

РЕЗЮМЕТА НА НАУЧНИТЕ ТРУДОВЕТЕ

на доц. д-р инж. Ангел Белчев Цолов

по конкурса за заемане на академична длъжност „професор“ по професионално направление 5.2. Електротехника, електроника и автоматика, специалност „Електрически централи и подстанции“ към катедра „Електроенергетика“ – ЕФ

Монографии

1.1. „Единно време в ЕЕС“ ISBN 978-619-160-934-5

В книгата са разгледани основните принципи и различните методи за синхронизация на времето в ЕЕС. Показани са необходимостта от въвеждане на единно време в ЕЕС, както и процесите, на които се оказва влияние. Дава се ясна представа за ефекта от синхронизацията на работата на съвременните интелигентни устройства от системите за автоматизация и защита в електроенергийните обекти. Дадени са и конкретни примери.

В първата част на книгата е направен обстоен преглед на процесите в ЕЕС, които са пряко свързани със синхронизация на времето. Анализирането на събитията в електроенергийната система (ЕЕС) в различните и режими на работа е обвързано с точното получаване и предаване на данните за информативните величини. Опитът от миналото показва, че съгласуването на данни от различни източници често може да отнеме много повече време отколкото анализа на самите данни. Синхронизацията на времето на различните интелигентни устройства (IED) е необходима не само за анализ, но и за защита и управление на ЕЕС в реално време. Доказана е необходимостта от въвеждане на единно време в ЕЕС, като е направена и оценка на влиянието му върху по-важните процеси.

Анализирани са основните характеристики на съвременната технология на *синхронизираните вектори*. Практически технологията е изключително чувствителна към точността на задаване на времевия репер. Направена е оценка на грешката във времевия вектор и нейните последици за точността на времето. За да се получи реален критерий за оптималните параметри на активните преобразуватели на аналоговите сигнали, както и на необходимата скорост на обмен на данни между отделните системи за автоматично управление в главните възли на ЕЕС е изграден математически модел на ЕЕС с необходимата конфигурация. Получените резултати при различно време на измерване, обработка и връщане на управляващо или коригиращо въздействие при едни и същи смущения показват, че горната граница на забавянето е 0.2ms. След тази стойност ефекта от включването на UPFC намалява експоненциално.

В части две и три на книгата са анализирани различните прилагани методи за синхронизация на времето, използвани в ЕЕС, техните предимства и недостатъци. Дефинирани са стандартизираните изисквания към източника на еталон за време. Анализирани са проблемите с текущата точност при задаване на времето и последиците от неправилни времеви марки и получаването на данни със закъснение. Разгледани са някои от най-разпространените стандарти в енергетиката, като IEC61850, IEEE C37.118, IEEE C37.238 и др. Показани са средствата, които са необходими за тяхното приложение, както и проблемите, които възникват след тяхното прилагане. Направен е сравнителен анализ между различните методи за синхронизация, като е оценена приложимостта им при спецификата на процесите в ЕЕС.

В части четири и пет на книгата е разгледан последния разработен от екипите на IEEE стандарт Precision Time Protocol IEEE 1588, използван масово в последните години за прецизна синхронизация на времето именно в обекти на ЕЕС. Разгледани са особеностите на мрежови компоненти на PTP, обяснени са новостите в принципа на синхронизация, анализирана е типичната архитектура на PTP. Показан е начинът на приложение на IEEE 1588 PTP в автоматизирани обекти на ЕЕС в момента. Дефинирани са изискванията предявени от стандартите IEC61850, IEEE C37.118 и IEEE C37.238. Показан е начинът за синхронизация на времето посредством GPS и IEEE 1588. Разработена е примерна топология на информационния модел с IEEE 1588 синхронизация за подстанция.

В част шест на книгата е анализирана възможността за задаване на единно време чрез използване на глобалната позиционираща система с алгоритми за прогнозиране. След анализ на структура на Global Positioning System и на данните за грешката при синхронизация с обикновен GPS приемник са синтезирани базовите характеристики на необходимия контролер и GPS приемник. Естествено, разгледани са интерфейсите протоколи и формата на данните към slave устройствата (настройващи по отношение на инициализацията и сверявани в последствие).

В част седем е синтезирана базова структура и архитектура на система за автоматично управление, защита или регистрация (CAU) в ЕЕС, съобразена с изискванията за задаване на единно време от собствен GPS. Анализирани са особеностите на начините за измерване в цифровите системи на всички информативни величини и сигнали, зависещи от изискването за поставяне на 'етикет за време' (или по-точно синхронизиране на началото на Декартова координатната система, респективно - началният ъгъл в полярна форма). Показано е схемното решение на реална система за контрол на параметри на електроенергиен обект с директно сверяване на времето от собствен GPS.

В част осем на книгата – (заклучителната част на документа) са предложени алгоритъм за прогнозиране на времето и технически средства за адаптивна комуникация със сверяването устройство. Описан е синтезирания алгоритъм за задаване на единно време с прогнозиране на времето, направено на базата на корекционните данни от фрейма на съобщенията от GPS модула. Резултатите от изследванията гарантират прецизна и надеждна работа.

В Приложение 1 е даден програмния код на контролера, който комуникира с GPS-модула, анализира данните и задава прогнозата за единното време.

В Приложение 2 са дадени определенията по действащите стандарти на основните информативни сигнали и функции, които имат отношение към спецификата на разглеждания проблем. (Информацията може да е полезна за специалисти, които не разполагат с пълната документация на стандартите).

Резултати: Стойността на грешката от прогнозиране е пренебрежимо малка, независимо от броя на захванатите спътници. Предложеният алгоритъм прогнозира стойността на времето в бъдещ момент на поява на сигнала 1PPS. Така първо може да се заредят данните за единно време в сверяваните контролери и след получаване на реперния сигнал да се актуализират, като действително единно време. Получените резултати за грешката от прогнозиране са напълно задоволителни и стойността и не преминава $2ns$, включително и при промяна на броя следени спътници.

1.2.Стандартни и алтернативни функции на АРВ в малки ВЕЦ **ISBN 978-619-160-985-7**

В монографията са показани систематизирано резултатите от разработки, изследвания и получените оптимизирани и съгласувани алгоритми на системите за управление на активната мощност и възбуждането на синхронните генератори в малки ВЕЦ. Те гарантират устойчивата им работа в критични и гранични режими. Обектите са агрегатите на електрически централи, присъединени към ЕЕС със слабо натоварени електропроводи от разпределителната мрежа (20kV). Единичната мощност на отделните генератори е до 3.3MVA. В книгата са разгледани възможни решения на проблемите, засягащи базовите алгоритми за стандартните функции на АРВ, както и някои допълнителни, осигуряващи повишена надеждност в работата на агрегатите в една централа. Предложените решения са валидни за централи с един или повече синхронни агрегати със статична възбудителна система. Изследванията и разработването на модели и алгоритми се базира на анализ на записи на аварийни и критични режими от реални обекти и анализ на действащите алгоритми на системите за управление на малки ВЕЦ. Математическите модели са разработени в Simulink на MATLAB. Проведени са експериментални изследвания и върху физически модели. Оптималните решения са внедрени в реални обекти.

В част втора на книгата са представени основните характеристики и функции на автоматичен регулатор на възбуждането AVR36. Анализирани са базовите изисквания към АРВ на СГ, като е показано как са реализирани при конкретното изпълнение. Представени са стандартните функции и основни характеристики на разработения контролер AVR36/7 – параметри, защиты и ограничения, структурни схеми, информационен модел, комуникационна свързаност, регистрация на състояние и др.

В част трета са представени основните режими на регулиране на AVR36 - регулиране по напрежение, по реактивна мощност, по фактор на мощността или по ток на възбуждане. Показани са и математическите модели за съответните типове регулатори по стандартите на IEEE (основно IEEE Type ST1D, регулатор с независим източник и управляем токоизправител).

В част четири са представени авторските разработки на алгоритми за управление и регулиране, както и програмната среда за настройка и диагностика в реално време AVR36-os. Създадения софтуер за мониторинг и настройка, както и специфичните алгоритми за безударно превключване на режима или реструктуриране на регулатора в контролера дават възможност в реално време да се контролира работата на системата. Създадена е и възможност да се правят необходимите корекции в настройките на коефициентите на регулаторите, да се реконфигурира работния режим, както и да се настройват всички други параметри, необходими за коректната работа на AVR. В тази част са описани и всички основни алгоритми на работа, представени със своите блокови схеми.

В част пет на книгата, на базата на изследвания с математически модели в Matlab и на анализ на записи от реални процеси е показана разработката на нов принцип на разпределение на активното (респективно и реактивното) натоварване на работещи в паралел генератори от една МВЕЦ. Представени са и по-важните алгоритми за режим на работа – водеща и подчинена система. Практически разпределението на мощностите става по естествен път, без да са необходими допълнителни регулиращи действия.

При тази постановка в части шест и седем са показани резултатите от разработката на два нови принципа на регулиране за AVR – регулиране по първичен параметър – ток на

възбуждане с корекция по фактора на мощността и интегрален метод за поддържане на фактора на мощността за избран период от време. Въвеждането на тези режими води до промяна в базовата структура на регулатора. Така се гарантира устойчива работа, в рамките на зададен период от време, при оптимални икономически параметри на режима. Допълнително предимство на този принцип е възможността за регулиране съобразено с динамично променящите се изисквания на електроснабдителните предприятия, както и при често срещаните случаи на работа с високо насрещно напрежение в точката на присъединяване. Показаните диаграми са от записи на реални процеси след въвеждане на алгоритъма.

В част осма на книгата е представена разработката и резултатите от въвеждането на нова функция на AVR – контрол на процеса при синхронизация. Действието по същество е фино регулиране на хлъзгането между електрическите полета на системата и на генератора, след изпълнението на изложените в монографията предварителни условия. Обосновката е на базата на направени математически модели и физически изследвания. Освен тях, в тази част са формулирани и необходимите практически действия за паралелен контрол на действието на двете системи – регулатор на честотата на въртене и AVR. Получените резултати гарантират бърза и точна синхронизация с минимална обменна електрическа мощност и незначителни колебания на ротора. Променя се структурата и конфигурацията на регулаторите на възбуждане и скоростта на въртене на СА. Използва се метод с три паралелни алгоритми в един микроконтролер - за възбуждането, за честотата на въртене и управление на синхронизацията (*all-in-one*). Изравнителната мощност е по-малка, като преходния процес затихва по-бързо. Декрементът на затихване на преходния процес клони към 1. APB поддържа хлъзгането в оптималните граници независимо от колебанията на честотата и напрежението на системата.

В част девета на книгата са представени алтернативни алгоритми на APB за стабилизация на активната мощност на малки синхронни агрегати. Използван е математическия модел на системния стабилизатор PSS, както и аналогични физическите средства за реализацията му. След анализ на общата теоретична база е избран метод, при който информативните сигнали – аналогови и комуникационни се подават на съответните входове на AVR36, където с допълнителен алгоритъм, базиран на *изменението на честотата на въртене на ротора* $\Delta\omega$, се осъществява стабилизацията на активната мощност. Физическите сигнали се генерират от специално разработен сензор, който изпълнява основна роля в процеса на синхронизация. За разлика от традиционните алгоритми той продължава своето действие и при работа в паралел с ЕЕС. Разработения алгоритъм за $\Delta\omega_{PS}$ е синтезиран въз основа на математическия модел за $\Delta\omega_{PS}$. Ограничителят на изходния сигнал се настройва така, че да не позволи на PS да повиши напрежението на генератора над неговата допустима стойност. Въвеждането на този алгоритъм води до нова промяна в структурата на регулатора.

В Приложение 1 са показани техническите данни на разработения измервателен преобразувател на честота на въртене.

Публикации клас А

- 2.1. [3.3] **Tsolov A.**, Precise Generator Synchronization a Small HPP with an excitation System, Engineering, Technology & Applied Science Research Vol. 8, No. 2, 2018, pp pp. 2834-2838, ISSN: 1792-8036 www.etasr.com.

Направено е обстойно изследване на процеса на синхронизация по отношение на времето за влизане в паралел, изравнителните токове и декремента на затихване на колебанията на ротора, отклонението на напрежението спрямо това на мрежата и възможността да се поддържа относително постоянно хлъзгане. Анализирани са както процесите преди, така и след включване на прекъсвача. Чрез моделните изследвания и апробацията на физически модел възможността за използване на АРВ за контрол на процеса в етапа за прецизна синхронизация е доказана, Самите средства се разглеждат подробно в [1.2].

- 2.2. [3.4] **Tsolov A.**, Optimal power factor for the reactive load of small Hydro Power Plants, Engineering, Technology & Applied Science Research, Vol. 8, No. 2, 2018, pp 2755-2757, ISSN: 1792-8036 www.etasr.com.

След направени изследвания са доразвити моделите от [2.3] за да се анализират в детайли възможностите за оптимизиране на алгоритмите за разпределение на натоварването на отделните агрегати от една МВЕЦ. Базирайки се на резултатите (записите на реалните процеси) от внедрени разработки са синтезирани нови принципи и алгоритми за регулиране на реактивното натоварване на синхронните агрегати от МВЕЦ – регулиране по първичен параметър с корекция на заданието по основното смущение и интегрален метод за регулиране с постоянен фактор на мощността за избран интервал от време.

- 2.3. [3.14] Nakov P., Petkova N., Mladenov, V. **Tsolov A.**, Bozukov G., "Study and analysis of system for monitoring in power substations", 15th WSEAS Int. Conf. on Systems, Corfu Island, Greece, pp.402-404, 2011 ISSN 1792-4235, ISBN 978-1-61804-023-7

Направен е анализ на възможностите за мониторинг и диагностика в реално време на работата и състоянието на силови трансформатори – данни в реално време и база данни за всички електрически и неелектрически величини. Създадена е предпоставка за бързо откриване на частични разряди и локализация на критичните места в обема на трансформатора.

Публикации в рецензирани списания и сборници с доклади от конференции

- 2.4. [3.9] Даниел Добрилов, **Ангел Цолов**, Регулатор на честотата на въртене на ПТД. Proceedings of Technical University of Sofia Volume 66, Issue 1, 2016, стр. 315-320, ISSN: 1311-0829

Тук е представена разработката на регулатор на скоростта на въртене на постоянно токов двигател, базиран на предпоставките в [2.3.П4] - постояннотоковата машина от физическия модел на синхронен агрегат да бъде интерпретирана като хидротурбина. Широкият диапазон на регулиране и алгоритъма за управление дават възможност за програмна настройка на съответните времеконстанти. Резултатите от изследванията показват, че могат да бъдат симулирани коректно процесите на развъртане, синхронизация, изследване влиянието на възбудителния ток при СМ върху честотата на въртене на агрегата в процес на синхронизация, изследване на процесите при хвърляне на товар, валидиране на алгоритми за PS на СГ и работа в паралел с ЕЕС (регулиране по активна мощност или по

ниво за малки ВЕЦ). Разработката е включена в развитието на стенда за изследване на процесите и алгоритмите за управление на малки ВЕЦ [1.2; 2.3].

- 2.5. [3.25] **Цолов А.Б.**, Метод за самодиагностика в реално време в мулти-микрокомпютърна система за автоматично управление на електроенергийни обекти, международна конференция ЕНЕРГИЕН ФОРУМ '2002', Сборник Доклади – том II, стр.145-150.

Разработен е алгоритъм за самодиагностика в реално време в мулти-микрокомпютърна система за автоматично управление на електроенергийни обекти. Високата стойност на математическо очакване за работоспособността на САУ „Тс“ и малката вероятност за отказ позволява предлагания способ за самодиагностика на ММКС с детерминирана структура да се използва в практиката. С комбинация от подходящи хардуерни и софтуерни средства се реализират основните изисквания за 'надеждни системи':

- възможност за съставяне на паралелни програми с променлива структура; подчиненост на точно определен протокол при обмена на информация в режим „обща памет“;
- локалният модел е с големи възможности за откриване и коригиране (чрез промяна на структурата) на грешки в САУ;
- корелационният модел в системата е избран така, че винаги се осигурява адекватно взаимодействие между процесите на резервиране.

- 2.6. [3.15] **Angel Tzolov**, Stand-Simulator for the study of processes and digital regulators, Proceedings of the Technical University - Sofia, v. 60, book 1, 2010, pp.172-182, ISSN:1311-0829

- 2.7. [3.20] **Angel B. Tzolov**¹, Algorithm For Control of Synchronous Machine in The Reversible Engine Generators in The Reliable Supply Systems, ICEST 2003, Sofia, pp482-484.

Показани са резултатите от синтез на физическо устройство, с чиято помощ се изследват процесите при работни, аварийни и гранични режими на малки електрически централи. Моделираните обекти са ВЕЦ, присъединени към ЕЕС на средно напрежение 20kV. Като готов продукт се използва програмируем контролер AVR36 с функциите на цифров регулатор на възбуждане на синхронен генератор. Разработен е програмируем модул на базата на MCU, симулиращ действието на синхронен генератор (СГ). Програмното осигуряване е базирано на системата на Парк с приемливи опростявания. Генерират се физически сигнали, които в максимална степен симулират работата на реален СГ. Предвидени са аналогови входове за регулиране на механичната мощност и възбуждането, както и дискретни входове за управление и контрол на режимите. За да се даде възможност за изследване на процесите на синхронизация е изведен и независим регулируем сигнал за напрежението на мрежата. Това дава възможност с предварително изследване на различни режими и процеси да се направи оценка на поведението и се оптимизират настройките на реална система за управление. Възможността за 'параметризация на модела (обекта)' позволява да се изследват и процеси при други генериращи източници.

- 2.8. [3.23] **Цолов А.**, А.Крумов, Захаринов К., „Регистратор на неелектрически параметри на електромашинни агрегати за собствени нужди на електрически централи в експлоатационни условия“, международна конференция ЕНЕРГИЕН ФОРУМ '2003', Сборник Доклади – том II, стр.154-157.

- 2.9. [3.24] Крумов А., **Цолов А.**, Захаринов К., „Определяне на неелектрически параметри на агрегати за собствени нужди на електрически централи в експлоатационни условия“,

Разработени са методика, софтуер и хардуерни средства за определяне на неелектрически величини на агрегати от електроенергийни обекти. Контролират се хлъзгането $s_i = \frac{\omega_0 - \omega_i}{\omega_0}$,

динамичния $M_{дин,i} = J \cdot \frac{d\omega_i}{dt_i} [N.m]$, електромагнитния $M_{c,i} = M_{c0} + (M_{сн} - M_{c0}) \cdot (\frac{n_i}{n_n})^r, [N.m]$ и

съпротивителния $M_{\partial\theta,i} = J \cdot \frac{d\omega_i}{dT_i} + M_{c,i}, [N.m]$ моменти. Като база се използват данните за

оборотите на синхронните или асинхронни агрегати. Те са получени при безконтактно измерване в нормален работен режим или преходен процес. За целта е разработен [3.23] измервателен уред с памет за регистрация и база данни. Относителната грешка, която се получава при определянето на големината на информативния параметър (периода на импулсите) е: $\varepsilon_{изм} = \frac{0,5}{10000} \cdot 100\% = 5e^{-5} \cdot 100\% = 0,005\%$. Валидирането на разработената

методика е чрез паралелна обработка на данните в програмната среда на Matlab. Разработеният математически модел и програмни средства за обработка и анализ на неелектрическите величини в реално време служат като база за разработените в последствие алгоритми за PS в [1.2; 3.3] и внедрени в системите за управление на ВЕЦ Гарваница и ВЕЦ Влахи [13.72; 13.74].

2.10. [3.21] **Цолов А.Б.**, И.Г. Илиев, Безконтактен Датчик за идентификация на промените в трифазно електрическо поле чрез обработка с диференциално-фазова демодулация, списание Е+Е, бр.3-4 2003, стр.12-20, ISSN 0861-4717

2.11. [3.22] Илиев И.Г., **А.Б. Цолов**, Теоретичен Модел и анализ на средства за идентификация на трифазно електрическо поле с използване на диференциална фазова демодулация, списание Е+Е, бр.1-2 2003, стр.3-9, ISSN 0861-4717

Разработка на теоретичен модел и методика за идентификация на трифазно електрическо поле с използване на диференциална фазова демодулация. На тази база е създаден прецизен безконтактен датчик за промените на трифазно електрическо поле, както и устройство, определящо типа на несиметрията. Използва безконтактно измерване и анализ на трифазно електрическо поле при повечето от класовете напрежения. Принципът на действие и постигнатата селективност позволяват използването му в обекти, при които отношението полезен сигнал/шум е много ниско. Получават се шест области на изменение на фазата, с достатъчно разстояние между тях. Това дава възможност чрез изчисление на фазовото изменение да се определи кое или кои фазови напрежения са отпаднали от трифазната система. Вероятността за грешка за определяне на изменението на фазовото състояние е не по голяма от:

$$Pe \leq Pe_{\max} = \sqrt{\frac{C}{N \cdot \pi}} \int_{-\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{7}}^{\frac{\pi}{2}} \cos x \cdot \exp\left(-\frac{C}{N} \sin^2 x\right) \cdot \left[\operatorname{erf}\left(\sqrt{\frac{C}{N}} \sin\left(x - \frac{\pi}{7}\right)\right) + \operatorname{erf}\left(\sqrt{\frac{C}{N}}\right) \right] dx,$$

$$\operatorname{erf}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z \exp(-x^2) dx$$

2.12. [3.2] **Angel B. Tzolov**¹, Ilia G. Iliev², Rumen I. Arnaudov³, An Algorithm for GPS Synchronized Power System Controllers and Information Networks, ICEST 2004, Bitolia, pp143-145, ISBN 978-99-8978-638-9

2.13. [3.2] Ilia G. Iliev¹, **Angel B. Tzolov**², Rumen I. Arnaudov³, Application analysis of GPS used

for synchronization in energy information networks, ICEST 2003, Sofia, pp462-465.

Анализирана е необходимостта и точността на системата за задаване на единно време в ЕЕС. Разгледани са основните процеси в ЕЕС, за които това има значение. Анализирани са всички фактори, влияещи на точността за индивидуалното сверявано устройство. Разработен е и е реализиран като хардуер и софтуер оригинален метод с прогнозиране на времето.. Идеята е развита в последствие, като подробно е описана в [1.1].

2.14. [3.27] Sotirov D., Pl. Rizov, **A. Tzolov**, V. Spasov, Analysis Of The Torque Curve Of A Reactivedc Brushless Motor, международна конференция ELMA2002, st75

2.15. [3.28] K. Zaharinov, D. Sotirov, P. Rizov, A. Krumov, **A. Tzolov**, M. Mihov, Tz. Bogoeva, FEM's Application for Determination the Variations of the Induction Machine Resistance Because of Electrical Alterations, международна конференция Gratz 2002, paper79

Разработени са методи за използване на програмния продукт FLUX2D при квази-3D модел на:

- електромагнитното поле в реактивен безконтактен двигател за постоянен ток. Изследвана е кривата на момента;
- магнитното поле в безконтактен двигател за постоянен ток с постоянни магнити. Изследвани са потоците породени от р.т.к и каналното разсейване. Разработени са методи за използване на програмния продукт FLUX2D при квази-3D модел на асинхронен двигател с накъсо съединен ротор. Получени са зависимостите, показващи изменението на коефициентите k_r и k_x от роторната честота и специфичната електрическа проводимост на роторните пръчки на АСД. Резултатите се използват в математичните модели за изследване на динамичните режими на мощни АСД за изчисляване на: коефициента k_x и изменящото се индуктивно съпротивление и изменящото се активно съпротивление.

2.16. [3.10] Dobrilov D., **A. Colov**, Study on the excitation current influence on idle running Synchronous Generator shaft braking torque – mathematical model, //CEMBEF 2015, Niš, Serbia, ISBN 978-86-6125-146-7

Направен е анализ за възможния регулируем диапазон на честотата на въртене на синхронен генератор в режим на празен ход с използване на действието на системата за възбуждане. Анализът се провежда при постоянна скорост на въртене на машината и регулируем (променящ се) ток на възбуждане, като напрежението на клемите на генератора варира с $\pm 10\%$ от номиналната стойност. Изследването е в среда FEM2. При всяка измерена стойност на тока на възбуждане се изчислява въртящият момент на вала на генератора. С този анализ се определя ефекта на тока на възбуждане и се правят изводи за начина, по който този ефект може да се използва за ускоряване на синхронизацията на агрегата с ЕЕС. Анализът в тази статия доказва, че промяната в тока на възбуждане може да се използва по време на процеса на синхронизиране на машината, използвайки силите на потокосцепление

$$F_{\mu} = \int_{\Sigma} \left(\frac{1}{\mu_0} (B \cdot n) B - \frac{1}{2\mu_0} B^2 \cdot n \right) da .$$

2.17. [3.5] **Angel Tzolov**, Daniel Dobrilov, Fast generators synchronization in Small Hydro Power Plants – Procesess, Proceedings of the Technical University - Sofia, v. 63, book 5, 2013, ISSN: 1311-0829

След анализ на математическите и физически изследвания се предлага следното. Като се отчете голямата разлика във времеконстантите на турбинния регулатор и масло-напорната уредба от една страна и възбудителна система от друга, след определен момент от стартиране на процеса, регулирането на оборотите на синхронния агрегат да се осъществява не от регулатора на честота-активна мощност, а от регулатора на възбуждане.

2.18. [3.6] Tsoneva, D., **A. Tzolov** and A. Krumov. Features of the reactive power regulation of mini

hydropower plants, Proceedings of the Technical University - Sofia, v.59, book 1, 2009, p.162, ISSN: 1311-0829

- 2.19. [3.7] Tsoneva D., **A.Tzolov** and A.Krumov. Distribution of the reactive load in synchronous generators an electric power plant under different principles of regulation – mathematical model, Proceedings of the Technical University - Sofia, v.59, book 1, 2009, p.151, ISSN:1311-0829

При високо напрежение на системата и регулиране по фактор на мощността неминуемо се стига до ограничение - по максимален ток на възбуждане /термично ограничение/ или по максимално генераторно напрежение. В този случай, за да се запази устойчивата работа, системата преминава в режим на регулиране по 'гранично допустими' параметри. Контролерът за управление на възбуждането натрупва измервания за отклонението на $\cos\varphi$. При понижаване на насрещното за генераторите напрежение, корекцията на тока на възбуждане се формира не само по текуща стойност, а и с добавка, компенсираща натрупания 'недостиг'. По този начин, в рамките на зададен период от време, се гарантира устойчива работа, при оптимални икономически параметри на режима.

- 2.20. [3.13] Даниел Добрилов, **Ангел Цолов**, Изследване факторите влияещи върху напрежението в точките на присъединяване на МВЕЦ, Годишник на ТУ-София, 2012г., том 1, стр.21, ISSN: 1311-0829

Анализ на причините, водещи до повишение на напрежението в точките на присъединяване на малки ВЕЦ. Чрез математически модел на мрежата 20kV, свързаните към нея генериращи източници и консуматори се изчислява напрежението в точката на присъединяване, при различни конфигурации и режими на електрическата мрежа. На база изследването се правят изводи и са направени препоръки за намаляване нивото на напрежението до стойности, позволяващи включване и оставане на централата в паралел с ЕЕС.

- 2.21. [3.11] Daniel Dobrilov, **Angel Colov**, Means for reactive power compensation - part 2, Proceedings of the Technical University of Sofia, v. 64, book 3, 2014, ISSN: 1311-0829

Разглежда се основния проблем при компенсацията - хармоничното изкривяване на напрежението в точката на присъединяване към мрежата. Анализирано е влиянието на специално разработен физически модел на трифазен *управляем шунтов реактор*. Направени са записи при различни режими. Спектралния анализ показва, че при работа на компенсатора в максимален режим THD на напрежението е по-малко отколкото при празен ход. Характеристиките са в нормите на действащия стандарт (доста под допустимото ниво от 8%).

- 2.22. [3.12] Добрилов Д., **А. Цолов**, П. Данчев, Особенности при компенсирането на генерираната капацитивна енергия от кабелни линии средно напрежение, Списание Энергетика, бр.3, стр. 30-33, 2013, ISSN 0324-1521

Анализиран се особеностите при изчисление на мощността на компенсиращо устройство за капацитивна енергия. Резултатите от анализа доказват предимствата на шунтовите реактори спрямо статичните компенсатори при кабелни електропроводни линии СрН. Препоръчва се монтаж на страна ниско напрежение на трансформатора.

- 2.23. [3.8] Добрилов Д., **А. Цолов**, П. Данчев, Асинхронен компенсатор на реактивна мощност – част 2, Списание Энергетика, бр.3, стр. 55, 2017, ISSN 0324-1521

Изследва се и се валидира методика за преизчисления и реконструкция на асинхронен двигател, с която заложената фабрично номинална активна мощност на двигателя се променя на реактивна индуктивна със същата абсолютна стойност. За основа се използва

готов асинхронен двигател, който с малки конструктивни промени на ротора става асинхронен компенсатор. Методиката се валидира чрез съпоставка на резултатите от математическото моделиране и записи на реални физически процеси преди и след извършената реконструкция.

- 2.24. [3.29] **Цолов А.Б.**, Обмен на информация в комплексна система за управление на технологичните процеси в електрическа подстанция, НАУЧНА СЕСИЯ ВМЕИ'Ленин'-София, 1989г., стр129, микрофилм

Заложени са базовите промени в стандартните протоколи, като целта е работа в мулти-мастерен режим без вероятност от колизия. На базата на протокол BSP е създаден нов по същността си протокол, приложим към АТ 600.1.- АРАТ 600. Направените изменения в протокола BSP и във формата на информационния пакет водят до значително опростяване на програмното осигуряване на системния интерфейс на модулите, като осигурява време за поддръжка на интерфейса. Промените правят протокола ефективен при различните режими на работа на системата за управление, определени от състоянието на обекта.

- 2.25. [3.19] **Недко Тодоров, Ангел Цолов, Христо Василев, Георги Кунчев**, Осветители с лампи T5 и протокол DALI – алтернатива на осветителите с лампи T8, XII Национална конференция по осветление с международно участие Осветление'2004, 15–17 Юни 2004, Варна, България

Разгледани са конструктивните особености и светлотехническите характеристики на едни от обектите за управление - лампите T5 и е направено сравнение с лампите T8. Разгледани са възможни конструкции и предимствата на осветители с лампи T5 пред тези с лампи T8. Обяснени са особеностите и срещнатите трудности при разработката на системни компоненти, работещи по стандарта DALI.

- 2.26. [3.18] **Ангел Цолов, Недко Тодоров, Христо Василев**, Динамично ефектно осветление със светодиоди, международна конференция ЕНЕРГИЕН ФОРУМ '2006', Сборник Доклади – том II, стр.346-350, 14–17 Юни 2006, Варна, България

Разгледани са проблемите при стъпално и плавно регулиране на светлинния поток на газоразрядни лампи и начините за решаването им. Показано е решението на проблемите и разработените системи за дистанционно управление – радиоканално, power line modems и др. Показани са предимствата на динамичното улично осветление пред конвенционалното. Основен принос на кандидата тук е разработката на варианти на модемите за различните канали за връзка – радио и по захранващата мрежа [13.2]. И тук конкретната разработка не бе въведена в серийно производство, но резултатите са използвани в последствие при други системи [19.2-5].

- 2.27. [3.17] **Ангел Цолов, Недко Тодоров, Христо Василев**, Динамично ефектно осветление със светодиоди, международна конференция ЕНЕРГИЕН ФОРУМ '2006', Сборник Доклади – том II, стр.346-350, 14–17 Юни 2006, Варна, България

Разработка на система за динамично ефектно осветление със светодиоди. Показана е архитектурата на системата и са описани основните й технически и функционални параметри. Основен принос на кандидата ту е разработката на архитектурата на системата (йерархична с три нива), програмното и апаратно осигуряване на мастер- контролера, груповите контролери и локалните устройства. Системата осигурява сходни параметри със системите за RGB control на “Color Kinetics” и на “TIR Systems”, като в редица от функционалните параметри ги превъзхожда – индивидуална адресация, много по-голяма дължина, по-голям брой локални обекти (SWITCH Color Kinetics – 16, тук – 64 и др.).

- 2.28. [3.26] Кирев К.А., И.Г. Илиев, **А.Б. Цолов**, Р.Ц. Берберов, Концепция за предаване на данни по Радио транслационни мрежи, международна конференция ЕЛЕКТРОНИКА 2002,

Представена е концепция за предаване на данни по радио транслационни мрежи. Това изследване е основата за преминаването от ASK модулация в използваните системи до 2000г. към D2PSK след това. Анализът на структурата на PTM и параметрите на РТЛ (като двупроводна линия с разпределени параметри) показва възможността за пренос и доставка на цифрови данни, което е конкурентно на технологиите, използващи класическата телефонна мрежа и Dual-Up модеми. Получените резултати потвърждават идеята за предаване на цифрова информация с високи скорости по PTM. Получени са за възможно най-големите дължини на линиите за връзка.

- 2.29. [3.16] Ilia G. Iliev¹ **Angel B. Tzolov**², Marin Nedelchev, Modem for communications in AdHoc UHF PMR Networks, Proceedings Of The Technical University – Sofia 2008, ISSN:1311-0829

Разработка и изследване на модем за предаване на данни в лицензионния обхват за PMR радиомрежи в полудуплексен режим на комуникация. Модемът се свързва към звуковия вход и изход на радиостанцията. За пренос на цифровата информация е избрана 2PSK модулация в основна честотна лента чрез кодиране с код на Манчестър. За да се повиши шумоустойчивостта се прилага разнесено предаване на информацията с *мажоритарен критерий за решение* две от три (2,3) или (3,5). За целите на изследването е създаден модел на модулиращото и следдемодулаторно стъпала на радиостанцията, модели на модулятора и софтуер на демодулатора в среда на MATLAB. Създадените модели и теоретичните разглеждания позволяват да се изследва шумоустойчивостта на модема в канал с адитивен бял Гаусов шум. Изведени са теоретични зависимости, с които се определя шумоустойчивостта на модема в канал с AWGN. Резултатите показват, че при ниски отношения сигнал-шум, измереният BER се различава в значителна степен от теоретичната стойност. При ниски отношения сигнал-шум грешката от синхронизация е голяма. За нива на SNR>4dB получените резултати се доближават до теоретичните. Практическото приложение на разработката доказва вече повече от 10г. точността на резултатите от изследването.

Учебници и учебни пособия

2.1. Основи на автоматичното управление – **учебник**

Издателство: Авангард Прима, София 2017

Заглавие: ОСНОВИ НА АВТОМАТИЧНОТО УПРАВЛЕНИЕ

Автор: доц. д-р инж. Ангел Белчев Цолов

Рецензент: доц. д-р инж. Кирил Методиев Захаринов

Тематика: Техническа

Тип: Учебник

Формат: 60x84/16 Подвързия: мека

ISBN 978-619-160-894-2

Учебник по дисциплината Основи на автоматизацията, ЕФ бакалари, 5 семестър

2.2. Програмируеми логически контролери - ръководство за работа с PLC– **tutorial**

Издателство: Авангард Прима, София 2017

Заглавие: ПРОГРАМИРУЕМИ ЛОГИЧЕСКИ КОНТРОЛЕРИ

Автор: доц. д-р инж. Ангел Белчев Цолов
Рецензент: доц. д-р инж. Константин Малчев Малчев
Тематика: Техническа
Тип: Учебно ръководство
Формат: 70x100/16 Подвързия: мека
ISBN 978-619-160-916-1

Учебно пособие по дисциплината Електронни системи за автоматизация в ЕЕ, ЕФ магистърски курс, 1 семестър

2.3. АЕЕС–ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРОЦЕСИ И АВТОМАТИЧНИ УСТРОЙСТВА – **tutorial**

Издателство: Авангард Прима, София 2014
Заглавие: АЕЕС–ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРОЦЕСИ И АВТОМАТИЧНИ УСТРОЙСТВА
Автор: доц. д-р инж. Ангел Белчев Цолов
Рецензент: доц. д-р инж. Кирил Методиев Захаринов
Тематика: Техническа
Тип: Учебно ръководство
Формат: 60x84/16 Подвързия: мека
ISBN 978-619-160-241-4

Учебно пособие по дисциплината Автоматизация на ЕЕС, ЕФ бакалавърски курс, 8 семестър

2.4. Изготвено учебно пособие (пълнен курс е-лекции) за дистанционно обучение по **ПРОЕКТ BG051PO001-4.3.04 – 0042** („Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”) по дисциплината „Автоматизация на Електроенергийните системи“. (2012-2014г.), достъпно в MOODLE – **учебник**

е-учебник по дисциплината Автоматизация на ЕЕС, ЕФ бакалавърски курс, 8 семестър

2.5. Изготвено учебно пособие (курс е-упражнения) за дистанционно обучение по **ПРОЕКТ BG051PO001-4.3.04 – 0042** („Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”) по дисциплината „Автоматизация на Електроенергийните системи“. (2012-2014г.), достъпно в MOODLE

2.6. Изготвено учебно пособие (е-тестове) за дистанционно обучение по **ПРОЕКТ BG051PO001-4.3.04 – 0042** („Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”) по дисциплината „Автоматизация на Електроенергийните системи“. (2012-2014г.), достъпно в MOODLE

2.7. Лекционен курс по „Системи за Диспечерско Управление“, магистърска степен, ЕФ, ЕЕ, модул автоматизация, 2012 – електронен вариант– **учебник**

Е-учебник по дисциплината Системи за диспечерско управление, ЕФ магистърски курс, 2 семестър

2.8. Лекционен курс по „Устройства за релейна защита и автоматизация - Допълнения и осъвременяване на лекционния курс“, бакалавърски курс ЕФ, VIII семестър, 2016г. електронен вариант– **учебник**

е-учебник по дисциплината Устройства за релейна защита и автоматизация, ЕФ бакалавърски курс, 8 семестър

Изготвил: доц. д-р инж. Ангел Цолов