

Резюмета

на научноизследователските трудове на

гл. ас. д-р инж. **Николай Деянов Николаев**

за участие в конкурс за академична длъжност „Доцент“, в
професионално направление 5.4 Енергетика по научна специалност
„Електрически централи и подстанции“, към катедра „Електроенергетика“
при Електротехнически факултет на Технически университет-Варна,
обявен в ДВ бр. 105/18.12.2018 г.

Опис:

Резюмета по показател В.4 - хабилитационен труд – научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация
..... 3

[1] N. Nikolaev, Y. Rangelov, V. Valchev, and A. Marinov, “Technique for indirect analysis of domestic power consumers based on power pattern recognition for smart energy metering,” in 2013 36th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2013 - Proceedings, 2013, pp. 971–974..... 3

[2] K. Gerasimov, Y. Kamenov, Kr. Gerasimov, and N. Nikolaev, “Application of Monte Carlo method for probabilistic assessment of electric power system small-Signal stability,” in International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, 2013, pp. 801–805 4

[3] N. Nikolaev, S. Yordanov, and R. Vasilev, An optimization algorithm for simulating smart-grid means for distribution grid balancing, vol. 679. Springer Verlag, 2018 5

[4] N. Nikolaev, Y. Rangelov, and A. Marinov, “Algorithm for indirect load recognition in domestic power consumption,” in PCIM Europe Conference Proceedings, 2013, pp. 1241–12466

[5] M. Vassileva, M. Yordanova, Y. Rangelov, and N. Nikolaev, “Simulation of the process of arising and limitation of lightning surges in medium voltage power grids,” in 2013 12th International Conference on Environment and Electrical Engineering, 2013, pp. 180–185..... 7

[6] M. Vasileva, N. Velikova, and N. Nikolaev, “Model study of lightning protection of 110 kV substation,” in 2014 14th International Conference on Environment and Electrical Engineering, IEEEIC 2014 - Conference Proceedings, 2014, pp. 113–115 8

[7] N. Nikolaev, Kr. Gerasimov, K. Gerasimov, and Y. Kamenov, “Mathematical model and computer software for EMT analysis in HV and MV grids,” in 2014 14th International Conference on Environment and Electrical Engineering, IEEEIC 2014 - Conference Proceedings, 2014, pp. 152–157 9

[8] N. Nikolaev, K. Gerasimov, Kr. Gerasimov, and Y. Rangelov, “Optimal tuning and contribution of wind turbines and PV plants to the power system frequency control,” in 2014 14th International Conference on Environment and Electrical Engineering, IEEEIC 2014 - Conference Proceedings, 2014, pp. 102–107 10

[9] Y. Rangelov, N. Nikolaev, Y. Kamenov, and Kr. Gerasimov, Project of experimental complex for power system stability studies, vol. 680. © 2018, Springer International Publishing AG., 2018 11

[10] P. Yankov, P. Popov, N. Nikolaev, and Y. Rangelov, “Wireless controlled solar array simulator,” in 2018 20th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2018 - Proceedings, 2018, pp. 484–487 12

Резюмета по показател Г.7 - научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация..... 13

- [1] N. Nikolaev, "A Monte Carlo algorithm for determining the point of collapse of power flow equations," in 2017 15th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2017 - Proceedings, 2017, pp. 130–134..... 13
- [2] N. Nikolaev, "An algorithm for fast determining the point of collapse of power flow equations based on singular value decomposition," in 2017 15th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2017 - Proceedings, 2017, pp. 135–139 14
- [3] N. Nikolaev, Verification of SVD based algorithm for voltage stability assessment against other methods, vol. 680. Springer Verlag, 2018 15
- [4] N. Nikolaev, "Tuning of power system stabilizer PSS3B and analysis of its properties," in 2018 20th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2018 - Proceedings, 2018, pp. 306–310 16

Резюмета по показател Г.8 - научни публикации в нереперирани списания с научно рецензиране или в редактирани колективни томове..... 17

- [1] N. Nikolaev, Y. Rangelov, and K. Gerasimov, "Damping low-frequency oscillations by three-channel power system stabilizer PSS4B," in ICEST 2011 - XLVI International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2011, vol. 3, pp. 973–976 17
- [2] Y. Rangelov, N. Nikolaev, and M. Shotova, "Automated simulation system for analysis of domestic consumption based on a dedicated computer assisted survey," in SIELA 2012 - XVII-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies - Proceedings, 2012, vol. 1, pp. 286–293..... 18
- [3] K. Gerasimov, Y. Rangelov, and N. Nikolaev, "Experimental Verification of Algorithm for Indirect Domestic Load Recognition," in ICEST 2013 - XLVIII International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2013, vol. 2, pp. 743–746 19
- [4] N. Nikolaev, K. Gerasimov, and F. Milano, "Two-stage Approach for the Initialization of Doubly-fed Induction Generator Models," in Proceedings, International Scientific Symposium, Electrical Power Engineering 2014, 2014, vol. 1, pp. 52–56..... 20
- [5] N. Nikolaev, K. Gerasimov, and Y. Rangelov, "Representation of Renewable Energy Generators by Synchronous Machine during Three-phase Fault Conditions," in Proceedings, International Scientific Symposium, Electrical Power Engineering 2014, 2014, vol. 1, pp. 58–62 21
- [6] Kr. Gerasimov, K. Gerasimov, and N. Nikolaev, "Advanced Tools for Stability Improvement of Interconnected Electric Power Systems," in Proceedings, International Scientific Symposium, Electrical Power Engineering 2014, 2014, vol. 1, pp. 5–9..... 22
- [7] Y. Rangelov, A. Avramov, and N. Nikolaev, "Design and Construction of a Laboratory SCADA System," in ICEST 2015 - L International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2015, vol. 1, pp. 300–303 23
- [8] R. Vasilev, N. Nikolaev, and S. Yordanov, "Successful Implementation of Smart Metering Systems. Influence Factors, Challenges and Mitigation Measures," in PROCEEDINGS - International Scientific Symposium - Electrical Power Engineering 2016, 2016, vol. 1, pp. 44–4924
- [9] N. Nikolaev, S. Yordanov, and R. Vasilev, "Optimization of Costs for Balancing Through Smart Metering System," in PROCEEDINGS - International Scientific Symposium - Electrical Power Engineering 2016, 2016, vol. 1, pp. 50–62..... 25

Резюмета по показател В.4 - хабилитационен труд – научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация

[1] N. Nikolaev, Y. Rangelov, V. Valchev, and A. Marinov, “Technique for indirect analysis of domestic power consumers based on power pattern recognition for smart energy metering,” in 2013 36th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2013 - Proceedings, 2013, pp. 971–974

Основен проблем за битовите потребители е идентифицирането на енергийната консумация от всеки един електроуред. Познавайки тази информация всеки потребител биха имали възможността да подобрят ефективността на използване на електроуредите, 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 захранващия 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 електроуред 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 захранващата 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.

[2] K. Gerasimov, Y. Kamenov, Kr. Gerasimov, and N. Nikolaev, “Application of Monte Carlo method for probabilistic assessment of electric power system small-Signal stability,” in International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, 2013, pp. 801–805

Статията разглежда проблема за изследване на устойчивостта на големите електроенергийни системи при отчитане на неопределеностите в математичния модел. Добре познатия от теорията за робастно управление μ -анализ за оценка на робастната устойчивост не е приложим при големи електроенергийни системи поради изчислителни проблеми. Следователно тази статия предлага вероятностен подход, базиран на метода на Монте Карло, който отчита специфични характеристики на електроенергийните системи. Проведени са изследвания върху двузонална, четиримашинна тестова система и са дискутирани преимуществата на предложения алгоритъм.

Предложеният алгоритъм за вероятностна оценка на устойчивостта при малки смущения, базиран на метода на Монте Карло, има следните преимущества пред μ -анализа:

- Относително прост и праволинеен;
- Изчисленията са еднотипни и се свеждат от изчисляване на стандартни задачи, за които вече съществуват оптимизирани изчислителни процедури;
- Приложим е за пълномощабни, многомашинни електроенергийни системи. Трябва да се отбележи, че за да се получат резултати с по-висока вероятност, броя на итерациите нараства значително. Например, за да се постигне 90 % вероятност грешката да е по-малка от 5 % при вероятностното определяне на устойчивостта при малки смущения са необходими 460 итерации. Но, за да се постигне грешка по-малка от 1%, при същото ниво на достоверност са необходими много повече итерации – 11 513. Трябва обаче да се отбележи, че броя на итерациите не зависи от размера на анализираната система;
- Позволява идентификацията на критични работни режими и последващ анализ, който може да бъде от практически интерес за диспечерските центрове.

[3] N. Nikolaev, S. Yordanov, and R. Vasilev, **An optimization algorithm for simulating smart-grid means for distribution grid balancing**, vol. 679. Springer Verlag, 2018

В близкото бъдеще технологиите за интелигентни електрически мрежи ще имат забележително влияние върху икономиката на електроенергийните системи и върху околната среда. Това ще бъде възможно благодарение на интелигентни системи за комуникация и компютърни системи, които ще позволят на електроенергийните системи да внедрят много повече енергия от възобновяеми енергийни източници, чрез комбиниране на различни технологии за съхранение на енергия, електромобили и управление на потреблението. Основния принос на тази публикация е разработването на модели за различни компоненти на интелигентните електрически мрежи, които лесно могат да се генерализират за целите на разнообразен кръг от задачи. Моделната рамка обхваща депа за съхранение на електроенергия, ВЕИ генератори, електромобили и управляеми товари. Разработена е задачата за балансиране на разпределителните електрически мрежи за да илюстрираме приложението на разработените модели за подобряване на икономичността на балансиращите групи в свободния пазар на електроенергия. Задачата е формулирана като смесено-целочислено линейно програмиране и може да се използва от енергийните компании и клиенти за оценка на ефективността на инвестиционни решения в интелигентни електрически мрежи.

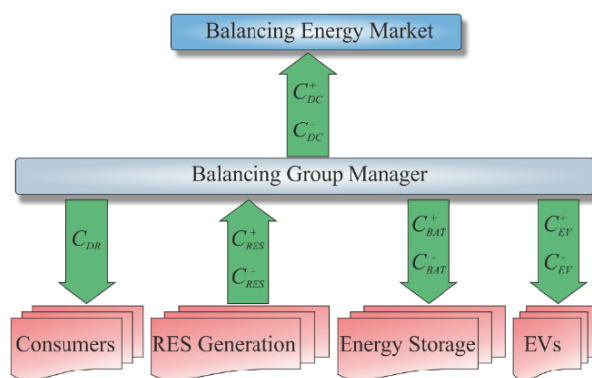


Fig. 1. Energy market structure

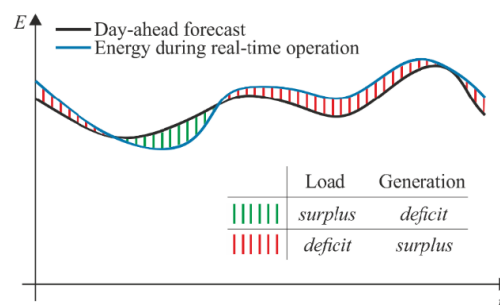


Fig. 2. Definition of deficit and surplus in load or generation context

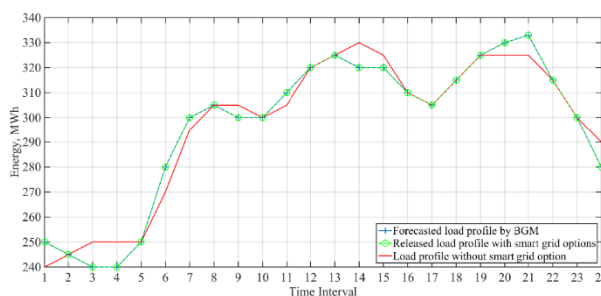


Fig. 4. Load profiles of the balancing group

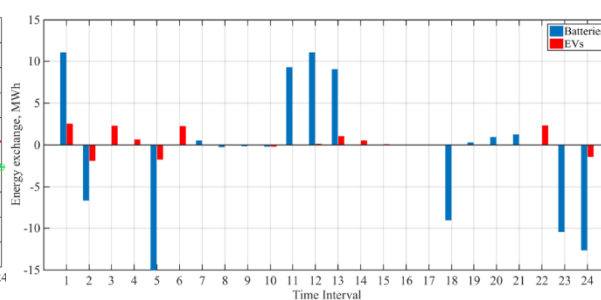
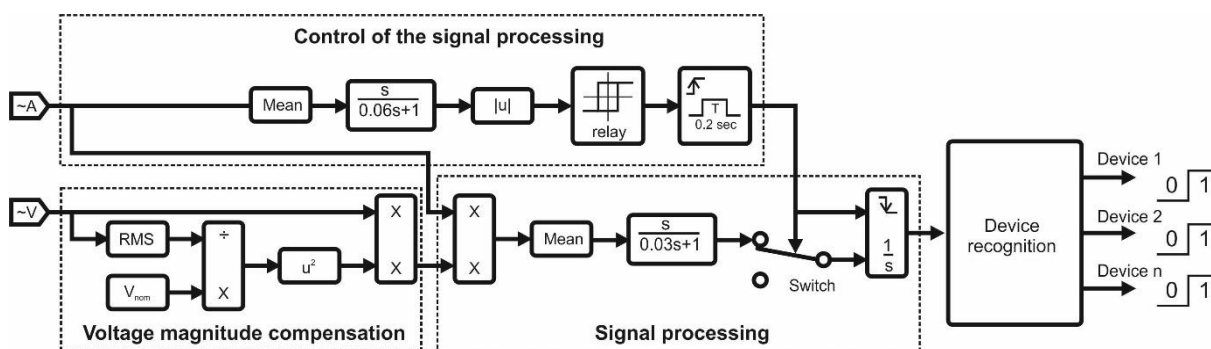


Fig. 5. Energy exchanged by the batteries and EVs

[4] N. Nikolaev, Y. Rangelov, and A. Marinov, "Algorithm for indirect load recognition in domestic power consumption," in PCIM Europe Conference Proceedings, 2013, pp. 1241–1246

В статията е представен специализиран алгоритъм за индиректно разпознаване на електрическите товари в домакинствата. Този подход позволява централен цифров електромер да се регистрира, когато член на предварително зададен набор от електрически консуматори се включи или изключи и по този начин определя своя принос към потреблението на електроенергия от гледна точка на пълната, активната и реактивна енергия. Алгоритъмът разпознава електрическите консуматори въз основа на тяхния специфичен мощностен "отпечатък". Основното предимство на концепцията в сравнение с конвенционалното интелигентно измерване на енергията е, че консумацията на енергия от различни товари може да бъде диференцирана без използването на отделни измерители за всеки потребител.

За предложения алгоритъм се използва относителната промяна на средната мощност, специфична за всеки потребител, за да се определи дали дадено устройство се включва или изключва. Провежда се симулация с три различни натоварвания. Симулациите демонстрират функционалността на алгоритъма.



Блокова диаграма на алгоритъма

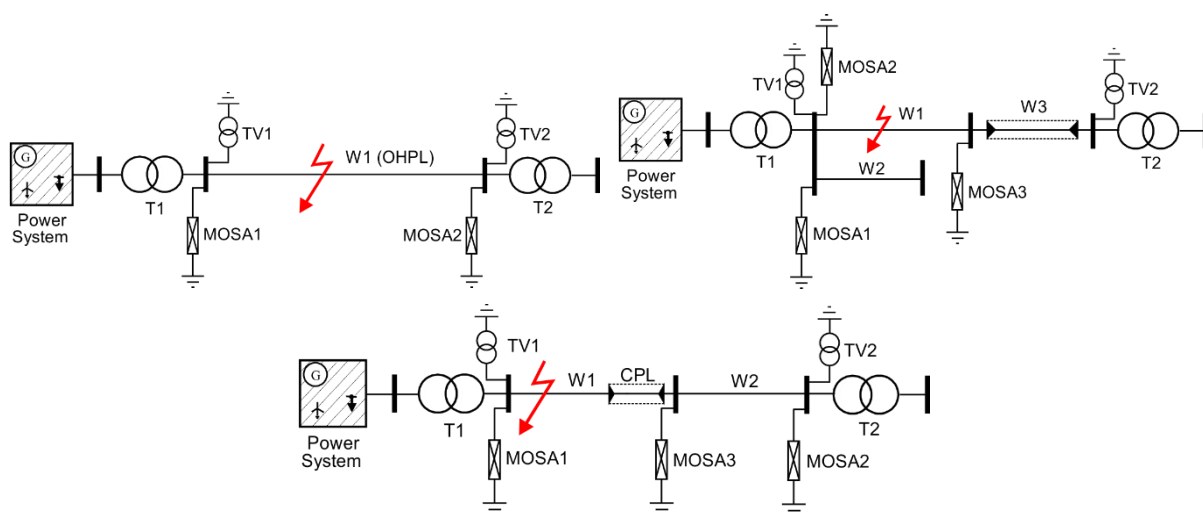
[5] M. Vassileva, M. Yordanova, Y. Rangelov, and N. Nikolaev, "Simulation of the process of arising and limitation of lightning surges in medium voltage power grids," in 2013 12th International Conference on Environment and Electrical Engineering, 2013, pp. 180–185

Преките попадения на мълнии са често срещани явления в електрическите мрежи за средно напрежение и те определят избора на вентилни отводи. Статията представя симулационни модели на електрическа мрежа за 20 kV, различни варианти за изследвания влиянието на вентилните отводи в зависимост от вида на електрическата мрежа и вида на атмосферните въздействия.

Статията предлага симулационни модели на силови трансформатори и защиты от пренапрежения подходящи за изследвания на електромагнитни преходни процеси. Смущенията са моделирани да имитират пряк удар на мълния, както и индуцирани пренапрежения.

Резултатите от изчисленията показват, че е препоръчително вентилни отводи да се поставят от двете страни на кабелните линии.

Получените резултати са основа за прецизен избор на параметрите на метал-оксидните вентилни отводи при отчитане на конфигурацията на мрежата и оразмерителното смущение. Това ще осигури по-добра координация на изолацията.



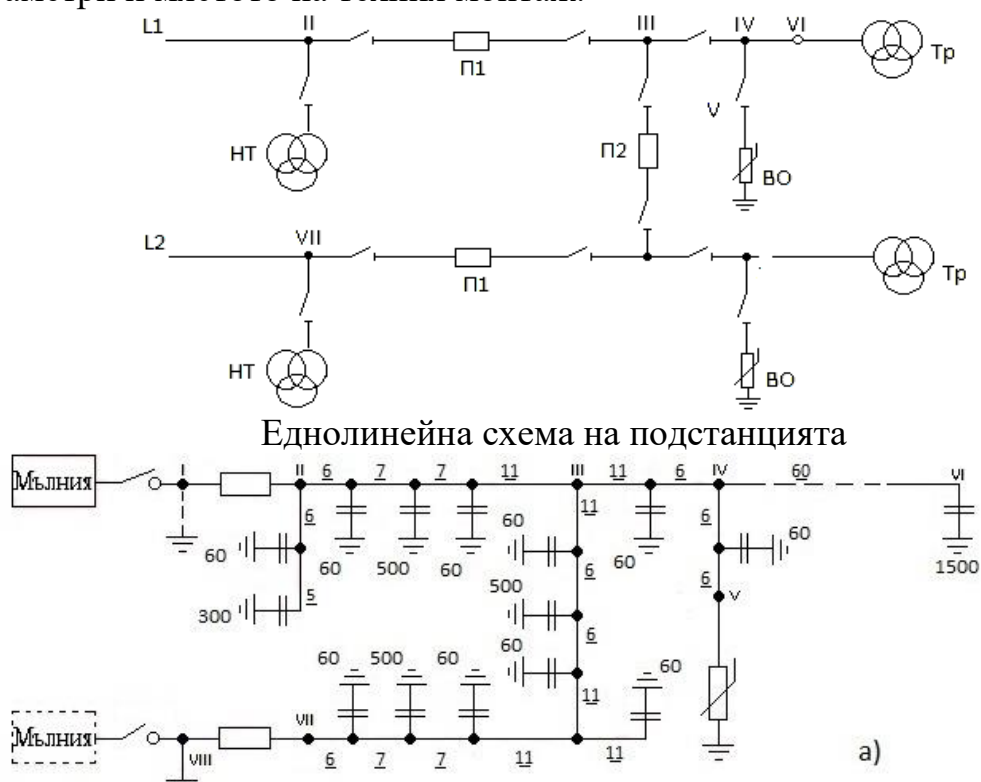
Тестови схеми

[6] M. Vasileva, N. Velikova, and N. Nikolaev, “Model study of lightning protection of 110 kV substation,” in 2014 14th International Conference on Environment and Electrical Engineering, IEEEIC 2014 - Conference Proceedings, 2014, pp. 113–115

Електрическите съоръжения в електрическите подстанции с напрежение 20 kV и по-високо, към които са присъединени въздушни електропроводни линии, се защитават от атмосферни пренапрежения с металоксидни вентилни отводи (МОВО). Те се избират така, че електрическите и механическите им характеристики да отговарят на условията, при които се експлоатират. Вентилните отводи се поставят пред силовите трансформатори откъм захранващата страна, като е необходимо да се направят допълнителни изчисления, свързани с избора им.

Целта на доклада е да се направи моделно изследване на въздействието на атмосферни пренапрежения, възникващи в електропроводните линии, върху електрическите съоръжения в подстанцията 110 kV и на защитното действие на МОВО.

В MATLAB е създаден симулационен модел, чрез който е показано влиянието на атмосферните пренапрежения върху електрическа подстанция – 110 kV в случаите, когато е защитавана с МОВО. Те могат да гарантират надеждната работа на съоръженията и на енергийната система като цяло. За тази цел е необходимо да се извърши правилен избор на техническите параметри и мястото на техния монтаж.



Заместваща схема на ОРУ 110 kV при един изключен трансформатор

[7] N. Nikolaev, Kr. Gerasimov, K. Gerasimov, and Y. Kamenov, “Mathematical model and computer software for EMT analysis in HV and MV grids,” in 2014 14th International Conference on Environment and Electrical Engineering, IEEEIC 2014 - Conference Proceedings, 2014, pp. 152–157

Статията представя компютърна програма предназначена за изчисляване на електромагнитни преходни процеси свързани с изчисляване на къси и земни съединения в разпределителни електрически мрежи. Разработени са подходящи математични модели на всички основни електроенергийни съоръжения в моментни стойности на токовете и напреженията. Авторите предлагат универсален структурен подход за свързване на отделните модели в единно математично описание в пространство на състоянието. Този подход позволява лесно разширяване на моделната библиотека. Статията също така предлага три метода за решение на модела в пространство на състоянията. Представените сравнителни резултати доказват адекватното моделиране и показват преимуществата на разработената компютърна програма.

Представената в статията компютърна програма и разработените математични модели са напълно адекватни и отразяват в детайли електромагнитните преходни процеси, които възникват при къси и земни съединения. Това е подкрепено от представените сравнителни резултати.

Разработената структура за съставяне на общото математично описание в пространството на състоянията има редица достоинства:

- структурния подход позволява лесно допълване на библиотеката с математични модели;
- формулираната система с хомогенни диференциални уравнения може да бъде дискретизирана и решена с методи инвариантни по отношение на времето. Това практически лишава решението от числови грешки от интегриране;
- не се наблюдават числови проблеми при симулации на мрежи с изолирана неутрала;
- математичното описание може да бъде лесно реализирано в програмите с отворен код.

[8] N. Nikolaev, K. Gerasimov, Kr. Gerasimov, and Y. Rangelov, “Optimal tuning and contribution of wind turbines and PV plants to the power system frequency control,” in 2014 14th International Conference on Environment and Electrical Engineering, IEEEIC 2014 - Conference Proceedings, 2014, pp. 102–107

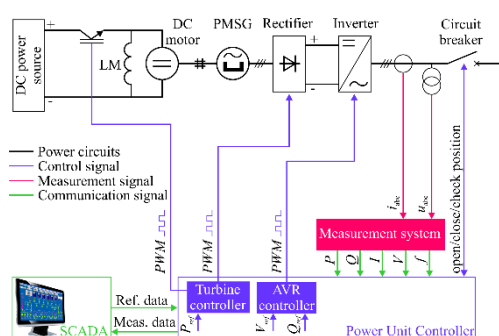
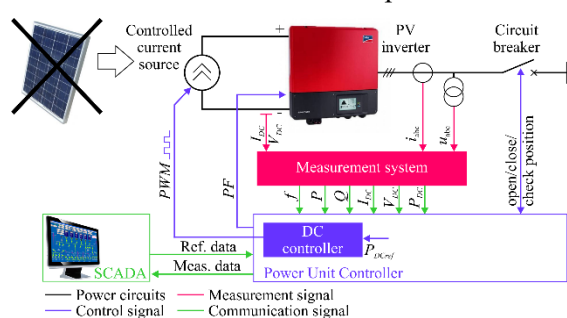
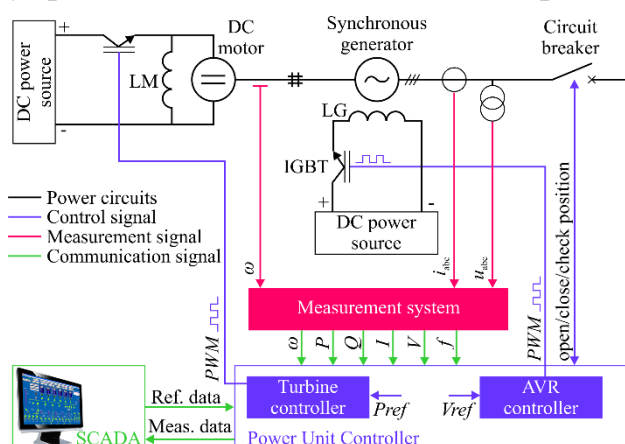
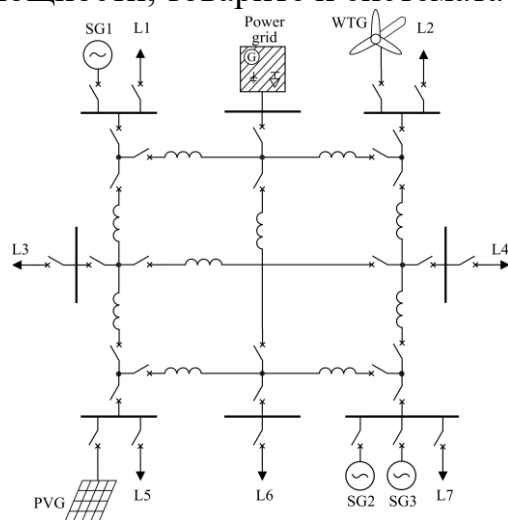
Делът на електропроизводство от ВЕИ е с тенденция да нараства значително през следващите години и десетилетия. В тази връзка изменението на генераторния състав води и до нова ситуация по отношение на вторичното регулиране на честотата на ЕЕС. Съвременните вятърни турбини и инвертори за фотоволтаични електрически централи имат възможности за корекция на активната мощност при значими отклонения на честотата на ЕЕС. В статията е представен разработения от авторите структурен модел на ЕЕС за оценка на влиянието на генераторите използващи ВЕИ при възстановяване на честотата след смущения. Освен това е разработена и методология за оптимална настройка на техните регулатори, отговорни за реакцията им при такива смущаващи въздействия. Резултатите от проведените изследвания и симулации сочат, че генераторите използващи ВЕИ, имат потенциала да оказват съществен положителен ефект при регулирането на честотата. Оптимизирането на техните настройки може също да подобри значително тяхната ефективност.

Изследването показва, че:

1. активирането на функциите на генераторите използващи ВЕИ допринася за качеството на регулирането на честотата на ЕЕС;
2. налице е възможност за изчисляване на оптимални настройки на регулаторите на генераторите използващи ВЕИ, от гледна точка на демпфирането на отклонението на честотата;
3. с оглед на нарастване на дела на производство на електроенергия в ЕЕС на РБ от ВЕИ, е целесъобразно да се преразгледат съществуващите правила за участието им в регулирането на честотата.

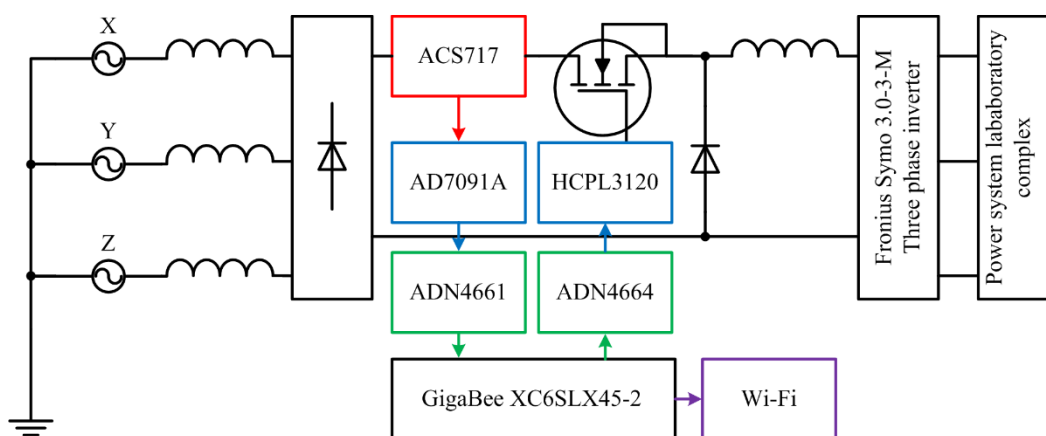
[9] Y. Rangelov, N. Nikolaev, Y. Kamenov, and Kr. Gerasimov, Project of experimental complex for power system stability studies, vol. 680. © 2018, Springer International Publishing AG., 2018

Изследването на режимите в електроенергийните системи е процес със солидна математическа основа, базиран на множество фактори, без отчитането на които е невъзможно получаването на адекватни резултати. В съвременните условия на осигуреност от страна на компютърни ресурси и софтуерни платформи моделирането на големи електроенергийни обединения за изследване на установени режими, преходни режими и устойчивост не представлява проблем. Провеждането на експерименти в реални условия са свързани с редица проблеми, основния от които е възможността за нарушаване на нормалния експлоатационен режим на мрежата и съоръженията. От тази гледна точка провеждането на експерименти в лабораторни условия е удачен вариант при условие, че създадения за тази цел физичен модел отговаря с възможностите си за интерпретиране процесите в реалната електроенергийна система. В тази публикация е представена една инициатива за създаване на физичен модел, чрез който да могат да бъдат потвърждавани резултати получени на база математични модели и симулации. Представени са общата концепция за изграждане на модела, електропреносната система, генериращите мощности, товарите и системата за управление, сигнализация и измерване.



[10] P. Yankov, P. Popov, N. Nikolaev, and Y. Rangelov, “Wireless controlled solar array simulator,” in 2018 20th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2018 - Proceedings, 2018, pp. 484–487

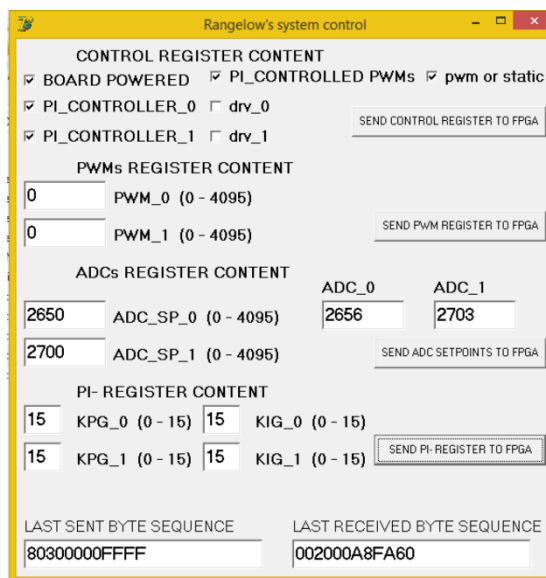
Слънчевите панели/низове са важна интегрална част от електроенергийната система на Европа. Тяхното взаимодействие с електрическата мрежа и поведението при различни работни условия е необходимо да се изследват отблизо в научен лабораторен комплекс. В статията е представена разработката на симулатор на фотоволтаични панели с използване на електронно-силов DC-DC преобразувател. Управлението и безжичната комуникация са разработени върху FPGA платформа. В резултат на това, изходните параметри на симулатора се задават дистанционно, от компютър, чрез графичен потребителски интерфейс. Сравнение е направено на изходните характеристики на симулатора и на волт-амперните характеристики на реален фотоволтаичен модул. Резултатите са представени графично и таблично.



Структура на фотоволтаичния симулатор



Хардуерна имплементация на силовата част



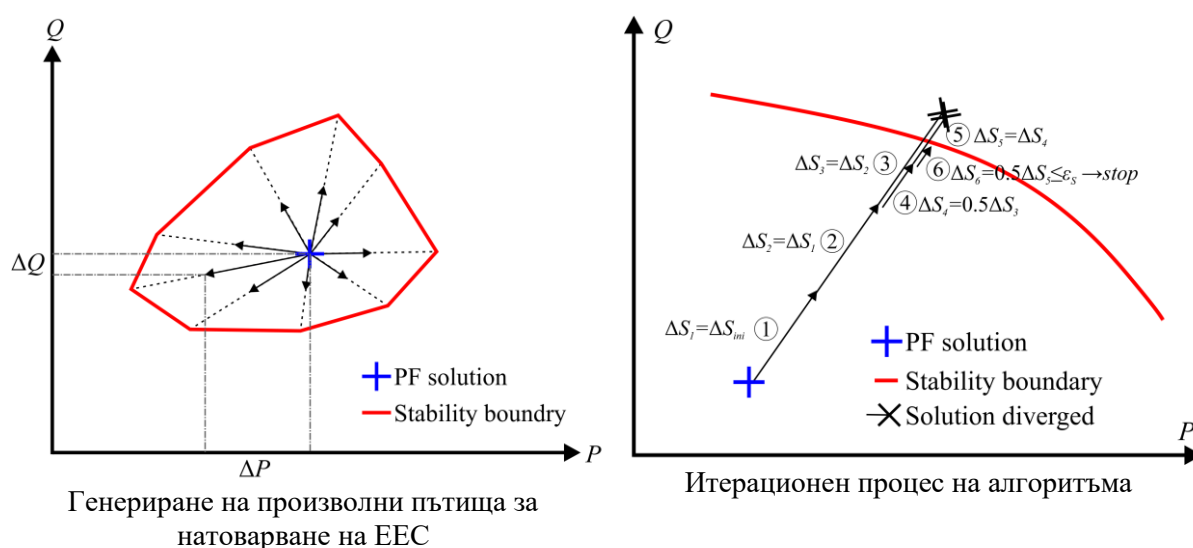
Графичен интерфейс

Резюмета по показател Г.7 - научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация

[1] N. Nikolaev, "A Monte Carlo algorithm for determining the point of collapse of power flow equations," in 2017 15th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2017 - Proceedings, 2017, pp. 130–134

Съществен недостатък на съществуващите алгоритми за изчисляване на устойчивостта по напрежение е, че те разчитат на предварително зададени условия на натоварване на системата за да се определи отстоянието до точката на неустойчивост, т.е. алгоритми като например continuation power flow и други базирани на решаване на оптимизационни задачи отчитат един единствен път, по който би могло да настъпи неустойчивостта. Настоящата статия представя алгоритъм за определяне на границата на устойчивост на базата на метода на Монте Карло. Генерират се множество възможни произволни пътища/посоки, по които се натоварва мрежата преди да се достигне до точката на несъвместимост на уравненията на установен режим. Този алгоритъм може да бъде полезен като референтен (отправна точка) при валидиране на други алгоритми при определяне на минималния път до достигане на неустойчивост. В статията са разгледани две тестови схеми за да се демонстрират свойствата и докажат възможностите на алгоритъма.

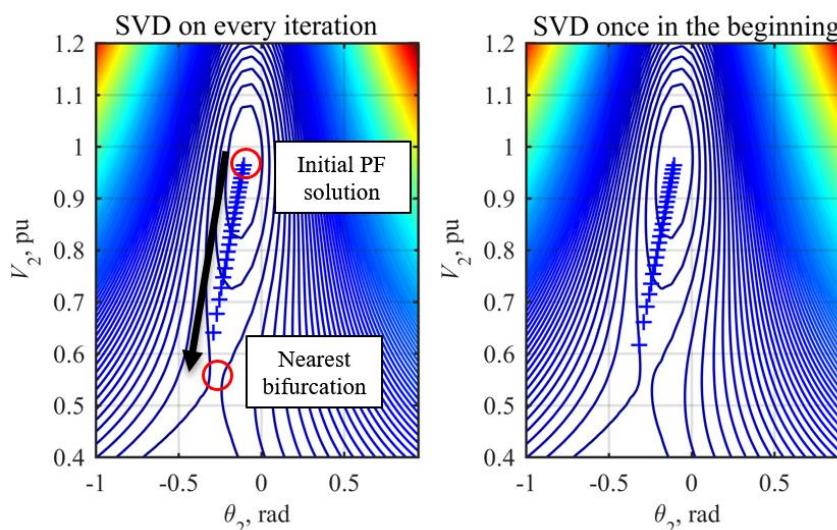
Разработеният алгоритъм е прост, същевременно надеждно определя повърхността на границата на съвместимост на уравненията на установен режим в многомерното пространство. Тъй като е по същество изчислително времеемък неговото приложение е полезно при верифициране на други директни и по-бързи алгоритми.



[2] N. Nikolaev, "An algorithm for fast determining the point of collapse of power flow equations based on singular value decomposition," in 2017 15th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2017 - Proceedings, 2017, pp. 135–139

Практически и изследователски интерес представлява идентифицирането на точката на несъвместимост на уравненията на установен режим на електроенергийната система, т.е. намирането на точката на максималното възможно натоварване на ЕЕС и нейната дистанция от текущия работен режим. Важна информация за системните оператори представлява запаса по устойчивост между работния режим и точката на максимално натоварване на мрежата. Съществуващите в литературата алгоритми използват текущото разпределение на товара по възлите на мрежата и го умножават по коефициент на натоварване докато се достигне до неустойчивост (точката на несъвместимост на уравненията на установен режим). Това означава, че автоматично се избира предварително предопределена посока в многомерното пространство на възловите мощности. Обаче тази посока като правило не гарантира, че този път е най-късия до границата на неустойчивост. Тази статия предлага алгоритъм базиран на декомпозиция по сингулярни числа за откриване на най-късия път до достигане на границата на устойчивост и съответно позволява адекватно определяне на запаса по устойчивост.

Тестовите резултати ясно показват, че най-подходящия подход за реализиране на алгоритъма е декомпозицията да се приложи само веднъж в началото на итерационния процес. Освен че се получават адекватни резултати, изчислителното време значително се скъсява поради факта, че се избягва обръщането на матрицата на Якоби на всяка итерация. В следващите разработки е направено сравнение между разработения алгоритъм и други подобни. Например с метода на Нютон от 2-ри ред.



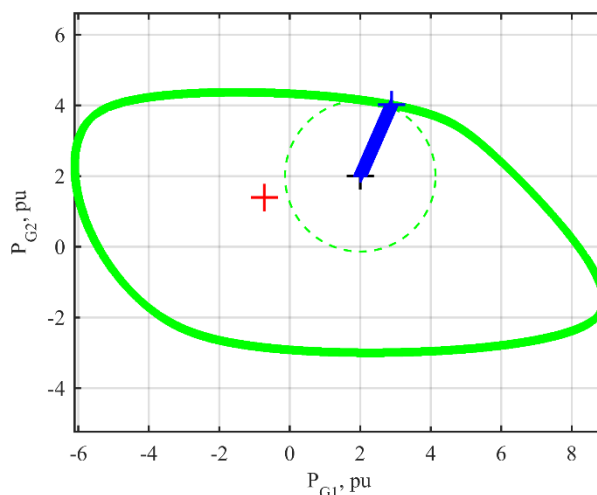
Сравнение между две от модификациите на алгоритъма

[3] N. Nikolaev, Verification of SVD based algorithm for voltage stability assessment against other methods, vol. 680. Springer Verlag, 2018

В предходната публикация на базата на алгоритъм с декомпозиция по сингулярни числа беше разработен алгоритъм за бързо изчисляване на най-близката работна точка, при която уравненията на установен режим на ЕЕС достигат несъвместимост. Беше показано, че алгоритъмът е бърз и успешно дава предложение за целесъобразна посока за натоварване на до достигане на най-близката граница на неустойчивост. Т.е. как с най-малко увеличение на натоварване на мрежата да се доведе системата до неустойчивост. Разработеният алгоритъм има нужда да бъде верифициран спрямо други установени от литературата подходи. Настоящата статия сравнява алгоритъма с декомпозиция по сингулярни числа с други алгоритми: (i) директен подход с използване на метода на Нютон от втори ред и (ii) референтен алгоритъм базиран на метода на Монте Карло. Няколко тестови системи са използвани за изследване на силните и слаби страни на алгоритмите. Резултатите доказват робастната работа на алгоритъма с декомпозиция по сингулярни числа и възможностите му за практическо приложение.

Приносите на статията са следните:

- Приведени са убедителни доказателства, че алгоритъма с декомпозиция по сингулярни числа е способен да посочва път към най-близката точка на неустойчивост.
- Открити са проблеми при прилагането на алгоритъма с метода на Нютон от втори ред и са разработени и предложени подобрения.



Сравнение между трите алгоритъма (видимо е преимущество на този със сингулярни числа)

[4] N. Nikolaev, "Tuning of power system stabilizer PSS3B and analysis of its properties," in 2018 20th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2018 - Proceedings, 2018, pp. 306–310

Предназначението на системните стабилизатори (PSS) е да осигурят допълнително демпфиране на междусистемните, локални и станционни електромеханични колебания и следователно да подобрят устойчивостта на електроенергийните системи при малки смущения. Съществуват различни типове PSS-и, стандартизирани от IEEE. Най-често използваните и застъпени в литературата са двувходовите, еднолентови PSS2B и двувходовите, многолентови PSS4B. Много слабо застъпен в литературата е двувходовия, еднолентов стабилизатор PSS3B.

Приносът на статията се състои в запълването на празнотите по отношение на възможностите на PSS3B да осигурява адекватна фазова компенсация за широк набор от честоти. Също така са изследвани честотните характеристики на стабилизатора за да се верифицират неговите филтриращи качества, чрез тестове за различни конфигурации на структурата на PSS3B.

Резултатите показват, че PSS3B може да осигури много добра фазова компенсация, съпоставима с тази при PSS2B. Неговите филтриращи качества трябва внимателно да се третират, тъй като се наблюдават някои недостатъци в това отношение.

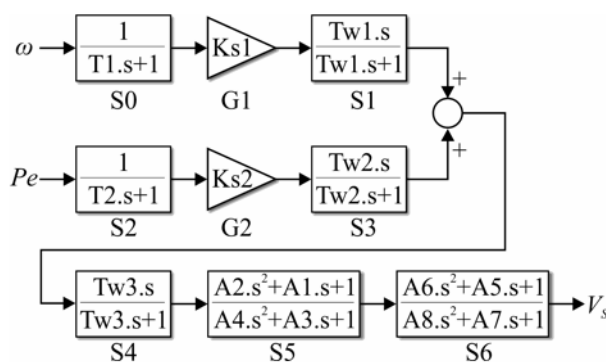


Fig. 1. PSS3B structure diagram

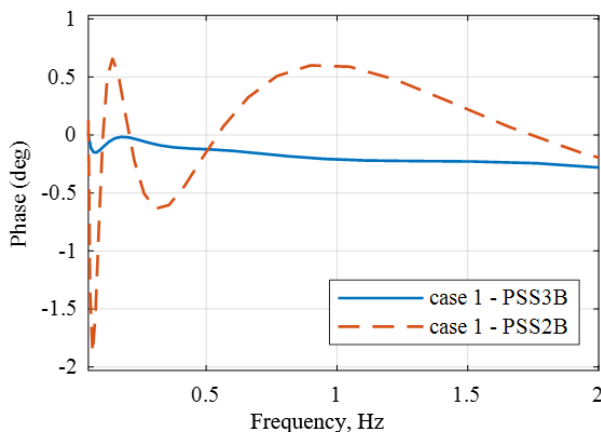


Fig. 4. Compensated P-Vr characteristic for G1-G3 for case 1

**Резюмета по показател Г.8 - научни публикации в
нереферирани списания с научно рецензиране или в
редактирани колективни томове**

- [1] N. Nikolaev, Y. Rangelov, and K. Gerasimov, “Damping low-frequency oscillations by three-channel power system stabilizer PSS4B,” in ICEST 2011 - XLVI International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2011, vol. 3, pp. 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.

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 стабилизатори.

[2] Y. Rangelov, N. Nikolaev, and M. Shotova, “Automated simulation system for analysis of domestic consumption based on a dedicated computer assisted survey,” in SIELA 2012 - XVII-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies - Proceedings, 2012, vol. 1, pp. 286–293

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.

[3] K. Gerasimov, Y. Rangelov, and N. Nikolaev, “Experimental Verification of Algorithm for Indirect Domestic Load Recognition,” in ICEST 2013 - XLVIII International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2013, vol. 2, pp. 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 по-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 други трудове. 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.

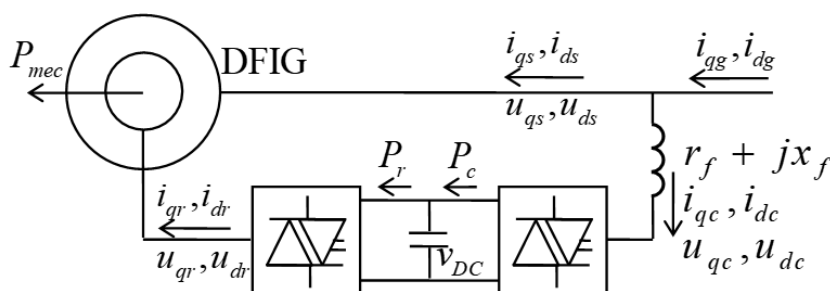
Проведените експериментални изследвания с реални данни от измервания показват, че разработения алгоритъм за индиректно разпознаване на включените в домашната електрическа мрежа електроуреди е способен да идентифицира произхода на около 80 % от консумираната електроенергия.

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.

[4] N. Nikolaev, K. Gerasimov, and F. Milano, "Two-stage Approach for the Initialization of Doubly-fed Induction Generator Models," in *Proceedings, International Scientific Symposium, Electrical Power Engineering 2014*, 2014, vol. 1, pp. 52–56

За стартиране на симулации на преходни процеси за изследване на поведението на електроенергийната система при смущения е необходимо инициализирането на динамичните модели. Т.е. трябва да се намерят стойностите на променливите на състоянието на съответните модели, за установения режим. Поради специфика в моделите на двустранно-захранените ветрогенератори (DFIG) възникват създават трудности за тяхното инициализиране. Честа практика е тези трудности да се преодоляват чрез въвеждане на опростяващи допускания. В статията е представен алгоритъм за решаване на този проблем, разработен от авторите, който се базира на решение на система уравнения чрез метода на Нютон, приложен в две стъпки. Чрез предложения подход се избягват опростяващите допускания, които създават известни неточности в изчисленията. Пораждат се колебания на променливите на състоянието в хода на симулацията дори без да има внесено смущение в системата. Предложеният алгоритъм е лесно приложим в софтуерни продукти, базирани например на MATLAB.

Основните достоинства на разработения подход за инициализация на DFIG генератори са следните: (i) загубите в генератори и конверторите се отчитат; (ii) може да се задава произволна стойност на реактивната мощност отдавана през мрежовия конвертор; (iii) алгоритъмът е приложим както при модели от 3-ти, така и при модели от 5-ти ред на асинхронната машина; и (iv) оптималната крива мощност-скорост е моделирана в детайли и отчита ограниченията в скоростта на ротора. В резултат, изчисления установен режим на DFIG генератора е напълно „точен“ и не показва разминавания с решението на потокоразпределението на мрежата и при изчисляване на преходни процеси.



Фиг. 1. Структурна схема на DFIG ветрогенератор

[5] N. Nikolaev, K. Gerasimov, and Y. Rangelov, “Representation of Renewable Energy Generators by Synchronous Machine during Three-phase Fault Conditions,” in *Proceedings, International Scientific Symposium, Electrical Power Engineering 2014*, 2014, vol. 1, pp. 58–62

Поради нарастващия дял на електрически централи базирани на възобновяеми енергийни източници тяхното математично моделиране става все по-важно. В практиката се използват специализирани програми за изчисляване на токовете на късо съединение. Често в тези програми модели на генератори базирани на ВЕИ не са включени.

Основният принос на публикацията е разработения алгоритъм за представяне на ветрогенератори и фотоволтаични генератори чрез модел на синхронен генератор. Алгоритъмът включва процедура за определяне на параметрите на синхронната машина. Сравняват се токовете на късо съединение получени с модела на синхронен генератори и този на ВЕИ генератори. Симулации за различни типове ВЕИ генератори са представени. Резултатите потвърждават, че модел на синхронна машина може успешно да се използва за представяне на ВЕИ генератори при изчисляване на къси съединения.

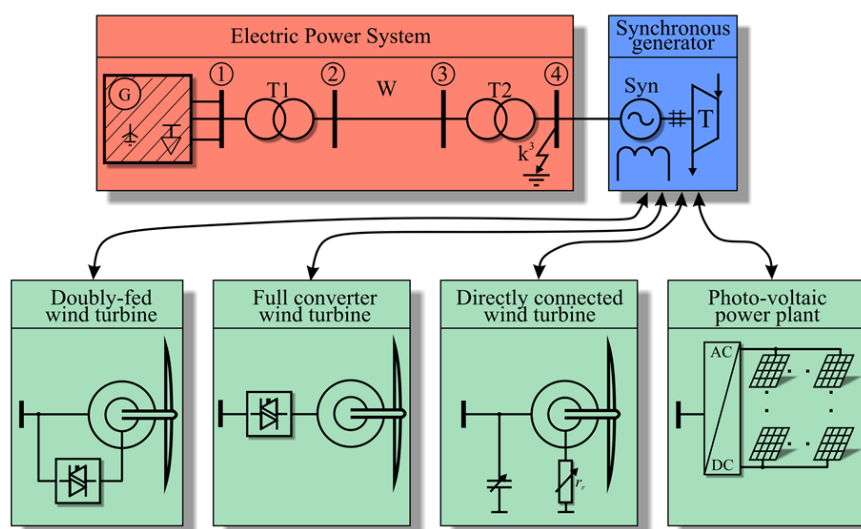


Figure 1. Substitution of the renewable energy generators with a synchronous machine model

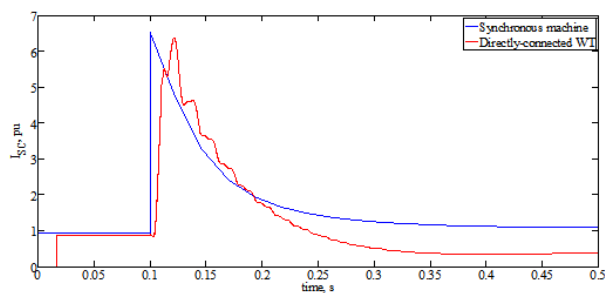


Figure 8. Comparison between SM and directly-connected wind turbine

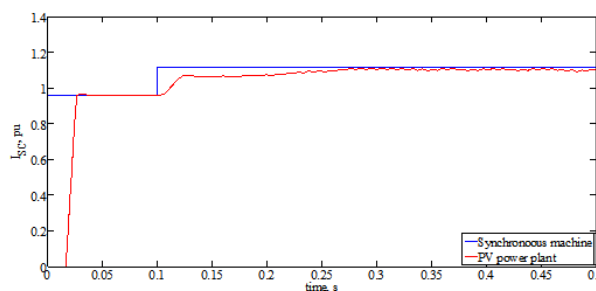


Figure 9. Comparison between SM and PV power plant

[6] Kr. Gerasimov, K. Gerasimov, and N. Nikolaev, "Advanced Tools for Stability Improvement of Interconnected Electric Power Systems," in *Proceedings, International Scientific Symposium, Electrical Power Engineering 2014*, 2014, vol. 1, pp. 5–9

Разгледани са съвременните тенденции в развитието на обединената електроенергийна система на Европа и в частност на системата на България като елемент на обединената система. Особено внимание е отделено на средствата за осигуряване на устойчивостта чрез FACTS и PSS устройства. Разгледани са особеностите на функциониране на PSS, настроен по класическа методика, базирана на фазовата компенсация. Показано е, че правилно действие на PSS може да се постигне при настройването му чрез методика за робастна настройка, съчетаваща претеглени входни сигнали от турбината и от възбуждането.

Основавайки се на изискването за вътрешна устойчивост на затворена система с обратна връзка, а именно, че в устойчивата система въвеждането на ограничени външни сигнали в което и да е място на системата, пораждат ограничени сигнали във всички точки на системата, бе създадена от авторите методика за робастна настройка на PSS. В тази методика се отчитат едновременно всички смущаващи въздействия върху режима на работа на агрегата, а именно: промяна на турбинната мощност, промяна на възбуждането и промяна на параметрите на мрежата.

Разгледания прост пример само с 1 стабилизатор е нагледно доказателство за това, че тенденцията за въвеждане в бъдеще на все по-голям брой автоматични управляващи устройства ще изисква специализирани методологии за координация на тяхната правилна работа, с цел надеждно осигуряване на устойчивостта на ЕЕС.

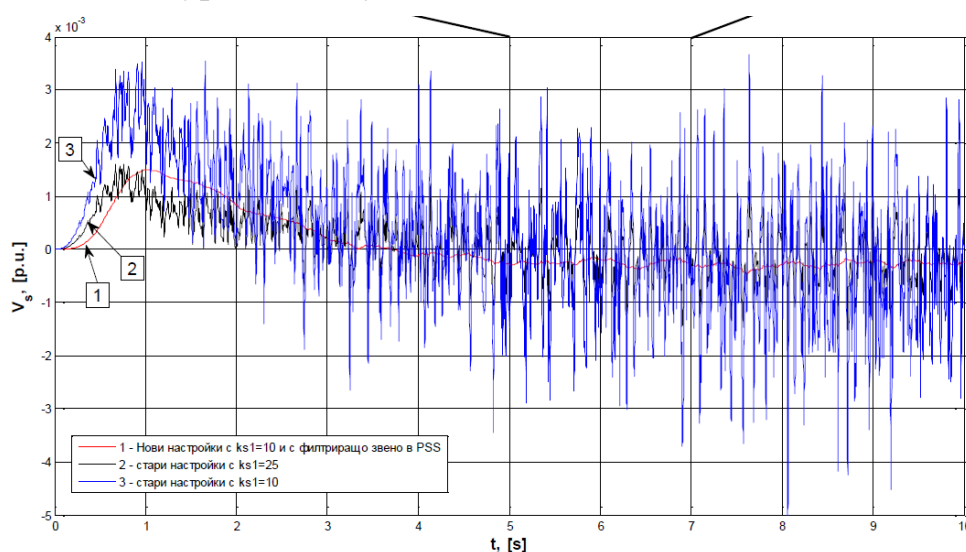


Figure 15. PSS output signal in the process of decrease of turbine power, for the case of: 1 – new settings with gain $ks1=10$; 2 – old settings with gain $ks1=25$; 3- old settings with gain $ks1=10$

[7] Y. Rangelov, A. Avramov, and N. Nikolaev, “Design and Construction of a Laboratory SCADA System,” in ICEST 2015 - L International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies. Proceedings of Papers, 2015, vol. 1, pp. 300–303

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“.

[8] R. Vasilev, N. Nikolaev, and S. Yordanov, “Successful Implementation of Smart Metering Systems. Influence Factors, Challenges and Mitigation Measures,” in PROCEEDINGS - International Scientific Symposium - Electrical Power Engineering 2016, 2016, vol. 1, pp. 44–49

Интелигентните измервателни системи (ИИС) са относително нова технология, пълноценното внедряване на която засяга интересите на крайните потребители и техните навици, работата на звената управляващи електроенергийната система и финансовите взаимоотношения между потребители, производители и търговци на електроенергия. Поради това успешното внедряване на ИИС изисква разглеждане на всички аспекти, а именно социален, регулаторен и технически. От изложението в статията се извеждат следните обобщаващи изводи относно нейното внедряване:

1. Успешното внедряването и използване функциите на ИИС изисква определена регулаторна рамка. Част от функциите на системата засягат крайните битови потребители на електрическа енергия и тяхното внедряване ще доведе до определени промени в характера и навиците на потребление. В технически аспект, поради сложността си, системата ще доведе до промени в работата на оператора на електроразпределителната мрежа.
2. В социален аспект, като основна трудност може да се очаква резистентност на битовите клиенти за използване на функциите на ИИС. Това произхожда най-вече от съмнението на клиентите относно възможностите на технологията да осигури ниво на комфорт еквивалентно на това при конвенционалното електропотребление. За преодоляване на недоверието е необходимо да се предвидят необходимите информационни и разяснителни кампании, както и внедряване на ИИС с необходимото ниво на надеждност.
3. Инвестициите за подмяна на съществуващото домашно електрооборудване с ново, обезпечаващо функциите на ИИС по отношение на предоставяне на системни услуги, са съществени. Поради това те следва да бъдат стимулирани със съответните адекватни ценови пакети.
4. Използването на функционалността на системата, свързана с предоставянето на балансиращи услуги, изисква да бъдат извършени минимални изменения в законодателството позволяващо директни взаимоотношения между ползватели и доставчици на балансираща електроенергия.
5. Техническата концепция и архитектурата на системата са в основата на нейното внедряване.
6. Като част от изграждането на ИИС се изгражда и мащабна комуникационна инфраструктура, която може да се използва за събиране на данни от други измервателни устройства на комунално битови услуги. Синергията от такъв процес може да доведе до значителни икономии.
7. Комуникационната инфраструктура на системата следва да бъде много внимателно подбрана, тъй като е един от основните компоненти, определящ последващите експлоатационни разходи за системата.
8. Един от основните компоненти на системата е електромерът. Електромер за директно измерване на електроенергия от ИИС е съвкупност от електромер, комуникатор и комутатор. Наличните на пазара системи предлагат трите компонента в един корпус или три отделни устройства. Изборът на устройство има пряко въздействие върху първоначалната инвестиция, надеждността и нивото на сложност на поддръжка на системата от експлоатационния персонал. Препоръчително е по време на концептуалната фаза въпросите свързани с това да бъдат разгледани в необходимата детайлност.

[9] N. Nikolaev, S. Yordanov, and R. Vasilev, “Optimization of Costs for Balancing Through Smart Metering System,” in PROCEEDINGS - International Scientific Symposium - Electrical Power Engineering 2016, 2016, vol. 1, pp. 50–62

Работата на либерализирания пазар на електроенергия се основава на планиране на потреблението на електроенергия на потребителите, което при повечето пазарни модели е почасово за следващото денонощие. По този начин оператора на електроенергийната система (ЕЕС) може да планира работата на производствените агрегати, както и да осигури необходимите транспортни коридори. Това от своя страна води до намаляване на разходите за производство и пренос на електроенергия, тъй като планирането на работата на производствените мощности води до минимални разходи за системни услуги, а на транспортните коридори пренасянето на електроенергията с минимални загуби. На практика почти винаги прогнозираната консумация се различава от реалната. Разликата между прогнозираната и реалната консумация се нарича небаланс и за нея потребителят следва да заплати допълнително. Пълният съвременен пазарен модел включва, освен потребители и производители на електроенергия от ВИ, тъй като произведената от тях електроенергия зависи от природни ресурси и не се планира, а се прогнозира.

Една от основните функции на интелигентните мрежи, в частност интелигентните измервател-ни системи (ИИС), е управлението на товара в електроразпределителната мрежа, включително електромобили и хранилища на електроенергия. Тази дейност следва да доведе до съответните финансови ползи, както за собствениците на ИИС, така и за собствениците на управляваните крайни устройства.

За определяне на необходимите управляеми мощности, присъединени към мрежа ниско напрежение, както и финансовия ефект от тяхното управление, е разработен алгоритъм за симулиране на ефекта от внедряване на ИИС в разпределителната мрежа, с цел управление на товара. Алгоритъмът се основава на целева функция, която оптимизира разходите за небаланс към доставчика на балансираща енергия. Тези разходи се намаляват чрез използването на по-евтини средства, а именно управляеми то-вари, батерии и електромобили.

В статията са представени резултати от изчисления, по отношение на реализираните икономии при различните средства на балансираща енергия, приходите за собствениците на управляемите уреди и изменението на товарите графици, в следствие на предоставените, чрез ИИС, балансиращи услуги.