

О. М. Величко, д.т.н., С. Р. Карпенко

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСОВОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ЕТАЛОННОГО КОМПАРАТОРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Розглянуто особливості вимірювання електричної потужності та застосування засобів вимірювальної техніки електричної потужності. Досліджено часову нестабільність еталонного компаратора електричної потужності за період з 1997 по 2013 роки, одну з найголовніших метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки за встановлений інтервал часу. Побудовано графічну модель часової нестабільності в середовищі Matlab.

Ключові слова: часова нестабільність, електрична потужність, компаратор, засоби вимірювання.

Вступ

Вимірювання електричної потужності використовується в багатьох галузях промисловості та науки. Засоби вимірювання електричної потужності широко застосовуються для забезпечення оптимальних режимів технологічних процесів у галузях теплоенергетики, металургії, машинобудування, транспорті тощо. Крім того, ці засоби вимірювання використовуються для метрологічного забезпечення таких масових вимірювальних засобів вимірювання як лічильники електричної потужності.

Енергетика потребує постійного вдосконалення засобів вимірювань електричної потужності та коефіцієнта потужності. В останні роки енергогенеруючі, енергопостачальні компанії та виробники лічильників електричної енергії інтенсивно поновлюють парк засобів вимірювальної техніки електричної потужності високого класу точності.

В 2002 р. для метрологічного забезпечення засобів обліку електричної потужності та енергії був розроблений Державний еталон одиниць електричної потужності та коефіцієнта потужності (ДЕТУ 08-08-02). Також була затверджена "Державна повірочна схема для засобів вимірювання електричної потужності та коефіцієнта потужності в діапазоні частот від 40 до 20000 Гц" (ДСТУ 4116) [1], яка встановлює порядок передачі розміру одиниць електричної потужності і коефіцієнта потужності від державного еталона за допомогою вторинних і робочих еталонів робочим засобам вимірювальної техніки.

Серед робочих еталонів електричної потужності слід виділити компаратори електричної потужності зважаючи на їх високі метрологічні характеристики. Класи точності таких компараторів зазвичай: 0,01 та 0,02. Серед метрологічних характеристик еталонного компаратора фірми

Zera TPZ 303 однією з найважливіших є їх часова нестабільність, яка потребує більш детального дослідження.

1. Особливості вимірювання та засобів вимірювальної техніки електричної потужності

Потужність та енергія є одними з основних характеристик вимірювань в електро-енергетиці та інших галузях. Вимірювання цих величин займає значне місце серед методів вимірювання фізичних величин. У зв'язку із значним зростанням споживання енергії, пошуків нових джерел енергії, повсюдним впровадженням заходів з економії енергетичних ресурсів все більшого значення набуває підвищення точності вимірювань електричної потужності та енергії.

Активна електрична потужність в однофазному електричному колі змінного струму визначається як середнє значення потужності за період T

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt, \quad (1)$$

де u , i та p – відповідно миттєві значення напруги, струму та потужності.

У випадку, коли струм і напруга є синусними функціями часу, активна електрична потужність визначається як

$$P = U \cdot I \cos \varphi. \quad (2)$$

Для трифазного кола активна електрична потужність визначається як

$$P = \sum_{i=1}^3 U_{\varphi_i} I_{\varphi_i} \cos \varphi_i, \quad (3)$$

де U_{ϕ_i} та I_{ϕ_i} – діючі значення фазних напруг і струмів; ϕ_i – кут фазового зсуву між відповідними фазними напругами і струмами.

Вирази для електричної енергії, що є інтегралом від потужності за часом, отримують інтегруванням наведених вище виразів для потужності. Тому лічильник електричної енергії складається з вимірювального перетворювача потужності та інтегратора, яким є механічний або електричний лічильник.

В колах змінного струму промислової частоти вимірювання та облік електричної енергії для споживачів здійснюється головним чином за допомогою електронних лічильників електричної енергії. Але точності електронних лічильників недостатньо для енергогенеруючих компаній та випробувальних лабораторій. Через це широке застосування набули компаратори (робочі еталони електричної потужності вищих розрядів).

Всього в Україні експлуатується більше 500 одиниць робочих еталонів електричної потужності, електричної енергії і коефіцієнта потужності. За допомогою цих робочих еталонів здійснюється метрологічне забезпечення більш ніж 25-ти мільйонів робочих засобів вимірювальної техніки електричної потужності, енергії (електролічильників) і коефіцієнта потужності.

На рис. 1 подано діаграму співвідношення робочих еталонів 1-го (клас точності: 0,01; 0,02 (компаратори) та 0,05) та 2-го розряду (клас точності: 0,1; 0,2) до загальної кількості робочих еталонів, які проходять щорічну повірку в метрологічних організаціях в Україні.

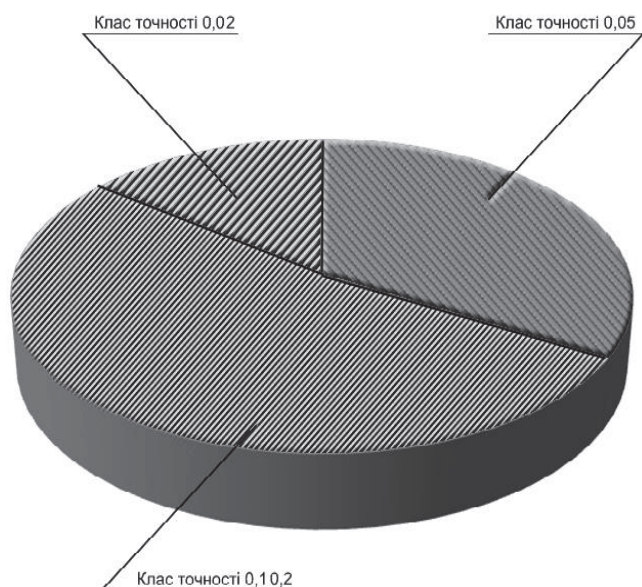


Рисунок 1 – Співвідношення кількості робочих еталонів 1-го та 2-го розряду до загальної кількості робочих еталонів електричної потужності

2. Особливості застосування еталонного компаратора електричної потужності TPZ 303 Zera

Еталонний компаратор електричної потужності TPZ 303 Zera є трифазним засобом вимірювальної техніки, який використовується для вимірювання електричної потужності. Він був розроблений з метою задоволення зростаючих вимог щодо точності вимірювань електричної потужності [2].

Зовнішній вигляд еталонного компаратора електричної потужності TPZ 303 Zera наведений на рис. 2.



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд еталонного компаратора електричної потужності TPZ 303 Zera

Компаратор можна використовувати для: перевірки точності силових і енергетичних вимірювальних систем;

перевірки підключень струмових ланцюгів електронного лічильника з використанням векторної діаграми;

визначення точності лічильників енергії, імпульсних лічильників і лічильників з інфрачервоним інтерфейсом;

аналізу гармонік електричної мережі; вимірювання навантаження трансформаторів струму і напруги;

аналізу тривалого навантаження; контролю електронних джерел живлення для проведення випробувань лічильників.

Еталонний компаратор за свої метрологічні характеристики був обраний як еталон передачі розміру одиниці електричної потужності в звіреннях за проектом EURAMET з міжнародних звірень трифазних еталонів електричної потужності і енергії на промисловій частоті (пілотна лабораторія – MIKES, Фінляндія) [3].

Основні метрологічні характеристики еталонного компаратора TPZ 303 Zera наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Метрологічні характеристики еталонного компаратора TPZ 303 Zera

Параметр	Діапазон
Електрична напруга	40–480 В
Сила електричного струму	0,005–20 А
Коефіцієнт потужності	± 1
Частота	45–70 Гц
Відносна похибка при вимірюванні електричної потужності	0,02 %

3 Деякі результати досліджень часової нестабільності еталонного компаратора

Часову нестабільність еталонного компаратора електричної потужності слід характеризувати як зміну значення електричної потужності за певний проміжок часу.

Еталонний компаратор TPZ 303 Zera було досліджено в період з 1997 до 2013 років. В період з 2001 по 2002 роки відбулася модернізація вимірювальних вузлів еталонного компаратора, що призвело до суттєвих покращень метрологічних характеристик в порівнянні з метрологічними характеристиками наведеними в сертифікаті калібрування РТВ (Німеччина) 1997 року.

Дослідження часової нестабільності еталонного компаратора TPZ 303 Zera проводилися з використанням структурної схеми, наведеної на рис. 3, та спеціальної методики атестації метро-

логічних характеристик компаратора, яка є додатком до керівництва з експлуатації цього компаратора.

Зовнішній вигляд системи дослідження часової нестабільності показано на рис. 4.



Рисунок 4 – Зовнішній вигляд системи дослідження часової нестабільності компаратора TPZ 303 Zera

Результати досліджень часової нестабільності компаратора TPZ 303 Zera наведено у табл. 2, а графік часової нестабільності компаратора в середовищі Matlab – на рис. 5.

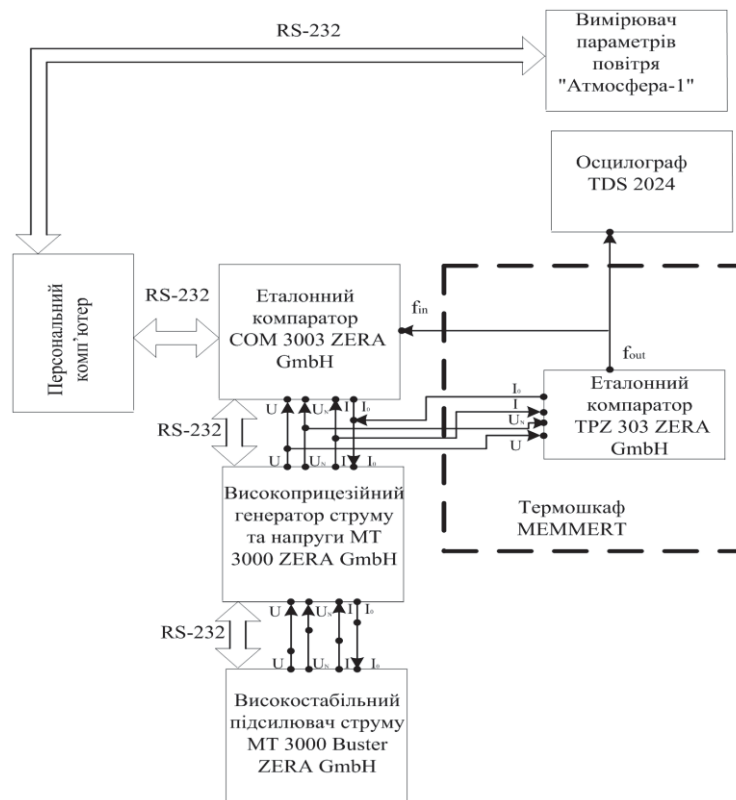


Рисунок 3 – Структурна схема дослідження часової нестабільності компаратора TPZ 303 Zera

Таблиця 2 – Результати дослідження часової нестабільності компаратора TPZ 303 Zera

Параметри			Часова нестабільність, 10^{-3}							
Напруга, В	Струм, А	Коефіцієнт потужності	1997	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2013
230	0,005	1,0	4,7	1,0	1,1	0,7	0,8	0,4	0,6	0,5
	0,010									
	0,020									
	0,050									
	0,100									
	0,200									
	0,500									
	1,000									
	2,000									
	5,000									
	5,000	0,5 L								
5,000	0,5 C									

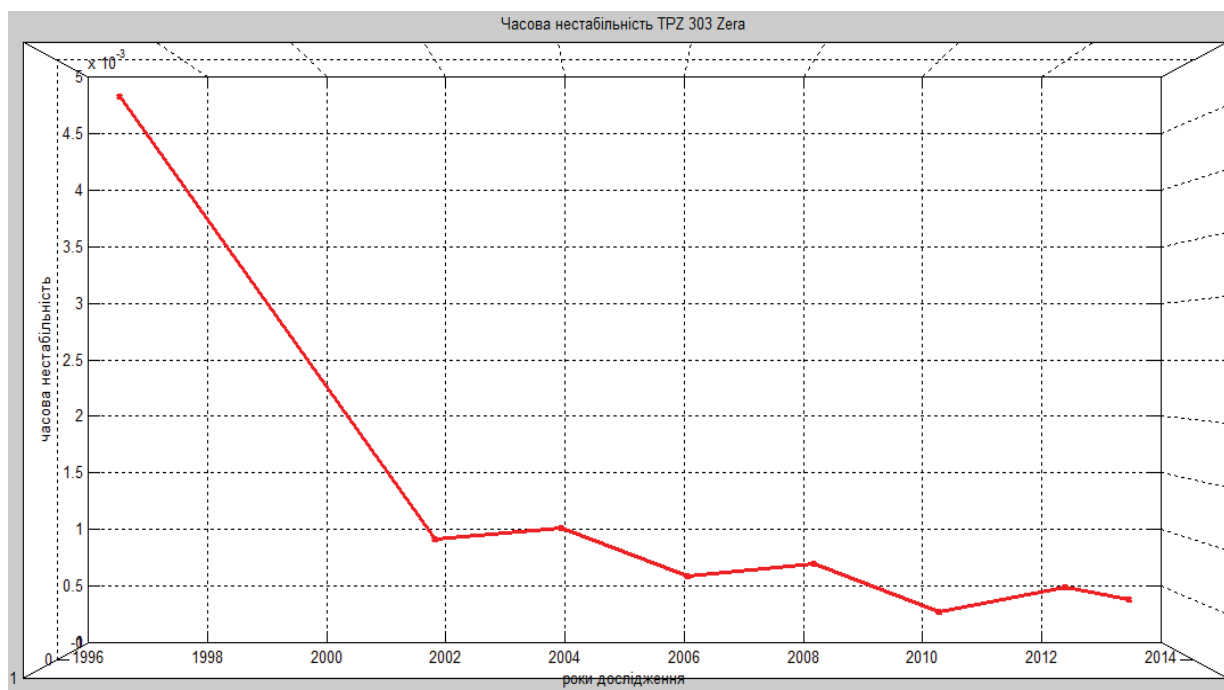


Рисунок 5 – Графік часової нестабільності еталонного компаратора TPZ 303 Zera

Висновки

Досліджено часову нестабільність еталонного компаратора електричної потужності TPZ 303 Zera за період з 1997 по 2013 роки. Побудовано графічну залежність часової нестабільності в середовищі Matlab.

Отримані значення часової нестабільності задовольняють високу точність та часову стабільність еталонного компаратора для передачі одиниць електричної потужності та коефіцієнта потужності за державною повірочною схемою.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 4116:2002 Державна повірочна схема для засобів вимірювання електричної потужності та коефіцієнта потужності в діапазоні частот від 40 до 20000 Гц.
2. Three phase Precision-Measuring Instrument TPZ 303 with description of the user software as from version 4.0 Instruction Manual.
3. EURAMET project Bilateral three-phase AC power and energy comparison at power frequency. Comparison protocol. – 7 p.

Надійшла до редакції 05.12.2013

О. Н. Величко, д.т.н., С. Р. Карпенко

ИССЛЕДОВАНИЯ ВРЕМЕННОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ЭТАЛОННОГО КОМПАРАТОРА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ

Рассмотрены особенности измерения электрической мощности и применения средств измерительной техники электрической мощности. Исследована временная нестабильность эталонного компаратора электрической мощности за период с 1997 по 2013 годы, одна из главных метрологических характеристик средств измерительной техники за установленный интервал времени. Построена графическая модель временной нестабильности в среде Matlab.

Ключевые слова: временная нестабильность, электрическая мощность, компаратор, средство измерительной техники.

О. М. Velychko, DSc, S. R. Karpenko

RESEARCH OF TEMPORAL INSTABILITY OF REFERENCE COMPARATOR OF ELECTRICAL POWER

The features of measuring of electric power and application of facilities of measuring instruments of electric power are considered. Temporal instability of standard comparator of electric power is investigational for period from 1997 to 2013, one of main metrology descriptions of facilities of measuring instruments for the set time domain. The graphic model of temporal instability is built in the environment of Matlab.

Keywords: temporal instability, electric power, a comparator, measuring instrument.

УДК 389.14

К. Ф. Боряк, д.т.н., А. И. Ваганов, д.т.н., М. А. Манзарук

Одесская государственная академия технического регулирования и качества, г. Одесса

ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ГАСИТЕЛЕЙ КОЛЕБАНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ НА СТЕНДЕ ИГК-90.1

Предлагаются принципы, на основе которых можно выстроить систему диагностирования технического состояния гидравлических гасителей колебаний (гидродемпферов). В качестве исходных материалов для диагностики предлагается использовать полученные протоколы экспериментальных испытаний гидродемпферов на стенде ИГК-90.1.

Ключевые слова: гидравлический гаситель, гидродемпфер, испытательный стенд, параметр сопротивления, дроссельный и клапанный режим работы.

С внедрением в Украине скоростного движения важную роль приобретают фундаментальные исследования в области механики железнодорожного транспорта, прежде всего динамики движения. Для оценки динамических показателей безопасности движения, плавности хода и взаимодействия с рельсовым путем скоростного подвижного состава используются современные средства компьютерного моделирования [1]. Благодаря применению программного комплекса «Универсальный механизм» стало возможным выяснение возможных причин схода с рельсов вагонов в составах поездов [2]. В частности, эта

методика была использована при выяснении причин серьезного инцидента - схода пассажирского вагона на станции Запорожье 1 ноября 2012 года. Члены экспертной комиссии пришли к выводу, что причиной схода пассажирского вагона стало превышение горизонтальных и вертикальных ускорений кузова, вызванные неисправностью гидравлических гасителей колебаний (гидродемпферов). В целях опровержения вывода экспертов или научного обоснования схода с рельсов первой по ходу движения колесной пары с помощью программного комплекса [2] было проведено компьютерное моделирование дина-