

УДК 628.93.001

В. В. Момот<sup>1</sup>, В. Ф. Рой<sup>2</sup><sup>1</sup>ПАТ «Полтаваобленерго», м. Полтава<sup>2</sup>Харківський національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова, м. Харків

## ОСОБЛИВОСТІ ОБЛІКУ РЕАКТИВНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СТАТИЧНИМИ ЛІЧИЛЬНИКАМИ

Наведені результати дослідження стану комерційного обліку електроенергії статичними (електронними) лічильниками електроенергії з метою вирішення питання щодо підвищення ефективності роботи систем контролю та обліку в трифазних трипровідних електричних мережах напругою понад 1000 В.

**Ключові слова:** реактивна електроенергія; електронний лічильник; системи контролю та обліку; трифазні трипровідні мережі; лінії високої напруги; індуктивне та ємкісне навантаження.

**Вступ.** Ефективність використання електроенергії (ЕЕ) залежить від забезпечення достовірного вимірювання на всіх ділянках і рівнях її виробництва, що можливе лише за рахунок удосконалення методів та засобів вимірювань. Понад поширеними індукційними лічильниками ЕЕ, в теперішній час масово впроваджуються сучасні багатофункціональні статичні (електронні) лічильники електроенергії (ЛЕ), що мають гнучку вимірювальну систему, яка налаштовується під час параметризації для роботи в три- або чотирипровідній лінії високої напруги (ВН) для прямого чи трансформаторного ввімкнення. Зазначені засоби обліку (ЗО), в порівнянні між собою та з індукційними ЛЕ мають різний алгоритм вимірювання ЕЕ, різні схеми підключення, а також досить часто фігурують в проблемних питаннях між електропередавальною організацією та споживачами у разі реорганізації точок обліку (ТО), чи виникненні недообліку ЕЕ внаслідок порушення розрахункового обліку низької напруги. Ситуація ще більш ускладнюється за наявності нерівномірного та несиметричного навантаження в реальних умовах роботи високовольтних електричних мереж (ЕМ)[1].

**Постановка проблеми.** Дані аспекти в частині тимчасового виходу параметрів похибок вимірювань ЕЕ за встановлені межі, - не враховані в нормативних документах щодо визначення похибки вимірювання ЕЕ та в технічному завданні на проведення державного метрологічного нагляду за забезпеченням єдності вимірювань під час проведення обліку ЕЕ [2]. Вказані особливості та наявність проблемної ситуації між суб'єктами у разі виходу результатів вимірювань за встановлені межі, потребують дослідження стану комерційного обліку

ЕЕ статичними (електронними) ЛЕ з метою вирішення питання щодо підвищення ефективності роботи систем контролю та обліку в трифазних трипровідних ЕМ напругою понад 1000 В, зокрема реактивної ЕЕ, де проходять її великі обсяги. Визначити точність обліку реактивної ЕЕ можна методом безпосередньої оцінки, або методом порівняння з реактивною ЕЕ, виміряною зразковим ЛЕ (переносним робочим еталоном). Перший метод є більш точним за умови включення досліджуваних ЛЕ в одну розрахункову схему, тому для даного експерименту використовувались покази електронних ЛЕ типу «Елвин» ЕТ та NP-03, що мають однаковий клас точності (2.0), ввімкнених на ПС електропередавальної організації ПАТ «Полтаваобленерго» по ТО на кожному аналізованому приєднанні в одну схему обліку по аналогії з ЛЕ активної та реактивної ЕЕ. При цьому середньоквадратична похибка схеми з двома ЛЕ класу 2,0 становить, %:

$$\Delta = \sqrt{(\delta_{Л1}^2 + \delta_{Л2}^2)} = \sqrt{(2^2 + 2^2)} = 2,8 \quad (1)$$

**Мета дослідження.** Метою даного дослідження було визначення різниці в показах при вимірюванні реактивної ЕЕ на протязі певного періоду часу електронними ЛЕ різного типу. В розрахункових схемах обліку при визначенні різниці в показах ЛЕ по ТО за основу взяті покази ЛЕ 1-го типу (ЕТ-комерційний облік). Результати вимірювань реактивної ЕЕ по ТО наведені в табл. 1, 2.

Таблиця 1. - Результати вимірювань реактивної ЕЕ

№ точки обліку	Споживання реактивної енергії за період часу, квар.г							
	1-ий місяць		2-ий місяць		3-ий місяць		4-ий місяць	
	Тип		Тип		Тип		Тип	
	I	II	I	II	I	II	I	II
1	21900	21960	10560	10680	2040	2220	2460	2652
2	10380	11160	10920	11340	7920	8700	9660	10380
3	76020	76500	84780	86208	90720	91044	86580	88296
Генерація реактивної енергії за період часу, квар.г								
1	2700	3060	11820	10080	16380	15120	19680	20028
2	26520	28080	39480	40260	18300	19740	13500	15120
3	540	816	1560	1896	1140	1464	1360	1980

Таблиця 2. - Різниця при вимірюванні реактивної ЕЕ за досліджуваний період

№ точки обліку	Споживання реактивної енергії				Генерація реактивної енергії			
	Різниця показів $\Delta$ , квар.г/%							
	Період часу, місяць				Період часу, місяць			
	I	2	3	4	I	2	3	4
1	-780/ -7,5	-420/ -3,85	-780/ -9,85	-720/ -7,54	-1560/ -5,88	-780/ -1,98	-1440/ -7,87	-1620/ -12
2	-60/ -0,27	-120/ -1,14	-180/ -8,82	-192/ -7,8	-360/ -13,33	-1740/ 14,70	1260/ 7,69	-348/ -1,77
3	-480/ -0,63	-1428/ -1,68	-324/ -0,36	-1716/ -1,98	-276/ -51	-336/ 21,5	-324/ -28,4	-620/ -45,6

Таким чином видно, що при вимірюванні спожитої реактивної ЕЕ, різниця в показках у більшості випадків значно виходить за межі середньоквадратичної похибки, а найбільша і стабільна різниця спостерігається при обліку генерованої в ЕМ реактивної ЕЕ. Для більш детального дослідження були проведені

дослідження у двох напрямках: дослідження обліку споживання-генерації реактивної ЕЕ на приєднаннях ПС-110/10 кВ електронними 3-елементними ЛЕ різного типу та аналогічне - для 2- і 3-елементних ЛЕ, що зображено на рис. 1, 2.

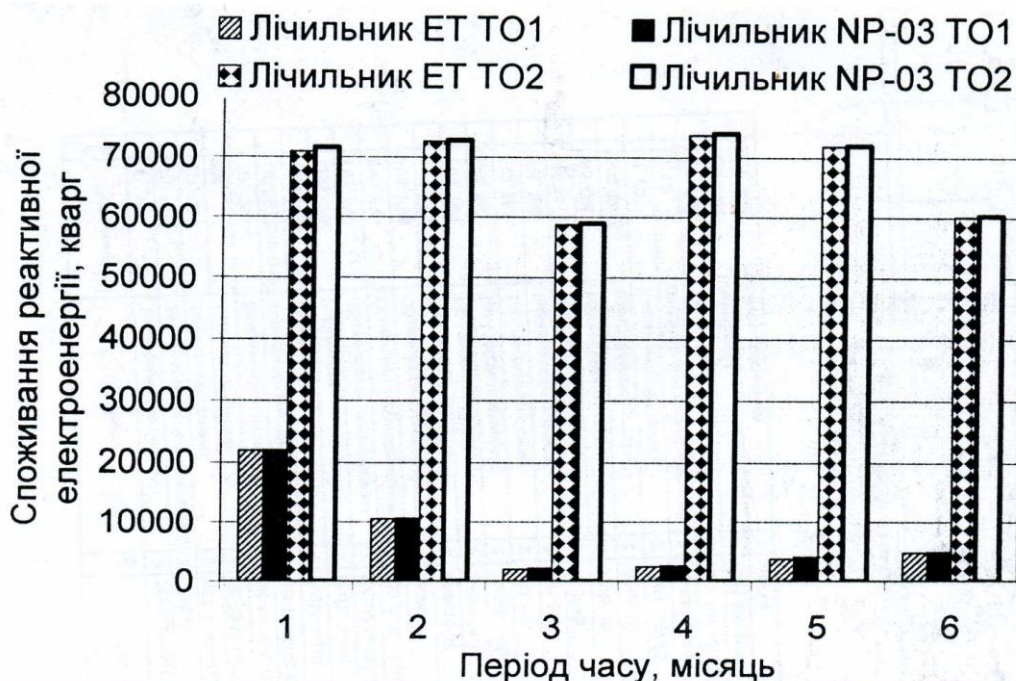


Рис. 1. – Порівняльна характеристика реактивної ЕЕ при індуктивному характері навантаження, виміряна 3-елементними ЛЕ по TO1 та TO2.

Як видно з наведених діаграм по ТО1 та ТО2, де величини реактивної ЕЕ в декілька разів менші, в порівнянні з ТО3 та ТО4, спостерігається більша різниця показів. Найбільша похибка спостерігається по ТО1 (близько 9%). Слід зазначити, що на приєднанні по вказаній ТО1, в порівнянні з іншими ТО за період дослідження ЗВТ було зафіксовано найменшу величину споживаної реактивної ЕЕ. При цьому спостерігається зростання похибки з початку періоду дослідження та поступове її зменшення до встановлених меж наприкінці розрахункового періоду. По іншим трьом досліджуваним ТО похибка не виходить за допустимі межі  $\pm 2,0\%$ , що відповідає класу точності 2,0 триелементних ЛЕ типу ЕТ та NP-03 під час вимірювання реактивної ЕЕ. Аналіз наведених результатів дослідження свідчить, що при використанні для вимірювання реактивної ЕЕ 3-елементних ЛЕ різного типу виникає суттєва різниця показів. При цьому, якщо взяти за основу один з ЛЕ, як зразковий, то похибка вимірювань є нестабільною під час обліку спожитої реактивної ЕЕ та значно виходить за допустимі межі під час її обліку, що генерується в ЕМ. [3]. Аналогічні дослідження проведені також й під час вимірювання реактивної ЕЕ у разі використання на приєднаннях ПС 110/10 кВ 2- та триелементних багатофункціональних електронних ЛЕ різного типу (рис.6), де зображений характер вимірюваної реактивної ЕЕ по трьох ТО за певний проміжок часу при індуктивному характерові навантаження.

Аналогічна діаграма побудована для випадку вимірювання реактивної ЕЕ ємнісного характеру. В цьому випадку похибка має від'ємне значення для ТО1 в шостому періоді дослідження.

З порівняльного аналізу діаграм видно, що для ТО-1 абсолютна похибка значно більша при вимірюванні реактивної ЕЕ, викликаній наявністю ємнісного режиму навантаження. Для фідерів, де організовані ТО, при ємнісному характерові навантаження абсолютна похибка є стабільною та значно виходить за допустимі межі. Найменше значення похибки спостерігається на приєднанні ТО-3.

Як видно з рис.1, в результаті вимірювання реактивної ЕЕ індуктивного характеру (споживання) по двом ТО похибка вимірювань значно виходить за допустимі межі для 3-елементних ЛЕ різного класу точності 2.0. Аналогічна ситуація спостерігається в результаті вимірювання реактивної ЕЕ ємнісного характеру (генерація в ЕМ) по всім ТО, причому похибка має ще більше значення в порівнянні з індуктивним режимом.

**Висновок.** Отримані результати свідчать, що використання електронних багатофункціональних ЛЕ різного типу (в т.ч. 2- та 3-елементних) для вимірювання реактивної ЕЕ в трифазних три

провідних ЕМ напругою 6 – 10 кВ та вище – відчутно впливає на точність обліку реактивної ЕЕ (особливо це стосується ємнісного режиму навантаження), що в свою чергу, підтверджує сумніви щодо можливості забезпечення єдності та достовірності вимірювань ЕЕ у високовольтних ЕМ за наявності сильно вираженого індуктивного чи ємнісного режиму навантаження в ТО на приєднанні електроприймачів. Тому необхідно рекомендувати по-можливості застосування ЛЕ виключно одного типу з єдиними уніфікованими принципами вимірювання (обчислення) реактивної потужності на основі чітких визначень поняття «реактивна потужність ЕЕ»..

### Література

1. Момот В.В. Визначення дійсного значення спожитої активної електроенергії у разі порушення системи обліку в мережах напругою понад 1000 В / В.В. Момот, В.Ф. Рой // Світлотехніка та електроенергетика. – 2008. – №3(15). – С.57–61.
2. Микійчук М.М. Актуальні питання метрологічної надійності промислових ЗВТ/ М.М. Микійчук // ISSN 1993-9981 Методи та прилади контролю якості. – 2009. - №23. – С.16-20.
3. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила. Мінпалівернерго України. – К.: Галузевий Резервно-інвестиційний фонд розвитку енергетики, 2003, 628 с.

### References

1. Momot V.V. Vyznachennja dijsnogho znachennja spozhytoji aktyvnoji elektroenerghiji u razi porushennja systemy obliku v merezhakh naprughoju ponad 1000 V / V.V. Momot, V.F. Roy // Svitlotekhnika ta elektroenerghetyka. – 2008. – #3(15). – S.57–61.
2. Mykyjchuk M.M. Aktualjni pytannja metrologichnoji nadijnosti promyslovykh ZVT/ M.M. Mykyjchuk // ISSN 1993-9981 Metody ta prylady kontrolju jakosti. – 2009. - #23. – S.16-20.
3. Tekhnichna ekspluatacija elektrychnykh stancij i merezh. Pravyla. Minpalyvernergho Ukrajinu. – K.: Ghaluzevyj Rezervno-investecijnyj fond rozvytku energhetyky, 2003, 628 s.

**Автор:** МОМОТ Віталій Вікторович  
ПАТ “Полтаваобленерго”  
E-mail: inre03@pl.energy.gov.ua

**Автор:** Рой Виктор Федорович  
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, д-р. фіз.-матем. наук, професор

## ОСОБЕННОСТИ УЧЁТА РЕАКТИВНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СТАТИЧЕСКИМИ СЧЁТЧИКАМИ

В. Ф. Рой, В. В. Момот

Приведены результаты исследования состояния коммерческого учёта электроэнергии (ЭЭ) статическими (электронными) счётчиками с целью решения вопроса повышения эффективности работы систем контроля и учёта в трёхфазных трёхпроводных электрических сетях напряжением свыше 1000 В, в частности реактивной ЭЭ, где протекают её большие объёмы, а также относительно возможности оценивания убытков из-за получения недостоверной информации вследствие возникновения метрологической погрешности в системах учёта реактивной ЭЭ высокого напряжения. Предлагается использовать для измерения электроэнергии статических (электронных) счётчиков одного типа для определения действительного значения объёма реактивной электроэнергии.

**Ключевые слова:** реактивная электроэнергия; электронный счётчик электроэнергии; система контроля и учёта; метрологическая погрешность; трёхфазные трёхпроводные сети; линии высокого напряжения; индуктивная и ёмкостная нагрузка в трёхпроводных электрических сетях напряжением свыше 1000 В.

## THE COMPENSATION OF REACTIVE POWER OF THYRISTOR ELECTRIC DRIVE OF DIRECT CURRENT

V. F. Roj, V. V. Momot

The results of studying the state of commercial power static (electronic) counters to address the issue of increasing the effectiveness of the control systems and accounting in three-phase three-wire power networks with voltage up to 1000 V, in particular, reactive energy, where the flow of its large volumes, as well as on the possibility of estimating losses due to the receipt of incorrect information due to the occurrence of the metrological errors in the accounting system of reactive power voltage. It is proposed to use for the measurement of static (electronic) of the same type of meters to determine the actual value of the volume of reactive.

**Keywords:** reactive power; Electronic electricity meter; control and accounting; metrological error; three-phase three-wire network; high voltage line; inductive and capacitive load of three-wire electric networks with voltage over 1000 V.