следващите три години в размер, определен според модела за сигурно електроснабдяване на местните потребители, захранвани от мрежата на съответната компания. Още по-характерно е, че за

² Заповед (FERC Order No. 745, March 2011), която е отменена от United States Court of Appeals For The District Of Columbia Circuit на 23 май 2014, но се преразглежда след обжалване

разполагаема мощност се приемат и доказаните намаления на товари, в резултат от мерки за отзив на товарите.

Предложеният в [16] Моментен пазар на електроенергия предхожда разнообразието на отзивите на товарите, прилагано в PJM. Моментният пазар е ефикасна среда за прилагане на цени в реално време, които се актуализират всяка минута според фактическите измерени мощности и топология на ЕЕС. При такъв пазар може да бъде постигнато оптимално управление на товара според личните интереси на всеки потребител.

През 2011 г. се появява ново понятие: *“диспечирание на товара” (demand dispatch)* [17]. Чрез него се изразява свойството *‘товарът да следва производството’* в допълнение на основното понятие *„диспечирание на снабдяването“ (Supply Dispatch)*, което изразява: *„производството следва товара“*. Това допълнение е предизвикано от разгръщането на прекъсваемите възобновяеми източници. То позволява участие на потребителите в оптимизацията на общественото благополучие при уравниване на търсенето и предлагането на пазара на електроенергия.

Изследванията, разработките и публикациите относно управлението на товарите нарастват и се усъвършенстват заедно с развитието на електроенергийните и информационни технологии. Например в [18] авторите правят аналогия между смарт мрежа и интернет. Те видоизменят наричания CIMEG образец за управление на местна мрежа (local area grids-LAGs) във виртуален енергиен буфер между потребителя и снабдителя (a virtual energy buffer between customers and suppliers), прилагайки управление на товара основано на образци за движение на динамичните данни (dynamic data driven paradigms).

Успоредно с усъвършенстването на методите и средствата за управление на товарите се проявяват нови технологични и организационни проблеми, някои от които са свързани с разпространението на много пресекваеми генератори из разпределителните мрежи, други с отказ от ядрена енергетика, трети със намаляването на емисиите на въглероден двуокис. Това усложнява задачите за надеждност и сигурност на електроснабдяването [19], [20] и предизвиква радикални промени в енергийните пазари, характерен пример за което е Германия [21]. При бъдещото опериране на електроенергийните системи се очаква увеличаване на случаите когато уравниелните цени на пазара на едро ще се установяват от предложенията на консуматорите, които са по-ниски от предложенията на производителите на върхова енергия.

3. Кратък преглед на сегашното състояние по управление на потреблението в Европейския съюз

В Директива 2009/72/ЕС от 13 юли 2009 г., относно общите правила за вътрешния пазар на електроенергия, управлението на потреблението е определено като синоним на енергийната ефективност в смисъл на *общ подход, насочен към намаляване на енергийното потребление или върховите товари чрез инвестиционни мерки или договори за прекъсваемо електроснабдяване, ако това е най-ефективния способ, отчитайки положителното въздействие върху*

опазване на природата и върху мрежите. Директивата равнопоставя провеждането на търг за нови мощности с търг за мерки по енергийна ефективност/отзив на товарите. Равнопоставени са също усилването на мрежите с използването на разсъсредоточени агрегати или с отзив на товари.

Директива 2012/27/EU от 25 октомври 2012 г. относно енергийната ефективност разглежда отзивът на търсенето като важен инструмент за повишаване на енергийната ефективност, значително увеличаващ възможността на потребителите да намалят или изместят потреблението. Отзивът на търсенето може да се основава на ценови сигнал при крайните потребители или на автоматизация на сградните инсталации. Условиата за и достъпът до отзив на търсенето трябва да бъдат подобрили, в т.ч. за малките потребители. ... Държавите членки трябва да обезпечат националните регулаторни органи... да проявят общ подход за пестене на енергия както при снабдяването с енергия, така и при крайните консуматори... да осигурят, че мрежовите тарифи и регламенти стимулират енергийната ефективност и подкрепят динамичното оценяване на мерките за отзив на крайните товари... да има стремеж за обединяване на пазара и за еднакви възможности за достъп до него на изричните производители и на източниците при потребителите (товари, проявяващи се като производител и потребител - протребител).

Директивата определя фигурата на обединител/aggregator/ като доставчик на услуга за комбиниране на краткосрочните товари на много потребители за продажба или за търгуване на организиран енергиен пазар.

Директивата задължава държавите членки да отстранят пагубни за ефективността и отзива на товарите съставки в цените за производство, предаване, разпределение, снабдяване или участие на балансиращ пазар и доставка на спомагателни услуги. ... държавите членки трябва да обезпечат мрежовите оператори да стимулират участието на консуматорите в подобряване ефективността на мрежата и чрез техния отзив.

Държавите членки трябва да обезпечат националните регулаторни органи да насърчават участието на потребителите в пазара на едро и дребно чрез своя отзив, успоредно на производителите.

Операторите на предавателната и разпределителни мрежи трябва да оценяват равнопоставено техническите възможности и доставянето на спомагателни услуги от различен произход: отзив на товар или активиране на агрегати.

...държавите членки трябва да поддтикват достъпа и участието на отзива на товарите в пазарите за балансиране, резерви и други спомагателни услуги чрез своите регулаторни органи и мрежови оператори.

Мрежовите тарифи или тарифите на дребно могат да поддържат динамично оценяване на мерките за отзив на товара при крайните потребители като:

- (a) цени според времето за ползване (time-of-use tariffs);*
- (b) цени при критически връх (critical peak pricing);*
- (c) цени в реално време (real time pricing); и*

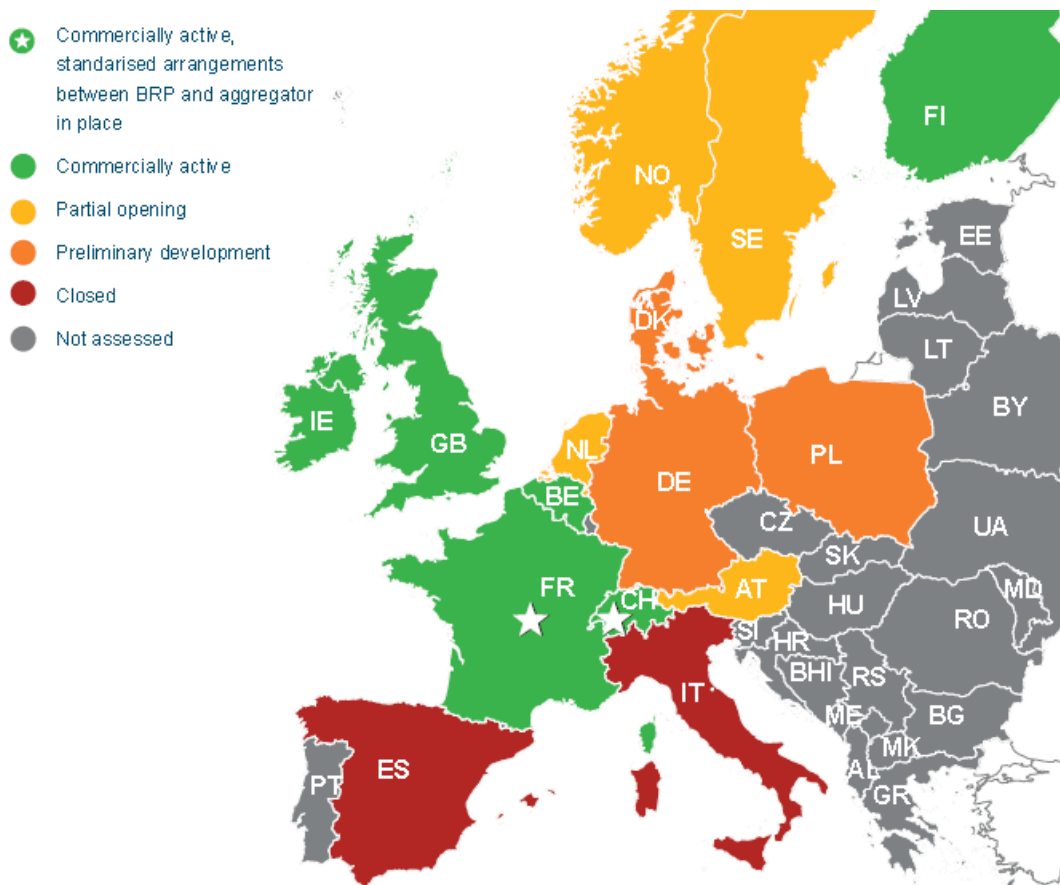
(d) отстъпка при намаляване на товара през върха (*peak time rebates*).

До 30 април 2014 г. и на всеки три години след това Държавите членки трябва да представят на Европейската комисия Национален план за действията по енергийна ефективност. Освен това всяка година до 30 април държавите членки трябва да представят ежегоден доклад за напредъка по постигане на националните цели по енергийна ефективност. Освен другото чрез доклада Държавите членки ще информират Европейската комисия за предприетите мерки съгласно член 15 за осъществяване и развитие на отзива на товарите.

Разглеждайки картата на фиг. 1 за отзив на товарите в европейските страни през 2015 г. виждаме, че България е в групата на неоченьваните държави [22]. Защо ли? Анализирайки Националния план за действие за енергийна ефективност 2014-2020 г. установяваме, че България не извършва действия по отзив на търсенето на електроенергия [23]. Вместо „отзив на търсенето/товара“ докладът използва термина „оптимизация на потреблението“, така както и българския превод на Директива 2012/27/EU³. Терминологичната грешка е само симптом за неразбиране на този значим проблем, заменено в доклада с формални пожелателни фрази, прикриващи истината.

Анализирайки обстояните проучвания в [5], [22], [24], [25], [26], [27] и др. могат да се направят много изводи за състоянието и близкото бъдеще на отзива на товарите в Европа. За съжаление проучванията не третират процесите при прилагане на цени в реално време при крайните консуматори, а третират само цени в реално време при пазара на едро или „real-time tariffs“ при пазара на дребно, което е твърде различна материя от цени в реално време едновременно в преносната и в разпределителните мрежи. Очевидно мението на персонала на Европейската комисия и позициите на бизнеса са повлияни от развитието на отзива на товарите в САЩ. Европа изглежда е готова да повтори тамошните грешки по заплащане на отзива на товарите на балансиращите пазари. Изглежда също, че европейците ще платят най-напред за създаването и обогатяването на новия вид посредници, наричани обединители (*aggregators*), и едва след много години ще насочат развитието на електроенергийните пазари към цените в реално време при всички крайни консуматори: ‘...*the demand response framework provided in the Electricity Directive and in the Energy Efficiency Directive will enable and promote technologies which allow the aggregation of the energy consumption of many individual consumers' on a voluntary basis. This can open up the market to exploit the potential of demand response, putting demand on an equal footing with supply in the (wholesale) market.*’ [5].

³ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:BG:PDF>.



Фиг. 1. Илюстрация на степента на дейностите по отзив на товари в европейските държави

4. Изводи и заключение

Управлението на потреблението извървя дълъг път през своята 130 годишна история: от грубото ръчно или автоматично изключване на захранващи изводи от подстанциите, през селективно изключване на прекъсваеми товари чрез електромеханични устройства, до усъвършенстваните методи в съвременните смарт мрежи, използващи модерни информационни технологии.

Вместо чрез отзив на товарите към цени в реално време едновременно в преносната и разпределителните мрежи сега политици и бизнес насочват управлението на потреблението към агрегиране на консуматорите и участие (на агрегатора) в пазара на едро, където действат ежечасови цени.

Управлението на потреблението в България все още стои на стадий автоматично честотно разтоварване (АЧР) и списъци от групи за циклично изключване. Необходими са систематизирани мерки за научна, практическа и бизнес дейности, чрез които да се използват предимствата на отзива на товарите.

Благодарности

Авторите благодарят на НИС при ТУ–София за помощта чрез финансирането на научно-изследователски проект в помощ на докторанти № 152ПД0036-01 на тема „Ценови образци при интелигентни преносни и разпределителни мрежи”.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Теодора Терентева, Мария Кънева, Димо Стоилов, Концепции и цели на управление на потреблението на електрическа енергия, Годишник на ТУ-София, 2013;
- [2]. Clark W. Gellings and William M. Smith, Integrating Demand Side Management into Utility Planning, Proceeding of IEEE, Vol 77, No 6, 1989;
- [3]. Moritz Paulus, Frieder Borggreffe, Economic Potential of Demand Side Management in an Industrialized Country – The Case Of Germany, IAEE European conference, 2009;
- [4]. Brett D. Steele and Theo Breitenstein, The History and Evolvment of Electrical Peak Load Control Systems in Europe and the U.S., 14 01 2010;
- [5]. Delivering the Internal Electricity Market and Making the Most Public Intervention, EC C(2013) 7243, Brussels, 5.11.2013;
- [6]. Fereidoon P. Sioshansi, Integrating Renewable, Distributed & Efficient Energy, Academic Press, 2012;
- [7]. Sanford V. Berg, Load Management: Rationing vs Peak load demand, 1978;
- [8]. Joseph Eto, The Past, Present and Future of the US Utility Demand side management programs, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory-LBNL, 1996;
- [9]. Fredrik Ygge, Hans Akkerman, Arne Anderson, A Multi-Commodity Market Approach to Power Load Management, 1998;
- [10]. Bolton D. J., Electricity Demand and Price, 1937, Journal of the Institution of Electrical Engineers, Volume 82, Issue 494, February 1938;
- [11]. William Steinhurst, The Electric Industry at a Glance, National Regulatory Research Institute, 2011;
- [12]. Severin Borenstein, Michael Jaske, Arthur Rosenfeld, Dynamic Pricing, Advanced Metering, and Demand Response in Electricity Markets, University of California Energy Institute, Paper CSEMWP-105, October 2002;
- [13]. James Bushnell, Benjamin F. Hobbs and Frank A. Wolak, When it comes to demand response is FERC its Own Worst Enemy, The Electricity Journal, Vol. 22, Issue 8, October 2009;
- [14]. Price Responsive Demand, 6.04.2013, PJM.com;
- [15]. PJM Open Access transmission Tariff 2014, par. 8.1 Emergency Load Response and Pre-Emergency Load Response Program Options, page 1975;
- [16]. Stoilov D., Stoilov G., Stoilov L., Momentary Power Market, Proceedings of 2008 IEEE International Conference on Electro/Information Technology, Iowa State University, May 18-20, 2008;
- [17]. Demand Dispatch-Intelligent Demand for a More Efficient Grid, US DoE, 08 11 2011;
- [18]. L. H. Tsoukalas, and R. Gao, From smart grids to an energy internet: Assumptions, Architectures and Requirements, DRPT, 2008;
- [19]. Ralph Masiello, Farnaz Farzan, Jessica Harrison, Kristie DeJuliis, Markets 3.0 - The impact on Market behavior of Integrated Demand Side Resources, IEEE Paper 11-7-2011;
- [20]. Marija D. Ilic, and Jonathan Donadee, Distribution Pricing and Tariff Structure: The Ongoing US Reforms, Power Engineering Society, IEEE General Meeting - PES , pp. 1-2, 2011;
- [21]. Shaping the Electricity Market of the Future, German Advisory Council on the Environment (Sachverständigenrat für Umweltfragen – SRU), Nov. 2013;
- [22]. Mapping Demand Response in Europe Today, Smart Energy Demand Coalition (SEDC), 2015;
- [23]. Национален план за действие за енергийна ефективност 2014-2020 г., Министерство на икономиката и енергетиката, юли 2014;
- [24]. Electricity demand response and Security of supply in EU, Seventh Framework Program, Project 213744, Deliverabaly 5.8.5, May 2010;
- [25]. Claire Bergaentzle, Cedric Clastres, Haikel Khalfallah, Demand-Side Management and European Environmental and Energy Goals, 2013;
- [26]. Zita-Vale, Demand response in the smart grid - the path towards widespread consumers' active participation, Clemson, July, 2015;
- [27]. Designing fair and equitable market rules for demand response aggregation, A Eurelectric paper, March, 2015;

Автори: колектив от катедра Електроенергетика при ТУ-София: Теодора Терентева, д-нт маг. инж., terenteva@tu-sofia.bg; Димо Стоилов, доц. д-р, dstoilov@tu-sofia.bg; Никола Николов, ас. маг. инж., n_nikolov@tu-sofia.bg; Иван Загорчев, д-нт маг. инж., i.zagorchev@ker.bg