



ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

DOI: 10.32782/2220-8674-2024-24-2-23

УДК 621.311

О. О. Мірошник¹, д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0002-6144-7573

О. М. Мороз¹, д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0002-8520-9211

В. Г. Пазій¹, ст. викл.

ORCID: 0000-0002-7336-0854

Д. Г. Миргород¹, аспірант

ORCID: 0000-0002-5494-6227

Р. О. Ганус², аспірант

ORCID: 0009-0001-2442-6087

С. В. Галько³, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-7991-0311

¹Державний біотехнологічний університет,

²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

³Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

e-mail: omiroshnyk@btu.kharkiv.ua, тел.: +380979506033

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МЕРЕЖ АТ «ХАРКІВОБЛЕНЕРГО» ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ УСТАНОВОК КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Анотація. В статті розглянуті питання компенсації реактивної потужності в мережах АТ «Харківобленерго». Детально описані функціональні можливості пристроїв компенсації реактивної потужності. Проаналізовано дані режимів зимового та літнього максимального навантаження в мережах АТ «Харківобленерго». Побудовано графік падіння напруги в мережі 35 кВ та визначено дефіцит реактивної потужності. З метою підвищення якості електропостачання виконано техніко-економічний аналіз доцільності встановлення пристроїв компенсації реактивної потужності в мережах АТ «Харківобленерго».

Ключові слова: електричні мережі, реактивна потужність, падіння напруги, пристрій компенсації реактивної потужності.

Постановка проблеми. Підвищення ефективності роботи електричних мереж є нагальною проблемою енергетичної галузі України. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є компенсація реактивної потужності. Довгий час завдання компенсації реактивної потужності було другорядним, основні інвестиції підприємств були спрямовані на зниження активного енергоспоживання. За допомогою новітнього обладнання по компенсації реактивної потужності в



мережах АТ «Харківобленерго» можна підвищити ефективність транспортування електричної енергії.

Класичним методом компенсації реактивної потужності є використання конденсаторних установок в мережах низької і середньої напруги, цей метод є найбільш поширеним [1, 2]. За останнє десятиліття характер навантаження електромереж значно змінився, це пов'язано з бурхливим розвитком напівпровідникової техніки (зокрема, перетворювачів частоти), зміною технології підприємств, збільшенням динамічних навантажень тощо.

Класичні способи компенсації реактивної потужності не відповідають сучасним вимогам по динамічним характеристикам, точності і глибині регулювання, надійності, ваговим та габаритним показникам [3, 4].

Сучасні прилади для компенсації реактивної потужності мають широкі функціональні можливості та дозволяють окрім компенсації реактивної потужності, покращувати якість напруги живлення, усувати несинусоїдальність напруги, фільтрувати вищі гармоніки та компенсувати перепади напруги під час пікових навантажень [5].

В кінцевому підсумку впровадження сучасного обладнання підвищує енергоефективність підприємства за рахунок зниження витрат на енергоносії до 30% (в залежності від об'єкта) [6, 7].

Для прикладу низьковольтні агрегати серії АнтикВАр виготовляються з силових конденсаторних модулів, конструкція яких забезпечує взаємозамінність ідентичних елементів блоку. Висока технологічність і універсальність конструкції дозволяє нам забезпечити швидке і якісне виготовлення виробу, що відповідає вашому замовленню за технічними, розмірними та іншими параметрами [8]. Можливість вибору практично будь-якого необхідного номіналу потужності спростить підбір установки під конкретну ділянку і мінімізує витрати часу на проект.

Блоки компенсації реактивної потужності збираються і комплектуються на майданчику виробника. Корпус агрегатів виконаний з листового металу і захищає внутрішні компоненти від впливу зовнішніх факторів. Якісне зовнішнє покриття забезпечує довговічність, стійкість до корозії та високий естетичний рівень виробу. Дверцята корпусу замкнені. Між дверима, корпусом і рамою є захисне заземлення. Ступінь захисту IP 41, IP 43, IP 54.

На дверцятах блоку компенсації реактивної потужності встановлюються амперметр, контролер та інші прилади для контролю і повного контролю роботи агрегату. Експлуатаційні написи до приладів робляться на табличках, відповідно до їх функціональним призначенням.



Низьковольтні блоки компенсації реактивної потужності виготовляються в навісному виконанні від 25 до 100 кВАр і в підлоговому виконанні від 100 до 650 кВАр. Установки з більш високими фільтрами гармонік виконані в підлоговому варіанті.

Формулювання мети статті. Провести техніко-економічний аналіз доцільності встановлення пристроїв компенсації реактивної потужності в мережах АТ «Харківобленерго» для підвищення якості електропостачання.

Аналіз останніх досліджень. Забезпечення надійної ефективної роботи електричних мереж пов'язане з впровадженням комплексної автоматизації керування нормальними режимами роботи, що зумовлено безперервністю процесів виробництва, розподіл і споживання електроенергії [9-11], а також використанням альтернативних джерел енергії [12-14].

При виборі типу компенсуючого пристрою, а також його місця розташування необхідно керуватися кількома основоположними принципами:

- основне живлення компенсуючих пристроїв повинно забезпечуватися безпосередньо на електроприймачах, а також на електроприймачах, розташованих найбільш віддалено від основної підстанції;

- найбільш доцільно використовувати компенсуючі пристрої для електроприймачів з великою кількістю годин роботи на рік;

- вартість компенсуючих пристроїв різна для різних видів навантаження, якщо має місце змішане навантаження, доцільно розділити компенсуючі пристрої в залежності від типу;

Відповідно до вимог енергопостачальної організації необхідно забезпечити задану споживану реактивну потужність при максимальному активному навантаженні, а й підтримувати зазначене споживання при мінімальному активному навантаженні. З цієї вимоги визначається рівень регулювання [15, 16].

Якщо сумарна потужність навантаження випрямляча (перетворювачі частоти, випрямлячі і т.д.) становить більше 20% від сумарної потужності робочого навантаження для даної підстанції, необхідно застосовувати фільтрокомпенсуючі вузли. При виборі типу компенсуючого пристрою необхідно враховувати швидкість зміни навантаження, а також періодичність періодів зміни [17, 18]. Надійна робота компенсуючих пристроїв з електромагнітними пускачами забезпечується при середній частоті перемикання не частіше 1 разу на 10 хвилин.

При модернізації існуючих енергосистем враховують необхідність установки трансформатора струму в загальну схему навантаження або передбачають можливість використання існуючих



на об'єкті [19, 20]. При установці нового трансформатора струму можливе застосування не тільки послідовних трансформаторів з нерухомим сердечником, але і трансформаторів з розщепленим сердечником. Трансформатори струму з розщепленим сердечником спрощують монтаж і монтаж. Вимоги до трансформатора струму повинні бути відображені в наказі.

При установці компенсуючих пристроїв, підключених до силового трансформатора, можна передбачити нерегульований каскад для компенсації реактивного струму намагніченості трансформатора [21, 22].

Сучасні конденсаторні установки компенсації реактивної потужності забезпечують підвищення і підтримку на заданому рівні значення коефіцієнта потужності в електричних розподільних трифазних мережах промислових підприємств та інших об'єктів і дозволяють:

- знизити споживаний струм на 30-50%;
- зменшити навантаження елементів розподільної мережі, продовжуючи термін їх служби;
- збільшити пропускну здатність розподільчої мережі і її надійність;
- знизити теплові втрати струму;
- знизити вплив вищих гармонік;
- знизити несиметрію фаз, придушити мережеві перешкоди;
- мінімізувати оплату за реактивну енергію.

Кожна високовольтна конденсаторна установка складається з:

- ввідної комірки;
- конденсаторних комірок з мідною ошиновкою, кількість якої визначає потужність установки;
- комірок можуть бути регульованими або фіксованими в залежності від характеру навантаження в мережі;
- конденсаторних батарей (високовольтних конденсаторів) різних ємностей;
- приладів автоматики, контролю і сигналізації.

Установка пристроїв компенсації реактивної потужності (ПКРП) на 6 – 10 кВ може бути здійснена комплектно всередині спеціального утепленого контейнера, який гарантує надійну роботу пристрою під відкритим небом при температурах до -60°C , а також забезпечує найбільш зручне обслуговування в таких кліматичних умовах [23].

Основні типи установок ПКРП 6 – 10 кВ:

1. Нерегульовані. Складаються тільки з фіксованих ступенів. Принцип дії: включення і відключення роз'єднувача проводиться в ручному режимі (при відсутності навантажувального струму).

2. Регульовані. Складаються тільки з регульованих ступенів. Принцип дії: комутація здійснюється автоматично, включенням і



відключенням ступенів. При цьому потужність і момент включення автоматично визначаються електронним блоком. Регулюючи, підвищуючи значення коефіцієнта $\cos\varphi$, високовольтні конденсаторні установки автоматично компенсують реактивну потужність навантаження в електричних мережах трифазного змінного струму напругою 6–10 кВ.

3. Напівавтоматичні. Для того, щоб здешевити установки компенсації реактивної потужності ПКРП 10 кВ і 6 кВ, зберігши при цьому високий рівень їх якості, розроблені напівавтоматичні компенсатори реактивної потужності – гібрид неавтоматичних і автоматичних установок ПКРП. У їх складі є як регульовані ступені, так і фіксовані. Такі пристрої набули широкого поширення з огляду на те, що практично завжди деяка частина навантаження в високовольтній мережі присутня постійно, в цілодобовому режимі. Для цієї "фіксованою" частини навантаження і підбираються відповідні ємності конденсаторних батарей, що розміщуються в нерегульованих комірках конденсаторних установок. Такі щаблі в 2–3 рази дешевше в порівнянні з автоматичними ступенями аналогічної потужності, що в свою чергу сприятливо позначається на вартості пристрою компенсації реактивної потужності ПКРП в цілому.

4. Фільтрові. Будь-які перераховані вище високовольтні установки (нерегульовані, регульовані, напівавтоматичні) при необхідності виконуються із захисними дроселями від гармонійних спотворень.

Розглянемо приклад використання ПКРП у мережі АТ «Харківобленерго». Розглянемо електричні мережі 35 кВ «Балаклія – Місто – Гусарівка – Чепіль – Петрівська – Ставкова Балка – Язикове», що розташовані на південному сході Харківської області і знаходиться в зоні дії електричних мереж 35–150 кВ АК «Харківобленерго».

Аналіз результату електричного розрахунку зимового максимуму навантаження показує, що:

- перетоки потужності на головних ділянках мережі 35 кВ складають: «Балаклія» – Місто» – $3,9+j1,5 / 66,3$ А; «Язикове» – Ставкова Балка» – $1,4+j0,4 / 22,9$ А;

- на ПС 110 кВ «Балаклія» завантаження силових трансформаторів 110/35/10 кВ потужністю 40 МВА кожний становить Т1 – 8,8 МВА, Т2 – 8,2 МВА;

- на ПС 110 кВ «Язикове» завантаження силового трансформатору Т1 110/35/10 кВ потужністю 25 МВА становить 2,2 МВА, силовий трансформатор Т2 – вимкнено;

- сумарне навантаження підстанцій 35 кВ транзиту «Балаклія – Місто – Гусарівка – Чепіль – Петрівська – Ставкова Балка – Язикове» складає 5,3 МВт;



– рівні напруги в мережі 35 кВ знаходяться в межах 35,7 – 37,2 кВ, в мережі 110 кВ – 116 – 118 кВ.

Аналіз результату електричного розрахунку літнього максимуму навантаження показує, що:

– перетоки потужності на головних ділянках мережі 35 кВ складають: «Балаклія» – Місто» – $2,7+j1,0$ / 46,9 А; «Язикове» – Ставкова Балка» – $0,9+j0,2$ / 14,4 А;

– на ПС 110 кВ «Балаклія» завантаження силових трансформаторів 110/35/10 кВ потужністю 40 МВА кожний становить Т1 – 6,1 МВА, Т2 – 5,6 МВА;

– на ПС 110 кВ «Язикове» завантаження силового трансформатору Т2 110/35/10 кВ потужністю 25 МВА становить 1,7 МВА, силовий трансформатор Т1 – вимкнено;

– сумарне навантаження підстанцій 35 кВ транзиту «Балаклія – Місто – Гусарівка – Чепіль – Петрівська – Ставкова Балка – Язикове» складає 3,6 МВт;

– рівні напруги в мережі 35 кВ знаходяться в межах 35,7 – 37,2 кВ, в мережі 110 кВ – 116 – 118 кВ.

Згідно даних режимів зимового та літнього максимального навантаження визначені $\cos\varphi$ та $\operatorname{tg}\varphi$ на шинах 10 кВ підстанцій транзиту 35 кВ «Балаклія – Місто – Гусарівка – Чепіль – Петрівська – Ставкова Балка – Язикове» (табл. 1).

Таблиця 1

Дані режимів зимового та літнього максимального навантаження

№ п/п	Найменування	S, МВА	P, МВт	Q, МВАр	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
	Зима. Максимум					
1	ПС 35 кВ «Місто»	2,06	1,9	0,8	0,92	0,42
2	ПС 35 кВ «Гусарівка»	0,63	0,6	0,2	0,95	0,33
3	ПС 35 кВ «Чепіль»	0,45	0,4	0,2	0,89	0,5
4	ПС 35 кВ «Протопоповка»	0,32	0,3	0,1	0,95	0,33
5	ПС 35 кВ «Петрівська»	0,76	0,7	0,3	0,92	0,43
6	ПС 35 кВ «Ставкова Балка»	0,32	0,3	0,1	0,95	0,33
7	ПС 35 кВ «Степок»	0,45	0,4	0,2	0,89	0,5
8	ПС 35 кВ «Федорівка»	0,76	0,7	0,3	0,92	0,43
	Літо. Максимум					
5	ПС 35 кВ «Місто»	1,08	1,0	0,4	0,93	0,4
6	ПС 35 кВ «Гусарівка»	0,54	0,5	0,2	0,93	0,4
7	ПС 35 кВ «Чепіль»	0,45	0,4	0,2	0,89	0,5
8	ПС 35 кВ «Протопоповка»	0,22	0,2	0,1	0,89	0,5
9	ПС 35 кВ «Петрівська»	0,63	0,6	0,2	0,95	0,33
10	ПС 35 кВ «Ставкова Балка»	0,22	0,2	0,1	0,89	0,5
11	ПС 35 кВ «Степок»	0,13	0,12	0,06	0,89	0,5
12	ПС 35 кВ «Федорівка»	0,63	0,6	0,2	0,95	0,33

Дефіцит реактивної потужності в мережі 35 кВ зазначеного транзиту становить 3 МВАр.

Для виявлення «вузьких» місць транзиту 35 кВ «Балаклія – Місто – Гусарівка – Чепіль – Петрівська – Ставкова Балка – Язикове» в роботу необхідно розглянути ремонтні (аварійні) схеми мережі на розрахунковий 2024 рік та подальшу 5-ти річну перспективу – 2029 рік. На базі цих розрахунків буде прийнято рішення про доцільність встановлення пристроїв компенсації реактивної потужності в зазначеній мережі 35 кВ [24, 25].

Встановлення ПКРП 10 кВ на ПС 35 кВ «Місто» дозволяє підтримувати в ремонтному (аварійному) режимі рівні напруги в мережі 35 кВ в межах допустимих при застосуванні РПН силового трансформатору 110/35/10 кВ ПС 110 кВ «Язикове» на менших ступенях.

На рис. 1 наведено графік падіння напруги в мережі 35 кВ транзиту «Язикове – Ставкова Балка – Петрівська – Чепіль – Гусарівка – Місто» в ремонтній (аварійній) схемі при відключенні ПЛ 35 кВ «Балаклія – Місто» з живленням мережі 35 кВ від ПС 110 кВ «Язикове».

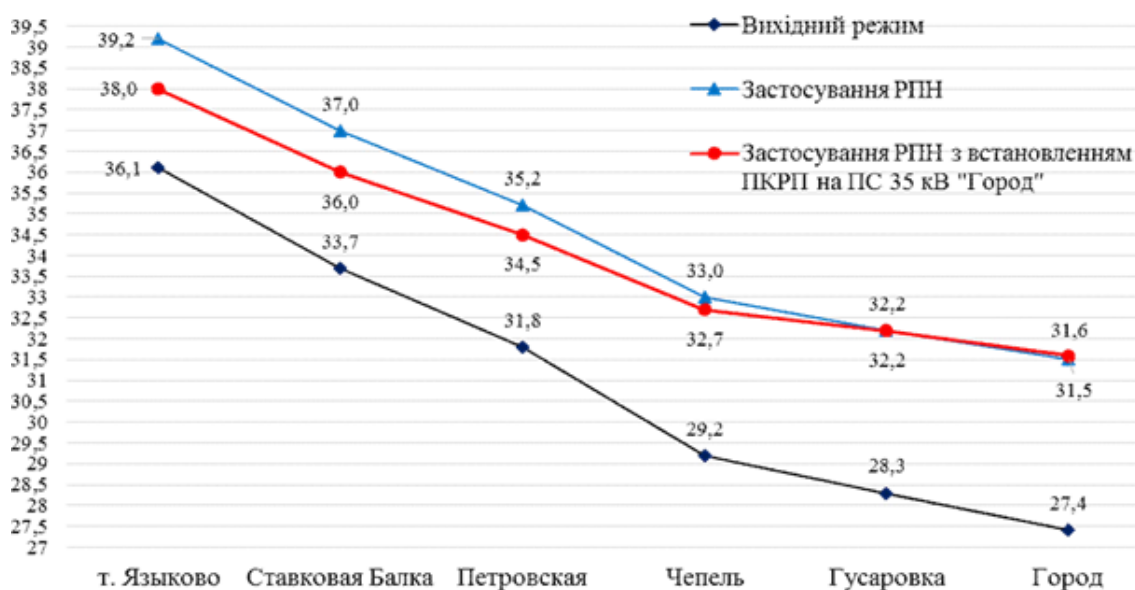


Рис. 1. Графік падіння напруги в мережі 35 кВ

Як видно з графіку (рис. 1) падіння напруги в мережі транзиту 35 кВ встановлення ПКРП на шинах 10 кВ ПС 35 кВ «Місто» зменшує рівень падіння напруги на кінцевій підстанції до 16,8%.

В таблиці 2 наведені укрупнені показники вартості реалізації варіанту з підвищення рівнів напруги в мережах 35 кВ транзиту «Балаклія – Місто – Гусарівка – Чепіль – Петрівська – Ставкова Балка – Язикове».



Таблиця 2

Укрупнені показники вартості встановлення ПКРП на напрузі 10 кВ на ПС 35 кВ «Місто»

Найменування	Вартість одиниці, тис. грн.	Кількість одиниць, од., км	Вартість всього, тис. грн.
ПКРП – 10 кВ (з автоматикою)	500	2	1000,0
Камера з вимикачем 10 кВ	404,4	2	808,8
<i>Всього за варіантом</i>			<i>1808,8</i>

Висновки. Найбільшим навантаженням мережі 35 кВ характеризується ПС 35 кВ «Місто», тому рекомендовано на перспективний період при умові росту навантаження на цій підстанції встановлювати на шинах 10 кВ пристрої компенсації реактивної потужності (ПКРП).

Укрупнені показники вартості в реалізацію варіанту з поліпшення якості переданої електроенергії та зменшенню втрат активної потужності – встановлення ПКРП 10 кВ на ПС 35 кВ «Місто» становить порядку 2 млн. грн., та в залежності від режиму мережі та навантажень період окупності становитиме не більше 6 місяців з подальшою економією за рахунок зменшення втрат, зниження струмів навантаження та компенсацією реактивної потужності.

Список використаних джерел.

1. Al Issa H. A., Pazyi V., Miroshnyk O., Moroz O., Savchenko O. Halko S. Determination of a Line with a Single-Phase Short Circuit in the Distribution Network Using the Method of Signal Input. *IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*, Kharkiv, Ukraine, 2023. P. 1–6. <https://10.1109/KhPIWeek61412.2023.10312925>.
2. Pazyi V., Miroshnyk O., Shchur T., Halko S., Nikolov M., Idzikowski A. Development of Simulation Model of Single-Phase Circuit Lock in the DigSILENT POWERFACTORY Program. *System Safety: Human - Technical Facility – Environment*. 2023. Vol. 5(1). P. 350–358.
3. Miroshnyk O., Moroz O., Shchur T., Chepizhnyi A., Qawaqzeh M., Kocira S. Investigation of Smart Grid Operation Modes with Electrical Energy Storage System. *Energies*. 2023. Vol. 16(6). P. 2638. <https://doi.org/10.3390/en16062638>.
4. Xiong C., Su Y., Zhang D., Chen L., Zhang H., Li Q. A New Distributed Robust Power Control for Two-Layer Cooperative



Communication Networks in Smart Grids with Reduced Utility Costs. *Energies*. 2023. Vol. 16(6). P. 2911. <https://doi.org/10.3390/en16062911>.

5. Chen Y., Zhao X., Yang Y., Shi Y. Online Diagnosis of Inter-turn Short Circuit for Dual-Redundancy Permanent Magnet Synchronous Motor Based on Reactive Power Difference. *Energies*. 2019. Vol. 12. P. 510. <https://doi.org/10.3390/en12030510>.

6. Bujal N. R., Hasan A. E., Sulaiman M. Analysis of the voltage stability problems in power system. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Engineering, Technology and Technopreneuship*, Kuala Lumpur, Malaysia, 27–29 August 2014. 2014. P. 278–283.

7. Nannestad M. Ø., Zhang Z., Jia J., Jensen E. K., Randewijk P. J. Mapping and Analysis of the Reactive Power Balance in the Danish Transmission Network. *Energies*. 2019. Vol. 12. Vol. 419. <https://doi.org/10.3390/en12030419>.

8. Guimaraes P., Fernandez U., Ocariz T., Mohn F. W., de Souza A. C. Z. QV and PV curves as a planning tool of analysis. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Electrical Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies*, Weihai, China, 6–9 July 2011.

9. Bazaluk O., Postnikova M., Halko S., Kvitka S., Mikhailov E., Kovalov O., Suprun O., Miroshnyk O., Nitsenko V. Energy Saving in Electromechanical Grain Cleaning Systems. *Appl. Sci*. 2022. Vol. 2. P. 1418. <https://doi.org/10.3390/app12031418>.

10. Bazaluk O., Postnikova M., Halko S., Mikhailov E., Kovalov O., Suprun O., Miroshnyk O., Nitsenko V. Improving Energy Efficiency of Grain Cleaning Technology. *Appl. Sci*. 2022. Vol. 12(10). P. 5190. <https://doi.org/10.3390/app12105190>.

11. Adabayo I. G., Jimoh A. A., Yusuff A. A. Identification of suitable nodes for the placement of reactive power compensators. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Renewable Energy Research and Applications*, Birmingham, UK, 20–23 November 2016.

12. Halko S., Halko K. Research of electrical and physical characteristics of the solar panel on the basis of cogeneration photoelectric modules. *Integración de las ciencias fundamentales y aplicadas en el paradigma de la sociedad post-industrial: Colección de documentos científicos «ΛΟΓΟΣ» con actas de la Conferencia Internacional Científica y Práctica*, 24 de abril de 2020. Barcelona, España: Plataforma Europea de la Ciencia, 2020. Vol. 2. P. 39-44. <https://doi.org/10.36074/24.04.2020.v2.10>.

13. Галько С. В. Експериментальне дослідження і визначення параметрів когенераційного фотоелектричного модуля для гібридних сонячних електростанцій. *Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень: матеріали Міжнар. наук. конф.*, 10 квіт. 2020 р.



Луцьк: МЦНД, 2020. Т. 1. С. 83–90. <https://doi.org/10.36074/10.04.2020.v1.10>.

14. Галько С. В. Використання когенераційних фотоелектричних модулів для зарядки акумуляторів електромобілів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки*. 2019. Вип. 19. Т. 3. С. 130–141. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-3-130-141>.

15. M. Qawaqzeh, H. Al_Issa, R. Buinyi, V. Bezruchko, I. Dikhtyaruk, O. Miroshnyk, V. Nitsenko, "The assess reduction of the expected energy not-supplied to consumers in medium voltage distribution systems after installing a sectionalizer in optimal place, " *Sustain. Energy, Grids and Networks*. 2023. Vol. 34. P. 101035. <https://doi.org/10.1016/j.segan.2023.101035>.

16. Mahmood F. B., Ahmad S., Mukit G., Shuvo M. T., Razwan S., Maruf M. N., Albatsh F. M. Weakest location exploration in IEEE-14 bus system for voltage stability improvement using STATCOM, synchronous condenser and static capacitor. *In Proceedings of the 2017 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE)*, Cox's Bazar, Bangladesh, 16–18 February 2017. 2017. P. 623–629.

17. Moger T., Dhadbanjan T. A novel index for identification of weak nodes for reactive compensation to improve voltage stability. *IET Gener. Transm. Distrib.* 2015. Vol. 9. P. 1826–1834.

18. Zhao J., Ju L., Luo W., Zhao J. Reactive power optimization considering dynamic reactive power reserves. *In Proceedings of the 2014 International Conference on Power System Technology*, Chengdu, China, 20–22 October 2014. 2014. P. 97–102

19. Ting D., Xun S. Network Static Voltage Stability Analysis Based on Sensitivity Analysis. *In Proceedings of the 2011 7th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, Wuhan, China, 23–25 September 2011. 2011. P. 1–5.

20. Nandini Raj Sinha, Biplab Bhattacharyya "Reactive Power Minimization of Transmission Line by Optimally using var Sources". *International Conference on Emerging Systems and Intelligent Computing (ESIC)*. 2024. P. 697–702.

21. Zhiwen Hou, Yize Zhang, "Research on Grid Reactive Power and Voltage Partition Control Method Based on Regional Boundary Decoupling". *International Conference on Electronics and Devices, Computational Science (ICEDCS)*. 2022. P. 464–468.

22. Tabor S., Lezhenkin A., Halko S., Miroshnik A., Kovalyshyn S., Vershkov A., Hryhorenko O. Mathematical simulation of separating work tool technological process. *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 132. e01025. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913201025>.



23. Nitin Kumar Saxena, Saad Mekhilef, Ashwani Kumar, David Wenzhong Gao. Marginal Cost-Based Reactive Power Reinforcement Using Dynamic and Static Compensators. *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*. 2022. Vol.10, no.4, P. 4001–4013,
24. Yinhong Lin, Hui Liu, Huaichang Ge, Bin Wang, Licheng Sha, Qinglai Guo. Dimension Reduction Based Short-Term Voltage Security Preventive Control. *IEEE 4th Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2)*. 2020. P. 828–833.
25. Hugang Xiong, Haozhong Cheng and Jingyou Xv. Optimal Dispatch of Reactive Power Considering Increase of System Reactive Power Reserve. *Power System Technology*. 2006. Vol. 2006, no. 23. P. 36–40.

Стаття надійшла до редакції 26.07.2024 р.

O. Miroshnyk¹, O. Moroz¹, V. Pazyi¹, D. Myrgorod¹, R. Hanus², S. Halko³

¹State Biotechnological University,

²National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute",

³Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

INCREASING THE EFFICIENCY OF THE NETWORKS OF JSC "KHARKIVOBLENERGO" THROUGH THE USE OF REACTIVE POWER COMPENSATION INSTALLATIONS

Summary

The article discusses the issue of reactive power compensation in the networks of JSC "Kharkivoblenergo". Functional capabilities of reactive power compensation devices are described in detail. The data of the winter and summer maximum load regimes in the networks of JSC "Kharkivoblenergo" were analyzed. A graph of the voltage drop in the 35 kV network is plotted and the reactive power deficit is determined. In order to improve the quality of electricity supply, a technical and economic analysis of the feasibility of installing reactive power compensation devices in the networks of JSC "Kharkivoblenergo" was performed.

Installation of 6 – 10 kV reactive power compensation devices can be carried out as a set inside a special insulated container, which guarantees reliable operation of the device in the open air at temperatures down to -60°C, and also provides the most convenient service in such climatic conditions.

Installation of 10 kV reactive power compensation devices at the 35 kV SS "Misto" makes it possible to maintain voltage levels in the 35 kV network in the repair (emergency) mode within the permissible limits when using the 110/35/10 kV power tap-changer of the 110 kV "Yazykove" substation at lower stages.

The highest load of the 35 kV network is characterized by the 35 kV SS "Misto", therefore, it is recommended to install reactive power compensation devices on 10 kV buses for the prospective period, subject to an increase in the load at this substation. Enlarged cost indicators for the implementation of the option to improve the quality of transmitted electricity and reduce active power losses - the installation of 10 kV reactive power compensation devices at the 35 kV Misto substation is about 2 million grn.



Depending on the network mode and loads, the payback period will be no more than 6 months with further savings due to loss reduction, load current reduction and reactive power compensation.

Key words: electrical networks, reactive power, voltage drop, reactive power compensation device.