

Методи и средства за изграждане и управление на процесите по производство и разход на енергия с активното взаимодействие между традиционните и децентрализирани електроенергийни източници в активно адаптивните електрически мрежи

**Юри Киров Желязков
ИПФ-Сливен, ТУ-София**

Резюме: *Настоящата статията е посветена на съвременните подходи в управлението на електроенергийната система, свързани с определяне на ролята и мястото на традиционните електроенергийни източници и децентрализирани електроенергийни източници в активно адаптивните електрически мрежи, като определящ фактор при поддържането на режимните параметри в електрическите мрежи с включени към тях ДЕИ, посредством присъединяването им чрез взаимно резервиращи се паралелни електропроводи, извършено от гледната точка на теорията на надеждността.*

Ключови думи: *Интелигентни електроенергийни мрежи, хидроенергийните обекти, режимни параметри на електрическите мрежи за СН и НН, теорията на надеждността, ДЕИ*

Въведение:

Интелигентните електроенергийни мрежи представляват съчетание на централизирано (съществуващата мрежа) и разпределено (микро-мрежи) електрозахранване. Към това следва да се прибави значително по-добрият контрол на работата на всички възли на SG, което гарантира по-сигурното им функциониране[3]. Присъединяването на ДЕИ към електрическите мрежи за средно напрежение обикновено се извършва с нерезервирани електропроводи линии. От гледна точка на теорията на надеждността се получава система с последователно съединени елементи без резервиране. Всеки отказ на елемент води до нарушаване на процеса на работа на системата до ремонтване на отказалите съоръжения. Ефективно средство за повишаване на надеждността при присъединяване на ДЕИ е въвеждането на резервиране[4]. Дублираните функции на елементите в системата и съкращаване на времето за възстановяване води до висока степен на надеждност. Резервирането на елементи в електрическите мрежи се прилага в случаите, когато прекъсване в електроснабдяването е недопустимо, поради наличие на потребители от нулева и първа категория в захранвания клон [1,2,4].

Целта на настоящото изследване се заключава в определяне на структурата и задачите поставени за изпълнение към отделните компоненти в активно адаптивни електрически мрежи:

Известно е, че активно адаптивните електрически мрежи представляват съвкупност от електроенергийни системи и инсталации, свързващи потребители и производители на електроенергия от различни по вид и обем на производството източници (традиционни и алтернативни), свързани в активно адаптивна електропреносна мрежа с интелектуална, йерархична и високо автоматизирана система за контрол и управление, гарантираща

надеждността и необходимото качество на електрическата енергия и енергийните ресурси.

Интелигентните системи за управление на режимните параметри в активно адаптивните електрически мрежи са йерархични, високо автоматизирани структури за контрол и управление, които са в състояние да синтезират целите на управлението по предварително зададени параметри, да вземат решения с цел гарантиране и постигане на тези цели, да прогнозираят бъдещите стойности на режимните параметри, да ги сравняват с реалните, моментни стойности и на база на получените резултати да формират управляващи въздействия към изпълнителните устройства с цел осигуряване на качеството на доставената към потребителите електроенергия, независимо от моментната консумация, както и от източника на добиването и.

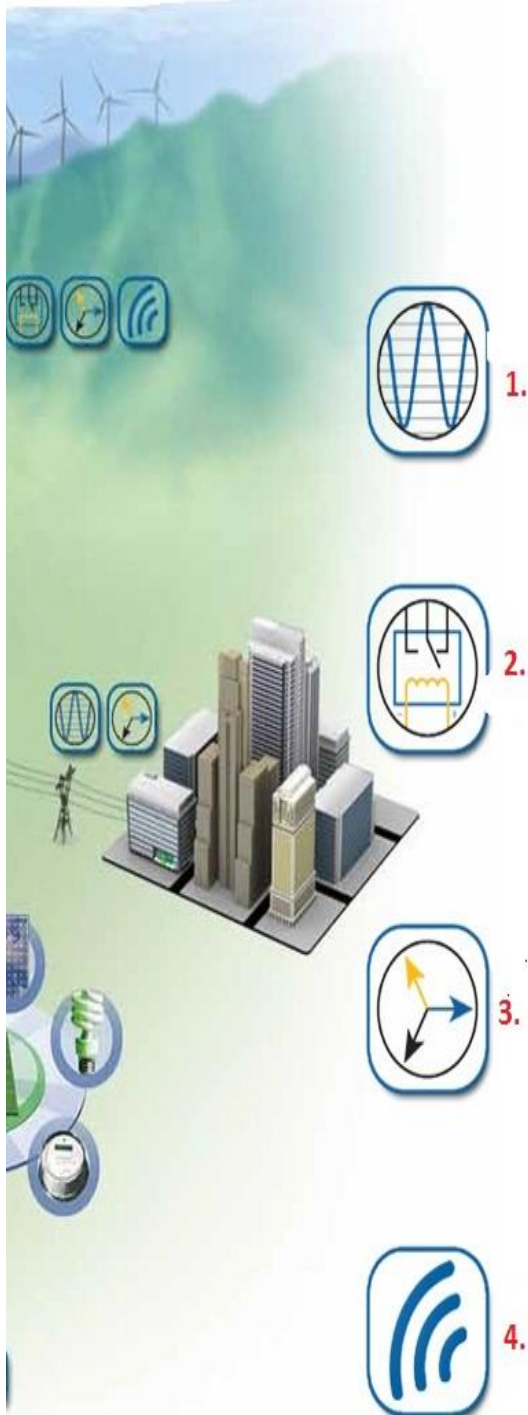
Структурното изграждане на интелигентните, активно адаптивни електрически мрежи е свързано с обединяването на електропреносните мрежи на производителите и потребителите на електроенергия в една единна автоматизирана система, която в реално време позволява да се измерват и контролират режимите на работа на всеки един от нейните компоненти.



Стратегическите цели и направления при изграждането на съвременните, интелигентни електрически мрежи се заключават в осигуряването на следните условия:

- Достатъчност по мощност и обем, при отчитане на графика на електропотребление на електроенергийните услуги с необходимото качество;
- Допустимост на технологичното и социално-екологичното ниво на съвместната работа на системите за централизирано и децентрализирано енергоснабдяване при поддържането на необходимото ниво на качество и надежност на електроснабдяването на промишлените и битови абонати.
- Достъпност на предоставените услуги - присъединяване и пренос на електроенергия в съответствие с икономически обосновани методи;

Цели и задачи, поставени при изграждането на активно адаптивните електрически мрежи



1. Мониторинг на качеството на електроенергията:

1.1 Диагностика на нелинейните изкривявания – появата на висши хармоници;

1.2 Регистрация на пропадане и загуба на напрежение по линията;

1.3 Мониторинг на фактора на мощността и управление на компенсиращите устройства;

1.4 Реализация на централизирано и децентрализирано вторично регулиране на напрежението с помощта на цифрови микроконтролери;

1.5 Измерване, контрол и управление на режимните параметри на електрическата мрежа;

2. Мониторинг на качеството на релейните защиты:

2.1 Формиране на аларма за предупредителна и аварийна сигнализация;

2.2 Формиране на сигнали за аварийна защита и управление;

2.3 Дистанционен мониторинг за състоянието на линията в реално време с достъп до архива от бази данни за контрол и управление на процесите;

3. Синхронно векторно измерване на режимните параметри:

3.1 Изчисляване на амплитудата, честотата и фазовия ъгъл на синусоидалното напрежение и ток;

3.2 Сравнителни измервания на векторите в различни участъци от линията;

3.3 Анализ на моментните стойности на векторите в предаварийни и аварийни режими на работа в електропреносната мрежа;

4. Реализация на дистанционен обмен на данни:

4.1 Предаване на данни за моментното състояние на режимните параметри на електрическата мрежа по UHF, VHF и GPRS диапазони;

4.2 Времева синхронизация с точност 1µs по GPS канал;

4.3 Поддръжка на протокол за обмен на данни IEC 61850 и други аналогични;

Водеща роля в тези процеси е определена на съвременните системи за автоматично управление, изградени на базата на цифрови и микропроцесорни системи, чрез които се решават следните проблеми и задачи:



1. Описание на функциите на активно адаптивни електрически мрежи - мониторинг на качеството на електроенергията и релейните защиты, измерване на фазовия вектор на трифазният ток и напрежение и синхронизирането им с помощта на GPS.



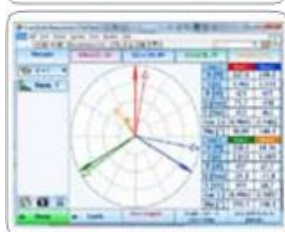
2. Системно анализиране чрез SmartGrid системи – Модулни, компактни анализатори на статични и динамични сигнали, използвани в интелигентните системи за наблюдение, контрол и управление на параметрите за качество на електроенергията.



3. Разпределение в системи за измерване в широк регион (WAMS) – Системи обединяващи в себе си до 60 модула SmartGrid анализатори в единна мрежа, чиито функции се свеждат до изпълнението на синхронизирани във времето измервания на фазовия вектор в различни части на мрежата.



4. Модулно анализиране за SmartGrid - Технически характеристики на модулите, използвани за измерване на токовете и напреженията в отделните клонове, мониторинг на релейна защита, синхронизиране с помощта на GPS и възможност за включване към анализатора на SD флаш карта за разширяване на паметта.



5. Програмно осигуряване на анализатори от тип SmartGrid - включващо широк спектър от функции за измерване на монофазни и трифазни токове и напрежения, изчисляване на показателите на качеството на електрическата енергия, фактора на мощността, както и генериране на доклади и протоколи относно динамиката на тези параметри в цикличните и аварийни режими на работа.



6. Реализация на системата за управление - примерни реализации на такива системи, разработени от водещите компании, които са базирани на технологията на National Instruments NI SmartGrid, за мониторинг на качество на електроенергията в рамките на отделните производители и консуматори.

За решаване на поставените по-горе задачи е използвана развойната система за проектиране и изследване на локални структури и приложения - NI LabVIEW.

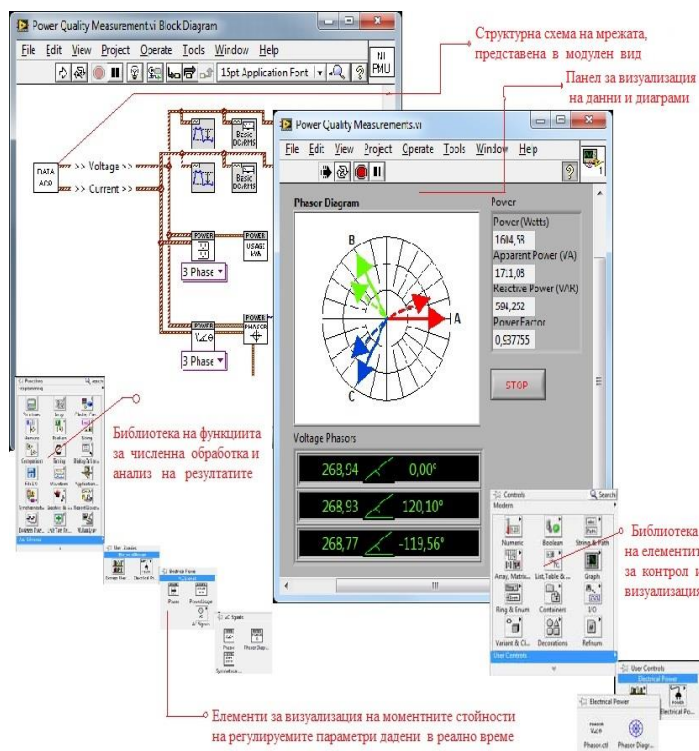
Във връзка с предоставяне на възможността за разработване и изследване на свои собствени приложения за наблюдение на качеството на електрическата енергия е използвана NI развойната, графична среда за програмиране LabVIEW, съдържаща библиотеки със специализирани функции за изчисляване, фазов и хармоничен анализ.

За да се проектират реални структури и обекти на активно адаптивни автоматични системи за управление на електрическата мрежа за СН и НН, се предлага специализираната библиотечна база данни на LabVIEW, Real-Time, LabVIEW FPGA и LabVIEW EPM Palette, където се прилагат алгоритми позволяващи в реално време да се

синхронизират измерванията на режимните параметри на мрежата. С помощта на развойната структура е моделирана и изследвана следната локална структура:



Приложният софтуер предоставя широк набор от функции за измерване на монофазни и трифазни токове и напрежения, изчисляване на параметри на качеството на електрическата енергия, както и генериране на доклади и протоколи за динамиката на тези параметри в цикличните и аварийен режим на работа на електрическата мрежа. В този аспект са извършени следните изследвания:



Събиране на данни и първична обработка:

- Обработка на потока от данни от сензорите;
- Изчисляване на пълната, сумарна мощност;
- Изчисляване на консумацията на електроенергия в еднофазни и трифазни мрежи;

Изчисляване дефазиранието между напрежение и ток:

- Изчисляване на векторите за всяка фаза между напрежението и тока;
- Построяване на векторните диаграми;
- Изчисляване на дефазиранието между напрежението и тока в различните участъци на мрежата;

Чрез нейното непосредствено прилагане е извършена примерна реализация и на координирано управление на средствата за вторично регулиране на напрежението на базата на NI SmartGrid модулна структура, а именно:



Извършен е хармоничен анализ, използвайки методите на Фурие

- Изчисляване на моментните и ефективни стойности на напрежението и тока;
- Изчисляване на спектрите на сигналите за моментните стойности на напрежението и тока;
- Изчисляване на хармонични съставлящи на сигналите за моментните стойности на напрежението и тока;

Генерирани са графо-аналитични шаблони на отчети за състоянието на режимните параметри на мрежата

- Използвайки стандартни или на създадени собствени графо-аналитични шаблони;
- Интегриране на изображения, таблици, графики в различни координати с текста на доклада;
- Създаване на записи на докладите в XML или HTML формати;

Симулиране, визуализация и дистанционен обмен на информация за реализацията на функциите и задачите, изпълнявани от концентратора:

- Обмен на информация в мрежата на основните модули на анализатора NI SmartGrig;
- Конфигуриране и мониторинг на състоянието на мрежата регистратори;
- Записване и архивиране на данни за състоянието на присъединителните възли в глобална база от данни;
- Формиране на експертни оценки и прогнозиране на техническото състояние на електрическите съоръжения, базирани на модели за проектиране на мрежата в реално време;
- Извеждане на информация и получаване на команди към работното място на оператора;

Резултатите от проведените изследвания показват, че най-съществените нерешени проблеми при присъединяването на ДЕИ към съществуващите електрически мрежи са следните:

- ✓ Необходимо е координиране на управлението на средствата за регулиране на напрежението в присъединителните мрежи, подчиняващи се на съвременните системи за управление;

- ✓ Присъединяването на ДЕИ към мрежата е свързано с внасяне на хармонични съставки в нея. На базата на хармоничен анализ се определят параметрите на филтрите. За всеки отделен ДЕИ е достатъчно чрез съответните филтри да се понижи нивото на хармониците до границата, определена от техническите изисквания и допустими норми.
- ✓ Поради променяне на режимните параметри в присъединителните клонове е необходимо адаптивна филтрация, която да се съобрази с характерните особености на ДЕИ.

От проведените изследвания относно координираното вторично регулиране на напрежението можем да направим следните изводи, а именно:

- ✓ Координираното вторично регулиране на напрежението в преносната електрическа мрежа трябва да се извършва в няколко опорни възли, като техният брой се минимизира и мястото им се оптимизира.
- ✓ Координацията на вторичното регулиране на напрежението се базира на оптимизационни изчисления на задаваните напрежения на средствата за поддържане на напрежението в опорните възли във всяка зона за регулиране.
- ✓ За оптимизиране на координираното вторично регулиране на напрежението се съставят три целеви функции, съответстващи на неговите основни функции: поддържане на напрежението в опорните възли, управление на реактивната мощност и контролиране на напрежението в генериращите възли.
- ✓ Поради спецификата на електрическата мрежа и присъединяваните ДЕИ е необходима адаптация на координираното вторично регулиране на напрежението в конкретните експлоатационни условия.

„Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са финансирани от Вътрешния конкурс на ТУ - София – 2015г. по Договор №152ПД0031-16“

Литература:

1. Нотов П., С.Неделчева, „Надеждността на електроенергийната система в условията на реформирането на електроенергетиката”, ISSN 0324-1521, Сп. Енергетика, №6, 2005.
2. Неделчев Н., „Диагностика на смущенията в разпределителните мрежи”, Известия на ТУ-Сливен, ISSN 1312-3920, № 1, 2012.
3. The Smart Grid Reliability Bulletin. ABB White Paper, North American Corporate Headquarters, 2009
4. Неделчев Н. Структурни схеми за оценка на надеждността на микропроцесорните защити в интелигентна електрическа мрежа, Изв. на ТУ-Сливен, ISSN 1312-3920, № 2, 2012.

Статията е рецензирана