

ГІБРИДНІ ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ – НЕОБХІДНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ

Попадченко С. А.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Проведено аналіз існуючих гібридних електричних мереж та досліджена ефективність їх розвитку.

Постановка проблеми. На сьогодні в Україні приділяється пильна увага питанням створення мереж нового покоління, новітнього підходу до генерації (споживач зможе як споживати, так і продавати електричну енергію), побудови інтелектуальних мереж (Smart Grid).

На шляху до впровадження Smart Grid-технологій в існуючі енергомережі необхідно вирішення таких завдань: В даний час в усьому світі і в Україні спостерігається зростаючий інтерес до гібридних накопичувачів енергії (ГНЕ).

Це пов'язано з тим, що на сучасному етапі розвитку електроенергетики існує дефіцит джерел електричної енергії, постійно зростають вимоги до надійності і якості електропостачання з боку споживачів, відбувається підвищення вартості електричної енергії в усьому світі [1].

В зв'язку з зростанням енергоемності виробництв зростають і вимоги зацікавлених сторін до результатів діяльності енергетичних компаній, до екологічної і промислової безпеки функціонування енергетичних об'єктів та зниження загальносистемних витрат [3, 5, 7, 9].

В зв'язку з розвитком інтелектуальних мереж необхідно дослідити і ефективність впровадження гібридних електричних мереж.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відповідно до положень розвитку місцевих поновлюваних і нетрадиційних джерел енергії, в зв'язку з зменшенням традиційних джерел енергії, в перспективі повинно у відсотковому співвідношенні збільшуватись у загальному балансі енергоресурсів. За останні роки мало що змінилось. Світовий досвід показує, що впровадження цих систем досить ефективно для невеликих фермерських господарств, відокремлених с / г комплексів, відділених агросадиб і т. п. [2].

В західних країнах, таких як Голландія, Норвегія, Німеччина і інших широко використовується схема електропостачання вітрових і сонячних електростанцій паралельно з централізованою мережею.

В якості прикладу – схема запропонована фірмою Enertrag AG (Німеччина), яка ефективно працює в області вітроенергетики, технології для гібридного використання енергії вітру, біогазу і водню для вирішення проблеми появи надлишкової електроенергії, яка виробляється великими вітровими парками (сезонний стабільний вітер, нічний час та ін.) (Рис. 1) [10].

Мережевий інвертор дозволяє системі працювати як з акумуляторними батареями, так і без них. Він також дозволяє вивести надлишки електроенергії в основну електричну мережу.

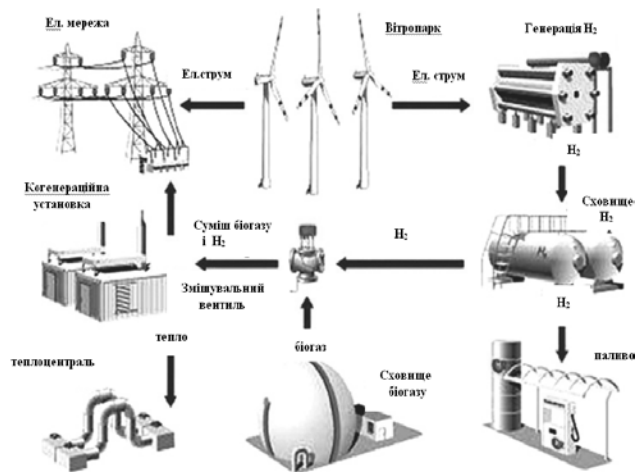


Рисунок 1 – Концепція гібридної системи фірми Enertrag (Німеччина)

В такому режимі енергокомпанія купує електроенергію у споживача (лічильник електроенергії обертається в інший бік). Така схема електропостачання захищена законом держави і найбільш вигідна для населення приватного сектору [2]. Гібридні системи здатні виробляти від 1 кВт / год до декількох сот кВт / год електричної енергії. Парк ВЕУ, фотоелектричні модулі можуть займати значні площі, тому їх необхідно розміщувати на землях непридатних для землеробства та випасу худоби (височина, піщаник і т. д.)

Крім того гібридну систему необхідно обладнати досить ємною акумуляторною станцією, що дозволяє гранично згладжувати пікові навантаження. Якщо ступінь ризику браку електроенергії велика, то при необхідності можна ввести в систему дизель - генератор на органічному паливі. Технологічні зміни можуть бути різні, відповідно до рельєфу місцевості і специфічних особливостей с \ г виробництва.

Для конкретного віддаленого поселення вартість різних варіантів поставки електроенергії буде варіюватися в залежності від специфіки місцевих умов, таких як обсяг споживаної потужності, розподіл навантаження, наявність поновлюваних джерел, ціни на паливо і транспортна мережа.

Відносно новим підходом до забезпечення надійності енергосистеми є включення в неї так званих розподілених енергетичних ресурсів (Distributed Energy Resources). До них відносять когенерацію тепла і електроенергії і альтернативні джерела енергії [4].

Підключення до локальної мережі альтернативних джерел енергії може забезпечити споживачів від випадкових перебоїв в енергопостачанні.

Тому зростаючий попит на електропостачання підвищеної якості підприємств безперервного виробничого циклу та інформаційно-комунікаційних компаній відкриває великі бізнес-можливості для малих виробників електроенергії на основі використання місцевих, переважно відновлюваних, джерел енергії.

При тому збільшення частки відновлювальних джерел енергії в загальному обсязі виробництва електроенергії може створити цілий ряд системних проблем.

Вони пов'язані з впливом коливань графіків генерації вітрової та сонячної енергії на режими роботи енергосистем, особливо при низьких рівнях навантаження, а також з браком технічних засобів для максимально точного метеорологічного прогнозування, що дозволило б системним операторам оптимізувати вплив погодних умов на графіки генерації і навантаження [7].

Що стосується поновлюваних джерел енергії, то їх застосування в сільській місцевості, не дивлячись на більш високу вартість початкових капітальних вкладень, у багатьох випадках виявляється економічно вигідним, з огляду на низькі витрати на експлуатацію та технічне обслуговування.

Мега статті. Головною метою статті є дослідження перспективи розвитку гібридних електричних мереж в Україні.

Основні матеріали дослідження. Гібридні енергетичні системи найчастіше об'єднують кілька поновлюваних енергетичних джерел: сонячні батареї, міні – ГЕС, вітрових електростанцій (ВЕС) та інші пристрої для акумулювання енергії, які переважно призначені для забезпечення об'єктів електричною енергією, джерела теплової енергії (біогазові установки(БГУ), сонячні теплові колектори) і джерела на органічному паливі (дизель-генератори), які виконують роль резервного живлення.

Технологічні зміни в електричних мережах можуть бути класифіковані відповідно до виду напруги в мережі: постійного, змінного струму або змішані лінії [4].

У гібридних системах змінного струму основні джерела напруги можуть бути пов'язані безпосередньо з лінією змінного струму або ж через додаткові конвертори для забезпечення необхідних характеристик змінного струму за умови з'єднання системи з централізованою електромережею. Подання енергії для зарядки акумуляторів контролює інвертор в двох напрямках, а також від акумуляторів на навантаження змінного струму. Навантаження постійного струму можуть забезпечуватися напругою від акумуляторів.

Гібридні системи поділяються на послідовні, що перемикаються і паралельні [4].

У послідовних системах акумулятори заряджаються від сонячного фотоелектричного модуля або від дизель-генератора постійного струму за умови відсутності сонячного випромінювання.

Навантаження змінного струму живиться від акумуляторів за допомогою інвертора. Система може працювати в ручному або автоматичному режимі при наявності сенсорів зарядки батарей і контролера включення дизель – генератора.

Недоліки системи – часті перезарядки акумулятора, що призводить до скорочення його терміну служби, необхідність наявності батарей підвищеної ємності (для зменшення глибини розряду). Вихід з ладу інвертора призводить до повного відключення споживачів від мережі.

В гібридних системах, що перемикаються, змінна напруга споживачам може подаватися через інвертор від акумуляторів, поновлюваних джерел або від генератора змінного струму. Зарядка акумуляторів здійснюється від поновлюваних джерел або від дизель-генератора через випрямляч.

Якщо система працює в автоматичному режимі, контролери управління створюють необхідну конфігурацію системи, що дозволяє забезпечити безперебійне живлення споживачів і необхідний рівень заряду акумулятора.

Гібридна система, що перемикається у порівнянні з послідовною надійніша в енергозабезпеченні, але і більш складніша.

За паралельної конфігурації гібридної системи є можливість подання енергії споживачам незалежно кожним джерелом, що входить в систему, а також одночасно від всіх – при пікових навантаженнях, коли необхідно здійснити синхронізацію форми напруги на виході інвертора і генератора. Навантаження трансформаторних підстанцій складається з навантаження споживачів і генерування джерел електроенергії, які знаходяться у них на балансі.

Гібридна система складається в основному з трьох елементів:

1. Система розподіленої генерації енергії (з поновлюваних і / або традиційних джерел, таких як генераторні установки).
2. Інтелектуальна система управління.
3. Акумуляторна система.

Ці системи мають перевагу забезпечувати стабільність подачі електроенергії за рахунок поєднання різних технологій, компенсуючи тим самим негативні сторони при використанні цих же технологій окремо (наприклад, висока вартість палива при використанні однієї лише генераторної установки або неможливість використання сонячної панелі в нічні години), а з іншого боку - знижені експлуатаційні витрати з відповідним підвищенням ефективності системи.

Різке підвищення вартості енергоресурсів в світі і триваюче виснаження вуглеводнів призводить до довгострокового обмеження в економічному розвитку в усьому світі.

Гібридні системи, засновані на ВДЕ, є незалежними від цін на нафту. Навіть якщо ці системи включають дизельний генератор в якості резервного, проте ВДЕ забезпечать від 60 до 90% споживаної енергії. Поки практика подання претензій до якості електроенергії відсутня, немає механізмів компенсації за низьку якість.

В стадії досліджень і розробок формування таких механізмів на шляху до впровадження гібридних мереж.

Останнім часом почалася розробка досліджень в області розвитку інтелектуальної мережі в Україні, яка не можлива без впровадження гібридних мереж [1].

Значна частина малопотужних електростанцій (а вони переважають в нашій країні) виключена з регулювання в рамках єдиної енергосистеми. Тільки розширення можливостей управління розподіленою генерацією дозволить включити малу енергетику в єдину систему регулювання.

Функціонування енергосистеми з невеликою кількістю джерел енергії можна було вибудувати за аналогією з тим, коли джерело всього одне, в такій системі були відсутні зустрічні потоки.

Але збільшення числа джерел, зниження серед них частки стабільного електропостачання призводять до того, що електроенергію доводиться перекидати оперативно, в різних напрямках, тобто до розподіленої і динамічно мінливої генерації, до якої електричні мережі України не готові. І це пов'язано не тільки зі складністю управління системою з великим числом електростанцій.

При керуванні енергосистемою з розподіленою генерацією з'явиться більше можливостей скорочувати втрати електроенергії при її транспортуванні. За рахунок скорочення втрат які з'являються при коливаннях частоти і напруги можна заощадити не менше 2,1% електроенергії.

Майбутня модернізація електричних мереж на шляху до гібридних мереж не зводиться до загальної економії електроенергії, вона дозволяє економити її там, де це дійсно необхідно, максимально наблизити економію до споживачів. Пристрої автоматики підвищують пропускну здатність і стійкість мереж, що особливо важливо для сильно завантажених енергосистем, відповідає необхідність в інвестиціях в будівництво нових ліній електропередач, що призведе до значної економії коштів.

В нормативній базі багатьох країн відносно приєднання об'єктів розподіленої генерації до енергосистем (мережеві кодекси – grid code) існують такі вимоги:

- підтримання напруги на шинах станцій;
- вимоги до стійкості в перехідних процесах під час коротких замикань;
- регулювання активної потужності;
- вимоги до якості електричної енергії;
- вимоги до впливу вітрових електричних станцій (ВЕС) і сонячних електричних станцій (СЕС) на стійкість і надійність функціонування енергетичної системи, на якість регулювання параметрів електричного режиму в точці їх підключення, на рівень струмів короткого замикання;

- вимоги до основного обладнання і до регулювання систем ВЕС і СЕС за умов паралельної роботи з енергосистемою [6].

Світовий досвід використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) показує, що вироблення енергії вітроустановками, сонячними батареями і водонагрівальними колекторами в великій мірі залежить від пори року і погодних умов, що обумовлює проблеми зі стабільністю енергозабезпечення. Це завдання вирішується шляхом використання таких видів ВДЕ в складі існуючих енергетичних мереж або в якості додаткового джерела енергії. Однак в останні роки запропоновано досить велика кількість розробок, які забезпечують стале енергопостачання об'єктів за до-

помогою так званих гібридних енергетичних систем на основі ВДЕ [3, 6, 7]. Гібридні енергетичні системи найчастіше об'єднують кілька поновлюваних енергетичних джерел: сонячні батареї, міні - ГЕС та інші пристрої для акумулювання енергії, які переважно призначені для забезпечення об'єктів електричною енергією. До складу системи можуть також входити джерела теплової енергії (біогазові установки, сонячні теплові колектори) і джерела на органічному паливі (дизель-генератори), які виконують роль резервного живлення. Технологічні зміни можуть бути класифіковані відповідно до виду напруги в мережі: постійного, змінного струму або змішані лінії [3].

Важлива роль у забезпеченні електропостачання народного господарства належить інтелектуальним мережам, причому значення їх буде неухильно і швидко зростати. Технологічну платформу ГНЕ складають різні сучасні засоби, такі як пристрої і технології на базі силової електроніки, надпровідності, електромашиновентильних комплексів. Інтелектуальна енергетична система повинна включати в себе елементи і підсистеми, що підтримують належний рівень якості електричної енергії та електромагнітної сумісності, забезпечувати необхідний рівень надійності і безперебійності електропостачання, включаючи можливість використання альтернативних поновлюваних джерел енергії, підтримувати належний рівень стійкості режиму електропостачання з можливістю оперативного управління конфігурацією електричної мережі, шляхом автоматичного секціонування забезпечувати оптимальний режим напруги за заданими критеріями, виконувати комплексний автоматизований контроль рівня енергоспоживання, енергоефективності і енерговитрат [4, 7], здійснювати структурування споживачів під можливість ситуаційного управління навантаженням в умовах взаємодії центрів управління.

Відносно новим підходом до забезпечення надійності енергосистеми є включення в неї так званих розподілених енергетичних ресурсів. До них відносять когенерацію тепла і електроенергії і альтернативні джерела енергії [8]. Підключення до локальної мережі відновлювальних джерел енергії може забезпечити споживачів від випадкових перебоїв в енергопостачанні. Тому зростаючий попит на електропостачання підвищеної якості підприємств безперервного виробничого циклу та інформаційно-комунікаційних компаній відкриває великі можливості для малих виробників електроенергії на основі використання місцевих, переважно відновлюваних, джерел енергії. З урахуванням аналізу проблем, що стоять перед гібридною енергетикою на шляху до розвитку розумних мереж, можна сформулювати основні технічні вимоги до автономних систем енергопостачання, які будуть впроваджуватися в систему енергопостачання:

1) багатофункціональність та комбінування складу джерел енергії (гібридні енергоустановки);

3) модульна компоновка на основі типізації та конструктивної уніфікації та можливість автономної роботи енергетичних модулів;

4) узгодженість характеристик енергетичних модулів, в т. ч. дизеля, генератора і споживача навантажень;

5) можливість спільної роботи дизельної електростанції (ДЕС) з нетрадиційними джерелами енергії (гібридна електростанція), а також з енергосистемою;

6) забезпечення високої якості електричної і теплової енергії незалежно від коливань навантаження і потенціалу відновлюваних видів енергії;

7) надійність, ресурс і ефективність функціонування гібридних і автономних станцій;

8) забезпечення безпеки і зручності роботи оператора ДЕС, типізація і уніфікація парку ДЕС, енергетичного обладнання та комплектуючих, палив і моторних масел та паливна економічність;

9) пристосованість до кліматичних (зональних) умов та захист навколишнього середовища при використанні енергетичного обладнання;

10) високий рівень автоматизації і диспетчеризації в умовах розвитку smart grid;

11) низькі експлуатаційні витрати і легкість проведення профілактичних заходів;

12) технологічність і дешевизна виготовлення, використання розширеної номенклатури вузлів і їх взаємозамінність на базі місцевих підприємств.

В зв'язку з розвитком інтелектуальних мереж розширюються можливості споживачів при виборі їм способів економії витрат на електроенергію. Будь-яка фірма може створити своє джерело електроенергії, зокрема, відновлюваної, якщо це виявиться вигідним, - і без проблем продавати її в мережу. Зараз на шляху такого нового продавця існує перешкода, створена монополістом. І перешкода ця частково виправдана: існуюча мережа не в змозі приймати нерегулярні поставки електроенергії з нового джерела[4].

Серед переваг отримання гібридної СЕС швидше поєднання переваг наявності у власника автономної станції і традиційної мережі електропостачання:

- захищеність від короткочасних, віялових відключень;

- можливість продажу електроенергії;

- "добір" енергії з мережі при її нестачі;

- мінімізація використання традиційної електроенергії, зниження рахунків за електроенергію.

Гібридні сонячні електростанції дозволяють використовувати переваги побутової електричної мережі, продавати електричну енергію в мережу по "Зеленому тарифу", а також забезпечити повну енергетичну незалежність в разі відключення побутової мережі.

Це комбіновані установки, які дозволяють, як заряджати акумуляторні батареї і забезпечувати автономність, так і видавати надлишки виробленої електроенергії в мережу для подальшого продажу за "Зеленим" тарифом. Дані станції поєднують в собі властивості мережевої та автономної сонячних електростанцій і закономірно дорожче коштують. Гібридна станція призначена для домогосподарств, власники яких бажають знизити ризики перебоїв електроенергії, отримувати прибуток від продажу надлишків електроенергії, виробленої сонячними панелями. Вартість на гібридну станцію вище, ніж на автономну і тим більше мережеву. З появою інтелектуальних електричних мереж з новою системою вимірювань кардинально зміняться позиції учасників енергетичного ринку. З цим пов'язані і труднощі на шляху їх впровадження. Чисто технічні перешкоди пов'язані з відста-

лістю вітчизняних мереж, відсутністю нормальної технічної документації, регулярних ремонтів і т. д.

У той же час збільшення частки відновлювальних джерел енергії в загальному обсязі виробництва електроенергії може створити цілий ряд системних проблем. Вони пов'язані з впливом коливань графіків генерації вітрової та сонячної енергії на режими роботи енергосистем, особливо при низьких рівнях навантаження, а також з браком технічних засобів для максимального точного метеопрогнозування, що дозволило б системним операторам оптимізувати вплив погодних умов на графіки генерації і навантаження. Якщо частка вітрової генерації у виробленні потужності досягає 15-20% встановленої потужності енергосистеми, то коливання потужності вітрогенераційних установок здатні негативно впливати на динамічну стійкість енергетичних систем [6].

Для зменшення цього негативного ефекту необхідно мати в енергосистемі резерв потужності на традиційних електростанціях, порівняно з повною потужністю вітроенергетичних установок. Традиційні електростанції повинні бути в змозі оперативно набирати потужність.

Щодо динамічних характеристик енергосистеми з високим рівнем проникнення СГ, в яких сонячні електростанції (СЕС) підключені безпосередньо до магістральних ліній електропередач, найбільші проблеми створює так звана нульова інерційність сонячної генерації. В даний час розроблено та впроваджено декілька успішних технологій інвертування напруги, але це залишається серйозною технічним перешкодою для інтеграції великих СЕС в енергосистему. Існує проблема стабільності напруги і регулювання роботи СЕС після падіння напруги.

Додаткові технічні заходи, спрямовані на підтримку якості енергопостачання в енергосистемах зі змішаним типом генерації на необхідному рівні, можуть значно збільшити первинну вартість реалізації вітрової або сонячного проекту і знизити його загальну комерційну ефективність.

Потенційне зниження енергоефективності всієї енергосистеми може привести до виникнення суттєвих негативних екологічних ефектів. Тому техніко-економічні аспекти інтеграції СЕС і ВЕС в єдину енергосистему повинні обов'язково враховуватися ще на стадії проектування і вибору місця для будівництва об'єкта вітрової та сонячної генерації.

Накопичувачі електричної енергії є найважливішим елементом майбутніх інтелектуальних електроенергетичних систем і створюють значні ефекти за рахунок використання принципу накопичення енергії під час її надлишкового виробництва і видачі енергії під час її дефіциту.

Необхідно подолати технологічні проблеми, які роблять в даний час використання накопичувачів енергії економічно невиправданим.

Широке впровадження гібридних систем в значній мірі буде залежати від випуску вітчизняного доступного за ціною обладнання (вітроустановок малої потужності, сонячних батарей і водонагрівальних колекторів, теплових насосів та ін.).

У зв'язку з прийнятими в нашій країні планами з будівництва вітрових парків не слід скидати з рахун-

ків і можливості гібридних систем для великої енергетики з точки зору вирішення проблем пікових навантажень, акумулювання надлишків електричної енергії, раціонального її використання.

Висновки. Застосування гібридних систем на основі відновлюваних джерел енергії є перспективним рішенням для децентралізованого електропостачання в сільській місцевості та віддалених об'єктів, для забезпечення акумулювання надлишків електричної енергії, зняття пікових навантажень при експлуатації, зменшення залежності від сезонних і погодних умов від використання поновлюваних джерел енергії великої потужності.

Для України, у зв'язку з недостатньою кількістю вугілля для ТЕЦ та довгостроковою програмою розвитку сільського господарства гібридні технології доцільно розглядати як альтернативу централізованому електропостачанню з подальшою розробкою механізмів компенсації за низьку якість електроенергії на шляху до розвитку розумних мереж.

Впровадження генеруючих об'єктів відновлювальних джерел енергії з перетворювальною частотою на основі силової електроніки дозволить виробляти "зелену" енергію і одночасно забезпечувати гнучке керування режимами прилеглих мереж, підвищення надійності енергосистем і якості електропостачання споживачів.

Ефективність гібридних електричних мереж на шляху до розвитку Smart Grid дозволяє суттєво покращити керованість процесів генерування, транспортування, розподілу та споживання електроенергії. Завдяки Smart Grid технологіям електроенергетика адаптується до ринкових умов, виконуються умови інтегрування її до об'єднаної енергосистеми Європи. Впровадження Smart Grid технологій на рівні локальних електричних систем підтверджує їх техніко-економічну ефективність.

Перехід на нову технологічну платформу обіцяє піднятися на вищий рівень щодо енергоефективності систем електропостачання, підвищити надійність, якість та економічність електропостачання.

Список використаних джерел

1. Елистратов В. В. Развитие ветроэнергетики Украины и ее состояние в России [Электронный ресурс]: / Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2013. №3 (178). – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-vetroenergetiki-ukrainy-i-ee-sostoyanie-v-rossii> (дата обращения: 19.09.2017).
2. Возобновляемая энергетика XXI век.: "Возобновляемая энергетика XXI век. Энергетическая и экономическая эффективность" / Материалы Международного конгресса REENCON-XXI. – Под ред. к. ф.-м. н Д. О. Дуникова, д. т. н. О. С. Попеля. – Москва: ОИВТ РАН. 2016. – 261 с.
3. Воронов Ю. П. Модернизация электрических сетей как реальная перспектива возрождения промышленности России / Ю. П. Воронов // ЭКО, 2011. – №4. – С. 72-86.

4. Кобец Б. Б. Smart Grid. Концептуальные положения / Б. Б. Кобец, И. О. Волкова // Энергорынок. – 2010. – №3. – С. 66-72.

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

6. Манусов В. З. Особенности параллельной работы ветроэлектростанций и электроэнергетических систем [Электронный ресурс]: / Сиб. федер. ун-т, 2012. – Режим доступа: <http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/6906>.

7. Попадченко С. А. Анализ мировых тенденций модернизации электрических подстанций на современном этапе развития / С. А. Попадченко // Энергетика та електрифікація. – 2016. – № 9. – С. 46-49

8. Повышение энергоэффективности и использование возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь / Минск: Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь, 2011. – 8 с.

9. Ратнер С. В. Управление качеством энергообеспечения в энергосистемах со смешанным типом генерации: организационно-экономические аспекты [Электронный ресурс]: / Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2016. №19 (301). Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-kachestvom-energopobezheniya-v-energosisistemah-so-smeshannym-tipom-generatsii-organizatsionno-ekonomicheskie-aspekty> (дата обращения: 16.08.2017).

10. Hybrid Power Plant [Electronic resource] // Enertrag. – 2012. – Mode of access: <https://www.enertrag.com/en/project-development/hybridpower-plant.html>. – Date of access: 20.09.2017.

Анотация

ГИБРИДНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ – НЕОБХОДИМОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В УКРАИНЕ

Попадченко С. А.

Проведен анализ существующих гибридных электрических сетей и исследована эффективность их развития.

Abstract

HYBRID ELECTRIC NETWORKS – NECESSITY AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT IN UKRAINE

S. Popadchenko

The analysis of existing hybrid electric networks is carried out and the efficiency of their development is investigated.