

Резюме

на научноизследователските трудове и материали за внедрени научни постижения на гл. ас. д-р инж. Юлиан Емилов Рангелов представени за участие в конкурс за академична длъжност „Доцент“ в професионално направление 5.4 Енергетика по научна специалност „Електрически мрежи и системи“, към катедра „Електроенергетика“ при Електротехнически факултет на Технически университет-Варна, обявен в Д.В. бр. 45/19.06.2015 г.

За участие в конкурса са предложени 24 научни труда и 3 учебни пособия

- | | |
|---|-------|
| 1. Статии в научни списания и годишници в чужбина | 2 бр. |
| 2. Статии в научни списания и годишници в България | 5 бр. |
| 3. Доклади на международни конференции в чужбина | 8 бр. |
| 4. Доклади в международни конгреси и конференции в България | 9 бр. |
| 5. Учебници и учебни пособия | 3 бр. |

Публикации I.2, I.10, I.11, II.6 са индексирани в базата данни на SCOPUS

Представените, като равностойни на монографичен труд публикации (част I) могат да бъдат разделени на две тематично свързани части:

- Публикации в областта на дистанционното управление в електроенергийните системи.
- Публикации в областта на интелигентните електрически мрежи.

Втората група (част II) от публикации са свързани с изследвания в областта на електрическите мрежи и устойчивост при малки смущения в електроенергийните системи.

Резюметата представят трудовете в общ план, като претенциите на автора за приноси и цитирания са в документ №8 „Справка за приносите и цитиранията“

I Резюмета на публикациите обединени като равностойни на монографичен труд на тема „Интелигентни мрежи за управление и наблюдение в електроенергийни системи“

I.1 **Rangelov, Y., Al. Avramov, N. Nikolaev.** Design and Construction of a Laboratory SCADA System. ICEST 2015, June 24-26 Sofia, Bulgaria. Proceedings of papers, (предстои издаване)

Рангелов, Ю., Ал. Аврамов, Н. Николаев. Проектиране и изграждане на система за управление и контрол на електроенергийни обекти. ICEST 2015, юни 24-26 София, България. Сборник с доклади, (предстои издаване)

През последните десетилетия „дигитализацията“ на индустрията достига много високи нива. Индустриални, търговски и дори битовите потребители участват в дигиталната революция. В бъдеще се очаква дори електрическата крушка да притежава възможности за мониторинг и/или управление. Електроенергетиката също е засегната от дигитализацията в световен мащаб. Всеки електроенергиен обект в някаква степен е напълно или частично оборудван със системи за автоматизация, цифрови защиты, мултифункционални електронни измервателни устройства и др. Електроенергийната индустрия от години търси начини и в последно време успешно се справя с унификацията на техническите средства на различни производители свързани с автоматизацията на подстанциите и комуникациите между тях. Институтите по стандартизация в Европа и Америка създадоха общ стандарт (IEC61850), който осигурява средства за интегриране на комуникацията, информацията и всички отделни системи.

Същността на доклада е представяне на проектирана и изградена електронна система за управление, сигнализация и измерване (SCADA) на конкретна разпределителна уредба. Накратко са описани конкретни конструктивни решения при проектирането на автоматизираната система за управление. Изложени са основните аспекти свързани със създаването на SCADA система на разпределителната уредба в лаборатория „Електрически централи и подстанции“ към катедра „Електроенергетика“ при Технически университет - Варна.

Крайният резултат от разработката може да се обобщи в следните аспекти:

1. Подробно са проучени общодостъпните документи в интернет за системи за автоматизация на различни водещи фирми.

2. Подробно са разгледани нормативните документи и стандарти отнасящи се до разглежданата тематика.

3. Създадена е интелигентна електронна платформа наречена локален контролер, обединяваща входно-изходни и управляващи сигнали в пакети за ползване от операторска компютърна станция.

4. Създадена е комуникационна инфраструктура (сумарна дължина на проводниците приблизително 1000 метра) между комутационната апаратура (83 единици), измервателните устройства и локалния контролер в лаборатория „Електрически централи и подстанции“.

5. Създаден е, човеко-машинен интерфейс за визуализация, сигнализация и управление на разпределителната уредба в лаборатория „Електрически централи и подстанции“.

I.2 **Rangelov, Y., M. Yordanova.** Risk assessment of the operational switches in medium voltage indoor switchgears. XVIII-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA 2014 29-31 May 2014, Bourgas, Bulgaria. ISBN 978-1-4799-5816-0, pp 1-4.

Рангелов, Ю., М. Йорданова. Оценка на риска при оперативни превключвания в зру за напрежение над 1000V. XVIII-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA 2014 29-31 May 2014, Bourgas, Bulgaria. ISBN 978-1-4799-5816-0, pp 1-4.

Статията анализира възможните опасности, създаващи риск за здравето и живота на обслужващия персонал в закрити разпределителни уредби (ЗРУ), поради погрешни оперативни превключвания, неправилни действия на персонала и нарушение на организационните мерки за безопасност при високо напрежение. За извършване на оценката на риска е използван методът на Kinney и Wiruth, разглеждащ три елемента на риска (R), вероятност за възникване на опасно събитие P, експозиция E (честота, продължителност и специфика на излагане) и тежест на вредата (последизи) T.

За да бъде оценен елементът P са отчетени: 1. От гледна точка на организационните мерки за безопасност работата по съоръженията в РУ се извършва при изключване на напрежението по тоководещите части и с наряд. 2. При неизправни системи за контрол, блокировки, защита и сигнализация, свързана с безопасността, не се разрешават прегледи и профилактика по съоръжения в РУ; 3. Прилагането на блокировки на апаратите с ограждащи устройства за предотвратяване на грешни манипулации и достъп да тоководещи части; 4. Задвижванията на разединители, достъпни за външни лица, се снабдяват с приспособление за блокиране, както във включено, така и в изключено положение и др. При определяне на този елемент се предполага натрупване на неблагоприятни събития като: отказ/повреда в блокировки и/или неправилна преценка на обслужващия персонал, както и нарушаване на организационните мерки за осигуряване на безопасност.

За експозицията E поделементите са: честота на проявление; човешки и технически възможности за предотвратяване на неблагоприятното събитие. За отчитане на техническите възможности за предотвратяване да се има предвид, че се оценява риска от несработване на блокиращо устройство, т.е за този елемент като цяло се очаква ниска стойност. Предвид високото напрежение, човешките възможности за предотвратяване не бива да се отчитат.

За тежест на вредата T трябва да се приеме възникване на директен допир, водещ до тежки изгаряния или смърт.

Направена е примерна оценка на риска за ЗРУ с единична секционирана шинна система и с двойна несекционирана шинна система.

В таблица са дадени елементите, операциите, дейности и ситуации при обслужване на ЗРУ, опасни за здравето и живота и потенциалния негативен ефект (директен допир). За тях са дадени числените стойности, както и за риска, определен от умножението на стойностите на елементите.

Числените стойности на риска за здравето и живота на обслужващия персонал от анализирания възможни ситуации – погрешни операции, грешни действия и нарушаване на организационните и мерките за безопасност са разпределени в няколко обхвата: от 3.5 до 7.5; от 7 до 15 и от 14 до 30. Тези стойности отговарят на малък и приемлив риск. Имайки предвид възможните последствия като тежки изгаряния или смърт, контролът върху осигуряването на много добро работно състояние на прекъсвачи и друга изключваща апаратура трябва да е много стриктен и също така – работата в РУ да става само с наряди.

I.3 Рангелов, Ю. Обзор на методите за графично и буквено-цифрово означаване на веригите от първична и вторична комутация в електроенергийната система на България. Сборник с научни доклади, ISBN 978-954-760-316-5. Проект: BG051PO001-3.3.06.0005. pp 83-91.

Статията е предназначена да ориентира младите – настоящи и бъдещи инженери в разнообразието от графични и буквено-цифрови обозначения, използвани при построяването на принципни, разгънати и монтажни схеми от първична и вторична комутация на електроенергийните съоръжения в България. Посочени са някои характерни примери, български, руски, европейски и американски стандарти в тази област, основни литературни български, руски и европейски източници. Направено е нагледно сравнение между начините за обозначаване на няколко фирми, основни доставчици на оборудване и на утвърдени български проектантски фирми.

Проектирането, изграждането и експлоатацията на системата от първични и вторични съоръжения в енергетиката е невъзможно без наличието на документация, съставена при спазването на ясни правила. Съществена част от тази документация е комплексът от различни видове схеми, описващи принципите на действие, функционалните възможности и изискванията при монтаж на апаратите, съединителните клеми и връзките с първичното оборудване.

В статията са разгледани основните стандарти за изобразяване и обозначаване в схеми на силово оборудване, апарати и техните елементи, използвани в България от проектантите, фирмите производители на оборудване и авторите на учебна и справочна литература.

Направена е справка за действащите към момента стандарти на територията на България. Показани са начини за изобразяване на някои по-важни графични условни означения. Разгледани са основни правила за обозначаване (маркиране) с буквено-цифрови (числени) означения според действащите стандарти и утвърдените практики в електроенергийния сектор на икономиката.

Изводите от направеното изследване могат да се обобщят така:

Създаването на електрически схеми е отговорен процес, свързан със спазването на редица изисквания. На първо място трябва да са сигурни, функционални и разбираеми. Намаляването на времето необходимо за правилното им разчитане е свързано с използването на общоприети графични и буквено-цифрови означения. Въвеждането на нови съвременни стандарти в тази област е бавен процес, който зависи от изискванията на възложителя, проектанта и производителите на оборудване.

Въвеждането на стандарта БДС EN 60617 за условни графични означения не представлява проблем с оглед на липсата на големи различия с наложилите се в практиката означения.

Използването на БДС EN 81346 не може да стане масово най-вече заради различния подход при избор на буквени означения за електрическите съоръжения, устройства, апарати и техните елементи, както и поради консервативното мислене в електроенергийния сектор на България, когато става дума за промяна на общоприети правила. Това води до необходимост от инвестиции в допълнително обучение и време за адаптация към новите условия.

I.4 **Рангелов, Ю., П. Манолов.** Използване на програмируеми контролери при изграждането на системи за управление, сигнализация и блокировки в разпределителни уредби за средно напрежение. Трети международен конгрес "50 години Технически университет-Варна", vol. III. ISBN 978-954-20-0552-0. ТУ-Варна България 2012. pp. 0081-0086

В доклада се разглежда приложимостта на програмируеми контролери за дистанционно управление на прекъсвачи за средно напрежение в класически закрити разпределителни уредби.

Модернизацията на ЗРУ е свързана както с подмяна съоръжения от първичните вериги, така и с цялостно обновяване на веригите на вторичната комутация в това число система за управление, сигнализация, измерване, блокировки и релейни защиты. Връзките между системата за управление и първичните съоръжения са директни (паралелни връзки), т.е. всяка комуникация се осъществява по отделен чифт проводници.

За класическата система от блокировки могат да се изтъкнат следните недостатъци: а) Връзките между системата от блокировки и оборудването в килията изискват голямо количество проводници, кабели и свързващи елементи. б) Данните от оборудването в уредбата трябва да бъдат предоставени до входовете на различните устройства, предназначени за защита, управление, блокировки и т.н., което прави труден контролът на връзките. в) Проследяването на работата на индивидуалните устройства е придружено от проверка на функционирането на цялата система. г) Трудно се локализира повреда в някоя от веригите. д) Не може да се заложи последователност за изпълнение на операции с разединителите. е) Системата е лишена от всякаква сигнализация указваща състоянието ѝ.

Системата за управление, сигнализация и блокировки управлявана чрез контролер има следните предимства и недостатъци: а) Пренос на данни чрез сериен интерфейс за минимално окабеляване. б) Значително опростяване на схемата и намаляване на времето за монтаж. в) Многократно използване на данните от оборудването. г) Самодиагностика с непрекъснат тест на функциите - намаляваща необходимост от периодични проверки на цялостната система и подсистемите. д) Лесно разширяване на възможностите чрез препрограмиране. е) Автоматично вписване на събитията в правилния времеви ред с голяма точност. ж) Всяко устройство е снабдено със сигнализация, информираща за състоянието му. з) Намалени изисквания за пространство. й) Възможност за задаване на схема за последователност на оперативните действия на персонала. я) При възникнала неизправност в контролера заключващите механизми остават затворени. к) Възможност за комуникация между контролерите на от-делните монтажни единици и командна зала. *Недостатъци:* а) Контролера се захранва на 24 VDC, затова се налага да се използва допълнително конвертиращо устройство. б) разединителите и заземителите трябва да имат възможност да се блокират във включено и изключено положение това налага или да се модифицира заключващото устройство или да се използват две.

Програмируемите логически контролери са доказали, че успешно заменят остарелите като концепция схеми с релейно-контакторна логика в много автоматизирани производства. Увеличават, надеждността, производителността и гъвкавостта при изпълнението на технологичните процеси. Консервативното мислене при проектирането и изграждането на системи за управление, сигнализация и блокировки в ЗРУ контрастира с нововъведените системи за защита и автоматика и измерване, базирани на съвременна микропроцесорна техника.

Строгите правила и рестрикции при извършването оперативни превключвания в електроенергийните обекти говорят колко голям е рискът от човешки грешки за живота на обслужващия персонал и оборудването. По тази причина намаляването на риска чрез въвеждане на устройства подпомагащи взимането на правилни решения по време на експлоатацията на съоръженията е от съществено значение.

I.5 **Rangelov Y.** Overview on Harmonics in the Electrical Power System. Proceedings Of International scientific symposium “Electrical power engineering 2014”, ISBN 978-954-20-0497-4. 11÷13 Sept. 2014, Varna, Bulgaria. pp. 63-70.

Рангелов, Ю. Несинусоидални режими в електроенергийните системи. Proceedings Of International scientific symposium “Electrical power engineering 2014”, ISBN 978-954-20-0497-4. 11÷13 Sept. 2014, Varna, Bulgaria. pp. 63-70.

Доклада представлява кратък обзор на основни аспекти при изучаването и изследването на възникването, разпространението и последствията от несинусоидални режими в електроенергийните системи на всички нива на напрежение. В изложението са показани основни зависимости и примери за въздействието на изкривяванията на тока и напрежението. Изнесени са данни за нормирането на нивата на висшите хармоници в тока и напрежението в Европа, Русия и Съединените американски щати.

Според автора незаслужено на тази тема се отделя малко внимание, както на ниво обучение, така и в предприятията за пренос и разпределение на електрическа енергия.

Книгите, учебниците и научните публикации на български автори, в които се засяга проблема, например са достатъчно информативни по-скоро за специалисти, които са добре запознати с проблематиката, Достъпа до най-новите европейски стандарти в областта, въведени и в България е ограничен, защото е платен.

В доклада са разгледани основни понятия свързани с изчисляването, нормирането, изследването и разпространението на несинусоидалности на напрежението и тока. Представени са стандартите за нормиране на хармоничните изкривявания на напрежението и тока в разпределителната и преносната мрежа на електроенергийните системи на Европа и Америка. Накратко са описани основните източници на висши хармоници. Конспективно са обобщени някои от основните негативни последици от наличието на изкривявания на тока и напрежението.

Описаната тематика ще разгръща своя принос за увеличаване на експлоатационните проблеми с нарастването на дела на индустрията в икономика и модернизиранието на дома на българското семейство. В тази връзка са направени някои изводи за продължаване на работата по темата.

1. Разширяване на учебния материал в специалностите, които обучават специалисти и инженери за работа в областта на електроенергетиката с теми тясно свързани с изучаване на несинусоидалните режими в електроенергийните системи.

2. Необходимо е разширяването на изследванията в българската електроенергийна система за установяване на наличието и нивото на висшите хармоници на всички нива на напрежение.

3. Трябва да се обърне особено внимание на измерване на нивото на изкривяванията при токовете в характерни възли на ниво средно и високо напрежение;

4. Изследване методите и начините за провеждане на измервания, избор на подходящите места за непрекъснато измерване и подходяща апаратура.

5. Анализирани резултатите от измерванията и създаване на симулационни модели, с които да се оценяват ефектите от наличието на несинусоидалности в напрежението и тока в електрическите мрежи.

I.6 **Рангелов, Ю., Н. Николаев, К. Герасимов, Кр. Герасимов, Й. Каменов.** Относно консумацията на използваните в бита електроуреди в режим на готовност. Сп. "Енергетика" ISSN 0324-1521. Национална Електрическа Компания ЕАД България 2012. pp. 0021-0025.

В статията се разглежда проблема с консумацията на електрическа енергия от битовите електроуреди в режим на готовност. Представени са резултати от направени измервания на активната мощност, която най-често използваните електроуреди потребяват, когато не се използват по предназначение. Направени са обобщаващи изчисления за това колко струва на едно домакинство удобството уредите да са в режим на готовност и каква част съставляват те спрямо общото потребление в електроенергийната система на България.

Увеличаването на енергийната ефективност е залегнало в приоритетите на всички развити страни по света. Според статистическите данни около 25% от консумираната електроенергия се дължи на домакинствата. Разумното управление на този огромен дял би имало забележителен ефект върху глобалните цели на човечеството. За разумно управление първо е необходимо всеки потребител да осъзнае кои електроуреди какъв дял имат в общото електропотребление на домакинството, за да може ненужното изразходване на енергия да се сведе до минимум. Една малка част от общите разходи на електроенергия на домакинствата се формира от т. нар. „вампирска“ мощност. Това е определението, което се използва, когато се говори за „stand-by“ режимите на десетките устройства, които използваме в ежедневието си.

За този проблем по света се говори още от края на деветдесетте години на миналия век. Най-мощната инициатива е наречена „1 WATT PLAN“ (Планът - един ват), чиято цел е производителите на електронна техника да намалят потреблението на „stand-by“ на един ват или по-малко.

За да може да се направи адекватна количествена и качествена оценка на енергийното поведение на потребителите в страната е разгледано потреблението в рамките на едно домакинство. Според дефиниция на Националния Статистически Институт домакинството се формира на основата на съжителството и съвместното битуване на група хора, независимо дали са в родствени, или неродствени връзки помежду си, или съжителстват в колектив, подчинен на общ режим.

В заключение може да се отбележи, че среднестатистически товарът на електроенергийната система, породен от режима на готовност на електроуредите в домакинството, е от порядъка на 90 MW. Ако трябва да онагледим тази мощност, то бихме казали, че това са тридесет ветрогенератора с турбини по 3 MW. Това е един немалък ветропарк, с инвестиция в размер на стотици милиони евро. По данни за България въглеродните емисии, породени от производството на електроенергия, за покриване на нуждите от „stand-by“, са 433 хил. тона годишно.

Направените измервания и анализи са много показателни за това, че от инициативите за намаляване на изразходваната електрическа енергия наистина има смисъл. Закупуването на модерни електроуреди автоматично намалява излишно изразходваната електроенергия. Разбира се, че не можем наведнъж да сменим всички, но поне ни е по силите да изключваме от контакта тези от тях, които не използваме. Така бихме дишали по-чист въздух, а инвестициите в електрически производствени мощности за милиони евро, биха се използвали за покриване на съществените ни енергийни потребности.

I.7 **Рангелов, Ю., Н. Николаев, К. Герасимов.** Анализ на електроенергийното поведение на битови потребители. Трети международен конгрес "50 години Технически университет-Варна", vol. III. ISBN 978-954-20-0552-0. ТУ-Варна България 2012 pp. 0053-0059

В доклада са представени резултатите от проведена анкета наречена "Домакински енергийни нужди" в рамките на проекта "Интелигентни системи за енергиен мениджмънт и управление на разходите". В графичен вид е описано електроенергийното поведение на различни групи битови потребители. Разгледано е и поведението на потребителите при използване на различни видове електроуреди.

Големия дял на потреблението на електроенергия за битови нужди в световен мащаб дава основание, поведението на битовите потребители на електроенергия да бъде подробно изследвано. Друга причина за повишения интерес към този вид консуматори е стремежът към повишаване на енергийната ефективност, което би понижило разходите на домакинствата за електроенергия, а глобално помага за намаляване на въглеродните емисии.

Най-трудното при съставянето на анкетата беше да се вземе максимално количество информация от анкетираните за използваните в дома му електроуреди без той да се отегчи и откаже по средата на попълването. По подобие на други разработки основните електроуреди, които се използват в бита могат да се разделят на 9 групи - осветление, бойлери, отоплителни уреди, компютри, аудио-видео техника, перални и сушилни, готварски печки, микровълнови печки, хладилници и фризери. Отчетено е, че семействата използват осветление във всички стаи и евентуално отопляват жилището си с няколко електроуреди.

Провокирахме анкетираните с въпросите: „Вярвате ли на електромера си?“ и „Смятате ли сметката си за ток за висока?“. Доверие в електромера си имат 58 %, но 60 % от хората смятат, че сметката им за електроенергия е висока.

Деветдесет и три процента са готови да инвестират в енергоспестяваща технология, а 54% вече са направили стъпки в тази посока, като са сложили на жилищата си топлинна изолация, нова дограма с нискоемисионни стъкла и др.

Всеки анкетиран е дал информация как използва тези електроуреди през работни и почивни дни на седмицата. Отчетена е и работата на уредите през нощта. Така е събрана информация за 22 електрически уреда, които са най-често използвани от битовите потребители. Те са както следва: - 3 бр. компютри; - 4 бр. осветители; - готварска печка; - микровълнова печка; - аспиратор; - пералня; - 3 бр. телевизори; - аудио уредба; - бойлер; - хладилник; - 4 бр. отоплителни уреди; - съдомиялна машина.

При проектирането на електрически мрежи изчислителните електрически товари за битово потребление се определят за домакинство, в зависимост от начина на отопление на съответното жилище. За целите на проекта, а именно изследване на електроенергийното поведение, домакинствата са разделени в зависимост от възрастта на жителите в него.

Събраната статистическа информация, описваща и групираща електроенергийното поведение на различните потребители, както и електроенергийните параметри и режими на типичните битови консуматори е добра основа за създаване на нужната за проекта "Интелигентни системи за енергиен мениджмънт и управление на разходите" база данни.

I.8 Nikolaev, N., Y. Rangelov, K. Gerasimov. Estimation of domestic energy expenses caused by “stand-by” modes of the electric appliances and their share in the total load of the electric power system. "SIELA 2012 Vol.1". ISSN 1314-6297. Burgas, Bulgaria 2012. pp. 0232-0238.

Николаев, Н. Ю. Рангелов, К. Gerasimov. Анализ на енергийните разходи на домакинствата породени от режимите на готовност на електроуредите и глобалното им участие в товара на електроенергийната система. "SIELA 2012 Vol.1". ISSN 1314-6297. Бургас България 2012. pp. 0232-0238.

В статията се разглежда проблема с консумацията на електрическа енергия в режим на готовност от електроуредите използвани в бита. Представени са резултати от направени измервания на активната мощност, която най-често използваните електроуреди потребяват, когато не се използват по предназначение. На базата на проведена анкета за изследване на дневните енергийни нужди е изложена съпоставка на електроенергията, която някои уреди консумират в режим на готовност и в режим на полезна работа. Направени са обобщаващи изчисления за това колко струва на едно домакинство удобството уредите да са в режим на готовност и каква част съставляват те спрямо общото потребление в електроенергийната система на България.

От приблизителните данни, изложени в доклада се оказва, че средностатистическото семейство има сумарна консумация на „stand-by” мощност, която е равностойна на още един невидим хладилник, включен непрекъснато.

Представено е обобщение, направено на базата на анкетата и измерванията, което има за цел да определи какъв е относителният дял на енергията, която се консумира в “stand-by” режим, отново за период от една седмица. Показателна е разлика между старите и нови модели телевизори. Модерните изразходват едва около 1 % за “stand-by”, а старите близо 25 %. Компютрите, заедно с тяхната периферия, имат относителен дял от около 10 %. Това е завиден резултат в сравнение с този на аудио устройствата и приемниците на TV сигнал, които използват енергия за режим на готовност съответно 50 и 65 %.

Направените измервания и анализи са много показателни за това, че от инициативите за намаляване на изразходваната електрическа енергия, наистина има смисъл. Става ясно, че закупуването на модерни електроуреди води до намаляване на излишно изразходваната електроенергия. Вижда се, че някои от устройствата в домовете ни изразходват повече енергия за времето, в което не ги използваме, отколкото за реално свършена работа.

I.9 **Rangelov, Y., N. Nikolaev, M. Shotova.** Automated simulation system for analysis of domestic consumption based on a dedicated computer assisted survey. "SIELA 2012 Vol.1". ISSN 1314-6297. Burgas, Bulgaria 2012 pp. 0286-0293.

Рангелов, Ю., Н. Николаев, М. Шотова. Автоматизирана сиситема за анализ и предсказване на битовата консумация базирана на електронна анкета. "SIELA 2012 Vol.1". ISSN 1314-6297. Бургас България 2012 pp. 0286-0293.

Представена е автоматизирана система за симулации насочена към анализ и предсказване на битовата консумация на електроенергия. Системата получава информация от електронна анкета. Основната цел е да се представи структурата на разработената автоматизирана система и анкета. Ключови решения и резултати от проектирането са обяснени и проверени. Свойствата и функционалността на комбинирането на анкетата с автоматизираната симулационна система са изследвани и потвърдени, чрез въвеждането на реални данни. Представени са разнообразни приложения на анкетата.

В доклада се предлага аналитичен симулационен подход, който ще позволи проучването и частично предсказване на домашното потребление на електроенергия. Предложеният подход се базира на автоматична компютърно базирана методология, която взема данни от електронна анкета.

Резултатите, получени на базата на описаните примери и предложения симулационен подход могат успешно да се използват за:

Намиране на модел на консумацията на ниво битови потребители – симулации на анкетите за определени потребители могат да се сравнят с измерените данни от консуматори със сходни параметри, за да се намерят модели на консумацията и да се изолират специфични приложения за определяне на ефекта им на глобално ниво.

Предсказване на битовата консумация – използвайки данни от симулацията за даден социален модел може статистически да се предскаже битовата консумация за даден регион и още да даде информация как ѝ влияят различните битови консуматори.

Интегриране и разработване на интелигентна енергийна система, използвайки модерната цифрова обработка на сигнали и изчислителни устройства. Резултатите от симулациите могат да се интегрират в интелигентни енергийни устройства, които могат да разпознават консуматор в реално време, базирайки се на сравнение на предварително симулираните мощностни признаци.

Генериране на решения за увеличаване на енергийната ефективност и намаляване на енергийната консумация – чрез определяне на това как влияят различните битови уреди на енергийната консумация на различни домакинства могат да се предложат съвети и насоки за подобряване на енергийната консумация на определени потребители, принадлежащи към еднакви социални групи.

I.10 Nikolaev, N., Y. Rangelov, A. Marinov. Algorithm for indirect load recognition in domestic power consumption. International conference PCIM EUROPE 2013, Nuremberg, Germany, 14-16 May 2013, ISBN 978-3-8007-3505-1, pp 1241-1246

Николаев, Н., Ю. Рангелов, А. Маринов. Алгоритъм за индиректно разпознаване на това в домакинското енергийно потребление. International conference PCIM EUROPE 2013, Nuremberg, Germany, 14-16 May 2013, ISBN 978-3-8007-3505-1, pp 1241-1246

За съвременната енергийна система на Европейския Съюз, 26% от консумацията на електрическа енергия се формира от битовото потребление. Този значителен дял се свързва с необходимост от формиране на стратегии свързани с производството, разпространението и оценката на качеството използваните мощности. Това обуславя все по-широкото навлизане на електронните системи в енергетиката под формата на така наречените интелигентни мрежи. Специфичен дял на интелигентните мрежи са така на наречените интелигентни измерватели. В тази връзка настоящият доклад разглежда разработката на специализиран алгоритъм за индиректно разпознаване на енергийната консумация на домакински електроуреди, като алгоритъмът е част от специализиран интелигентен измервател.

Предложените в доклада идеи могат да бъдат обобщени като:

Предложен е специализиран алгоритъм за индиректно разпознаване на енергийната консумация на домакински електроуреди. Основният принцип на алгоритъма включва прилагането на размита логика към относителната интегрална промяна в нормализираната консумирана мощност на домакинството. При формиране на условията на логиката е зададен предварителен набор от съществуващи устройства.

За алгоритъма е предложен математичен модел. Той включва три основни блока изразяващи функциите на алгоритъма, а именно: (1) Блок за компенсация на напрежението; (2) Блок за управление; (3) Основен блок за сигнална обработка; (4) Размита логика. Моделът е така формиран, че да позволи лесна интеграция в софтуери за симулация и по-нататъшна имплементация във вградена микропроцесорна система.

Разглежданият алгоритъм е изпитан чрез предложеният модел на база на компютърен анализ с използването на специализиран софтуер (MATLAB Simulink). Анализът включва три товара с различна консумация (865W, 414W, 112W) превключвани в различни комбинации. За по-голяма достоверност на симулацията товарите се захранват от източник включващ: (1) Инжектиране на 5% от 3ти и 5ти хармоник; (2) Изменение на амплитудата на напрежението с 13V с честота 1Hz. Направеният анализ потвърждава алгоритъма, като демонстрира възможността за разпознаване на товарите. В доклада са включени времедиаграми поясняващи и показващи работата на алгоритъма.

Изхождайки от резултатите получени от работата по доклада е предложена и планирана бъдеща работа свързана с алгоритъма включваща имплементацията му във вградена микропроцесорна система.

I.11 Nikolaev, N., **Y. Rangelov**, V. Valchev, A. Marinov. Technique for indirect analysis of domestic power consumers based on power pattern recognition for smart energy metering. MIPRO 2013, May 20 – 24, Opatija, Croatia. Proceedings of papers, ISBN 978-953-233-074-8, pp. 1243-1246.

Николаев, Н., **Ю. Рангелов**, В. Вълчев, А. Маринов. Техника за индиректен анализ на битовото електропотребление, базирана на разпознаване на консуматорите чрез интелигентна система за измерване. MIPRO 2013, May 20 – 24, Opatija, Croatia. Proceedings of papers, ISBN 978-953-233-074-8, pp. 1243-1246.

Основен проблем за битовите потребители е идентифицирането на енергийната консумация от всеки един електроуред. Познавайки тази информация потребителите биха имали възможността да подобрят ефективността на използване на електроуредите в домакинството, с което да се постигнат по-големи икономии на енергия. За целта изследванията в последните години са насочени към създаването на устройства за разпознаване на включените в домашната електрическа мрежа устройства.

Статията има за цел да представи нов алгоритъм за индиректно разпознаване на включените в домакинската електрическа мрежа електроуреди. Алгоритъмът засича промените в мощността през хранващия домакинството кабел и определя кое е комутираното устройство.

Разработеният алгоритъм се базира на данните, получени посредством централно измервателно устройство, което се монтира в електрическото табло на потребителя. Данните за измерените моментни стойности на тока и напрежението се подават към входните блокове на алгоритъма, които изчисляват моментната стойност на мощността, консумирана от домакинството. С помощта на блок за компенсиране на амплитудата на напрежението се постига стабилизиране на измерената моментна мощност, защото както е известно пасивните електроуреди изменят по приблизително квадратичен закон своята мощност (алгоритъма е тестван с девиация на амплитудата 13 V). След последваща специализирана обработка на получения сигнал, на входа на контролер с размита логика се подават импулси с точно определена продължителност (0,2 s) и амплитудна стойност уникална за всеки електроуред. Контролерът на свой ред разпознава кое е комутираното устройство и подава импулс за превключване на състоянието на един от тригерите, който отразява състоянието на този електроуред. След като е налична информация за състоянието на всеки уред, може да се натрупва информация за индивидуалната им консумация, което да дава представа на потребителя за дела на всяко устройство в месечната сметка за електроенергия и възможностите за разумно ѝ потребление.

Алгоритъмът е тестван във виртуална симулация, имитираща превключване на три електроуредата с различна мощност (865 W, 414 W и 112 W). С дефинирания при тестовите толеранс от 10 % при разпознаването се гарантира разграничаване на лампи с разлика в номиналната мощност от 5 W.

Представеният в статията алгоритъм е оригинален и използва уникални техники, които не се срещат в други литературни източници. Той работи устойчиво, въпреки внесените външни смущения в хранващата мрежа (промяна в амплитудата и хармоничния състав). С негова помощ успешно се разпознават пасивните електрически консуматори, които формират основното електропотребление в домакинствата – бойлери и отоплителни уреди, освен това и осветителни лампи, готварски печки и други с подобен принцип на работа.

I.12 Gerasimov, K., Y. Rangelov, N. Nikolaev. Experimental Verification of Algorithm for Indirect Domestic Load Recognition. ICEST 2013, June 26-29 Ohrid, Macedonia. Proceedings of papers, vol. 2, ISBN: 978-9989-786-89-1, pp. 743-746

Герасимов, К., Ю. Рангелов, Н. Николаев. Експериментално потвърждение за работата на алгоритъм за индиректно разпознаване на битови консуматори. ICEST 2013, 26-29 юни Охрид, Македония. Сборник с доклади, част 2, ISBN: 978-9989-786-89-1, стр. 743-746

Статията представя експериментално потвърждение на работоспособността на разработен от авторите алгоритъм за индиректно разпознаване на включените в домашната електрическа мрежа електроуреди. За тази цел е разработено устройство, измерващо моментните стойности на тока и напрежението на захранващия домакинството кабел. Получените данни от измерването се записват и обработват от компютърен софтуер, на който е реализиран алгоритъма за разпознаване. Като изход от алгоритъма се получава информация за индивидуалното електропотребление на електроуредите. Реалните експерименти показват обещаващи резултати, че с така реализираното измервателно устройство могат да бъдат идентифицирани всички мощни консуматори, които формират около 80 % от енергийното потребление на домакинството.

Статията е организирана в следната последователност: Дадени са някои детайли за разработения измерител на ток и напрежение, както и накратко е описан самия алгоритъм. Представени са получените експериментални резултати.

Алгоритъмът за индиректно разпознаване на включените в домакинската електрическа мрежа електроуреди засича промените в мощността през захранващия домакинството кабел и посредством сигнална обработка и контролер базиран на размита логика определя кое е комутираното устройство. Алгоритъмът е описан в подробности в I.10, I.11. Неговата работоспособност е проверена чрез компютърна симулация пресъздаваща потреблението в едно домакинство.

За тестване на алгоритъма с реални измервания е съставен сценарий на включване и изключване на следните електроуреди: радиатор (с два нагревателя), CRT телевизор, прахосмукачка, лаптоп, електрическа кана, лампа, пистолет за горещ въздух и радио-часовник. Експеримента показва, че алгоритъма успява да разпознае радиатора, прахосмукачката, пистолета за горещ въздух и каната за топла вода. Останалите електроуреди не успяват достатъчно отчетливо да бъдат разпознати от блока за управление и от сигналната обработка, тъй като измервателното устройство с така реализирания аналогово-цифров преобразувател не е достатъчно чувствително към малките стойности на тока.

Проведените експериментални изследвания с реални данни от измервания показват, че разработения алгоритъм за индиректно разпознаване на включените в домашната електрическа мрежа електроуреди е способен да идентифицира произхода на около 80 % от консумираната електроенергия.

Бъдещи подобрения се търсят в посока на използването на измерването на тока с аналогово-цифров преобразувател с по-голяма разрядност, както и подобрения в блока за управление. Така ще се намали шума от измерването и ще се подобрят възможностите за идентифициране на маломощните консуматори.

II Публикации извън монографичния труд

II.1 Рангелов, Ю. Тенденции при изграждането и реконструкцията на електропроводи за високо напрежение. Годишник на ТУ-Варна. 2010, Варна, България, с. 36-40.

Rangelov, Y. Trends in rehabilitation and construction of high voltage transmission lines. Годишник на ТУ-Варна. 2010, Варна, България, с. 36-40.

В доклада са представени новите за България свръх термично устойчиви стомано-алуминиеви проводници, които ще се използват при реконструкция на електропроводи за високо напрежение. Идеята за написването ѝ е провокирана от заглавието на обществена поръчка, обявена в Държавен весник със заглавие „Реконструкция на ВЛ 110 кВ „Димитър Ганев”, „Дропла”, „Момчил”, „Екрене”, „Сирена” и „Лебед” – подмяна на съществуващ АС проводник със *свръхпроводим* (композитен) проводник, Реф. № 1050034“.

Накратко са описани електрическите и физико-механичните характеристики на използваните в България стомано-алуминиеви проводници. Направен е и кратък преглед на проводниците, които се използват за изграждане на електропроводи за високо напрежение по света. За илюстрация са изчислени режимните параметри на проста схема за четири различни варианта за избор на сечение: 3×АС185; АСО400; две тройки АС185 и ZTACIR. Товарите захранвани от разглежданата схема са подбрани такива, че натоварването да е близко до максимално допустимото по нагряване. Пресметнати са загубите на напрежение и активна мощност за четирите варианта. На тяхна база са изчислени загубите на напрежение и активна мощност, падащи се на един мегават пренасяна мощност.

На база изложеното в статията възникват някои въпроси, които са изведени, като заключение:

1. За какви режими ще се използват реконструираният електропровод в режим на максимално натоварване по допустим ток - непрекъснато или кратковременно
2. Могат ли да бъдат (или доколко) достигнати теоретичните параметри от гледна точка на динамичната и статична устойчивост на електроенергийната система
3. Как се решава проблема с допълнителното провисване на проводниците при нагряването им до много високи температури
4. Ще се подменят ли изолаторите и арматурата за закрепване на проводниците
5. Как стои въпросът за свързването на такъв електропровод към уредба, изградена с класически проводници
6. Имат ли достатъчно капацитет силовите трансформатори, свързани в мрежата от свръх термично устойчиви електропроводи при увеличението на пренасяната мощност и могат ли да се справят при увеличаване на загубите на напрежение;
7. Отчита ли се увеличаването на загубите на мощност и енергия
8. Могат ли да се използват в мрежи средно напрежение и др.

II.2 **Rangelov, Y.** Comparative analysis of power losses in overhead power lines for high voltage, for different parameters of the aluminum wires. ICEST 2011, Nis, Serbia. Proceedings of papers, ISBN: 978-86-6125-032-0, vol. 2, 463-466.

Рангелов, Ю. Сравнителен анализ на загубите на мощност при въздушни електропроводи за високо напрежение, за различни параметри на алуминиевите проводници. ICEST 2011, Nis, Serbia. Proceedings of papers, ISBN: 978-86-6125-032-0, vol. 2, vol. 2, 463-466.

В доклада е разгледана примерна затворена електрическа мрежа за високо напрежение (110 kV). Във връзка с необходимостта от увеличаване преносната способност са разгледани два варианта: увеличаване на сечението на проводниците и подмяна на класическите стомано-алуминиеви проводници със свръх термично устойчиви. Направен е сравнителен анализ на загубите на мощност и енергия в двата случая. Целта е да се направи преценка доколко е целесъобразна реконструкцията на електропроводи със свръхтермично устойчиви проводници или увеличаване на сеченията.

Затворената електрическа мрежа за високо напрежение има 13 възела. Връзката ѝ с електроенергийната система се осъществява в два от тях. Предназначението ѝ е да захранва 10 градски подстанции. Към нея са присъединени и два големи ветропарка с инсталирана мощност 156MW и 35MW. Множество малки вятърни централи (със сумарна инсталирана мощност около 200MW) са присъединени в разпределителната мрежа на средно напрежение и на схемата са представени като еквивалентни източници като е отчетено, че част от произведената от тях електроенергия се консумира от потребителите и не се изнася към разглежданата схема. Всички ветроенергийни паркове са представени като еквивалентни генератори със зададени активна и реактивна мощност.

Изчисленията са проведени на три етапа:

1. Моделиране на схемата с проводници AC185, включване на потребителите и добавяне на генерирана мощност от вятърните централи, така че да не се наруши някое от ограниченията по ток и напрежение;

2. Моделиране на схемата с проводници ACO400 при същите товари и генерация и постепенно увеличаване на мощността на вятърните паркове до постигане на близки до максимално допустимите токове през електропроводите и недопускане на увеличаване или намаляване на напрежението извън зададените ограничения.

3. Моделиране на схемата с проводници ZTACIR185 и постигнатия установен режим от т. 2. Коригиране на генериращите мощности до получаване на допустим режим на максимална генерация.

На база резултатите изложени в доклада могат да се направят следните изводи:

1. Подмяната на проводниците довежда до увеличаване на възможностите за производство на електроенергия от възобновяеми източници, т.е. собствениците на вятърни електроцентрали биха спечелили от това.

2. Използването на свръхтермично устойчиви проводници може да доведе до значително увеличаване на загубите на мощност и енергия, които ще увеличат разходите на собствениците на мрежата.

3. За да се запазят напреженията във възлите в допустимите граници се налага използването на режими на консумация на реактивна мощност от вятърните паркове.

II.3 Kamenov, Y., Y. Rangelov, A. Vrangov. Mechanical Design of High Voltage Overhead Transmission Lines With Thermal-Resistant Aluminum Alloy Conductors Considering the Heating From The Electrical Current. ICEST 2013, June 26-29 Ohrid, Macedonia. Proceedings of papers, vol. 2, ISBN: 978-9989-786-89-1, pp. 751-754

Каменов, Й., Ю. Рангелов, А. Врангов. Механично оразмеряване на въздушни електропроводи за високо напрежение с високотемпературни проводници при отчитане на нагриването им от електрически ток. ICEST 2013, June 26-29 Ohrid, Macedonia. Proceedings of papers, vol. 2, ISBN: 978-9989-786-89-1, pp. 751-754

В доклада е представено едно изследване на влиянието на линейното удължаване на свръх термично устойчивите проводници, предизвикано от продължителното им нагриване от протичащия през тях електрически ток. Изчислени са възможните провеси при различни максимални напрежения на опън на проводниците и климатични условия за въздушни електропроводи за 110 kV със свръх термично устойчиви проводници при различни нагривания.

За получаване на по-пълна представа за изменението на максималните провеси при механичното оразмеряване на електропроводи с използването на проводници тип ZTACIR Ø19,04 mm, се разглеждат различни изходни режими – различните комбинации се получават при вариране на климатичните райони (дебелина на леда, образуващ се около проводника) и максималните напрежения на опън на проводника σ_{max} . Стойностите на максималните напрежения на опън на проводника σ_{max} са избрани в съответствие с възможностите за реализирането им при предпоставка, че се проектира нов електропровод или че съществуващи стомано-алуминиеви проводници от стар електропровод се подменят с нови свръхтермично устойчиви проводници ZTACIR Ø19,04 mm. При това се съблюдава да се постигат натоварвания върху съществуващите стълбове не по-големи от натоварванията до подмяната. Такива подмени бяха реализирани при реконструкцията на съществуващи електропроводи от електропреносната мрежа в Североизточна България. При изчисленията са приети: максимална скорост на вятъра 35 m/s; максимална скорост на вятъра при обледяване 17,5 m/s; плътност на леда 900 kg/m³; надморска височина 250 m; активна височина на стълба 16 m (максимален провес 9,5 m). Приема се работна температура на свръхтермично устойчиви проводници ZTACIR до 210°C с отчитане на промяната на температурния им коефициент на линейно разширение α (коляновия ефект).

На база на представените в доклада резултати и констатации могат да се направят следните изводи:

1. Поради големите изменения в провесите на свръх термично устойчивите проводници след отчитане нагриването им от електрически ток би следвало то да се отчита при определянето на габаритите до земята и при пресичане на съоръжения;
2. При преминаването над съществуващи електропроводи отчитането на допълнителното провисване от нагриването от електрически ток се явява определящо;
3. Поради различното изменение на разликите в провесите при съответните температури на въздуха и при различните климатични райони би следвало да се подхожда конкретно за всеки отделен случай, а не еднотипно.

II.4 **Рангелов, Ю.** Изследване на установени режими и преходни процеси в електроенергийни системи (ЕЕС) чрез софтуерния пакет Power system analysis toolbox (PSAT). Годишник на ТУ-Варна. 2009, Варна, България

Rangelov, Y. Analysis of steady state and transient processes in power systems using the software - Power System Analysis Toolbox (PSAT)

В статията се представя безплатният софтуерен продукт PSAT за пресмятане на потокоразпределение, анализиране на устойчивостта при малки и големи смущения и изследване на преходни процеси в ЕЕС. Целта на доклада е да се представи софтуера PSAT и възможностите за внедряването му в учебния процес по базови дисциплини на специалност "Електроенергетика". Чрез него те могат да приложат на практика получените теоретични знания по предметите – „Моделиране в електроенергийните системи“; „Електрически мрежи и системи“; „Релейна защита“; „Устойчивост на електроенергийните системи“. PSAT позволява и решаването на изследователски задачи при разработване на курсови проекти, дипломни работи и дисертационни трудове.

ПРЕДИМСТВА

1. PSAT в комбинация с Octave са безплатни и могат да се използват под различни платформи (Windows, Linux, Mac OS и др.);

2. Програмата е с отворен код, което позволява да се променя ядрото ѝ (например да се преведе на български), както и да се допълва с нови възможности (различни функции, модели и др. например създаване на потребителски библиотеки с елементи синхронизирани с използваните в БГ съоръжения, напрежения и проводници);

3. Разполага с интуитивен интерфейс и голяма библиотека от модели, което дава възможност за бързо решаване на неголеми задачи, т.е. позволява внедряването и в учебния процес;

4. Създателя ѝ държи обратна връзка с ползвателите чрез форум, който има над 750 члена;

5. С програмата могат да се решават много широк спектър от задачи в областта на изследването на режимите и устойчивостта на ЕЕС;

6. Притежава широки възможности за импортиране на входни данни в друг формат;

7. Резултатите от изследванията могат да бъдат съхранени и представени в различни формати.

8. PSAT се използва в над 25 университета по света, което дава възможност за обмен на модели, опит и информация.

НЕДОСТАТЪЦИ

1. Тъй като програмата е безплатна и с отворен код от автора не може да се търси отговорност за открити недостатъци и грешки;

2. Връзката на потребителя с PSAT в Octave е единствено чрез команден ред;

3. Софтуера Octave на този етап не разполага с алтернатива на MATLAB Simulink и няма как да бъде използвана графичната библиотека от модели на PSAT;

4. Не позволява имитирането на несиметрични повреди.

II.5 **Rangelov, Y., K. Gerasimov, Y. Kamenov, Kr. Gerasimov.** Functionalities Extension of the NASAVR Software For Small-Signal Stability of Electric Power Systems. Icest 2013, June 26-29 Ohrid, Macedonia. Proceedings of papers, vol. 2, ISBN: 978-9989-786-89-1, pp. 747-750

Рангелов, Ю., К. Герасимов, Й. Каменов, Кр. Герасимов. Разширение на възможностите на програмата NASAVR за изследване на устойчивостта на електроенергийната система при малки смущения. Icest 2013, 26-29 юни Охрид, Македония. Сборник с доклади, част 2, ISBN: 978-9989-786-89-1, стр. 747-750

Доклада представя разширяването на възможностите на софтуера NASAVR за изчисляване на параметрите на автоматичните регулатори на възбуждане и системните стабилизатори на синхронни генератори, разработен от колектив от специалисти с ръководител проф. д-р инж. мат. Крум Костов Герасимов Технически университет – Варна, за Националната електрическа компания на България

Благодарение на дългогодишната научно-изследователска работа на екипа разработващ програмата и от натрупания опит след нейното внедряване става възможно разширяването на функционалните възможности на програмата. Тук се разглеждат накратко само най-важните, които пряко са свързани с изследването на устойчивостта на ЕЕС при малки смущения и изборът на целесъобразни настройки на регулаторите и системните стабилизатори. Те са:

- Оптимизация на параметрите на PSS чрез използване на методите базирани на фазова компенсация по момент и по напрежение с цел подобряване на демпфирането на междусистемните нискочестотни колебания;

- Групиране на синхронните агрегати по противофазни колебания и определяне на демпфирането им;

- Предвидена е възможност за изчисляване на честотните характеристики на агрегатите при входни управляващи и смущаващи въздействия за всички режимни параметри на синхронния агрегат.

- Дадена е възможност за обобщена оценка на качеството на преходните процеси на изследвания генератор или на цялата ЕЕС чрез изчисляване на H_{∞} нормата на предавателната матрица на входните въздействия към механичните скорости на роторите.

- Разработен е модул, който симулира характерния шум от измерване наличен в реални условия и алгоритъм за оценка на неговото пропускане и степента на нежеланото му усилване в регулиращите и стабилизиращи устройства.

- Новоизбраните настройки на автоматичния регулатор на възбуждането и системния стабилизатор на даден синхронен агрегат могат да бъдат тествани за 30 различни режима съобразени предварително с товарната му диаграма.

Представеният софтуер NASAVR за изчисляване на параметрите на автоматичните регулатори на възбуждане и системните стабилизатори на синхронни генератори предоставя възможност за провеждане на задълбочени изследвания на устойчивостта при малки смущения на големи енергийни обединения. Доказателство за неговите качества са завършените успешно проекти за избор на целесъобразни настройки на PSS в основни български електрически централи и участието на екипа разработил програмата в пренастройката на PSS в пет турски електрически централи във връзка с присъединяването на Турция към обединената ЕЕС на Европа

II.6 Gerasimov, Kr., Y. Rangelov, K. Gerasimov, Y. Kamenov. Methodology for tuning PSS2A system stabilizers. International Journal of Reasoning-based Intelligent Systems (IJRIS). International Journal of Reasoning-based Intelligent Systems (IJRIS). "ISSN (Online): 1755-0564 ISSN (Print): 1755-0556". InderScience Publishers Япония 2012. pp. 0099-0107.

Герасимов, Кр., Ю. Рангелов, К. Герасимов, Й. Каменов. Методика за настройка на системни стабилизатори PSS 2A. International Journal of Reasoning-based Intelligent Systems (IJRIS). International Journal of Reasoning-based Intelligent Systems (IJRIS). "ISSN (Online): 1755-0564 ISSN (Print): 1755-0556". InderScience Publishers Япония 2012. pp. 0099-0107.

В електроенергийната система на република България най-разпространени са системните стабилизатори PSS2A (421.5 IEEE Standard, 2005). Те бяха инсталирани по време на подготовката на присъединяване на системата към тази на Европа. Традиционно настройките на тези стабилизатори се отнасят за коефициента на усилване и времеконстантите на дефазирания блок. В доклада се представя методика за изчисляване на оптималните настройки на PSS2A. Методиката се различава от известните в литературата по това, че включва настройка и на входните и торсионните филтри, а критерия за оптималност се основава на H_{∞} -нормата, като обобщена характеристика на качеството на преходните процеси в цялата електроенергийна система. Показва се, че и настройките на входните филтри могат да повлияят на демпфирането на локални и най-вече на междусистемните нискочестотни колебания в електроенергийните системи, който проблем стана актуален след обединяването. Приведени са резултати за примерни едномашинна и многомашинна система.

Ефективността на предложената методика за изчисляване настройките на PSS2A се заключава в определяне на най-подходящите настройки на PSS в ЕЕС, осигуряващи максималното възможно демпфиране на механичните колебания на агрегатите. Определянето на тези настройки се извършва чрез опростена числено устойчива процедура. Най-опростена и ефективна изчислителна процедура се получава при изчисляване на необходимата фазова компенсация на PSS чрез частта на изменение на електромагнитния момент на генератора от изменението на възбуждането, под действието на PSS.

Показано е, че ползваният в литературата подход за определяне на необходимата фазова компенсация на PSS чрез фазово-честотната характеристика на напрежението на шините на генератора, е неудачен. При лошо демпфирана система, тази фазово-честотна характеристика е силно колебателна в доминиращия честотен диапазон на механичните колебания и съществено се отличава от необходимата фазова компенсация, при която PSS създава допълнителен демпферен електрически момент. Методиката се различава от известните в литературата по това, че включва настройка и на входните и торсионните филтри, а критерия за оптималност се основава на H_{∞} - нормата, като обобщена характеристика на качеството на преходните процеси в цялата електроенергийна система.

II.7 **Rangelov, Y., K. Gerasimov, J. Kamenov, Kr. Gerasimov.** Influence of the settings of PSS2A and 2B input filters over the damping of low-frequency power oscillations. ICEST 2011, Nis, Serbia. Proceedings of papers, ISBN: 978-86-6125-033-0, vol. 3, 977-980.

Рангелов, Ю. К. Герасимов, Й. Каменов, Кр. Герасимов. Влияние на настройките на входните филтри на системните стабилизатори PSS2A и 2B върху демпфирането на нискочестотни колебания. ICEST 2011, Nis, Serbia. Proceedings of papers, vol. 3, ISBN: 978-86-6125-033-0, 977-980.

Целта на доклада е да се открие влиянието на входните филтри на PSS2A и 2B върху демпфирането на електромеханичните колебания. Създаването на големи електроенергийни обединения доведе до увеличаване на изискванията към тези устройства, а именно успешно да демпфират междузонални и междусистемни колебания. Тъй като те са в диапазона до 1 Hz е задължително входните филтри да бъдат настроени така, че да ги пропускат.

Звената с времеконстанти от $TW1$ до $TW4$ образуват два входни филтъра (Wash-outs), съответно за канала по мощност и по честота. Задачата на тези филтри е да не позволяват на стабилизатора да работи при нормални трайни отклонения на активната мощност (P) на генератора и кръговата скорост (ω) на ротора. Звената с времеконстанти $T7$ и $T6$ са фазозавъртащи с изоставане до 90° . Целта е, на изхода по канала за мощността да се получи сигнал, пропорционален на изменението на кръговата скорост $\Delta\omega$. На изхода на звеното при $T7 \approx T1$ се получава сигнал, пропорционален на минус $\Delta\omega$. Този сигнал се сумира с постъпващия сигнал по канала на ω . Сумарният сигнал постъпва във филтъра за торсионни колебания (Ramp – tracking filter). При турбогенераторите, следствие на усукване на валовете, възникват колебания на роторите в субхармоничния диапазон от няколко десетки херца. В зависимост от мястото на измерване на ω , тези колебания се наслагват с нискочестотното системно (колебанието е системно, когато ротора се третира като едномасов) колебание на ротора. Ако тези колебания се усилят и подадат към възбуждането, ще възникнат високочестотни колебания и в резултат, може да се повреди ротора. Филтърът пропуска само системните колебания. Изхода от филтъра се сумира с този, от канала на ΔP , и в резултат се получава сигнал, пропорционален на системното изменение на ω . Именно този сигнал се подава на входа на усилвателя на PSS, т.е. на звеното с $KS1$. По такъв начин, независимо че има и канал по ΔP , то PSS реагира на системното изменение на ω .

В литературата се коментира само настройката на филтъра за пропускане на определена честотна лента. Тук, освен това изискване, се поставя и изискването изходния сигнал от филтрите $\Delta\omega_e$ да е във фаза със $\Delta\omega$ на агрегата. Това е много важно изискване, особено когато към PSS2A се подава изменението на честотата (Δf) на напрежението на шините на генератора. Ако изходния сигнал $\Delta\omega_e$ не е във фаза с $\Delta\omega$, то ще се получи грешна фазова компенсация, макар и фазозавъртащи звена на PSS да са настроени правилно.

Публикацията представя алгоритъм за изчисление на целесъобразни настройки на филтрите, като се формира оптимизационна задача за постигане на максимално близки фази на $\Delta\omega_e$ и $\Delta\omega$. За решаване на оптимизационната задача се формира изчислителна схема в приложението Simulink на MATLAB. Решението се извършва чрез приложението Simulink Design Optimization (SDO).

Обобщените оценки на качеството на преходните процеси - H_∞ нормите в двата случая, показани в доклада, а така също и от преходните характеристики за режимните параметри U , P и ω за стъпално изменение от 1% на заданието на AVR показват как отварянето на филтрите за пропускане на честоти под 1 Hz дава възможност те да бъдат демпфирани от системния стабилизатор.

II.8 Nikolaev, N., Y. Rangelov, K. Gerasimov. Damping low-frequency oscillations by three-channel power system stabilizer PSS4B. ICEST 2011, Nis, Serbia. Proceedings of papers, vol. 3, ISBN: 978-86-6125-033-0, 973-976.

Николаев, Н., Ю. Рангелов, К. Герасимов. Демпфиране на нискочестотни колебания чрез триканален системен стабилизатор - PSS4B. ICEST 2011, Nis, Serbia. Proceedings of papers, vol. 3, ISBN: 978-86-6125-033-0, 973-976.

Известно е, че колебанието на агрегатите в ЕЕС е многочестотно. Класическите системни стабилизатори PSS2A и 2B имат по един дефазиращ блок, поради това оптималните настройки са в околността на една честота, т.е с тях не могат добре да се демпфират едновременно локалните и междусистемните колебания. В тази връзка са разработени многоканални системни стабилизатори, какъвто е PSS4B. В доклада са разгледани възможностите на съвременните триканални системни стабилизатори. Предложен е алгоритъм за определяне на оптималните настройки. Привеждат се резултати от симулиране на процеси за многомашинна система.

Тестваната система е конструирана така че да се наблюдават изявиени колебания между генераторите в отделните зони с честота около 0,63 Hz. Наблюдава се колебание с честота около 1 Hz, което е собствено за конкретната машина. Поставянето на PSS води до успешно демпфиране на тези колебания, като PSS4B се справя еднакво добре както с междузоналните така и с локалните колебания, което се дължи на специфичния му дизайн. Още по-важно е, че може да се оптимизират настройките му само за демпфиране на междузоналните колебания, без да се влошава действието му върху локалните. При PSS2A това е възможно, но само в определени граници.

Показани са честотни характеристики на изменението на напрежението, активната мощност и кръговата скорост на ротора на генератора при единично стъпално смущение в заданието на AVR. Наблюдава се очакваното добро демпфиране на електромеханичните колебания при наличие на PSS.

От направения сравнителен анализ могат да се направят следните изводи:

1. Използването на съвременни системни стабилизатори съществено влияе в посока подобряване качеството на преходните процеси при нормална паралелна работа на синхронните генератори в ЕЕС и ги прави задължителни за агрегатите с по-голяма мощност;

2. Създаването на големи електроенергийни обединения благоприятства появата на нискочестотни междусистемни и междузонални колебания, които успешно могат да се демпфират с PSS4B без това да влияе неблагоприятно върху намаляването на локалните колебания за конкретна машина;

3. Във всички направени тестове PSS4B се представя по-добре и е значително по-гъвкав при настройка;

4. Използването на специализиран софтуер за модален анализ на процесите в ЕЕС и настройка на PSS, дава възможност за точно определяне на проблемни синхронни генератори в ЕЕС и целесъобразна настройка на техните стабилизаторил.

II.9 Герасимов, Кр., Ю. Рангелов, К. Герасимов. Оценка на нискочестотните електромеханични колебания в електроенергийната система чрез сингулярните числа на математичното ѝ описание. Международна научно-техническа конференция – Електроенергетика 2010, Варна, България, 14÷16.10.2011, стр. 200 ÷ 208, ISBN 978-954-20-0497-4

Показана е възможността за обобщена оценка на качеството нискочестотните електромеханични колебания в електроенергийната система с използването на сингулярните числа на предавателните матрици на математичното ѝ описание. Приложени са резултати, както за модел на голямо електроенергийно обединение, така и за модел на отделен синхронен агрегат, свързан с електроенергийната система.

В края на миналия век теорията за линейните управляващи системи получи ново развитие, при което се наблюдава възвръщане към честотните методи, използвани в класическата теория на управлението. В основата на новите методи се използва високо ниво на математичния апарат, основан и на сингулярните числа на честотните предавателни матрици на системата. Функционирането на ЕЕС се осигурява от редица управляващи устройства. От тази гледна точка ЕЕС се явява обект за управление и може да се класифицира като многомерен, стационарен, нелинеен обект със съставни елементи със съсредоточени и разпределени параметри. Тази класификация има важно методично значение от гледна точка на прилагането на съвременната теория на управлението и също трябва да се подчертава.

Анализът на устойчивостта на ЕЕС при малки смущения се основава на метода на малките отклонения от теорията на Ляпунов с използване на линеаризираното математично описание на движенията в ЕЕС.

В основата на практическата достоверност на резултатите от анализа на устойчивостта на ЕЕС е адекватността на математичното ѝ описание. Основните числени проблеми при анализа на съвременните обединени електроенергийни системи са породени от многомерността на математичното им описание. В разработката тези проблеми са преодоляни чрез приложение на честотен подход и използване на сингулярните числа на предавателните матрици на описанието.

Изложеното в доклада потвърждава, че съвременните методи за оценка на линейните управляеми системи, базирани на сингулярните числа са приложими и за условията на многомерни системи с голям брой децентрализирани управляващи устройства, каквато е ЕЕС.

Чрез сингулярните числа може да се оцени както управляемостта чрез обратни връзки, така и качеството на преходните процеси.

Н безкрайност нормата характеризира качеството на многобройните процеси в една реална многомашинна ЕЕС чрез едно число, което я прави разбираема и със съществено практическо значение.

П.10 Gerasimov K. K., Y. E. Rangelov, A. M. Vrangov, Y. L. Kamenov. Usage of singular numbers in evaluation of the control of synchronous generators in the power system, Acta Universitatis Pontika Euxinus, ISSN:1312-1669, Constanta, Romania, 2005, Vol.4, №1, pp.90-94.

Герасимов, К. К., Ю. Рангелов, А. Врангов, Й. Каменов. Използване на сингулярните числа за оценка на управлението на синхронните генератори в електроенергийната система. Acta Universitatis Pontika Euxinus, ISSN:1312-1669, Constanta, Romania, 2005, Vol. 4, №1, pp. 90-94.

Обоснована е възможността линеаризираното описание на ЕЕС по отношение на управление на възбуждането на генераторите да се представи със стандартна конфигурация с две степени на свобода. Пояснени са характеризиращите предавателни матрици и техните оценки чрез сингулярните числа. Приведени са резултати за конкретен генератор от ЕЕС на Република България.

Целта на статията е да се изяснят основните положения от прилагането на сингулярните числа за оценка на управлението на възбуждането на синхронен генератор (SG) в електроенергийната система (ЕЕС).

Получените резултати показват, че съвременните методи за оценка на линейните управляеми системи, базирани на сингулярните числа са приложими и за условията на ЕЕС. Последната е многомерна система с голям брой децентрализирани управляващи устройства. Използването на амплитудно-честотните характеристики на сингулярните числа е добра относително проста характеристика на многомерната система и създава възможност за постигане на аналогия с изследването на едномерните системи в честотната област.

II.11 Герасимов К. К., Ч. К. Иванов, Ю. Е. Рангелов. Прилагане на модалния анализ за определяне на подходящите места за инсталиране на системни стабилизатори в електроенергийната система, "Енергетика", бр.5, 2005, с.7-14.

Демпфирането на нискочестотните електромеханични колебания на електроенергийните системи (ЕЕС) е една от основните задачи при изследването на устойчивостта им. Тази проблематика е широко дискутирана в научните среди. От съществено значение за демпфирането на нискочестотните електромеханични колебания е и местоположението на системните стабилизатори (PSS). За определяне на най-подходящото място за поставяне на PSS е уместно да се използва информацията, получена при модалния анализ на ЕЕС.

Целта на статията е да представи основни сведения за модалния анализ и разработената от авторите на тази основа компютърна програма в средата на MATLAB, за групиране на генераторите в ЕЕС по дефазирано колебание, което е основа за определяне на подходящото място на PSS. Тази програма се явява разширение на компютърната програма за изчисляване на настройките на APB и PSS (NASAVR, внедрена в НЕК ЕАД), разработена с участието на авторите. Привеждат се резултати от изследването на две ЕЕС - тестов модел, състоящ се от четири генератора; ЕЕС на втора синхронна зона на UCTE (Union for the Coordination of the Transmission of Electricity).

Разработката е използвана за изследване на модела на втора синхронна зона на UCTE. Разгледано е режимно състояние на електроенергийното обединение, което включва 139 генератора, 1002 електропроводни линии и 379 трансформатора. Общата активна генераторна мощност за обединението е 19000 MW. Първоначално всички PSS са изключени. Представени са резултатите за две колебания, чийто анализ представлява интерес. Колебание 1 (1,04 Hz) може да бъде определено като локално колебание за ЕЕС на Гърция. В това колебание участват само генератори от ЕЕС на Гърция. Те имат относително еднакви фактори на участие. Колебание 2 (0,631 Hz) е типичен представител за междусистемно колебание в енергийното обединение. В колебанието участват всичките 139 генератора и факторите на участие са равномерно разпределени между генераторите. За да се подобри демпфирането на това междусистемно колебание, е необходимо инсталиране на повече от един PSS. След активиране на PSS на 12 генератора в България и 2 в Румъния честотата на междусистемното колебание практически остава същата (0,634 Hz), а дефазирането се променя с около 9 градуса. Степента на демпфиране се повишава до 9,25%. Това показва, че местата на инсталиране PSS могат да се приемат за подходящи.

И при двата случая, с PSS и без PSS се наблюдават и други нискочестотни колебания, но тези, представени по-горе, включват голям брой генератори и са най-значими за електроенергийното обединение

Разработената компютърна програма за определяне на подходящото място на инсталиране на PSS, базирано на модалния анализ е съществено допълнение на програмата NASAVR. Това допълнение позволява чрез програмата NASAVR, освен провеждане на адекватни анализи на устойчивостта на ЕЕС и определянето на целесъобразните настройки на AVR и PSS, да се решава и твърде важният за практиката въпрос - на кои синхронни агрегати да се инсталира PSS?

II.12 Ivanov, C. K., K. K. Gerasimov, B. Pavlov, Y. Rangelov. Proni Analysis and its Application in Studies of Inter-Area Oscillations in the Former Second UCTE Synchronous Zone. ELMA 2005, ISBN 954-902-09-6-7, Vol. 1, pp.72-75.

Иванов, Ч. К., К. К. Герасимов, Б. Павлов, Ю. Рангелов. Анализ на Прони и неговото приложение при изследване на междусистемните колебания в бившата втора синхронна зона на UCTE. ELMA 2005, ISBN 954-902-09-6-7, Vol. 1, pp.72-75.

Тази статия представя резултатите от анализа на междусистемните колебания в бившата втора синхронна зона на UCTE. Анализът на Прони е приложен за анализиране на отклоненията на активната мощност регистрирани в електроенергийната система (ЕЕС) на България при по значимите смущения във втора синхронна зона на UCTE (Union for the Coordination of the Transmission of Electricity). Разработена е компютърна програма в среда на MATLAB, която реализира алгоритъма. Анализирани са около 100 реални смущения, които включват около 625 записа на активната мощност. Тези записи са регистрирани от регистриращите системи на НЕК-ЕАД. Резултатите показват добро демпфиране на междусистемните колебания в изследваната ЕЕС.

ЕЕС на България работи синхронно с другите ЕЕС от втора синхронна зона на UCTE. Следователно анализът показва поведението на ЕЕС на България така както и на останалите ЕЕС в обединението. След ресинхронизацията между първа и втора синхронни зони на UCTE на 10.10.2004, честотата на междусистемните колебания се промени поради големината на обединението. Анализът показва до голяма степен възможността за демпфиране на междусистемните колебания в целия диапазон и следователно резултатите са валидни не само за ситуацията преди ресинхронизацията, а и след нея. Част II от доклада представлява кратко описание на анализа на Прони и неговото приложение за целите на това изследване. Представена е също и компютърната програма, която реализира анализа на Прони. Местоположението на регистриращите системи и описанието на изследването са представени в част III. Част IV представя резултатите от изследването, които са обобщени в част V.

Резултатите от изследването могат да бъдат обобщени както следва:

1. Междусистемните колебания в бившата втора синхронна зона на UCTE са добре демпфирани.

2. Честотния диапазон на регистрираните нискочестотни колебания е от 0,5 до 0,8 Hz. След ресинхронизацията на двете синхронни зони на UCTE се наблюдават честоти около 0,2 Hz. Това се потвърждава от анализа на процеса на ресинхронизацията и от анализа на някои смущения станали след това.

3. Разработената компютърна програма е доказал се инструмент, който реализира анализа на Прони и може да бъде използвана и при последващи анализи на нискочестотните колебания в ЕЕС и за проверка на модела на ЕЕС.

Периодични анализи на междусистемните колебания ще бъдат провеждани и при бъдещи смущения в UCTE, за да се провери демпфирането на тези колебания в Източна Европа.

III Учебно-методични пособия

III.1 Тасев, К., Д. Пенков, Ю. Рангелов. Ръководство за решаване на задачи по електрически мрежи и системи. Технически университет - Варна, ISBN – 13: 978-954-20-0367-0, Варна, 2007.

Ръководство е предназначено за студентите от специалност “Електроенергетика” и е насочено към самостоятелната им работа при подготовката им за семинарни упражнения по курса “Електрически мрежи и системи”. То може да се използва и от специалистите от практиката, които работят в областта на проектирането и експлоатацията на електрическите мрежи. Авторите са се стремили да изложат най-характерните задачи, които възникват при изчисляването, анализирането и проектирането на мрежите: определяне на параметрите на заместващите схеми на линиите, трансформаторите и товарите; изчисляване на параметрите на установените режими; избор на сечението на проводниците и кабелите; регулиране на напрежението в електрическите мрежи.

Ръководството позволява на студентите да усвоят разгледаните задачи, без да се обръщат към друга литература. Всяка глава започва с раздел по теоретична част, в която се посочват необходимите формули, схеми, диаграми и графици. Всички необходими данни за електрическите елементи, които се съдържат в справочници, са отделени в края на ръководството като приложение и са оформени във вид на таблици.

Основната част от предлаганите задачи са представени заедно с решенията си. Освен тях, за затвърдяване на получените знания, към всяка глава има задачи, на които са записани само условията. Обемът на решението на една задача не е голям и не предизвиква затруднения от изчислителен характер. Условията на задачите са подбрани да бъдат близки със срещащите се в практиката.

Съдържание:

Глава първа. Заместващи схеми и параметри на заместващите схеми на елементите на електрическите мрежи

Глава втора. Изчисляване на параметрите на установените режими на електрическите мрежи

Глава трета. Избор на сечение на проводниците и кабелите на електропроводните линии

Глава четвърта. Регулиране на напрежението в електрическите мрежи

Ш.2 Тасев, К., Ю. Рангелов, А. Филипов. Ръководство за семинарни упражнения по пренасяне на електрическа енергия със свръхвисоки напрежения. Технически университет - Варна, ISBN 978-954-20-0429-5, Варна, 2008.

Ръководство е предназначено за студентите от магистърския курс на обучение в ТУ-Варна със специализация “Електроенергетика” и е насочено към самостоятелната им работа при подготовката им за семинарни упражнения по дисциплина “Пренасяне на електрическа енергия със свръхвисоки напрежения”. Ръководството започва с теоретична част, в която са посочени най-често употребяваните заместващи схеми, графични зависимости и крайни формули, с които се описват установените режими на работа на мрежите за свръхвисоко напрежение. За всяко семинарно упражнение има пълно решение на разглежданите задачи, включващо необходимите формули, числени резултати, схеми, диаграми, графици и др. Това решение е само насочващо, в действителност всеки студент получава свой самостоятелен вариант, за който трябва да изпълни поставените му задачи и в писмен вид да ги представи на преподавателя.

Съдържание:

ТЕОРЕТИЧНИ ПОЛОЖЕНИЯ И СЪОТНОШЕНИЯ

СЕМИНАРНО УПРАЖНЕНИЕ №1. Заместващи схеми и параметри на заместващите схеми на електро-проводите за свръхвисоко напрежение и променлив ток

СЕМИНАРНО УПРАЖНЕНИЕ №2. Изчисляване на параметрите на установен режим на празен ход на електрическа мрежа за свръхвисоко напрежение, с включено начало към източник на електрическа енергия

СЕМИНАРНО УПРАЖНЕНИЕ №3. Повишаване на пропусащата способност на електропроводна линия за свръхвисоко напрежение

СЕМИНАРНО УПРАЖНЕНИЕ №4. Изчисляване на параметрите на установени режими на нормално на-товарване на електропроводна линия за свръхвисоко напрежение

СЕМИНАРНО УПРАЖНЕНИЕ №5. Изчисляване на параметрите на установени режими на нормално натоварване на електропроводна линия за свръхвисоко напрежение, съдържаща междинни присъединения

III.3 Рангелов, Ю. Дистанционно управление в електроенергийните системи – наръчник. Учебно помагало за дистанционно обучение по проект BG051PO001-4.3.04-0014 “Нови електронни форми на обучение в Технически университет-Варна“, ISBN 978-954-20-0704-3, ТУ-Варна, 2014

Учебното пособие е предназначено за самоподготовката на студентите от специалност “Електроенергетика” по дисциплината „Дистанционно управление в електроенергийните системи“. Може да се използва и от специалистите от практиката, които работят в областта на проектирането и експлоатацията на системите за управление и контрол на електроенергийните обекти. Изложени са най-характерните технически решения при схемите за вторична комутация в българската електроенергийна система – схеми за дистанционно управление на прекъсвачи, измерване, сигнализация, защита, блокировки и др.

Наръчникът позволява на студентите да придобият съществен практически опит по начина на проектиране, изграждане и експлоатация на схемите от вторичната комутация още по време на обучението си. За проверка и затвърждаване на получените знания, към всяка тема от пособието има тестови въпроси.

Всички теми са базирани на конкретни примери от електроенергийните обекти в българската електроенергийна система, западна, българска и руска литература и действащата нормативна уредба в областта.

Съдържание:

- Тема 1. Основи за дистанционно управление на електроенергийни обекти
- Тема 2. Технически средства за дистанционно управление и пространствено разположение
- Тема 3. Условни означения на вторични схеми
- Тема 4. Структура на вторични схеми
- Тема 5. Монтажни схеми
- Тема 6. Кабелно стопанство
- Тема 7. Захранваща мрежа за оперативно напрежение
- Тема 8. Управляващи сигнали
- Тема 9. Дистанционно класическо командване и блокировки на комутационни апарати за високо напрежение
- Тема 10. Индивидуална класическа сигнализация за положението на комутационни апарати от първичните схеми
- Тема 11. Класическа сигнализация за аварийно изключване на прекъсвачи за високо напрежение
- Тема 12. Индивидуална класическа предупредителна сигнализация за техническо-технологични неизправности
- Тема 13. Електрически и механични блокировки в закрити разпределителни уредби
- Тема 14. Дистанционно измерване на основни технологични параметри
- Тема 15. Използване на съвременни технически средства при изграждане на схеми за дистанционно управление

08. 2015 г.
гр. Варна

Подпис: