УДК 621.315

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОРГАНІЗАЦІЇ МОНІТОРИНГУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Попадченко С. А., Тоберт М. Ю.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Проведено аналіз існуючих методів і технічних засобів організації моніторингу електричної мережі.

Постановка проблеми. Аналіз енергоспоживання неможливий без постійного моніторингу потоків енергії в системі електропостачання. У системах енергоменеджменту та управління собівартістю, а так само в системах контролю якості електромережі не обійтися без універсальних вимірювальних пристроїв.

В останні роки відбувається зміна характеру навантаження електромереж. Стратегічна ціль такого розвитку електроенергетичного комплексу - створення інтелектуальної енергосистеми (IEC) як платформи для ринкових, управлінських і технологічних інновацій, що забезпечують перехід до нового рівня розвитку електроенергетики - створення розумних мереж(Smart Grid) [9].

Для реалізації нових завдань, що виникають перед електроенергетикою, електричні мережі оснащуються сучасними швидкодіючими керованими пристроями силової електроніки, електромашиновентильними системами, системами інформаційної підтримки, які забезпечують отримання інформації про режими роботи мережі і стан устаткування в режимі online. В електричних мережах широко застосовуються різного роду накопичувачі електричної енергії, а споживачі стають активними учасниками процесу розподілу і споживання електроенергії. На шляху до здійснення цих завдань виникла необхідність в аналізі існуючих методів і технічних засобів організації моніторингу електричної мережі для подальшого розвитку системи електропостачання Smart Grid.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В більшості розвинених зарубіжних країн все більше уваги приділяється питанням впровадження в електроенергетиці "інтелектуальних" технологій ("Smart Grid") як основи майбутнього розвитку енергетики. У зв'язку з цим в зарубіжній енергетичній практиці ініційовано розроблення концепцій інноваційного оновлення електроенергетики, основаної на таких вихідних положеннях:

– генерація електроенергії, диспетчеризація, передавання і розподіл, збут і управління енергоспоживанням;

– електрична мережа (всі її сегменти) розглядається як основний об'єкт формування нового технологічного базису, розвитку функціональних властивостей енергосистеми;

– енергетична система розвивається як "інтернет-подібна" інфраструктура для формування в енергетичній, інформаційній, економічній і фінансових сферах взаємовідносин між усіма суб'єктами енергетичного ринку та іншими зацікавленими сторонами.

– процес формування концепцій охоплює весь комплекс робіт – від попередніх досліджень до широкого впровадження інновацій і провадиться на всіх рівнях інноваційного розвитку електроенергетики – нормативно-правовому, технологічному, технічному, організаційному, управлінському та інформаційному.

– розробка та реалізація концепцій та відповідних програм впровадження "інтелектуальних" технологій носить інноваційний характер і дає поштовх до переходу на новий технологічний уклад в електроенергетиці та економіці в цілому. [8].

Зарубіжні країни проходять шляхом розвитку "інтелектуальних" мереж. У Великобританії (National Grid) здійснюється моніторинг процесів у режимі реального часу, діагностика строку роботи трансформаторів, FLEXNET (технології гнучких мереж), досліди по удосконаленню захисту та управління мережею. Німеччина (E.ON) та Італія (ENEL) здійснюють моніторинг розподіленої генерації, поновлюваних джерел енергії, мікрогенеруючих установок, Smart Meters («інтелектуальної» системи обліку електроенергії). Бразилія (CTEEP) розробляє системи управління електричним навантаженням, переключеннями, "інтелектуальні" системи моніторингу електрообладнання і управління перетоками потужності.

Канада (BCTC) впроваджує високовольтні кабельні технології, FACTS, накопичення енергії, Smart - обладнання для моніторингу та дистанційного зондування мереж, створення підстанцій нового покоління [7].

В 2008 році був утворений центр координації системних операторів - Coreso (Coordination of Electricity System Operators) зі штаб-квартирою в Брюсселі. З початку 2009 року Coreso почав діяльність по централізації і координації при проведенні моніторингу режимів енергосистем Франції, Бельгії, Німеччини, Нідерландів і Люксембургу. Зокрема, на цьому етапі центр координації кожен день обраховував і надавав інформацію по потокорозподілу потужностей диспетчерському персоналу електроенергетичних систем цих країн [4].

В Єгипті здійснюється застосування інтелектуальної сітки за допомогою включення відновлюваних джерел енергії до традиційних для вирішення пікового попиту та скорочення викидів забруднення.

"Розумна сітка" починає застосовуватись як до замовника, так і до електричної мережевої інфраструктури, додаючи smart - пристрої та заміна звичайних лічильників на інші розумніші, які мають здатність до керування і обміну інформацією між постачальниками електричної енергії та замовниками [9,11].

В основу концепцій, які прийняті та реалізуються у енергетичній сфері розвинених країн, покладено узгоджену на національному рівні систему поглядів на роль і місце електроенергетики в суспільстві, сукупне бачення цілей її розвитку і підходів до їх досягнення, а також визначення необхідного технологічного базису для її реалізації.

Центральне місце серед енергоефективних розробок займають "інтелектуальні" мережі, які представляють собою автоматизовані саморегульовані енергосистеми, засновані на передових інформаційних технологіях і спроможні зробити енергопостачання більш надійним, а споживання енергоресурсів – більш економічним, з максимальним обмеженням негативної дії на екологію.

Основою розвитку всього спектру технологій Smart Grid в США є вдосконалена вимірювальна інфраструктура (AMI - advanced metering infrastructure). Застосування AMI - основоположний крок у модернізації мережі [5].

Постачальник послуг (енергетична компанія) використовує існуючі, вдосконалені або нові системи, які збирають і аналізують дані від AMI для того, щоб допомогти оптимізувати роботу, економічну діяльність і роботу з клієнтами.

Мета статті. Здійснити аналіз існуючих методів і технічних засобів організації моніторингу електричної мережі в закордонних країнах та в Україні.

Основні матеріали дослідження. Моніторинг передбачає безперервний або дискретно-безперервний контроль технічного стану об'єктів, наявність стаціонарної системи контролю, особливо на шляху розвитку smart grid.

Технічно моніторинг реалізується за допомогою стаціонарних засобів вимірювання, телемеханічних ліній і центру збору та аналізу інформації.

Всі засоби моніторингу вимагають систематичного контролю і технічного обслуговування. При відсутності телемеханічних ліній моніторинг стає трендом, але більш дорогим в порівнянні з ним [3].

Моніторинг можливий, при наявності у підприємства фахівців здатних виконувати аналіз результатів вимірювань. У більшості випадків, через відсутність фахівців з аналізу результатів вимірювань, засобами моніторингу здійснюється тільки контроль граничних значень параметрів.

Поява нових технологій була викликана потребою збільшення керованості електроенергетичних систем: недостатньою пропускною спроможністю міжсистемних і системоутворюючих ліній електропередачі, слабкою керованістю електричних мереж, недостатнім обсягом пристроїв регулювання напруги і реактивної потужності, неоптимальним розподілом потоків потужності по паралельних лініях електропередачі різного класу напруги і т. д.

Інформація від інтелектуальних вимірювальних приладів вимірювання може передаватися за допомогою:

– загальнодоступного бездротового зв'язку, принцип роботи якого схожий з бездротовим інтернетом;

– радіозв'язку, з використанням спеціальних частот, більш надійних, ніж в разі загальнодоступного бездротового зв'язку;

– широкосмугових електричних ліній;

– електричних мереж до встановлених на обох кінцях ліній модемами, які дозволять обмінюватися інформацією між споживачами і генеруючими компаніями [5, 7].

При цьому можливі два види систем: індикаторний і релейний.

Важлива роль у забезпеченні електропостачання народного господарства належить інтелектуальним мережам, причому значення їх буде неухильно і швидко зростати.

Системи моніторингу параметрів режимів функціонування та діагностування обладнання на рівні електроенергетичних об'єктів дозволяють своєчасно виявити загрози його пошкодження і запобігти виникненню аварійних ситуацій, які можуть розвинутися у великі системні аварії. Завдяки цьому забезпечується можливість своєчасного виведення обладнання з роботи. Це надзвичайно важливо, якщо брати до уваги фізичну зношеність більшої частини основного обладнання об'єктів об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України.

З існуючого рівня техніки відомі різні способи і системи, призначені для моніторингу стану електричних мереж і мереж зв'язку.

Одним з базових компонентів "Smart Grid" стають «інтелектуальні електронні прилади» (IED) і обладнання, наприклад, програмовані пристрої контролю якості електропостачання, побудовані на базі високопродуктивних мікропроцесорів, які мають достатню пам'ять, підтримку сучасних мережевих інтерфейсів і протоколів (BACnet, Modbus, LON, Ethernet).

Найбільш сучасні прилади мають вбудовані вебсервери, кольорові touch-дисплеї, функції вільнопрограмованого логічного контролера з різними типами входів і виходів і підтримують роботу в різних мережах без необхідності використання додаткового обладнання і програмного забезпечення.

Для контролю та диспетчеризації стану електричних мереж і енергооб'єктів в даний час застосовується два підходи [2]:

– безперервна передача даних про стан електричної мережі і енергооб'єкта з заданим періодом оновлення, при цьому дані містять значення вимірюваного параметра і містять або не містять позначку часу;

– формування подій при виявленні зміни стану електричної мережі і енергооб'єкта (вихід вимірюваного значення за заданий поріг, зміна поточного вимірюваного значення щодо попереднього на задану величину і т. ін.), при цьому події містять значення вимірюваного параметра і позначку часу події.

Перший підхід при малому (щодо часу зміни вимірюваного технологічного параметру) періоді поновлення дозволяє отримати високий рівень деталізації вимірювальних параметрів, але містить велику надлишковість в стаціонарному режимі (передаються дані, що не містять нової корисної інформації).

Крім того, обсяг даних вимагає наявності каналу зв'язку з енергооб'єктом з досить високою пропуск-

ною спроможністю. Крайнім випадком першого підходу є безперервне осцилографування форми вхідного сигналу вимірюваного параметра.

При відносно великому ж періоді поновлення забезпечується низький ступінь деталізації вимірюваних параметрів, аж до пропуску швидкоплинних процесів.

Другий підхід забезпечує виявлення змін стану електричних мереж і енергооб'єктів при зменшенні, в порівнянні з першим підходом, обсягу даних з енергооб'єкта.

До основних способів розвитку передачі електроенергії на сьогодні відносяться: системи моніторингу і діагностики (WAMS), уніфіковані системи управління енергопотоками (UPFC), гнучкі технології передачі на змінному струмі (FACTS), ЛЕП постійного струму (HVDC), надпровідні матеріали.

У свою чергу розподільна мережа стає активним елементом інтелектуальної системи: вона стає спостережуваною, керованою, а споживачі проявляють пристосованість до режимних та ринкових умов функціонування інтелектуальної енергосистеми з метою підвищення економічної ефективності енергоспоживання [4].

Невисока степінь моніторингу призводить до необхідності планових ремонтів обладнання, а не ремонтів по фактичному стану, що веде до нераціональних витрат. У разі пошкодження лінії необхідно точно визначити місце пошкодження для передачі інформації лінійним бригадам. Впровадження "інтелектуальних" технологій веде до оптимального використання резерву обладнання за рахунок можливості визначення поточних умов його роботи (перегрів, перевантаження, рівень заряду батареї, продуктивність) і оцінки можливостей дозавантаження.

Основні методи інтелектуального управління в інтелектуальній енергетичній системі (ІЕС):

– МАСУ - координація систем управління з використанням системи моніторингу перехідних режимів і пристроїв FACTS, самовідновлення районних ЄЕС, управління попитом на місцевих торгових майданчиках;

– штучні нейронні мережі (ШНМ) і нейромережеві системи управління, асоціативний пошук для ідентифікації та управління, експертні системи - раннє виявлення і локалізація передаварійних режимів, віртуальне моделювання і зниження порядку моделей, порадники оператора, тренажери;

– метод пристосованості векторного управління гнучкими системами змінного струму - первинне і вторинне автоматичне керування напругою і реактивною потужністю, дооптімізації режимів по реактивній потужності в межах графіка навантаження, встановленого мережевою організацією;

– пристосовані моделюючі платформи реального часу - моделювання та оптимізація режимів по реактивній потужності, моніторинг топології мереж і адаптація моделей, пілотні проекти для відпрацювання систем управління і моніторингу.

– метод проектування, створення і підтримання в працездатному стані великомасштабних систем передачі інформації в ІЕС - системний аналіз, верифікація (комплексна перевірка правильності і якості виконання всіх етапів на відповідність технічній документації) та валідація (комплексна перевірка фізичної функціональності) системи, моделювання та моніторинг параметрів інформаційної мережі для своєчасного визначення проблемних ділянок в інформаційній структурі ІЕС.

– метод адаптивного автоматичного керування для ВДЕ, в тому числі вітрових, сонячних, а також в перспективі космічних сонячних електростанцій.

– методи створення сучасних людино-машинних інтерфейсів на основі застосування персональних мобільних інтелектуальних пристроїв вводу / виводу інформації для забезпечення гнучкого управління в розподіленій структурі "ресурс - користувач".

До складу блоків моніторингу і прогнозування нормальних, передаварійних і післяаварійних режимів ЄЕС для управління входять наступні способи:

– оцінки стану (ОС) системи;

– прогнозування параметрів майбутнього режиму, так як ОС дає тільки поточну оцінку режиму з деяким запізненням, але для задач моніторингу та управління ІЕС потрібна якась випереджальна ОС системи;

– оцінки слабких місць в системі в майбутньому режимі;

– оцінки пропускних можливостей зв'язків в майбутньому режимі - необхідна для ефективного використання запасів при оперативному та автоматичному управлінні за рахунок відповідних керуючих впливів;

– візуалізації майбутнього режиму;

– визначення показників і критеріїв переходу з нормального в передаварійний режим і назад, а також з післяаварійного режиму в нормальний.

Для моніторингу та діагностики повітряних ліній електропередачі (ПЛ) використовуються наступні технології:

– повітряне лазерне сканування, яке дистанційно дозволяє отримати просторово-геометричну інформацію про реальні габарити ПЛ з урахуванням рельєфу місцевості, рослинності і спорудах розташованих по трасі ПЛ;

– наземне лазерне сканування, що дозволяє дистанційно отримати найбільш повну просторово-геометричну інформацію на окремо взятій ділянці ПЛ (прогону ПЛ);

– моніторинг температури нагріву проводів ПЛ за допомогою встановлених на проводах ПЛ датчиків температури з подальшою обробкою інформації та отриманням габариту ПЛ в місці установки датчика;

– моніторинг струмового навантаження, швидкості вітру, температури, габариту ПЛ в точці установки, передача інформації з фіксацією координат (GPS) - за допомогою багатофункціональних пристроїв "Розумна сфера" встановлених на проводах ПЛ;

– моніторинг ожеледної ситуації на ПЛ за допомогою "Автоматизованої інформаційної системи контролю ожеледного навантаження" дозволяє мати інформацію про температуру навколишнього повітря, напрямку і швидкості вітру, вологості і товщиною стінки ожеледі на проводах і грозозахисних тросах і передавати інформацію на диспетчерські пункти;

– моніторинг грозової активності уздовж траси ПЛ за допомогою багатопунктових систем грозопеленгації;

– обстеження ПЛ, що виконується шляхом обходу траси ПЛ і складається з обстеження опор, їх фундаментів та ізоляційних конструкцій (гірлянд ізоляторів, ізоляційних розпірок і т.п.).

Широке впровадження систем FACTS (Flexible Alternating Current Transmission Systems - гнучкі (керовані) системи електропередачі змінного струму) спільно з новими засобами телемеханіки, моніторингу та управління дозволяє забезпечити формування системи передачі електроенергії з новою якістю. Вдосконалені методи контролю або управління (далі - ACM - Advanced Control Methods) розвивають одну з ключових технологічних областей концепції Smart Grid, забезпечуючи можливість побудови безпечної, надійної і не шкідливої до навколишнього середовища сучасної енергетичної системи [5].

Технології ACM представляють собою різні пристрої і алгоритми, які будуть аналізувати, діагностувати і прогнозувати умови експлуатація сучасної енергосистеми, а також визначати і робити відповідні дії з метою усунення, зменшення негативного впливу та запобігання збоїв в роботі системи і перебоїв в якості продукції, що поставляється потужності. ACM здійснюватимуть моніторинг за основними компонентами (зчитування і вимір), вчасно реагувати на те, що відбувається (інтегровані комунікації; вдосконалені компоненти), забезпечувати оперативну діагностику (вдосконалені інтерфейси і підтримка прийняття рішень). Найбільш ефективним методом автоматизації на даний момент є застосування SCADA- систем (Supervisory Control and Data Acquisition – Диспетчерське управління і збір даних) [12]. Термін "SCADA-система" використовується для позначення програмно-апаратного комплексу збору даних (телемеханічного комплексу).

Перехід на роботу за принципом технології Smart Grid, заснованої на вдосконаленій мережевий аналітиці та використанні сучасних автоматизованих систем управління приладів збору і обробки інформації (SCADA), а також можливість віддаленого моніторингу та контролю над обладнанням дозволить енергокомпаніям продовжити термін експлуатації обладнання, знизити витрати на модернізацію мережі і запобігти мережеві збої [3]. SCADA-системи призначені для здійснення моніторингу та диспетчерського контролю великого числа видалених об'єктів або одного територіально розподіленого об'єкта.

З метою створення технологічного базису електроенергетики за принципами розвитку Smart Grid були сформовані п'ять технологічних областей, що забезпечують найкращий розвиток:

– вимірювальні прилади і пристрої, що включають, в першу чергу, smart лічильники і smart датчики;

– вдосконалені методи управління: розподілені інтелектуальні системи управління і аналітичні інструменти для підтримки комунікацій на рівні об'єктів енергосистеми, що працюють в режимі реального часу і дозволяють реалізувати нові алгоритми і методики управління енергосистемою, включаючи управління її активними елементами;

– вдосконалені технології і компоненти електричної мережі: гнучкі передачі змінного струму FACTS, системи постійного струму, надпровідні кабелі, напівпровідникова, силова електроніка, накопичувачі та ін.;

– інтегровані інтерфейси і методи підтримки прийняття рішень, управління попитом, розподілена система моніторингу і контролю (DMCS), розподілена система поточного контролю за генерацією (DGMS), автоматична система вимірювання процесів, що протікають (AMOS) і т.п., а також нові методи планування і проектування як розвитку, так і функціонування енергосистеми і її елементів;

– інтегровані комунікації, які дозволяють елементам перших чотирьох груп забезпечувати взаємозв'язок і взаємодію один з одним, що і являє, по суті, Smart Grid як технологічну систему.

Концепція побудови автоматизованої системи на шляху до розвитку Smart Grid базується на використанні стільникового зв'язку стандарту GSM для передачі інформації між пристроями нижнього рівня й диспетчерськими станціями енергосистеми.

При цьому автоматично забезпечується наскрізна адресація всіх вузлів мережі за рахунок присвоєння абонентських номерів стільниковому зв'язку. Це дає можливість доступу до первинної інформації на будь-якому рівні ієрархії системи керування, а також можливість дублювання каналів приймання інформації [7].

Система моніторингу втрат електричної енергії (СМПЕЕ) - це система технічного, інформаційного, методичного, програмного та організаційного забезпечення призначеного для оперативного розрахунку і аналізу технологічної складової втрат електричної енергії, являє собою програмно-обчислювальних комплексів (ПОК), що дозволяє проводити моніторинг втрат електричної енергії і виявляти "осередки" наднормативних втрат електричної енергії. ПОК проводить збір і обробку великого обсягу інформації про режими роботи електричної мережі, встановлене електрообладнання, схеми електропостачання, дозволяє вирішити проблему за рахунок організації автоматичного введення інформації від систем обліку електричної енергії, систем телемеханіки і телевимірювань [1].

Для технічного забезпечення передачі інформації використовуються GSM-модеми стільникового зв'язку, що вбудовані в блоки БВ і блоки БД. Враховуючи, що GSM-модеми, мають більшу чутливість прийому, ніж мобільні телефони, і виносну антену, то дальність зв’язку в даному випадку виявляється більшою.

Одним з способів організації моніторингу електричної мережі є автоматична система контролю і обліку електроенергії (АСКОЕ) — це інструмент, що дозволяє споживачеві отримати розгорнуту картину енергоспоживання і домогтися раціональної витрати електроенергії, з врахуванням всіх індивідуальних особливостей споживача. Важливою складовою АСКОЕ є можливість аналізу споживання (передачі) енергії і потужності. Регулярний аналіз режимів спожи-

вання за періоди часу дозволяє виявити прорахунки в організації постачання електроенергії.

Інтелектуальна енергетична система повинна включати в себе можливість використання альтернативних поновлюваних джерел енергії, підтримувати належний рівень стійкості режиму електропостачання з можливістю оперативного управління конфігурацією електричної мережі, виконувати комплексний автоматизований контроль рівня енергоспоживання, енергоефективності і енерговитрат [5, 9], здійснювати структурування споживачів під можливість ситуаційного управління навантаженням в умовах взаємодії центрів управління, включати в неї так звані розподілені енергетичні ресурси.

Зараз в більшості випадків для оцінки параметрів електричних мереж використовується так звана модель статичного визначення пропускної здатності ліній (SLR). Для сучасних мереж електропостачання моніторинг здійснюється на основі динамічного визначення (DLR). Моніторинг мереж електропостачання дозволяє оцінити пропускну здатність мережі, а також в залежності від зміни параметрів визначати максимальні навантаження.

Висновки. На шляху до розвитку системи Smart Grid впровадження сучасних методів і технічних засобів організації моніторингу електричних мереж приведе до зменшення наслідків аварійних ситуацій, втрат електричної енергії та дозволить отримати значний сумарний енергозберігаючий ефект.

Використання приладів вимірювання та обліку нового покоління вбудованих в систему АСКОЕ дозволить знизити економічні втрати та регулярний аналіз режимів споживання за періоди часу дозволяє виявити прорахунки в організації постачання електроенергії. Також способи і методи моніторингу приведуть до збільшення пропускної здатності мережі, дозволять підвищити надійність електропостачання.

Впровадження системи діагностики і комутаційних апаратів знизить ризики відключення обладнання із-за аварій, що призводять до недовідпуску електроенергії, виявлення на ранній стадії несправностей.

Список використаних джерел

1. Бабин А. И. Автоматизированные системы мониторинга электропотребления и расчеты режимов электрических систем. *Успехи современного естествознания*. 2008. № 1. С. 54-57; URL: http://www.natural-sciences.ru/ ru/article/ view?id=9224 (дата обращения: 28.09.2019).

2. Васюченко П. В. Повышение надежности работы электрооборудования путем применения методов диагностики. *ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ • ЭНЕРГЕТИКА • ЭНЕРГОАУДИТ*. 2014. №5 (123) С. 27-34.

3. Гришин Д. С. Особенности внедрения интеллектуальных энергосетей SMART GRID / Гришин Д. С., Пащенко Д. В., Синев М. П., Трокоз Д. А., Яровая М. В. *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*. 2017. № 1 (21). С. 109–116.

4. Кириленко А. В. Интеллектуальные электроэнергетические системы: элементы и режимы / под общ. ред. акад. НАН Украины Кириленко А. В. Киев : Ин-т электродинамики НАН Украины, 2014. 408 с.

5. Кобец Б. Б., Волкова И. О. Smart Grid. Концептуальные положения [Текст]. *Энергорынок*. 2010. №3. С.66-72.

6. Кундас С. П., Шенк Ю., Вайцехович Н. Н. Гибридные технологии в использовании возобновляемых источников энергии. *Энергоэффективность*. 2012. № 2. С. 19-23.

7. Використання технологій smart grid для підвищення ефективності електропостачання споживачів/ Мороз О.М., Черемісін М. М., Попадченко С. А., Савченко О. А., Дюбко С. В. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2017. № 3 (49) С. 45-50.

8. Оцінка стану та реалізації концепцій розвитку "інтелектуальних" електромереж у світовій практиці. URL: https://ua.energy/wp- content/uploads/ 2018/01/3.-Smart-Grid.pdf (дата звертання: 17.09.2019).

9. Попадченко С. А. Аналіз світових тенденцій модернізації електричних підстанцій на сучасному етапі розвитку. *Енергетика та електрифікація*. 2016. № 9. С. 46-49.

10. Ратнер С. В. Управление качеством энергоснабжения в энергосистемах со смешанным типом генерации: организационно-экономические аспекты. *Финансовая аналитика: проблемы и решения.* 2016. №19 (301). URL: http://cyberleninka.ru/article/n/ upravlenie-kachestvom-energosnabzheniya-v-energosistemah-so-smeshannym-tipom-generatsii-organizatsionno-ekonomicheskie-aspekty (дата обращения: 16.08.2017).

11. ZAHRAN MOHAMED Smart Grid Technology, Vision, Management and Control https://pdfs.semanticscholar.org/fdaa/55679374a78b8ff6d94c5d4dfd31edd5bc3c.pdf (дата обращения: 20.09.2019).

12. Чичёв С. И., Калинин В. Ф., Глинкин Е. И. Информационно-измерительная система электросетевой компании. Москва : Издательский дом "Спектр", 2011. 156 с. 400 экз.

Аннотация

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Попадченко С. А., Тоберт М. Ю.

Проведен анализ существующих методов и технических средств организации мониторинга электрической сети.

Abstract

ANALYSIS OF EXISTING METHODS AND TECHNICAL MEANS OF ORGANIZING ELECTRIC NETWORK MONITORING

S. Popadchenko, M. Tobert

An analysis was made of existing methods and technical means of organizing monitoring of the electric network.