

ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ДО МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ДАВАЧА ЕЛЕКТРОННОГО ТРАНСФОРМАТОРА СТРУМУ

В.В. Гречко, асп., **Г.М. Варський**, канд. техн. наук, **Є.М. Танкевич**, докт. техн. наук
Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна

Визначено основні вимоги до метрологічних характеристик високовольтних електромагнітних давачів струму як складової частини електронних трансформаторів струму (ЕТС). Давачі, які відповідають цим вимогам, електромагнітно й інформаційно сумісні з входами електронної частини ЕТС та забезпечують його роботу з заданою точністю. Бібл. 6, рис. 4, табл. 7.

Ключові слова: електронний трансформатор струму, давач, метрологічні характеристики.

У наш час світова електроенергетика розвивається у напрямку створення та впровадження розумних мереж (*Smart Grid*), невід'ємною частиною яких є цифрові підстанції (ЦП) – електричні підстанції, на яких одержання, обробка і обмін інформацією про струми, напруги та інші величини відбуваються у цифровому вигляді. Інформацію про вимірювані струми та напруги на таких ЦП надають електронні вимірювальні трансформатори (ЕВТ), до складу яких входять декілька електронних трансформаторів струму (ЕТС), декілька електронних трансформаторів напруги (ЕТН) і об'єднуючий модуль (МО), в якому вся інформація перетворюється у пакети *Ethernet* та надходить на шину процесу підстанції [6].

У загальному випадку ЕТС складається з давача струму, первинного конвертора, лінії зв'язку, вторинного конвертора та джерела живлення [5]. Інформація з виходу вторинного конвертора у аналоговій або цифровій формі подається на ОМ ЕВТ. Давачами струму для ЕТС можуть слугувати шунт, пояс Роговського, давач Холла, магнітооптичний давач на основі використання ефекту Фарадея, або традиційний електромагнітний трансформатор струму (ТС).

Перехід на побудову системи автоматизації підстанцій відповідно до МЕК 61850 вимагає від ЕВТ надзвичайно високої надійності та завадостійкості. Ціна виходу з ладу одного з елементів системи постачання інформації може бути занадто високою. Точна і надійна робота ЕВТ обумовлює надійність і ефективність роботи як електроенергетичного об'єкта, так і електроенергетичної системи в цілому.

Якщо говорити про вимірювання струму, то на сьогоднішній день вимогам щодо точності, надійності, завадостійкості та собівартості найбільше відповідають ЕТС з електромагнітним давачем струму (ДС), який є електромагнітним трансформатором струму (ТС). Робота ТС у складі ЕТС характеризується рядом особливостей, головними з яких є знижене, порівняно зі стандартним, вторинне навантаження, його стабільність та практично активний характер. При проектуванні нових електромагнітних вимірювальних трансформаторів струму врахування зменшеного та стабільного навантаження дає змогу створювати високонадійні вимірювальні перетворювачі з покращеними метрологічними характеристиками, стабільними за часом та динамічними і частотними діапазонами зміни струму, оптимізувати їх конструктивні параметри, зменшити розміри, матеріалоемність і ціну [1, 2]. Тому при формуванні вимог, розробці та проектуванні таких давачів необхідно враховувати зазначені особливості.

ЕТС, у першу чергу, повинні забезпечувати необхідну точність вимірювання струму при впровадженні цифрових технологій, тобто для вимірювання ЕТС мають бути класу точності 0,2 і вище, а ЕТС для захисту – класу 5P і 5TPE.

Аналіз похибок компонентів електронної частини ЕТС. Структура вимірювального каналу ЕТС з електромагнітним ДС складається з послідовного з'єднання самого ДС, лінії зв'язку (ЛЗ), вторинного перетворювача струм-напруга (ВПСН), фільтра нижніх частот (ФНЧ) (*anti-aliasing filter* – фільтр захисту від накладання спектрів), аналого-цифрового пе-

ретворювача (АЦП) та блока обробки сигналів (БОС) (рис. 1). Опір ЛЗ і опір вхідного кола ВПСН створюють навантаження для ДС, яке має бути якомога меншим, щоб забезпечити переваги побудови ЕТС з електромагнітним ДС, який крім постачання інформації про первинний струм забезпечує високовольтну ізоляцію. Для цього електронна частина ЕТС має знаходитись у безпосередній близькості від ДС, забезпечуючи мінімальну довжину ЛЗ, а ВПСН повинен будуватись на принципі трансформатора струму з “нульовим потоком”, вхідний опір якого визначається лише опором його первинної обмотки і не перевищує декількох міліом. Обравши відповідне достатньо велике номінальне значення вторинного струму ДС 1 або 5 А, залежно від конструкції й номінальної напруги ЕТС, зменшивши довжину ЛЗ та застосувавши її ефективне екранування, можна мінімізувати вплив електромагнітних завад на ДС, ЛЗ та вхідне коло ВПСН, що дасть можливість знехтувати випадковими похибками цих ланок вимірювального каналу. Похибки ВПСН і ФНЧ носять систематичний характер та не перевищують сотих часток відсотка за амплітудою і кількох мінут за фазою сигналу.

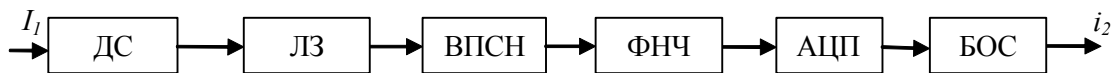


Рис. 1

Блок обробки сигналів призначений для автоматичної корекції систематичних похибок сигналів: адитивної й мультиплікативної похибок АЦП, амплітудних і фазових похибок ФНЧ, ВПСН і ДС в усталених режимах, їх передавальні характеристики у перехідних режимах роботи ЕТС та для передачі у кодованому вигляді підготовленої інформації про струм по оптичній або провідній лінії зв'язку до вторинного конвертора у ЕВТ (на рисунку не показані). Таким чином, при формуванні вимог до метрологічних характеристик (МХ) електромагнітного ДС ЕТС систематичними похибками електронної частини вимірювального каналу ЕТС, враховуючи їх незначну величину і заходи по їх зменшенню, можна знехтувати, а головним джерелом випадкових похибок, які не можуть бути виключені за допомогою БОС, у нашому випадку залишається АЦП. Розглянемо випадкові похибки АЦП, які визначаються похибкою квантування, а також його інтегральною та диференціальною нелінійністю.

Як показують проведені за рекомендаціями праці [4] розрахунки, для забезпечення необхідної точності у заданому діапазоні вимірюваних струмів при 80 вибірках на період, розрядність АЦП має складати: для ЕТС для вимірювання – 19; ЕТС для захисту без нормування характеристик у перехідних режимах роботи – 16; ЕТС для захисту з нормуванням характеристик у перехідних режимах роботи – 17; для універсального ЕТС – 24. АЦП такої розрядності (16 – 24 розряди) на сьогодні є доступними для промислового використання, а їх інтегральна та диференціальна нелінійність не перевищує $\pm 1\text{МЗР}$.

Можна показати, що для АЦП з вибраними розрядностями на нижній границі діапазону вимірювання границя сумарної випадкової похибки вимірювання діючого значення сигналу, яка враховує інтегральну і диференціальну нелінійність АЦП, складає: для АЦП ЕТС для вимірювання (кількість розрядів 19) – 0,16 %; для АЦП ЕТС для захисту без нормування характеристик у перехідних режимах роботи (кількість розрядів 16) – 0,24 %; для АЦП ЕТС для захисту з нормуванням характеристик у перехідних режимах роботи (кількість розрядів 17) – 0,24 %; для АЦП універсального ЕТС (кількість розрядів 24) – 0,2 %. Значення струмових похибок розглянутих ЕТС на нижній границі діапазону вимірювання складають: 0,75 % – для ЕТС для вимірювання і універсальних ЕТС класу точності 0,2 S; 1,0 % – для ЕТС для захисту без/ та з нормуванням характеристик у перехідних режимах роботи. Таким чином, при встановленні вимог до МХ ДС ЕТС в усталеному режимі роботи на основі стандарту [5] необхідно вводити коефіцієнт запасу за точністю, який би забезпечував загальну точність вимірювального каналу ЕТС. Тобто необхідно зменшувати допустимі похибки ДС на відповідну величину похибки АЦП. Для ДС ЕТС для вимірювання коефіцієнт запасу $k_{\text{зап}}$ не повинен перевищувати 0,78; для ДС ЕТС для захисту – $k_{\text{зап}} \leq 0,76$; для ДС універсального ЕТС – $k_{\text{зап}} \leq 0,73$.

Для універсальних і захисних ЕТС класу точності 5ТРЕ в перехідному режимі нормується похибка вимірювання миттєвих значень струму, яка не повинна перевищувати 10 %. Оцінимо сумарну випадкову похибку вимірювання миттєвого значення сигналу $\delta_{АЦП}$ у цьому режимі роботи АЦП.

Сумарна похибка $\delta_{АЦП}$ визначається як сума похибок від квантування δ_I , похибки δ_{INL} від інтегральної та похибки δ_{DNL} від диференціальної нелінійності АЦП, для яких закон розподілу приймається рівномірним. Згідно з працею [1] при підсумовуванні похибок будь-якого поєднання розподілів з групи рівномірного, трикутного, трапецеїдальних, нормального, експоненціальних і двомодальних розподілів результуючий розподіл також належатиме цій групі й матиме квантильний множник, рівний 1,6, який відповідає довірчій ймовірності 90 %. Таким чином, довірча межа сумарної похибки вимірювання миттєвого значення сигналу на виході АЦП з довірчою ймовірністю 90 % складе

$$\delta_{АЦП} = 1,6\sqrt{(\delta_I/k_{vI})^2 + (\delta_{INL}/k_{vINL})^2 + (\delta_{DNL}/k_{vDNL})^2}, \quad (*)$$

де k_{vI} , k_{vINL} , k_{vDNL} – квантильні множники, що відповідають законам розподілів похибок δ_I , δ_{INL} та δ_{DNL} відповідно (за рівномірного закону розподілу $k_{vI} = k_{vINL} = k_{vDNL} = \sqrt{3}$).

Для зазначених розрядностей АЦП і діапазону зміни первинного струму $(1...40)I_{1ном}$ похибка $\delta_{АЦП}$ для АЦП захисного ЕТС класу 5ТРЕ не перевищує 0,09 % (рис. 2, крива 1), а для АЦП універсального ЕТС – 0,009 % (рис. 2, крива 2). Отже, у перехідному режимі роботи сумарну випадкову похибку вимірювання миттєвого значення сигналу $\delta_{АЦП}$ можна не враховувати, оскільки вона набагато менша нормованої для цього режиму похибки вимірювання миттєвих значень струму, яка не повинна перевищувати 10 %.

Таким чином, при формуванні вимог до МХ електромагнітних ДС ЕТС необхідно враховувати особливості роботи електронної частини ЕТС. Так, похибками ВПСН, ФНЧ і

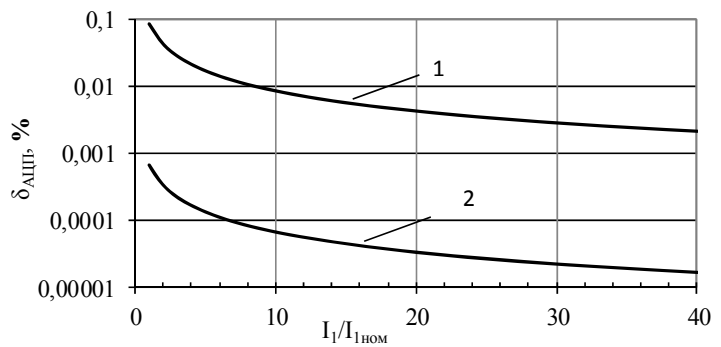


Рис. 2

систематичними похибками АЦП можна знехтувати, враховуючи їх незначну величину та можливість БОС щодо їх корекції. Випадковими похибками АЦП у перехідних режимах також можна знехтувати, а в усталених режимах необхідно вводити коефіцієнт запасу, зменшуючи допустимі похибки ДС у порівнянні з нормованими похибками ЕТС в цілому.

Види і межі допустимих похибок давачів при нормованих вхідних сигналах. Усталений режим. Для давачів для вимірювання мають задаватися допустимі межі їх струмової та кутової похибок при рівнях вхідних сигналів у діапазоні від 1 (або від 5 % номінального первинного струму, залежно від класу точності ЕТС) до 120 % номінального первинного струму або до номінального первинного розширеного струму, якщо такий визначено для ЕТС.

Струмова похибка давача f_i визначається згідно з виразом

$$f_i = \frac{K_n I_s - I_p}{I_p} 100, \quad (1)$$

де K_n – номінальний коефіцієнт трансформації; I_p – діюче значення первинного струму; I_s – діюче значення вторинного струму.

Кутова похибка давача δ_i визначається згідно з виразом

$$\delta_i = \varphi_2 - \varphi_1, \quad (2)$$

де φ_1 – фаза вектора первинного струму; φ_2 – фаза вектора вторинного струму.

З метою забезпечення захисту електронного блока ЕТС для давача для вимірювання слід регламентувати коефіцієнт безпеки приладів (FS), що є кратністю вимірюваного струму, за якої при номінальному вторинному навантаженні давача його повна похибка (ε_i) є не меншою 10 %.

Повна похибка давача ε_i визначається згідно з виразом

$$\varepsilon_i = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (K_n i_s - i_p)^2 dt}, \quad (3)$$

де i_p – миттєве значення первинного струму; i_s – миттєве значення вторинного струму; T – період сигналу.

Вимоги до точності електромагнітних ДС ЕТС для вимірювання вищих класів точності представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Клас точності	Первинний струм, % від номінального	Границя допустимої похибки		Границя навантаження, % від номінального значення
		струмової, f_i , %	кутової, δ_i , '	
0,1	5	$\pm 0,4 \cdot k_{\text{зап.}f_i}$	$\pm 15' \cdot k_{\text{зап.}\delta_i}$	0...100
	20	$\pm 0,2 \cdot k_{\text{зап.}f_i}$	$\pm 8' \cdot k_{\text{зап.}\delta_i}$	
	100...120	$\pm 0,1 \cdot k_{\text{зап.}f_i}$	$\pm 5' \cdot k_{\text{зап.}\delta_i}$	
0,2	5	$\pm 0,75 \cdot k_{\text{зап.}f_i}$	$\pm 30' \cdot k_{\text{зап.}\delta_i}$	
	20	$\pm 0,35 \cdot k_{\text{зап.}f_i}$	$\pm 15' \cdot k_{\text{зап.}\delta_i}$	
	100...120	$\pm 0,2 \cdot k_{\text{зап.}f_i}$	$\pm 10' \cdot k_{\text{зап.}\delta_i}$	
0,2S	1	$\pm 0,75 \cdot k_{\text{зап.}f_i}$	$\pm 30' \cdot k_{\text{зап.}\delta_i}$	
	5	$\pm 0,35 \cdot k_{\text{зап.}f_i}$	$\pm 15' \cdot k_{\text{зап.}\delta_i}$	
	20	$\pm 0,2 \cdot k_{\text{зап.}f_i}$	$\pm 10' \cdot k_{\text{зап.}\delta_i}$	
	100	$\pm 0,2 \cdot k_{\text{зап.}f_i}$	$\pm 10' \cdot k_{\text{зап.}\delta_i}$	
	120	$\pm 0,2 \cdot k_{\text{зап.}f_i}$	$\pm 10' \cdot k_{\text{зап.}\delta_i}$	

Примітка: $k_{\text{зап.}f_i}=0,7...0,8$; $k_{\text{зап.}\delta_i}=0,7...0,8$.

Вимоги до похибок мають зберігатися в стандартному діапазоні частот для ЕТС для вимірювання $f=50 \pm 0,05$ Гц, а також номінальному і нульовому вторинному навантаженні з одиничним коефіцієнтом потужності. Коефіцієнт безпеки приладів давача має бути $FS=5$.

Давач струму для захисту:

при номінальному первинному струмі мають нормуватися вимоги до кутової та струмової похибок, які визначаються згідно з (1) та (2) відповідно;

при номінальній граничній первинній силі струму за вимогами точності (I_{ALF}) нормується повна похибка, яка визначається згідно з виразом (3).

I_{ALF} – це граничне значення первинної сили струму, за якої ЕТС відповідає вимогам щодо повної похибки; I_{ALF} пов'язано з коефіцієнтом граничної точності (K_{ALF}), – параметром, який має бути вказаний у паспорті давача, та номінальним первинним струмом ($I_{\text{НОМ}}$) співвідношенням $K_{ALF} = I_{ALF} / I_{\text{НОМ}}$.

Вимоги до точності давача ЕТС для захисту класу точності 5P з номінальним коефіцієнтом граничної точності $K_{ALF}=40$ в усталеному режимі роботи представлено в табл. 2.

Вимоги до точності давача мають виконуватися в стандартному діапазоні частот для ЕТС для захисту від 48 до 51 Гц, а також номінальному вторинному навантаженні з одиничним коефіцієнтом потужності. Номінальний коефіцієнтом граничної точності давача має бути $K_{ALF}=40$. Давач з такими вимогами до його метрологічних характеристик має клас точності 5P і позначається 5P40.

Перехідний режим. Для давача із нормуванням характеристик у перехідних режимах

Таблиця 2

Назва метрологічної характеристики	Первинний струм, I_1	
	$I_{\text{НОМ}}$	I_{ALF}
Струмова похибка, f_i , %	$\pm 1,0 \cdot k_{\text{зап.}f_i}$	-
Кутова похибка, δ_i , '	$\pm 60 \cdot k_{\text{зап.}\delta_i}$	-
Повна похибка, ε_i , %	-	5

роботи мають задаватися допустимі межі максимальної миттєвої повної похибки, яка визначається за виразом (4), при входному сигналі, що має вимушену складову нормованої частоти, та з діючим значенням, рівним номінальному первинному струму короткого замикання (I_{psc}), аперіодичну складову з первинною постійною часу (T_p) та параметри одного з видів номінального робочого циклу [5]. Під номінальним робочим циклом [5] розуміють робочий цикл, в якому під час кожного визначеного проходження первинного струму він є «повністю зміщеним» з номінальною первинною постійною часу та номінальною величиною. Існують два стандартні види робочого циклу (рис. 3): «включено-виключено» (Вкл-Викл) та «включено-виключено-включено-виключено» (Вкл-Викл-Вкл-Викл). Під параметрами робочого циклу розуміють: для обох видів робочого циклу – час тривалості першого замикання (t'); для робочого циклу «включено-виключено-включено-виключено» – час безструмової паузи (t_{fr}) та час тривалості повторного замикання (t''). I_{psc} пов'язаний із номінальним коефіцієнтом симетричного струму короткого замикання (K_{ssc}) – параметром, що має бути заданим у паспорті давача, та номінальним первинним струмом ($I_{1ном}$) співвідношенням $I_{psc} = K_{ssc} \cdot I_{1ном}$.

Максимальна миттєва (повна) похибка давача є визначається згідно з виразом:

$$\varepsilon = \frac{i_{\varepsilon}}{\sqrt{2}I_{psc}} \cdot 100, \quad (4)$$

де i_{ε} – максимальне значення миттєвого струму похибки, яке визначається як $i_{\varepsilon} = K_n i_s - i_p$.

У табл. 3 представлено вимоги до точності давача ЕТС для захисту класу точності 5ТРЕ з номінальним коефіцієнтом граничної точності $K_{ALF}=40$, номінальним коефіцієнтом симетричного струму короткого замикання $K_{SSC}=40$, при нормованому робочому циклі «включено-відключено-включено-відключено» з часом тривалості першого та другого замикань $t'=t''=0,06$ с (або не менше трьох періодів номінальної частоти при її відмінності від 50 Гц), часом безструмової паузи $t_{fr}=0,1$ с (або п'ять періодів номінальної частоти при її відмінності від 50 Гц), первинній постійній часу $T_p=0,08$ с, миттєвим значенням первинного струму короткого замикання i_1 згідно з наступним виразом:

$$i_1 = \begin{cases} I_{psc} \left[\sin(2\pi ft) - e^{-(t/T_p)} \right], & 0 \leq t \leq t' \\ 0, & t' < t < t' + t_{fr} \\ I_{psc} \left[\sin(2\pi f(t - (t' + t_{fr}))) - e^{-(t - (t' + t_{fr}))/T_p} \right], & t' + t_{fr} \leq t \leq t' + t_{fr} + t'' \\ 0, & t' + t_{fr} + t'' < t < \infty, \end{cases} \quad (5)$$

де t – час від початку виникнення замикання, с.

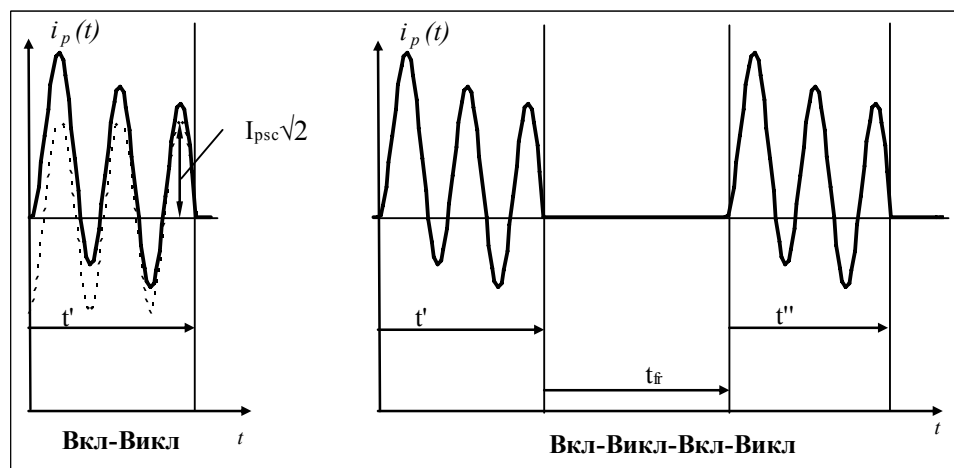


Рис. 3

Вимірювання потужності	0,1	1	2	4	8	1	2	4	8
	0,2	2	4	8	16	2	4	8	16
	0,5	5	10	20	20	5	10	20	20
	1	10	20	20	20	10	20	20	20

Таблиця 5

Призначення ЕТС	Клас точності	Струмова похибка на гармоніці (з ... по ...) (\pm), %		Кутова похибка на гармоніці (з ... по ...) (\pm), градуси	
		1 - 2	3 - 50	1 - 2	3 - 50
Вимірювання показників якості електричної енергії	-	1	5	1	5

Таблиця 6

Призначення ЕТС	Клас точності	Струмова похибка на гармоніці (з ... по ...) (\pm), %		Кутова похибка на гармоніці (з ... по ...) (\pm), градуси	
		1/3 (лише для 16,7 або 20 Гц)	2 - 5	1/3 (лише для 16,7 або 20 Гц)	2 - 5
Традиційний захист	усі класи ХРХХ	10	10	10	10

Таблиця 7

Величина струму на гармоніці (з ... по ...) (% $I_{ном}$)	
з 2-ї по 5-ту гармоніки	з 6-ї гармоніки і вище
10	5

Висновки. Нормування метрологічних характеристик електромагнітного давача струму має базуватися на технічних вимогах до ЕТС і традиційних електромагнітних трансформаторів струму, з урахуванням особливостей роботи давача в складі ЕТС.

Показано, що похибки електронної частини ЕТС можуть суттєво впливати на загальну точність ЕТС з електромагнітним ДС. Якщо систематичні похибки електронної частини можна скорегувати програмним шляхом у спеціальних блоках, які входять до складу ЕТС, то випадкові похибки не підлягають корекції. Їх можна зменшити, використовуючи прецизійні аналого-цифрові перетворювачі та застосовуючи засоби захисту від електромагнітних завад.

Встановлено, що основним джерелом випадкових похибок у ЕТС є АЦП. Оцінено величину сумарної випадкової похибки вимірювання діючого і миттєвого значення сигналу в різних режимах роботи АЦП ЕТС для вимірювання, захисту і універсального ЕТС. Показано, що випадковими похибками АЦП у перехідних режимах роботи захисних ЕТС можна знехтувати, а в усталених режимах ЕТС всіх видів необхідно вводити коефіцієнт запасу, зменшуючи допустимі похибки ДС у порівнянні з нормованими похибками ЕТС у цілому. Величина коефіцієнта запасу може знаходитись у межах 0,7...0,8 залежно від призначення ДС ЕТС.

1. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1991. – 304 с.
2. Танкевич С.М., Варський Г.М., Гречко В.В. Математичне моделювання та вибір електромагнітної системи вимірювального трансформатора струму з цифровим виходом // Вісн. Вінницького політехн. інту. – 2011. – № 6. – С. 76–80.
3. Танкевич С.М., Варський Г.М., Яковлева І.В., Танкевич С.Є. Вплив стандарту МЕК61850 на вимоги до первинних вимірювальних перетворювачів струму і напруги // Техн. електродинаміка. Темат. вип. «Проблеми сучасної електротехніки». – 2010. – Ч.2. – С. 53–56.
4. Яковлева І.В., Танкевич С.Є. Особливості цифрових вимірювань струмів високовольтних електроенергетичних об'єктів // Вісн. НУ «Львівська політехніка». – 2009. – № 637. – С. 111–114. (Серія: Електроенергетичні та електромеханічні системи).
5. International Standard IEC 60044-8: Instrument transformers – Part 8: Electronic current transformers. – Geneva, 2007. – 120 p.
6. International Standard IEC 61869: Instrument Transformers – Part 9: Digital interface for instrument transformers, 2011. – 57 p.

УДК 621.314

В.В. Гречко, асп., **Г.М. Варский**, канд. техн. наук, **Е.Н. Танкевич**, докт. техн. наук
Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина

Определение требований к метрологическим характеристикам электромагнитного датчика электронного трансформатора тока

Определены основные требования к метрологическим характеристикам высоковольтных электромагнитных датчиков тока электронных трансформаторов тока (ЭТТ). Отвечающие этим требованиям датчики обеспечивают ЭТТ измерительной информацией необходимой точности; электромагнитно и информационно совместимы со входами его электронной части. Библиография 6, рис. 4, табл. 7.

Ключевые слова: электронный трансформатор тока, датчик, метрологические характеристики.

V. Hrechko, H. Varskyi, E. Tankevych

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Peremohy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine

Requirements definition of metrological performance of electromagnetic sensor of electronic current transformer

The basic requirements to metrological performance of high-voltage electromagnetic current sensors of electronic current transformers (ECT) has been defined. Sensors complying with these requirements provide ECT with the measuring information of required accuracy, are electromagnetically compatible with inputs of its electronic part and have information interoperability with it. References 6, figures 4, tables 7.

Key words: electronic current transformer, sensor, metrological performance.

Надійшла 29.08.2014

Received 29.08.2014