

## ДИГИТАЛНИ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕХНИЧЕСКАТА БЕЗОПАСНОСТ

Камен Сейменлийски  
Бургаски свободен университет

## DIGITAL TECHNOLOGIES IN TECHNICAL SAFETY

Kamen Seymenliyski  
Burgas Free University

**Abstract:** *Until a few years ago, the implementation of electrical safety measures relied mainly on the human factor. With the development of technologies and especially with the introduction of modern computer and software systems in the power industry, part of the functions of control, management and signaling for safe operation were taken over by the so-called Information Control Complexes, as part of the Automated Dispatching Systems. This article analyzes the impact of these trends on the structure of the electricity system and, in particular, on the safety management of its operation.*

**Key words:** *power, digital technologies, electricity, technical safety, electrical safety energy sources, future, tendencies, development.*

### **Резюме:**

До преди няколко години, за изпълнение на мерките за електробезопасност се разчиташе предимно на човешкия фактор. С развитие на технологиите и особено с навлизането на съвременните компютърни и софтуерни системи в електроенергетиката, част от функциите по контрол, управление и сигнализация за безопасна работа се поеха от така наречените Информационно управляващи комплекси, като част от Автоматизираните системи за диспечерско управление.

Настоящата статия анализира отражението на тези тенденции върху структурата на електроенергийната система и най-вече върху управлението на безопасността при нейното функциониране.

### **Въведение:**

В една централизирана електроенергийна система, във вида, в който е позната днес, енергията се произвежда централно и се доставя еднопосочно към потребителите. За да се намалят транспортните загуби преносът на електроенергията се извършва през множество нива на напрежение.

По-високото ниво на напрежение означава по-ефективно транспортиране на електроенергията чрез намаляване на тока и загубите. Високите нива на напрежение изискват по-специализирано оборудване (например специални трансформатори) и следователно, то може да не е подходящо за локално приложение, например в градски условия.

Най-често използвана класификация на мрежите за пренос и разпределение на електроенергия е следната: мрежи за свръхвисоко напрежение (СВН); мрежи за високо напрежение (ВН); мрежи за средно (СрН) и за ниско напрежение (НН).

Мрежата за високо напрежение се използва предимно за транспортиране на електроенергия на дълги разстояния. Към нея са свързани електроцентралите, заедно с големи промишлени потребители от типа, например, на металургични заводи, нефто-преработвателни и химически производства.

След това, с помощта на трансформатор, електрическата енергия се понижава, за да се запази големите предприятия и местната промишленост, свързани с мрежата за средно напрежение (СрН). Малките предприятия и битовите потребители са свързани към мрежата за ниско напрежение (НН).

Тези нива на пренос и разпределение на електрическата енергия изискват спазването на специални мерки за сигурност и безопасност на всички дейности свързани с функционирането на системата. До преди няколко години, за управлението на тези процеси се разчиташе преди всичко на човешкия фактор. С навлизане на дигиталните технологии в енергетиката, дейностите свързани с така наречения Сейфти мениджмънт“ преминаха на качествено ново ниво.

### **I. Нормативни документи регламентиращи техническата безопасност в енергетиката**

Безопасната работа на всички съоръжения от системата, както и на самата система е гарантирана, чрез спазване на редица нормативни документи. Принципите на безопасна и безаварийна работа са заложиени в:

- „ЗАКОН ЗА ЕНЕРГЕТИКАТА“, Обн. ДВ. бр.107 от 9 Декември 2003 г.;
- ПРАВИЛНИК ЗА БЕЗОПАСНОСТ И ЗДРАВЕ ПРИ РАБОТА В ЕЛЕКТРИЧЕСКИ УРЕДБИ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ И ТОПЛОФИКАЦИОННИ ЦЕНТРАЛИ И ПО ЕЛЕКТРИЧЕСКИ МРЕЖИ В сила от 29.08.2004 г. Издаден от министъра на енергетиката и енергийните ресурси. Обн. ДВ. бр.34 от 27 Април 2004 г., изм. ДВ. бр.19 от 1 Март 2005 г., изм. и доп. ДВ. бр.92 от 22 Октомври 2013 г.
- НАРЕДБА № 9 от 9.06.2004 г. за техническата експлоатация на електрически централи и мрежи. Издадена от министъра на енергетиката и енергийните ресурси, обн., ДВ, бр. 72 от 17.08.2004 г., в сила от 18.12.2004 г., изм. и доп., бр. 26 от 7.03.2008 г.
- НАРЕДБА № 3 от 9.06.2004 г. за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии. Издадена от министъра на енергетиката и енергийните ресурси, обн., ДВ, бр. 90 от 13.10.2004 г. и бр. 91 от 14.10.2004 г., в сила от 15.01.2005 г., изм. и доп., бр. 108 от 19.12.2007 г.
- НАРЕДБА № РД-16-57 от 28.01.2008 г. за дейността на операторите на електроенергийната система и на разпределителните мрежи, както и на оперативния дежурен персонал от електроенергийните обекти и електрическите уредби на потребителите.
- НАРЕДБА № 16-116 ОТ 8 ФЕВРУАРИ 2008 Г. ЗА ТЕХНИЧЕСКА ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА ЕНЕРГООБЗАВЕЖДАНЕТО. В сила от 07.03.2008 г. Издадена от Министерството на икономиката и енергетиката Обн. ДВ. бр.26 от 7 Март 2008 г., изм. ДВ. бр.42 от 9 Юни 2015 г.
- ПРАВИЛНИК ЗА БЕЗОПАСНОСТ И ЗДРАВЕ ПРИ РАБОТА ПО ЕЛЕКТРООБЗАВЕЖДАНЕТО С НАПРЕЖЕНИЕ ДО 1000 V В сила от 01.06.2005 г. Издаден от Министерство на енергетиката и енергийните ресурси и Министерство на труда и социалната политика. Обн. ДВ. бр.21 от 11 Март 2005 г.

- ПРАВИЛА ЗА УСЛОВИЯТА И РЕДА ЗА ПРЕДОСТАВЯНЕ НА ДОСТЪП ДО ЕЛЕКТРОПРЕНОСНАТА И ЕЛЕКТРОРАЗПРЕДЕЛИТЕЛНИТЕ МРЕЖИ. Издадени от Държавната комисия за енергийно и водно регулиране. Обн. ДВ. бр.98 от 12 Ноември 2013 г., изм. ДВ. бр.100 от 15 Декември 2017 г.
- ПРАВИЛА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЙНАТА СИСТЕМА. Приети с Решение по Протокол № 162 от 06.11.2013 г. Издадени от Държавната комисия за енергийно и водно регулиране. Обн. ДВ. бр.6 от 21 Януари 2014 г., изм. ДВ. бр.100 от 15 Декември 2017 г.
- ПРАВИЛА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ЕЛЕКТРОРАЗПРЕДЕЛИТЕЛНИТЕ МРЕЖИ. Издадени от Държавната комисия за енергийно и водно регулиране. Приложение към т. 1 на Решение № П-6 от 18 юни 2007 г., Обн. ДВ. бр.66 от 14 Август 2007 г. и др.

## **II. Нормативни документи регламентиращи използването на новите ИТ технологии в електробезопасността**

Основният нормативен докумен в които първоначално е регламентирано навлизането на дигиталните технологии в електроенергетиката е: - НАРЕДБА № 3 от 9.06.2004 г. за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии. Издадена от министъра на енергетиката и енергийните ресурси, обн., ДВ, бр. 90 от 13.10.2004 г. и бр. 91 от 14.10.2004 г., в сила от 15.01.2005 г., изм. и доп., бр. 108 от 19.12.2007 г.

В глава двадесет и втора „Автоматизирана система за диспечерско управление (АСДУ) на Електроенергийната система“, от „Наредба № 3 са описани мерките и изискванията за предотвратяване на аварийни ситуации в електроенергийната система, чрез въвеждане на SCADA система:

Чл. 1046. Всеки обект от ЕЕС се проектира и изгражда в съответствие с изискванията за функционирането на „Автоматизирана система за диспечерско управление“ (АСДУ).

Чл. 1048. Към АСДУ се поставят изисквания за осигуряване на:

1. надеждна и икономична работа на ЕЕС;
2. повишаване ефективността на диспечерското управление при водене на режимите, ликвидиране на нарушения и аварии в ЕЕС;
3. поддържане качество на електрическата енергия съгласно стандарта и зададените обмени на енергия с други електроенергийни системи.

Чл. 1061. (1) Чрез телесигнализация се осигурява информация за:

1. състоянието на комутируемите съоръжения, определящи топологията на обекта;
2. задействалите релейни защиты;
3. аварийните състояния;
4. състоянието на апаратурата от АСДУ.

Чл. 1067. (1) За преносното и разпределителните предприятия се проектират и изграждат информационно управляващи комплекси (ИУК) за управление в реално време на електрическите мрежи и генераторите, намиращи се на тяхна територия.

Чл. 1068. (1) Информационно управляващият комплекс се изгражда с компютърна система за наблюдение и управление на електроенергийната система в реално време.

(2) Информационно управляващите комплекси обхващат:

1. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – система за събиране, обработка, визуализация, архивиране и протоколиране на телеинформация и телеуправление на комутационни апарати в електроенергийни обекти;

2. AGC (Automatic Generation Control) – система за автоматично регулиране на честотата и обменните мощности;

3. PAS (Power Application Software) – система за режимни изчисления в реално време, включваща потокоразпределение, оценка на състоянието, сигурност, оптимално потокоразпределение и др.;

4. система за енергийно планиране, включваща програми за хидротермална координация, оптимален работен състав на генериращите мощности и икономичен диспечинг;

5. система за диспечерски тренажор;

6. система за дълговременно архивиране на информацията.

(3) За функционалността на ИУК се изисква:

1. критичните функции по отношение на сигурност да включват като минимум SCADA и AGC функциите;

2. некритичните функции да включват генериране на банката данни, генериране на картини и протоколи, система за дългосрочно архивиране и диспечерски тренажор;

3. разполагаемостта на критичните функции да е най-малко 99,95% или общото годишно отпадане за всички критични функции да е най-много 4 h и 23 min;

4. разполагаемостта на некритичните функции да е в рамките на 95%;

5. времето за реализация на информационно управляващата система на заявки на оператора е до 1 sec, а времето на извикване на картина на дисплеите е без видимо забавяне за оператора.

(4) Информационно управляващият комплекс на оператора на електроенергийната система се проектира и изгражда на база отворена архитектура, позволяваща да се комуникира с информационно управляващите системи на диспечерските центрове на съседните ЕЕС и разчетния център на UCTE (Union for the Coordination and Transport of Energy).

(5) Информационно управляващите комплекси на операторите на разпределителните мрежи включват функционалност и интерфейси, съвместими с информационно управляващия комплекс на централното и териториалните диспечерски управления на оператора на електропреносната мрежа.

(6) Интерфейсите между ИУК се осъществяват на база на телемеханични и стандартни IEC протоколи.

### **III. Внедряване на дигиталните технологии в управление на безопасността.**

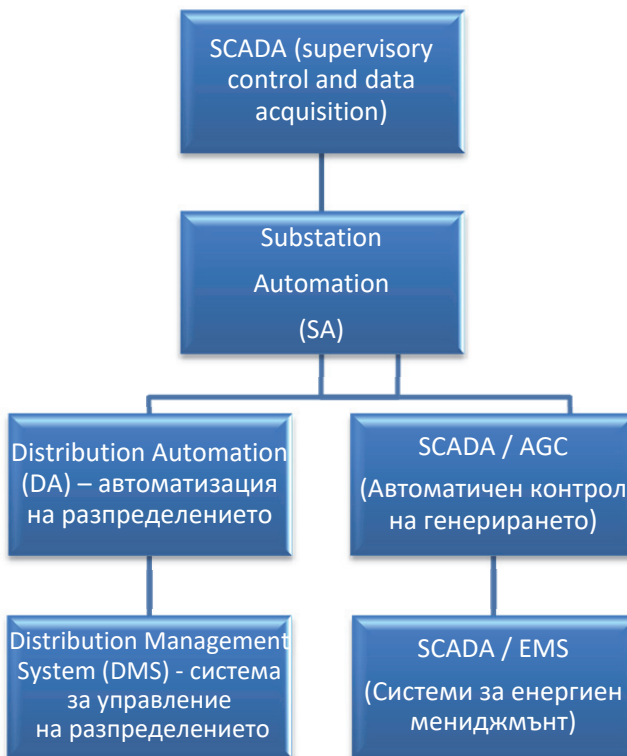
Понастоящем SCADA системите и подсистемите се налагат приоритетно при управление на безопасността в електроенергийните мрежи. SCADA системите се използват във всички сфери на енергийната система започвайки от производството, разпределението, разпространението и до консумацията на електрическа енергия [1, 2, 7].

Функциите SCADA в енергийната система могат да бъдат класифицирани като основни и разширени функции за приложение. Основните SCADA функции включват събиране на данни, дистанционно управление, човек-машина интерфейс, анализ на исторически данни и писане на отчети, които са общи за системите за производство, пренос и разпределение. Събирането на данни е функцията, чрез която всички видове данни – аналогови, цифрови и импулсни – се „събират“ от енергийната система чрез използване на сензори, преобразуватели и информация за състоянието на системата придобити от терен [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15].

Друга основна функция на SCADA системата пряко касаеща безопасността е дистанционното управление на съоръженията. Дистанционното управление включва управление на всички необходими променливи от оператора от контролната зала. В

енергийните системи управлението е предимно на превключване позицията на разеденители и прекъсвачи; следователно преобладаващи в SCADA в енергийната система са цифровите контролни изходни точки (сигнали), като позиции на прекъсвача и разеденителя и позиции за включване и изключване на апаратурата.

Анализът на историческите данни „събрани“ в SCADA системата също е важна функция за контрол на безопасността, при нея, след възникване на дадено събитие в енергийната система анализът се извършва с помощта на наличните данни след събитието. Пример за това е прекъсването на енергийната система поради някаква причина, като след анализ на данните получени от системата SCADA, могат да предоставят яснота за причините, последователността на събитията по време на прекъсването, неизправността на което и да е устройство в системата и предприетите действия от оператора. Това може да бъде мощен инструмент за бъдещото планиране и е широко използван от персонала в енергетиката. В енергийната система от SCADA се изисква да се генерират и редица отчети, касаещи безопасната и безаварийна работа на съоръженията. На фиг. 1 са представени основните функции на SCADA в енергетиката.



Фиг. 1 . Основни функции на SCADA

Следващото, по-високо ниво на приложение на дигиталните технологии в техническата безопасност са така наречените интелигентни електрически мрежи [3, 4, 5].

Интелигентните електрически мрежи или Smart grid са съвременна концепция за автоматизиран контрол на системите и електрическата енергия както от страна на доставчика, така и от страна на потребителя на електрическа енергия [6, 7, 8, 16, 17].

Основните цели на смарт-мрежите са да се осигури най-качественото и безопасно електрозахранване на потребителите. Крайната цел за изграждане на една интелигентна мрежа е да се модернизират и автоматизират съществуващите електрически мрежи [18, 19, 20, 21].

Smart grid използва иновативни продукти и услуги заедно с интелигентни технологии за наблюдение, контрол и комуникация с цел:

- Улесняване на свързването и работата на генератори от всички размери и технологии;
- Създаване на възможност и потребителите да играят важна роля в оптимизирането на работата на системата;
- Предоставяне на потребителите по-голяма информация и възможности за начина, по който използват доставките си;
- Значително намаляване на въздействието върху околната среда на цялата система за електроснабдяване;
- Поддържане или дори подобряване на съществуващите високи нива на надеждност и безопасност на системата, качество и сигурност на доставките;
- Ефективно поддържане и подобряване на нивото на безопасност.

Крайната цел за изграждане на една интелигентна мрежа е да се модернизират и автоматизират съществуващите електрически мрежи.

Изискванията към смарт-мрежите включват: надеждност; гъвкавост в мрежовата топология; ефективност; настройка на товара – балансиране на натоварването; максимално оптимизиране на процесите; безопасна работа на съоръженията и др.

Необходимо е още да има:

- Съвместимост с всички операционни системи;
- Многоезичен интерфейс – включително и на български език;
- Следене на параметрите от всяка точка на света посредством Интернет;
- Вход чрез потребителско име и парола с различни нива на достъп до системата;
- Възможност за изготвяне на документи: за фактуриране и протоколи за консултирана енергия;
- Възможност за следене на данните от уредите в реално време;
- Пълно графично и таблично представяне на измерените данни;
- Експортиране на данните в стандартен файл;
- Показания за качеството на енергията: отчет, съгласно EN 50160.

Ефективността, която може Smart Grid да предостави на една електроенергийна система означава, че подстанцията трябва да получи по-значителна роля в „интелигентността“ на мрежите.

Системата за автоматизация на подстанцията може да бъде разглеждана като децентрализиран център за управление, който дава възможност на мрежата да бъде по-ефикасна и по-надеждна. Автоматизацията на подстанциите може да доведе до оперативна съвместимост, разпределен интелект, интегрирани комуникации и системи за повишена работоспособност и надеждност на оборудването, мрежата и доставянето на електроенергия.

В системата на Електроенергийния системен оператор се изграждат и така наречените „Опорни пунктове“, които ще служат като координационни центрове за управление на новоизгражданата система, към тях вече са присъединени първите подстанции, които ще работят без дежурен персонал.

Такива, например, са подстанциите „Връбница“, „Искър индустрия“, „Елин Пелин“, „Перун“, присъединени към ОП „София юг“, „Плевен изток“, „Русаля“,

„Дряново“, „Жеравица“, „Враца 1“, „Монтана“, присъединени към ОП „Плевен“, „Албена“, „Бабово“, „Лудогорие“, „Силистра“, „Кубрат“, „Дръстър“, „Исперих“, „Дулово“, „Балчик“, присъединени към ОП „Варна“, „Бургас – център“, „Бургас – индустрия“, „Самара“, „Железник“, „Айтос“, „Рибари“, „Хелиос“, „Созопол“, присъединени към ОП „Стара Загора“, „Капитан Петко“, „Пловдив 2“, „Веселчане“, „Лаута“, „Филипово“, „Смолян“, „Христо Ботев“, „Димитър Канев“, „Хасково“, „Ардино“, „Кърджали“, присъединени към ОП „Пловдив“ и др.

През 2019 г. системи за дистанционно управление са изградени в 31 подстанции, през 2020 г. – 52. Очаква се през 2021 г. да бъдат доизградени такива системи в още 27 подстанции, а в периода 2022 г. – 2028 г., ще бъдат автоматизирани още 34 разпределителни подстанции от ЕСО. Това означава, че повече от 50 % от основните системни съоръжения ще бъдат подготвени да бъдат част от една съвременна интелигентна енергийна мрежа. Такива подстанции се изграждат и от операторите на електроразпределителните мрежи.

### Изводи:

Прилагането на новите дигитални технологии в електропреносните и електро-снабдителните системи ще даде възможност голяма част от технологичните процеси да се извършват без прякото участие на дежурен персонал. Това ще намали риска от електрозлополуки, дължащи се на грешни манипулации или дефекти по съоръженията. Първа стъпка в това отношение е изграждане на системата за оперативното управление на разпределителните подстанции без участие на ремонтен или оперативен персонал. Това ще намали многократно трудовия травматизъм и ще повиши значително нивото на техническата безопасност при работа в енергийния сектор.

### Литература:

- [1] Jiuyan Fan, Xiaoling Zhang, „Feeder Automation within the Scope of Substation“, Proceedings of Power Systems Conference and Exposition, 2006 PSCE '06. 2006 IEEE PES, Atlanta, GA, ISBN: 1-4244-0177-1', pp 607 – 61
- [2] P. J. Ramadge and W. M. Wonham: Supervisory control of a class of discrete event processes, SIAM J. Control and Optimization, Vol. 25, No. 1, pp. 206-230, 1987
- [3] Долчинков Р., Управление на риска при опасно събитие, Годишник на БСУ, ISSN: 1311-221-X, том XXXVIII, стр.36-41, 2018.
- [4] Долчинков Р., С. Николова, ОЦЕНКА И ИЗМЕРВАНЕ НА РИСКА ПО ВРЕМЕ НА РАБОТА, Международна научна конференция СИНЯ ИКОНОМИКА И СИНЬО РАЗВИТИЕ, ISBN: 978-619-7126-57-0, стр.452-458, 2018.
- [5] Долчинков Р., АНАЛИЗ И КОЛИЧЕСТВЕНА ОЦЕНКА НА РИСКА ПО МЕТОДА НА СЕЛ, Международна научна конференция СИНЯ ИКОНОМИКА И СИНЬО РАЗВИТИЕ, ISBN: 978-619-7126-57-0, стр. 411-418, 2018.
- [6] Долчинков Р., М. Бангев, ПРЕДОТВРАТЯВАНЕ НА ПОЖАРИ ПРИЧИНЕНИ ОТ ЕЛЕКТРИЧЕСКА ДЪГА, Международна научна конференция СИНЯ ИКОНОМИКА И СИНЬО РАЗВИТИЕ, ISBN: 978-619-7126-57-0, стр.441-451, 2018.
- [7] Развитие към Smart Grid, Част II: Управление на мрежата и средства за автоматизация, сп.Енергия, бр. 2, април 2012.
- [8] Акад. В.Стурев, н.с. Ст. Койнов. Интелигентно диспечерско управление на енергийните мощности – съвременни тенденции. Институт по информационни технологии – БАН, 2008.Nguyen Dang Anh Thi, The evolution of floating solar photovoltaics, 2017, <https://www.researchgate.net/>

- [9] Мишо Мацанков, Стоян Петров, Study of voltage in the nodes for one-contour network with decentralized sources, БСУ - Годишник, Том XLI, ISSN: 1311-221X, 2020, стр. 75-79
- [10] Simionov, R., Mollova, S., Dolchinkov, R. - Integrated laboratory complex, 2020 43rd International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, MIPRO 2020 - Proceedings, 2020, pp. 1567–1572, 9245339
- [11] Радослав Симионов – Съвременни методи за инженерингови решения в сградни енергийни системи, Годишник БСУ 2018, том XXXVIII, ISSN: 1311-221X
- [12] Radoslav Simionov, Kaloyan Totev, Hrusav Hrusafov - IOT IN ADVANTAGE OF THE UNIVERSITY, Годишник ТОМ XXXIX – конференция за студентско научно творчество, 2019 г., ISSN: 1311-221-X
- [13] Radoslav Simionov - INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF TECHNICAL FACTORS ON THE PROCESSES OF INTEGRATION OF ENERGY SECTOR SYSTEM IN BALKAN REGION, Списание „Компютърни науки и комуникации“, Том 8, No1 (2019), БСУ, Бургас, стр. 48-53
- [14] Radoslav Simionov - ЕКСПЕРТИЗИ ПРИ МАНИПУЛАЦИИ НА СРЕДСТВА ЗА ТЪРГОВСКО МЕРЕНЕ В СГРАДНИ ЕНЕРГИЙНИ СИСТЕМИ, Списание „Компютърни науки и комуникации“, Том 9, (2020), БСУ, Бургас, стр. 85-92
- [15] Eldar Zaerov, Silviya Letskovska - ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY POWER PLANTS BASED ON THE POTENTIAL OF THE ENERGY FROM THE SEA WAVES, Yearbook BFU 2020, ISSN: 1311-221X, pp.333-358
- [16] Гинко Георгиев и Силвия Лецковска, Изследване на възможни причини за аварии на асинхронно електро задвижване, Юбилейна научна конференция с международно участие „Новата идея в образованието“, БСУ, 20-21 септември 2016 г, Сборник доклади, ISBN 978-619-7126-28-0, стр. 513-520, „ЕКС-ПРЕС“ ООД – Габрово
- [17] Daniela MAREVA, Dimitar YUDOV and Emil MAREV „Electronic transformer for a small photovoltaic plant“ SIELA 28-30 May 2012, XVII-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, Bourgas, Bulgaria, volume 1, pp.210-217, ISSN:1314-6297
- [18] Драгнева Н., Изграждане на зарядни станции за електромобили в България - европейски практики и проблеми Научно-практическа конференция БСУq том 2, 560-566с., Б., 2015., ISBN 978-619-7126-11-2.
- [19] Панчев Р. К., Георгиев Г. А., Киров Р. М., Панчев Х. И., Изследване на влиянието на качеството на електрическата енергия върху надеждността на електрическите съоръжения и системи, International Scientific Conference 2018, GABROVO, ISSN 1313-230X, том 1, ISSN 1313-230X, с.37-41.
- [20] Панчев Р. К., Илиев И. Х., Георгиев Г. А., Чиков В. Ч., Оценка и прогнозиране на надеждността на електроснабдителните системи на промишлени обекти в режим на понижено натоварване, International Scientific Conference, 16-17 November 2018, GABROVO, том 1, ISSN 1313-230X, с.32-36.
- [21] Gyurov, V., Iliev, I., Kirov, R., Georgiev, G., Study on Possibilities for Improvement of Energy Efficiency of Power Transformers in Electric Distribution Networks, Proceedings of the 9th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering, „Elektroenergetika 2017“, pp.263-267, Kosice, 2017, ISBN: 978-80-553-3195-9.