

## ТЕХНОЛОГІЇ TECHNIQUE

УДК621.316.1:313.322

П. Д. Лежнюк, д-р техн. наук, професор, О. Є. Рубаненко, канд. техн. наук, доцент, І. О. Гунько  
Вінницький національний технічний університет

### ВПЛИВ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ НА НАПРУГУ СПОЖИВАЧІВ 0,4 КВ

*В наш час багатьох країнах світу використовують альтернативні види енергії. В експлуатації знаходяться малі ГЕС, вітроелектростанції, сонячні електричні станції і т. п. Проте у мережах, де активно встановлюються та експлуатуються РДЕ, а саме СЕС, має місце погіршення показників якості електричної енергії.*

*Представлені результати дослідження впливу активної потужності, яка виробляється СЕС на напругу на шинах 0,4 кВ споживачів. Доведено, що в локальних електричних системах: можливі режими, коли напруги на шинах 0,4 кВ споживачів можуть бути поза нормованими значеннями; майже не обмежуючі генерування активної потужності СЕС і регулюючі реактивну потужність СЕС є можливість регулювати напругу на шинах 0,4 кВ споживачів, запобігати понад нормованих відхилень напруги. Це зменшить використання РПН трансформаторів та перемикальних пристроїв батарей статичних конденсаторів.*

**Ключові слова:** локальні електричні системи, розподілені джерела енергії, сонячні електричні станції, інвертори, районні електричні мережі, моделювання в PSCAD.

**Вступ.** Збільшення кількості розподілених джерел електричної енергії (РДЕ) викликає зростаючу зацікавленість в підвищенні рівня надійності локальних електричних систем (ЛЕС) в яких вони працюють. Також актуальними постають питання стійкості і оптимального розподілу струму в вітках таких ЛЕС.

РДЕ, які використовують відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) такі, як сонце, вітер і т. ін., все ширше використовуються не лише в найбільш розвинених країнах світу таких, як США, Німеччина, Данія, Нідерланди [2–5] та ін., а і в Україні. Станом на 1 січня 2015 року в Україні встановлена потужність об'єктів відновлюваної енергетики, яким встановлено «зелений» тариф, становила 1462,2 МВт, з яких у 2014 році було введено 280,6 МВт. Різними розосередженими джерелами енергії у 2014 році вироблено 2,01 млрд. кВт·год. електроенергії, що на 32 % більше, ніж у 2013 році [1].

Так, наприклад, багато споживачів електричної енергії Ямпільського району Вінницької області вже почали відчувати високе проникнення розподіленої енергетики в ЛЕС на радіальних лініях електропередач (ЛЕП) розподільних електричних мереж (РЕМ).

Дослідженнями доведено, що між 11 та 14 годинами дня [6] генерування електричної енергії сонячним електричними станціями (СЕС) може перевищити максимальне навантаження фідера, до якого підключена СЕС, викликаючи зворотний потік потужності від СЕС до центру живлення (ЦЖ) ЛЕС, а не так, як це було раніше – від ЦЖ ЛЕС до споживачів РЕМ.

Інколи, це призводить до понаднормового зростання напруги в кінці фідера, через який здійснюється живлення споживачів. Двонаправлені потоки електричної потужності в радіальних ЛЕП, різкі зміни напруги на шинах електричних підстанцій (ПС), швидка зміна режимів ЛЕС стають все більш поширеними в сучасних ЛЕС. Це потребує внесення комплексних змін у систему планування режимів ЛЕС і оперативного впливу на них. Розуміння цих проблем вимагає подальших досліджень динаміки процесів в ЛЕС під час генерування електричної енергії РДЕ, транспортування та споживання. Для цього потрібні більш детальні інженерні дослідження і нові методи математичного та комп'ютерного моделювання.

**Мета роботи:** дослідження впливу сонячних електричних станцій на напругу споживачів 0,4 кВ у локальних електричних системах.

**Результати досліджень.** Аналіз зростаючого впровадження СЕС свідчить про те, що в таких ЛЕС:

– потрібне впровадження додаткових засобів моніторингу режимів та стану обладнання фідерів ЛЕС з великою кількістю СЕС;

– потрібна «вахтова машина», наприклад, – синхронний генератор, який працює в якості резервного джерела електричної енергії ЛЕС у разі використання неавтономних інверторів СЕС (інверторів, робота яких неможлива за відсутності напруги на шинах з боку РЕМ);

– мають місце різкі зміни напруги на шинах ПС споживачів, напруга може перевищувати номінальну більше ніж на 10 % і як результат зростає інтенсивність роботи і зношуваність перемикаючих пристроїв регулювання напруги в ЛЕС;

– потрібно вживати додаткові заходи з захисту від комутаційних перенапруг, викликаних затяжними перехідними процесами під час частих увімкнень та вимкнень багатьох інверторів СЕС, коли проміжок часу між ними не перевищує однієї секунди;

– зростають струми замикань на фідерах з СЕС та струми гармонічних складових високої частоти в ізоляції кабельних ЛЕП [7], на які впливає змінна міжконтактна ємність комутаційного устаткування (вимикачів і реклоузерів), а це потребує додаткової координації заходів щодо узгодженої роботи комутаційного обладнання (автоматичних вимикачів, реклоузерів, запобіжників і т. п.);

– відключення великої кількості СЕС з причини замикань та інших пошкоджень в РЕМ, що призводять до відключення ЛЕП, які передають електричну енергію від СЕС;

– негативний вплив СЕС на ефективність засобів автоматизації (керування батареями статичних конденсаторів для регулювання реактивної потужності, автоматичне відключення навантаження і т. ін.) в РЕМ, за умови, що використання цих засобів автоматизації на проектній стадії не враховувало широкого впровадження СЕС;

– виникають технічні проблеми експлуатації обладнання РЕМ та споживачів, пов'язані з якістю електричної енергії СЕС, а саме – проблеми, викликані зростанням вмісту гармонік на шинах СЕС та виникненням високочастотних резонансів [6];

– має місце взаємовплив між високовольтним електронним устаткуванням, яке підключене до спільного фідера під час тимчасових змін напрямку потужності та при інших динамічних впливах;

– потрібне додаткове фінансування впровадження додаткових засобів дистанційного керування і автономного моніторингу у системних операторів з метою забезпечення керованості та спостережуваності режимів ЛЕС в яких працюють СЕС загальною встановленою потужністю понад 500 кВт.

**Комп'ютерна модель ЛЕС.** З метою дослідження вплив сонячних електричних станцій на напругу споживачів 0,4 кВ використовувалась комп'ютерна модель ЛЕС. Ця модель створена за допомогою програмного забезпечення PSCAD.

PSCAD (Power Systems computer-aided design/drafting) є потужним і гнучким графічним інтерфейсом користувача для моделювання процесів в електроенергетичних системах. PSCAD дозволяє користувачеві схематично будувати схеми, моделювати процеси в ЕЕС, аналізувати результати моделювання та керувати даними в повністю інтегрованому графічному середовищі. Моделі великої кількості електричного обладнання, електричних вимірювальних пристроїв, засобів ручного та автоматичного керування дозволяють користувачу контролювати та змінювати параметри системи під час моделювання, а також безпосередньо спостерігати за зміною параметрів досліджуваних процесів.

На рис. 1 показана схема ЛЕС, яка реалізована в комп'ютерній моделі.

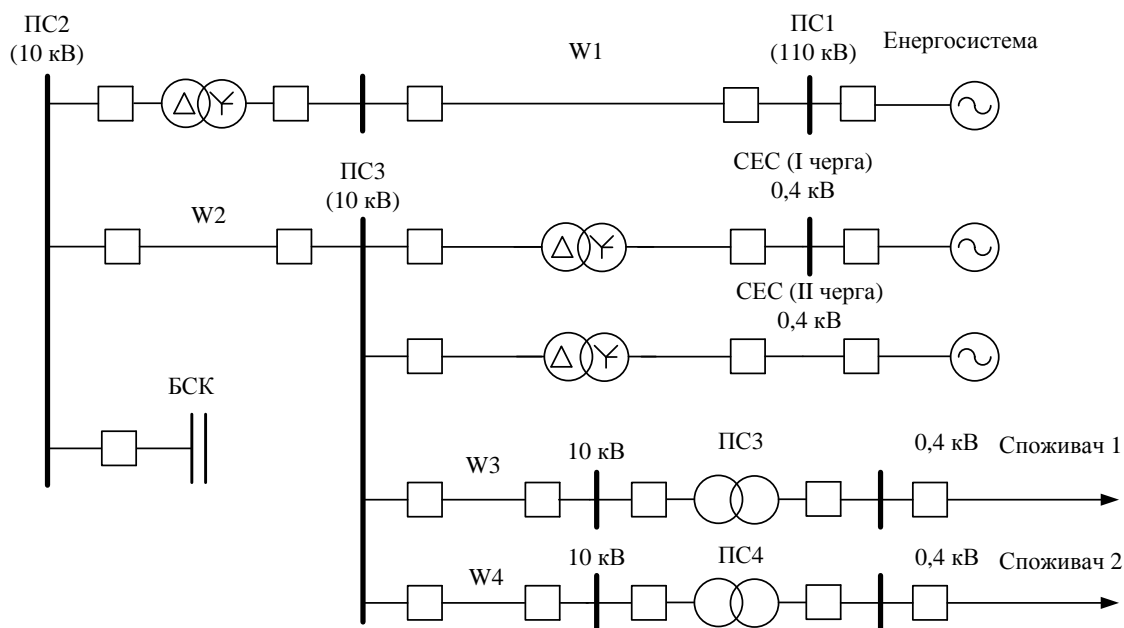


Рисунок 1– Схема ЛЕС

На схемі рис. 1 показані: електроенергетична система («Енергосистема»), яка має зв'язок з ЛЕС по ЛЕП 110 кВ: трансформаторна підстанція 110 кВ «ПС1». ПС1 має зв'язок з підстанцією «ПС2» по ЛЕП 110 кВ «W1». Шини та трансформатор ПС2 використовують напруги 110 кВ та 10 кВ. До шин 10 кВ ПС2 підключені ЛЕП 10 кВ «W2» та батарея статичних конденсаторів «БСК».

Підстанція «ПС3» розрахована на класи напруг 10 кВ. До шин ПС3 приєднані: трансформатор 10/0,4 кВ першої черги сонячної електричної станції (СЕС) та трансформатор 10/0,4 кВ другої черги СЕС, також ЛЕП 10 кВ (W3 та W4) 10 кВ. ЛЕП W3 та W4 приєднані до шин підстанцій ПС3 та ПС4 10/0,4 кВ споживачів («Споживач 1» та «Споживач 2»).

Сигналом, необхідним для введення СЕС (запропонованої моделі ЛЕС) в роботу, є напруга 0,4 кВ мережі ЛЕС. Тому «пуск» інверторів СЕС можливий лише за наявності напруги в 0,4 кВ мережі ЛЕС.

**Результати моделювання.** З метою дослідження впливу навантаження віддаленого від енергосистеми на напругу на шинах 0,4 кВ цього споживача змінювалась активна потужність першого споживача «Споживач 1», і контролювалась напруга на шинах 0,4 кВ підстанції «ПС3». Для споживачів 0,4 кВ дозволяється відхилення напруги  $\pm 10\%$ , тобто від 0,342 кВ до 0,418 кВ. Результати досліджень показані на рис. 2. Аналіз рис. 2 свідчить про те, що при включеній СЕС (СЕС генерує активну потужність  $P_{СЕС}=1,83$  МВт) і навантаженні ( $P_{НАВ}$ ) 0,435 МВт напруга на шинах 0,4 кВ першого споживача ( $U_{СП}$ ) буде 0,418 кВ, що дорівнює верхньому граничному рівню напруги. Якщо потужність навантаження першого споживача буде меншою 0,435 МВт, то напруга  $U_{СП}$  буде зростати (наприклад, при потужності  $P_{СЕС}=1,95$  МВт та  $P_{НАВ}=0,414$  МВт, напруга  $U_{СП}$  буде 0,434 кВ, що перевищує допустиме значення. При потужності навантаження  $P_{НАВ}=0,65$  МВт та  $P_{СЕС}=1$  МВт напруга  $U_{СП}$  буде 0,342 кВ, що дорівнює нижньому граничному значенню напруги. Якщо потужність навантаження першого споживача буде більшою 1,0 МВт, то напруга  $U_{СП}$  буде зменшуватись (наприклад, при потужності  $P_{СЕС}=0,7$  МВт та  $P_{НАВ}=0,71$  МВт, напруга  $U_{СП}$  буде 0,323 кВ, що менше допустимого значення).

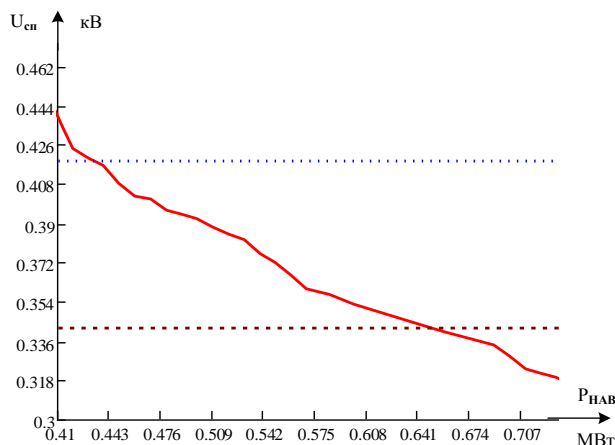


Рисунок 2 – Залежність  $U_{СП}$  першого споживача від його навантаження  $P_{НАВ}$

Дослідження залежності напруги на шинах 0,4 кВ першого споживача від активної потужності, яка виробляється СЕС (рис.3), свідчать про те, що зростання активної потужності СЕС призводить до зростання напруги на шинах споживача, а зменшення потужності СЕС призводить до зменшення напруги на шинах першого споживача.

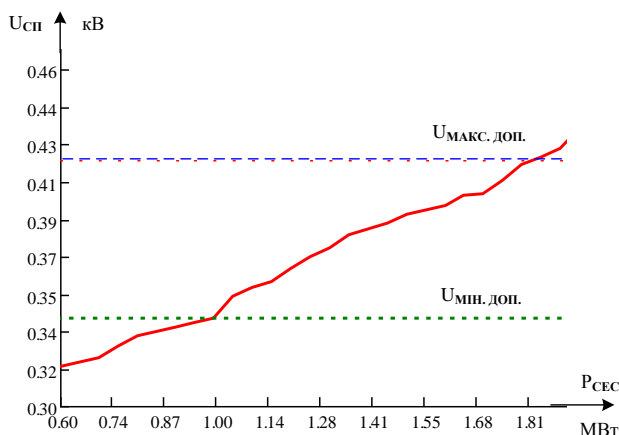


Рисунок 3 – Залежність напруги на шинах 0,4 кВ першого споживача від активної складової потужності СЕС

Отже, в ЛЕС можливі режими, коли напруги на шинах 0,4 кВ споживачів можуть перебувати поза нормованими значеннями. Регулювання напруг традиційно здійснюється шляхом використання РПН трансформаторів 110 кВ (35 кВ), перемикаючих пристроїв батарей статичних конденсаторів (БСК) і т. ін. Комутаційний ресурс таких перемикаючих пристроїв обмежений.

Тому, з метою дослідження можливості використання СЕС для усунення понад нормованих відхилень напруг на шинах споживачів, виконано моделювання процесів змін напруг на шинах підстанції ЛЕС. Результати моделювання показані на рис. 4.

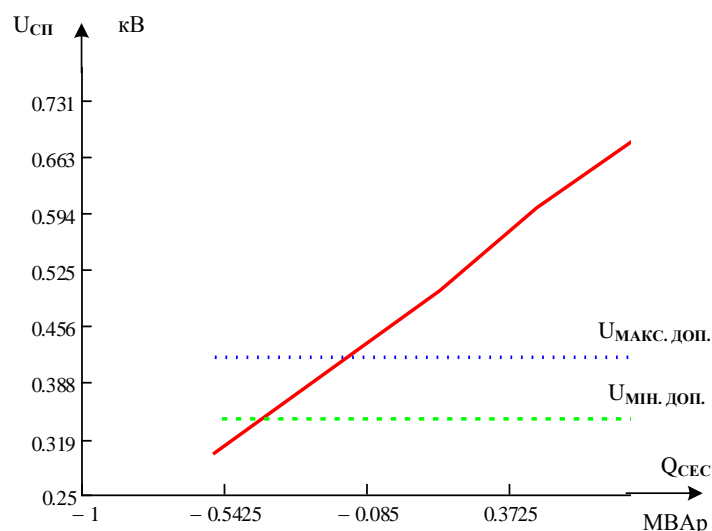


Рисунок 4 – Залежність напруги на шинах 0,4 кВ першого споживача від реактивної потужності СЕС

Аналіз залежності напруги на шинах 0,4 кВ першого споживача від реактивної потужності СЕС свідчить про те, що при активній потужності СЕС, яка змінювалась від 1,11 до 1,16 МВт, напруга на шинах споживача змінювалась від 0,3 кВ до 0,66 кВ при зміні реактивної потужності СЕС від  $-0,54$  до  $+0,62$  МВАр. Отже, майже не обмежуючі генерування активної потужності СЕС і регулюючі реактивну потужність СЕС є можливість регулювати напругу на шинах 0,4 кВ споживачів, запобігати понад нормованих відхилень напруги. Це зменшить використання РПН трансформаторів та перемикальних пристроїв БСК.

**Інформаційний обмін та керування СЕС в ЛЕС.** Керування та інформаційний зв'язок в ЛЕС з великою кількістю інверторів СЕС потрібний для керування СЕС з метою запобігання або усунення понад нормованих відхилень напруги на шинах підстанцій, шляхом регулювання реактивної потужності СЕС. Завдання полягає в тому, щоб відмовитись від фіксованого коефіцієнта потужності та від постійної реактивної потужності СЕС, а мати можливість динамічно регулювати реактивну потужність СЕС у відповідності до змін потужності навантаження та потужності СЕС протягом доби.

Системи автоматичного керування СЕС можуть знаходитись на великій відстані від СЕС. Рекомендується використовувати відомі засоби автоматичного та автоматизованого керування СЕС та засоби диспетчерського контролю та керування ними.

Пристрої дистанційного керування забезпечують гнучкість і керованість, необхідну для оптимальної експлуатації обладнання ЛЕС і зменшення негативного впливу СЕС на параметри ЛЕС. Більшість відомих інверторів дозволяють регулювати реактивну потужність СЕС.

Хоча існуючі схеми і методи регулювання напруг на шинах ЛЕС, як і раніше потребують оптимізації керувальних впливів, оптимальних уставок пристроїв регулювання напруг та коефіцієнтів потужності, потребують оптимального регулювання реактивної потужності і т. п., керуючі впливи від блоку керування, розташованого, наприклад, в центрі інформаційного обміну та керування (ЦЮК) СЕС району електричних мереж (ЛЕС). ЦЮК здійснює збирання, збирання та обробку інформації про параметри роботи СЕС в ЛЕС і передає сигнали керування на СЕС для забезпечення оптимальних режимів їх експлуатації в ЛЕС.

Пристроями централізованого керування (ПК) СЕС повинні бути розраховані на те, що в ЛЕС можуть використовуватись потужні інвертори різних виробників. Якщо є багато інверторів, то для обміну інформацією між ПК і СЕС можуть використовуватись різні блоки керування інверторами та різні протоколи обміну інформацією. Також використовуються комунікаційні команди, які можуть надходити через групи комунікаційних контролерів, які умовно об'єднані в кластери, як показано на рис. 5.

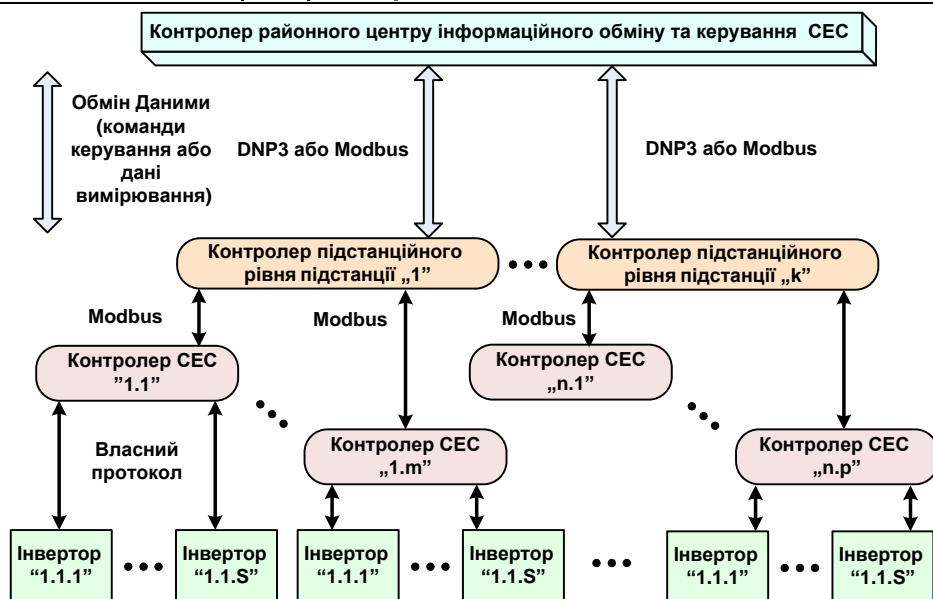


Рисунок 5 – Схема обміну даними між СЕС та центром інформаційного обміну та керування СЕС в ЛЕС

На рис.5 показано, що контролери нижнього рівня, які вбудовані в інвертори СЕС, обмінюються даними з контролерами СЕС. Наприклад, контролери у першій СЕС «1.1», використовується S контролерів, які передають дані на контролер СЕС «1.1» за власним протоколом обміну даними. Контролер СЕС «1.1» обмінюється інформацією з контролером підстанційного рівня підстанції «1». Для інформаційного зв'язку підстанції «1» з СЕС (m – кількість СЕС, які мають інформаційний зв'язок з підстанцією «1») використовується протокол Modbus. Modbus – відкритий комунікаційний протокол, заснований на архітектурі «ведучий-ведений» (master-slave). Широко застосовується для організації зв'язку між електронними пристроями. Може використовуватися для передачі даних через послідовні лінії зв'язку RS-485, RS-422, RS-232, а також мережі TCP/IP. Для інформаційного зв'язку з контролером районного центру інформаційного обміну та керування використовуються протоколи DNP3 або Modbus. DNP3 (Distributed Network Protocol) — це протокол передачі даних, що використовується для зв'язку між компонентами АСУ ТП. Він був розроблений для зручної взаємодії між різними типами пристроїв і систем керування і може застосовуватися на різних рівнях АСУ ТП. Існує розширення Secure Authentication для DNP3 для безпечної аутентифікації.

#### Висновки

Оптимальне керування та диспетчеризація режимів локальних електроенергетичних систем є невід'ємними частинами, які сприяють їх широкому впровадженню РДЕ.

On-line моніторинг інверторів СЕС і ефективне використання Smart технологій в ЛЕС:

- додає більшої гнучкості електричним постачальним підприємствам в питаннях надійного та якісного забезпечення споживачів електричною енергією;

- дозволяє зменшити негативний вплив СЕС на показники якості електричної енергії в ЛЕС,

- забезпечує оптимальний розподіл генерованої РДЕ активної та реактивної потужностей.

Розробка та впровадження SMART інверторів потребують подальших досліджень, оцінювання, тестування та порівняльного аналізу. Це дасть можливість визначити характерні риси різних інверторів СЕС та їх вплив на показники якості електричної енергії в різних режимах ЛЕС і точно визначити, як вони реагують на різні системні події такі, наприклад, як зміни напруги, пошкодження обладнання ЛЕС тощо.

Під час планування та аналізу режимів ЛЕС потрібно враховувати особливості інверторів СЕС і вимоги, щодо їх налаштування та експлуатації. Це сприятиме виконанню вимог угод між енергопостачальними підприємствами і споживачами, а також дасть можливість враховувати наявні в ЛЕС пристрої автоматизації та оперативного керування.

Хоча багато уваги приділяється вдосконаленню керування РДЕ в ЛЕС, однак ще багато аспектів впровадження елементів керування, оптимізації схем і параметрів ЛЕС, інтеграції інверторів СЕС в ЛЕС залишаються актуальними в наш час. Процеси провадження засобів централізованого керування СЕС в ЛЕС вимагають узгодження з існуючою інфраструктурою ЛЕС.

Передові методи моделювання з використанням програмних засобів PSCAD дозволяють здійснювати моделювання режимів ЛЕС у реальному часі та дослідити поведінку інверторів СЕС при їх взаємодії в ЛЕС.

**Список литературы**

1. Дьяконов В. Зеленая энергетика поможет соскочить с российской газовой иглы [Электронный ресурс] / Валерий Дьяконов // Экономические известия. – 27.03.2015. – С 1. – Режим доступа: <http://ekonomika.eizvestia.com/full/213-zelenaya-energetika-po-mozhet-soskochit-s-rossijskoj-gazovoj-igly>.
2. Timbus, A. Evaluation of current controllers for distributed power generation system/ A. Timbus, M. Lisser, R. Teodorescu, P. Rodriguez, F. Blaabjerg // IEEE Transactions on power electronics. – 2009. – V.24, № 3. – P. 654-664.
3. Enslin, J. Harmonic interaction between a large number of distributed power inverters and the distribution network / J. Enslin, P. Heskes // IEEE Transactions on power electronics. – 2004. – V.19, № 6. – P. 1586-1593.
4. Pepermans, G Distributed generation: definition, benefits and issues / G. Pepermans, J. Driesen, D. Haeseldonckx, R. Belmans, W. D'haeseleer // Energy Policy. 2005. – №33.-P. 787-798.
5. Degeroote, L. Fast harmonic simulation method for the analysis of network losses with converter-connected distributed generation / L. Degeroote, L. Vandeveldel, B. Renders // Electric Power Systems Research. – 2010. №80. – P. 1332-1340.
6. Katiraei, F. Accidental islanding of distribution systems with multiple distributed generation units of various technologies [Text] / Farid Katiraei, Tim Chang, Chase Sun. // Symposium "Grid of the Future 2013". – 2013. Boston, MA. Oct. 22. – P. 1-20
7. Лежнюк, П. Д. Вплив інверторів СЕС на показники якості електричної енергії в ЛЕС / П. Д. Лежнюк, Рубаненко О. Є., І. О. Гунько // Вісник Хмельницького національного технічного університету. Серія: Технічні науки. – 2015. – №2. – С. 134-139.

**P. D. Lezhnyuk, A. E. Rubanenko, I. A. Gunko**  
**Vinnitsa National Technical University**

**THE INFLUENCE OF SOLAR POWER PLANTS ON VOLTAGE OF 0.4 KV CONSUMERS**

*Nowadays many countries use alternative forms of energy. In operation are small hydropower plants, wind farms, solar power plants and so on. However, in networks where established and actively operated IDR such as SES, there is a deterioration in the quality of electricity.*

*The results of the study of the effect of active power produced SES on pressure in tires 0.4 kV consumers. It is proved that a local electric systems, possible modes when the voltage on tires 0.4 kV consumers may be out of normalized values; hardly limiting active power generation SES and control reactive power is possible to adjust the tension on tires 0.4 kV consumers normalized deviations prevent over voltage. This will reduce the use of RPN transformers and switching devices battery of static capacitors.*

**Keywords:** local electrical systems, distributed energy sources, solar power plants, inverters, regional electric network modeling in PSCAD.

**References**

1. Dyakonov V. Green Energy will jump off of Russian gas needle [Electron resource] / Valery Dyakonov // Economic News. – 27.03.2015. – P. 1. – Access mode: <http://ekonomika.eizvestia.com/full/213-zelenaya-energetika-po-mozhet-soskochit-s-rossijskoj-gazovoj-igly>.
2. Timbus, A. Evaluation of current controllers for distributed power generation system/ A. Timbus, M. Lisser, R. Teodorescu, P. Rodriguez, F. Blaabjerg // IEEE Transactions on power electronics. – 2009. – V.24, № 3. – P. 654-664.
3. Enslin, J. Harmonic interaction between a large number of distributed power inverters and the distribution network / J. Enslin, P. Heskes // IEEE Transactions on power electronics. – 2004. – V.19, № 6. – P. 1586-1593.
4. Pepermans, G Distributed generation: definition, benefits and issues / G. Pepermans, J. Driesen, D. Haeseldonckx, R. Belmans, W. D'haeseleer // Energy Policy. 2005. – №33.-P. 787-798.
5. Degeroote, L. Fast harmonic simulation method for the analysis of network losses with converter-connected distributed generation / L. Degeroote, L. Vandeveldel, B. Renders // Electric Power Systems Research. – 2010. №80. – P. 1332-1340.
6. Katiraei, F. Accidental islanding of distribution systems with multiple distributed generation units of various technologies [Text] / Farid Katiraei, Tim Chang, Chase Sun. // Symposium "Grid of the Future 2013". – 2013. Boston, MA. Oct. 22. – P. 1-20
7. Lezhniuk, P. D. Effect inverters SES indicators of quality of electric energy in LES / P. D. Lezhniuk, A. E. Rubanenko, I. A. Gunko // Bulletin Khmelnytsky National Technical University. Series: Technical sciences. - 2015. - №2. - P. 134-139.

**УДК621.316.1: 313.322**

**П. Д. Лежнюк**, докт. техн. наук, профессор, **О. Є. Рубаненко**, канд. техн. наук, доцент, **І.О. Гунько**

**Винницький національний технічний університет**

**ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА НАПРЯЖЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ 0,4 КВ**

*В наше время во многих странах мира используют альтернативные виды энергии. В эксплуатации находятся малые ГЭС, ветроэлектростанции, солнечные электрические станции и т. п. Однако в сетях, где активно устанавливаются и эксплуатируются РДЭ, а именно СЭС, имеет место ухудшение показателей качества электрической энергии.*

*Представлены результаты исследования влияния активной мощности, производимой СЭС, на напряжения на шинах 0,4 кВ потребителей. Доказано, что в локальных электрических системах: возможны режимы, когда напряжения на шинах 0,4 кВ потребителей могут иметь ненормированные значения, почти не ограничивающие генерирования активной мощности СЭС и регулирующие реактивную мощность СЭС; есть возможность регулировать напряжение на шинах 0,4 кВ потребителей, предотвращая превышение нормированных отклонений напряжения. Это уменьшит использование РПН трансформаторов и переключающих устройств батарей статических конденсаторов.*

**Ключевые слова:** локальные электрические системы, распределенные источники энергии, солнечные электрические станции, инверторы, районные электрические сети, моделирование в PSCAD.

Надійшла 30.06.2015

Received 30.06.2015

УДК 681.523

Г.И. Канюк<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф., декан энергетического факультета,

И.А. Бабенко<sup>2</sup>, директор

А.Ю. Мезеря<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент, И.П. Лаптинов<sup>1</sup>, ассистент, В.Н. Князева<sup>1</sup>, инженер

<sup>1</sup> - Украинская инженерно-педагогическая академия

<sup>2</sup> - Змиевская тепловая электрическая станция публичного акционерного общества «Центрэнерго»

## РЕЗЕРВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ УПРАВЛЕНИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ НАСОСАМИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

*В статье проведен анализ и обработка данных экспериментального исследования центробежного насоса тепловых электростанций. Показан возможный экономический эффект при использовании алгоритмов энергосберегающего управления центробежным насосом и определен закон такого управления.*

**Ключевые слова:** центробежный насос, энергосбережение, автоматизированная система управления.

### Введение

Основными потребителями собственных нужд тепловых и атомных электростанций являются центробежные насосы. Главная научная проблема создания энергосберегающих систем управления насосными установками состоит в построении точных математических моделей энергетических процессов и объектов, в определении и минимизации функций энергетических потерь, в синтезе алгоритмов управления, которые реализуют в реальном времени режимы работы насосов с минимальными потерями энергии.

Уменьшение внепроектных затрат энергии на собственные нужды на 5% эквивалентно экономии 40 млн. гривен в год с каждой 1000 МВт. В масштабах Украины (при установленной мощности ТЭС и ТЭЦ порядка 10000 МВт) это составляет порядка 400 млн. гривен в год.

В работах [1-4] изложены основные теоретические принципы автоматизированного энергосберегающего управления нагнетательными установками электростанций, показаны алгоритмы, функциональные и структурные схемы такого управления. Целью настоящей статьи является анализ экспериментальных исследований и определение резервов энергосбережения при управлении центробежными насосами собственных нужд энергоблоков. Экспериментальные исследования проводились на базе Змиевской ТЭС.