

УДК 621.317.32.027.3:621.3.088.2

**М. В. Кубкін, асист.**

*Кіровоградський національний технічний університет*

## Система вимірювання високої напруги на базі силового трансформатора та її метрологічні характеристики

В статті викладено основи нового способу вимірювання високої напруги на підстанціях енергосистеми який полягає в компенсації спаду напруги в силовому трансформаторі, що дає змогу по значенню вторинної напруги знаходити значення первинної напруги. Визначена передавальна функція вимірювальної системи, на основі якої отримано її частотні характеристики. Визначено частотний діапазон роботи системи.

**вимірювання напруги, трансформатор напруги, частотна характеристика**

Сучасний стан розвитку електроенергетичних систем характеризується широким впровадженням автоматизованих систем різного призначення як то: контролю та управління електроспоживанням, контролю та обліку електричної енергії, регулювання режимними параметрами (напруги, частоти, коефіцієнта потужності тощо), релейного захисту. Одним з основних елементів таких систем є первинні вимірювальні перетворювачі завдяки яким отримується інформація про параметри режиму. [1]

Важливим параметром режиму роботи електричної системи є напруга. Для вимірювання високої напруги в електричних системах в даний час переважно використовуються вимірювальні перетворювачі напруги, основними типами яких є електромагнітні та ємнісні трансформатори, які мають назву просто трансформатори напруги (ТН). Трансформатори напруги виконують функцію аналогових вимірювальних перетворювачів напруги в напругу. [2]

На сьогодні, для вимірювання напруги 6–35 кВ в сучасних електричних мережах використовують електромагнітні ТН трьох типів [3]:

- 1) однофазні незаземлені ТН (типу НОМ, НОЛ);
- 2) однофазні заземлені ТН (типу ЗНОМ, ЗНОЛ);
- 3) трифазні заземлені ТН (типу НТМИ, НАМИ, НАМИТ).

Однофазні незаземлені ТН вмикаються на лінійну напругу і тому використовуються тільки для обліку електроенергії або релейного захисту, де достатньо інформації про значення лінійної напруги. Однофазні та трифазні заземлені ТН крім основних обмоток, які вмикаються на напругу фаз відносно землі, мають ще додаткові обмотки, які використовуються для контролю ізоляції мережі.

Слід відмітити той факт, що в останній час завдяки універсальності заземлені ТН отримали невиправдано широке розповсюдження в електричних мережах 6–35 кВ. Їх встановлюють навіть на підстанціях, де контроль ізоляції не є необхідним [4]. Електричні мережі 6–35 кВ працюють з ізольованою або компенсованою нейтраллю і характеризуються складними електромагнітними процесами в перехідних режимах роботи (ферорезонансні та комутаційні перенапруги, зміщення нейтралі, автоколивальні процеси), які призводять до пошкоджень заземлених ТН [6]. За даними [7] середній строк служби ТН типів НТМИ–6, НТМИ–10, ЗНОМ–20, ЗНОМ–35 не

перевищує 3–5 років. Особливо висока пошкоджуваність спостерігається у ТН в мережах 35 кВ [8].

На сьогодні у вирішенні проблеми пошкоджуваності заземлених ТН намітилися наступні шляхи.

1) *Зміна режиму роботи нейтралі*, яка полягає в тому, що нейтралі силових трансформаторів в мережі заземлюють через резистори. Недоліком цього способу є суттєві капіталовкладення на реконструкцію обладнання мереж. Виникають додаткові втрати енергії в резисторах. Проте зміна режиму роботи нейтралі не повністю виключає випадки виходу з ладу заземлених ТН [6, 9], тому і не претендує на універсальність.

2) *Створення ТН антирезонансних типів*. Досвід експлуатації таких типів ТН є суперечливим [10]. Внаслідок того, що появу ферорезонансу викликає багато чинників антирезонансні властивості ТН не виключають можливості появи резонансу і виходу ТН з ладу. Окрім цього, вартість таких ТН більша за вартість ТН звичайної конструкції.

3) *Розділення функцій вимірювання напруги та контролю ізоляції* шляхом використання для вимірювання напруги незаземлених ТН, а для контролю ізоляції — неіндукційних датчиків напруги [11, 12].

Останній спосіб є найбільш перспективним, але не усуває недоліків, пов'язаних з експлуатацією ТН, як заземлених так і незаземлених. А саме: установка ТН на підстанціях потребує додаткових капіталовкладень, призводить до ускладнення конструкції розподільчих пристроїв, а, отже, зменшення їх надійності, а також веде до збільшення технологічних втрат електроенергії [5].

Зважаючи на вищенаведене, пошук нових способів вимірювання високої напруги на підстанціях залишається актуальною науково-практичною задачею.

Метою статті є розробка системи вимірювання високої напруги та оцінка її метрологічних характеристик.

Якщо приєднати силовий трансформатор на шини високої напруги, то напруга на вторинних виводах трансформатора буде пропорційна напрузі на його первинних виводах. Метрологічні характеристики силового трансформатора, як вимірювального перетворювача високої напруги, можна охарактеризувати, як і метрологічні характеристики ТН, похибками по напрузі  $f_U$  та куту  $\delta$  [13]:

$$f_U = \frac{K_{\text{ном}} U_2 - U_1}{U_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

$$\delta = \widehat{U_1, U_2}, \quad (2)$$

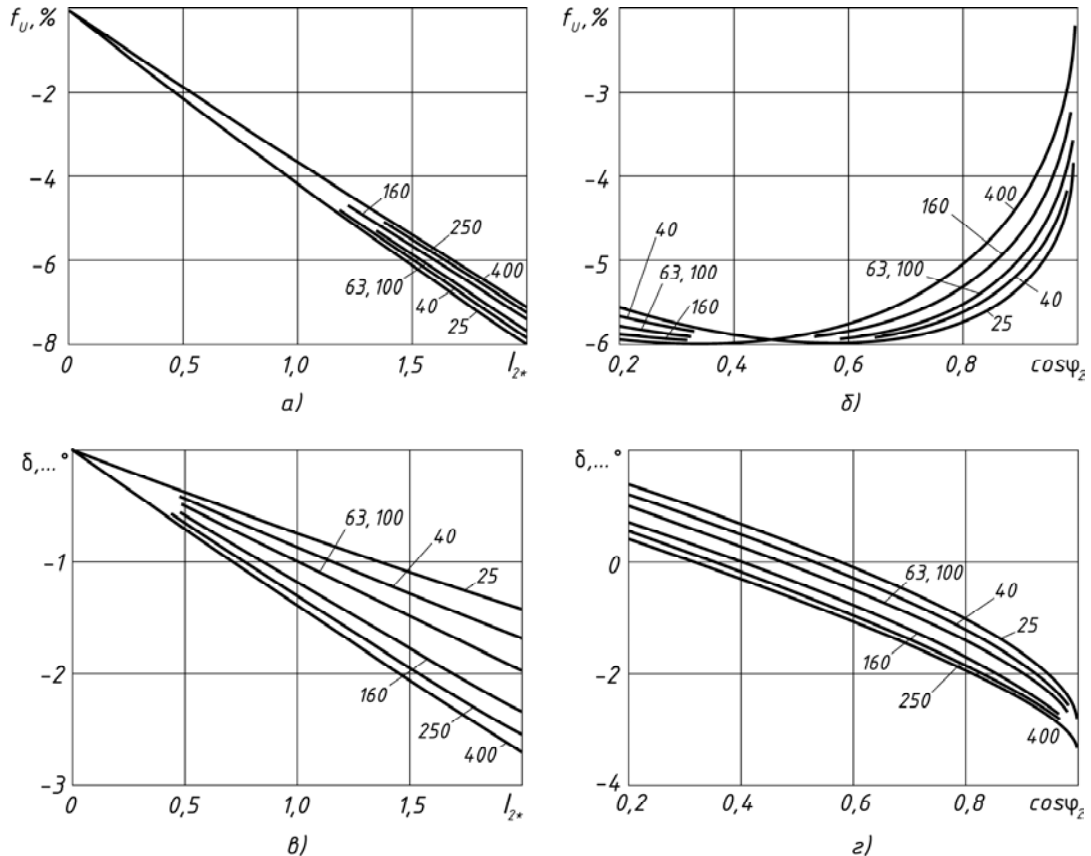
де  $K_{\text{ном}}$  — номінальний коефіцієнт трансформації трансформатора;

$U_1, U_2$  — відповідно первинна та вторинна напруги на виводах трансформатора.

Очевидно, що похибки по напрузі та куту будуть залежати (рис. 1) від струму навантаження трансформатора (вторинного струму  $I_2$ ) та його характеру (коефіцієнта потужності  $\cos\varphi_2$ ). Як видно з рис. 1, метрологічні характеристики силових трансформаторів відповідають класу точності 6Р для трансформаторів напруги [14]. Якщо компенсувати спад напруги в силовому трансформаторі в залежності від струму його навантаження, можна отримати вимірювальний перетворювач напруги з наперед заданою точністю, як це запропоновано в [15, 16].

Суть запропонованого методу вимірювання напруги полягає в наступному: оскільки силовий трансформатор на підстанції підключається первинними виводами на високу напругу  $U_1$ , то приведена напруга на вторинній стороні дорівнюватиме

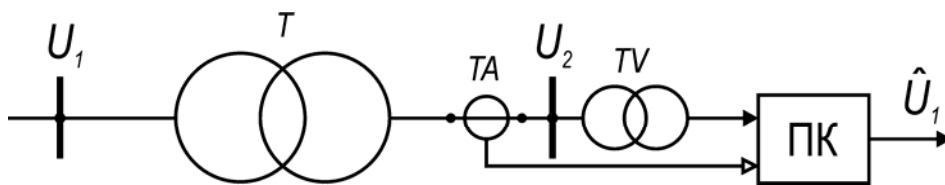
первинній напрузі за вирахуванням спаду напруги в обмотках трансформатора. Отже, додавши до певним чином змаштабованого значення напруги на вторинній стороні  $U_2$  значення спаду напруги в трансформаторі можна отримати значення напруги на первинних виводах, тобто значення шуканої високої напруги  $\hat{U}_1$ . Спад напруги в трансформаторі визначається розрахунковим шляхом, за даними вторинного струму і параметрів схеми заміщення силового трансформатора.



Цифри біля кривих — номінальна потужність трансформатора, кВ·А.  
 Для а, в —  $\cos \varphi_2 = 0,8$ ; для б, г —  $I_{2*} = 1,4$ .

Рисунок 1 — Похибки по напрузі (а, б) та куту (в, г) силових трансформаторів серії ТМ ( $U_{ном} = 10$  кВ) в залежності від відносного вторинного струму та коефіцієнта потужності

Функціональна схема запропонованої вимірювальної системи наведена на рис. 2. Пристрій компенсації (ПК), забезпечує підсумовування приведеної вторинної напруги і спаду напруги в трансформаторі, а також їх масштабування.



$T$  — силовий трансформатор;  $TA$  — вимірювальний перетворювач струму;  $TV$  — вимірювальний перетворювач напруги;  $ПК$  — пристрій компенсації.

Рисунок 2 — Функціональна схема системи вимірювання високої напруги

Система вимірювання високої напруги повинна забезпечувати неспотворену передачу сигналу як в ustalених так і в перехідних режимах роботи електричної мережі, які характеризуються зміною сигналу в широких межах як по рівню так і по частоті. Отже для оцінки метрологічних характеристик системи вимірювання доцільно обрати представлення сигналів в частотній області, тобто дослідити частотні характеристики системи. Для цього необхідно: 1) визначити передавальні функції окремих елементів системи; 2) скласти структурну схему системи вимірювання; 3) визначити її передавальну функцію; 4) за відомою передавальною функцією побудувати амплітудно-частотну (АЧХ) та фазо-частотну (ФЧХ) характеристики.

Передавальні функції силового трансформатора за напругою  $W_{TU}(s)$  та струмом  $W_{TI}(s)$  [17]:

$$W_{TU}(s) = \frac{U_2(s)}{U_1(s)} = \frac{a_5s^5 + a_4s^4 + a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s}{b_5s^5 + b_4s^4 + b_3s^3 + b_2s^2 + b_1s + b_0}, \quad (3)$$

$$W_{TI}(s) = \frac{I_2(s)}{U_1(s)} = W_{TU}(s) \frac{1}{R_n + sL_n}, \quad (4)$$

де  $U_1(s), U_2(s)$  — зображення первинної та приведеної вторинної напруги відповідно;

$a_1, \dots, a_5, b_0, \dots, b_5$  — коефіцієнти, які визначаються за значеннями параметрів повної Г-подібної схеми заміщення силового трансформатора, із врахуванням власних і взаємних ємностей обмоток [17];

$I_2(s)$  — зображення приведенного вторинного струму;

$R_n, L_n$  — відповідно активний опір та індуктивність навантаження, приведені до первинної напруги.

Передавальні функції вимірювальних перетворювачів напруги  $W_{TV}(s)$  та струму  $W_{TI}(s)$  в загальному випадку визначаються за методикою наведеною у [18]. В першому наближенні можна прийняти, що

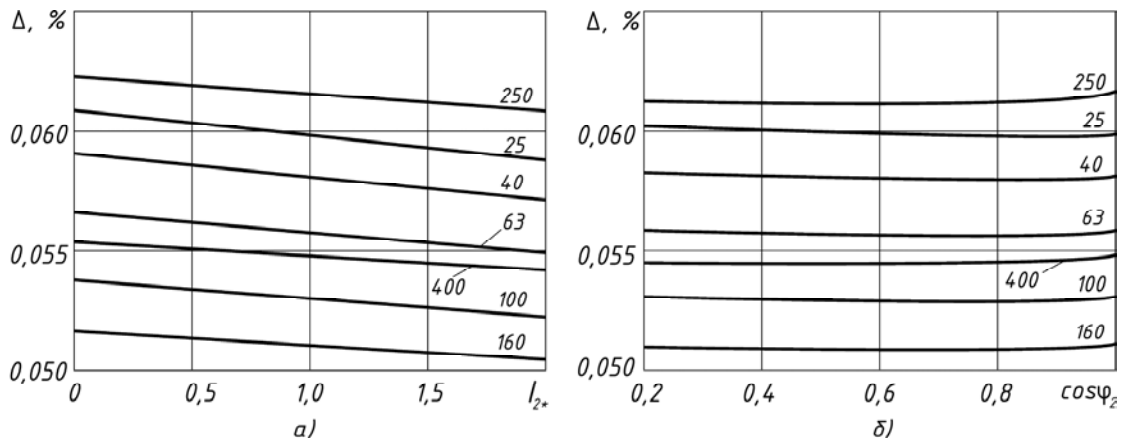
$$W_{TV}(s) = K_U = 1 + f_U; \quad (5)$$

$$W_{TI}(s) = K_I = 1 + f_I;$$

де  $f_U, f_I$  — похибки вимірювальних перетворювачів напруги та струму відповідно (у відносних одиницях).

Пристрій компенсації може мати або аналогове або цифрове виконання. В подальшому будемо розглядати аналогове виконання ПК.

Структурну схему ПК можна визначити із Г-подібної схеми заміщення силового трансформатора. Вибір саме такої схеми заміщення обумовлено, по-перше, легкістю визначення параметрів її елементів за паспортними даними трансформатора, по-друге, досить малою розбіжністю (рис. 3) при розрахунках первинної напруги за відомим значенням вторинної напруги за Г- та Т-подібними схемами заміщення трансформатора.



Цифри біля кривих — номінальна потужність трансформатора, кВ·А.  
Для *a* —  $\cos \varphi_2 = 0,8$ ; для *б* —  $I_{2*} = 1,4$ .

Рисунок 3 — Відносна різниця значень первинної напруги розрахованих за Т- та Г-подібними схемами заміщення силового трансформатора

Виходячи з Г-подібної схеми заміщення (рис. 4) первинна напруга  $u_1$  буде визначатись як

$$u_1(t) = u'_2(t) + \Delta u(t) = u'_2(t) + R_T i(t) + L_T \frac{di(t)}{dt}, \quad (6)$$

де  $u_1(t)$  — миттєве значення первинної напруги;

$u'_2(t)$  — миттєве значення приведеної вторинної напруги;

$\Delta u(t)$  — миттєве значення спаду напруги в трансформаторі;

$i(t)$  — миттєве значення струму трансформатора;

$R_T, L_T$  — відповідно активний опір та індуктивність трансформатора.

Для визначення структурної схеми ПК рівняння (6) представимо в операторній формі:

$$U_1(s) = U'_2(s) + \Delta U(s) = U'_2(s) + I(s)(R_T + sL_T) = U'_2(s) + I(s)W_{ПК}(s). \quad (7)$$

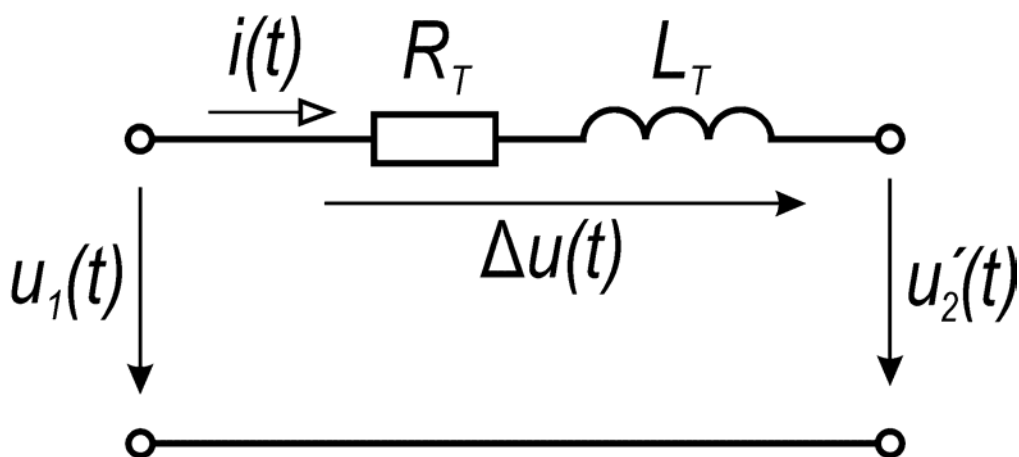


Рисунок 4 — Г-подібна схема заміщення силового трансформатора (гілку намагнічування не показано)

З останнього рівняння видно, що структурна схема ПК буде мати вигляд наведений на рис. 5, ланка розрахунку спаду напруги  $\Delta u$  в силовому трансформаторі за значенням струму  $i$  буде мати передавальну функцію, яка відповідає форсованій ланці:

$$W_{ПК}(s) = \frac{\Delta U(s)}{I(s)} = R_T + sL_T. \quad (8)$$

Загальна структурна схема вимірювальної системи наведена на рис. 6.

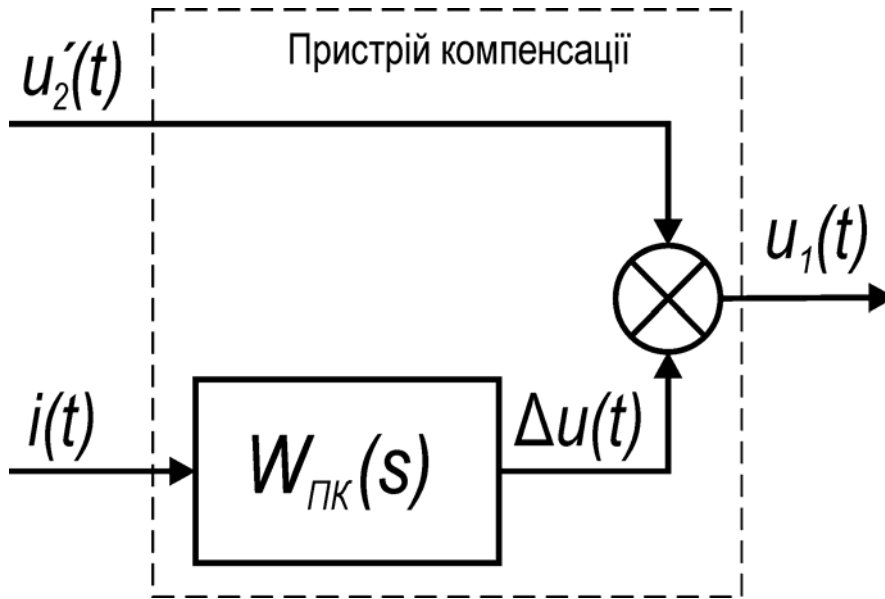


Рисунок 5 — Структурна схема ПК

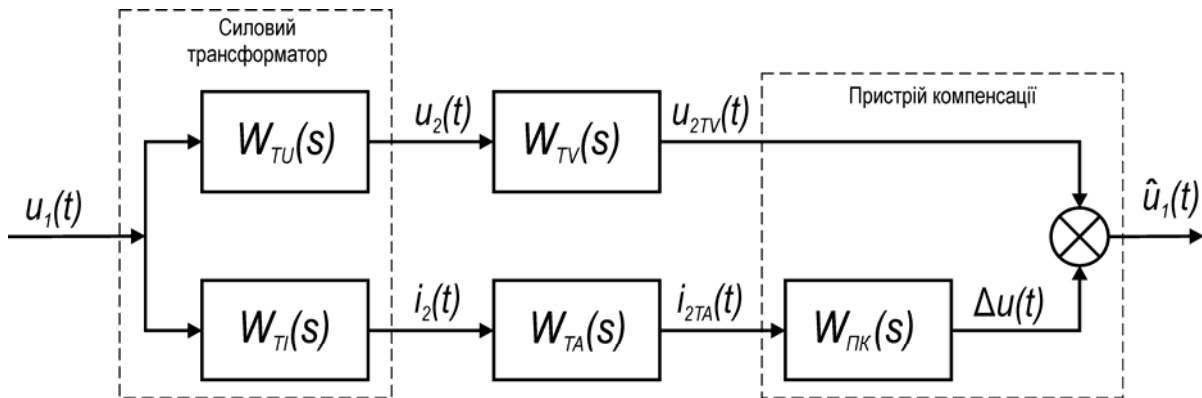


Рисунок 6 — Структурна схема системи вимірювання високої напруги

Передавальна функція вимірювальної системи згідно структурної схеми (масштабні коефіцієнти не враховано, так як вони взаємокомпенсуються):

$$W(s) = \frac{\hat{U}_1(s)}{U_1(s)} = W_{TU}(s)W_{TV}(s) + W_{TI}(s)W_{TA}(s)W_{ПК}(s). \quad (9)$$

Амплітудно-частотна  $A(\omega)$  та фазо-частотна  $\varphi(\omega)$  характеристики системи вимірювання визначаються з (9) за відомими виразами [19] шляхом підстановки  $s = j\omega$ :

$$W(s) = W(j\omega) = M(\omega) + jN(\omega);$$

$$A(\omega) = |W(j\omega)| = \frac{|\hat{U}_1(j\omega)|}{|U_1(j\omega)|} = \sqrt{M^2(\omega) + N^2(\omega)}; \quad \varphi(\omega) = \arctg \frac{N(\omega)}{M(\omega)}. \quad (10)$$

АЧХ та ФЧХ суть похибок системи вимірювання по напрузі та куту відповідно на різних частотах.

В якості прикладу розглянемо частотні характеристики системи вимірювання на базі силового трансформатора ТМ–100/10 ( $P_2 = 100$  кВт,  $\cos\varphi_2 = 1$ ). Прийнемо, що клас точності первинних вимірювальних перетворювачів струму та напруги дорівнює 0,5, тобто  $f_U = f_I = 0,005$ .

Опір та індуктивність навантаження, приведені до напруги 10 кВ:

$$R_n = 1000 \text{ Ом}, \quad L_n = 0.$$

Опір та індуктивність трансформатора (визначаються за паспортними даними):

$$R_r = 21,2 \text{ Ом}, \quad L_r = \frac{X_r}{\omega} = \frac{39,7}{314} = 0,1264 \text{ Гн}.$$

Передавальні функції силового трансформатора за напругою та струмом (визначаються за методикою наведеною в [17] при наступних параметрах:  $r_1 = r_2' = 10,6$  Ом,  $L_1 = L_2' = 0,0632$  Гн,  $r_\mu = 2,959 \cdot 10^5$  Ом,  $L_\mu = 122,43$  Гн,  $C_1 = 2,34 \cdot 10^{-10}$  Ф,  $C_2' = 3,4 \cdot 10^{-11}$  Ф,  $C_{12} = 1 \cdot 10^{-12}$  Ф):

$$W_{TU}(s) = \frac{4,888 \cdot 10^{-10} s^4 + 0,004579 s^3 + 0,7683 s^2 + 3,622 \cdot 10^{10} s}{1,711 \cdot 10^{-8} s^4 + 0,649 s^3 + 4,586 \cdot 10^6 s^2 + 3,701 \cdot 10^{10} s + 3,169 \cdot 10^9},$$

$$W_{TI}(s) = \frac{4,888 \cdot 10^{-13} s^4 + 4,579 \cdot 10^{-6} s^3 + 0,0007683 s^2 + 3,622 \cdot 10^7 s}{1,711 \cdot 10^{-8} s^4 + 0,649 s^3 + 4,586 \cdot 10^6 s^2 + 3,701 \cdot 10^{10} s + 3,169 \cdot 10^9}.$$

Передавальні функції вимірювальних перетворювачів напруги та струму за (5):

$$W_{TV}(s) = 0,995; \quad W_{TA}(s) = 0,995.$$

Передавальна функція ланки обчислення спаду напруги:

$$W_{ПК}(s) = 0,1264s + 21,2.$$

Передавальна функція системи вимірювання (при скороченні однакових полюсів та нулів):

$$W(s) = \frac{3,592 \cdot 10^{-6} s^5 + 33,68 s^4 + 2,776 \cdot 10^5 s^3 + 2,662 \cdot 10^{14} s^2 + 2,151 \cdot 10^{18} s}{s^4 + 3,794 \cdot 10^7 s^3 + 2,681 \cdot 10^{14} s^2 + 2,163 \cdot 10^{18} s + 1,853 \cdot 10^{17}}. \quad (11)$$

АЧХ і ФЧХ системи вимірювання напруги, побудовані за (11), представлені на рис. 7. Як видно, система володіє стабільними характеристиками в діапазоні частот від 0,1 до  $10^4$  Гц і має, в даному випадку, клас точності 1,0 в цьому діапазоні частот, що відповідає сучасним вимогам до первинних вимірювальних перетворювачів [20]. Слід підкреслити, що метрологічні характеристики системи залежать від метрологічних характеристик вимірювальних перетворювачів струму та напруги, що є темою подальших досліджень.

### Висновки

1) Проведений аналіз сучасних засобів вимірювання високої напруги в електричних мережах виявив, що трансформатори напруги не володіють достатньою надійністю, а шляхи підвищення надійності та якості ТН цілком не вирішують проблеми пошкоджуваності останніх.

2) Силові трансформатори з номінальною напругою 10 кВ володіють класом точності 6Р, а підвищення їх класу точності можна досягти шляхом компенсації спаду напруги в них.

3) Запропонована система вимірювання високої напруги на базі силового трансформатора, дозволяє визначати первинну напругу трансформатора за значенням вторинної напруги з урахуванням спаду напруги в трансформаторі.

4) Аналіз частотних характеристик запропонованої системи показав, що вона

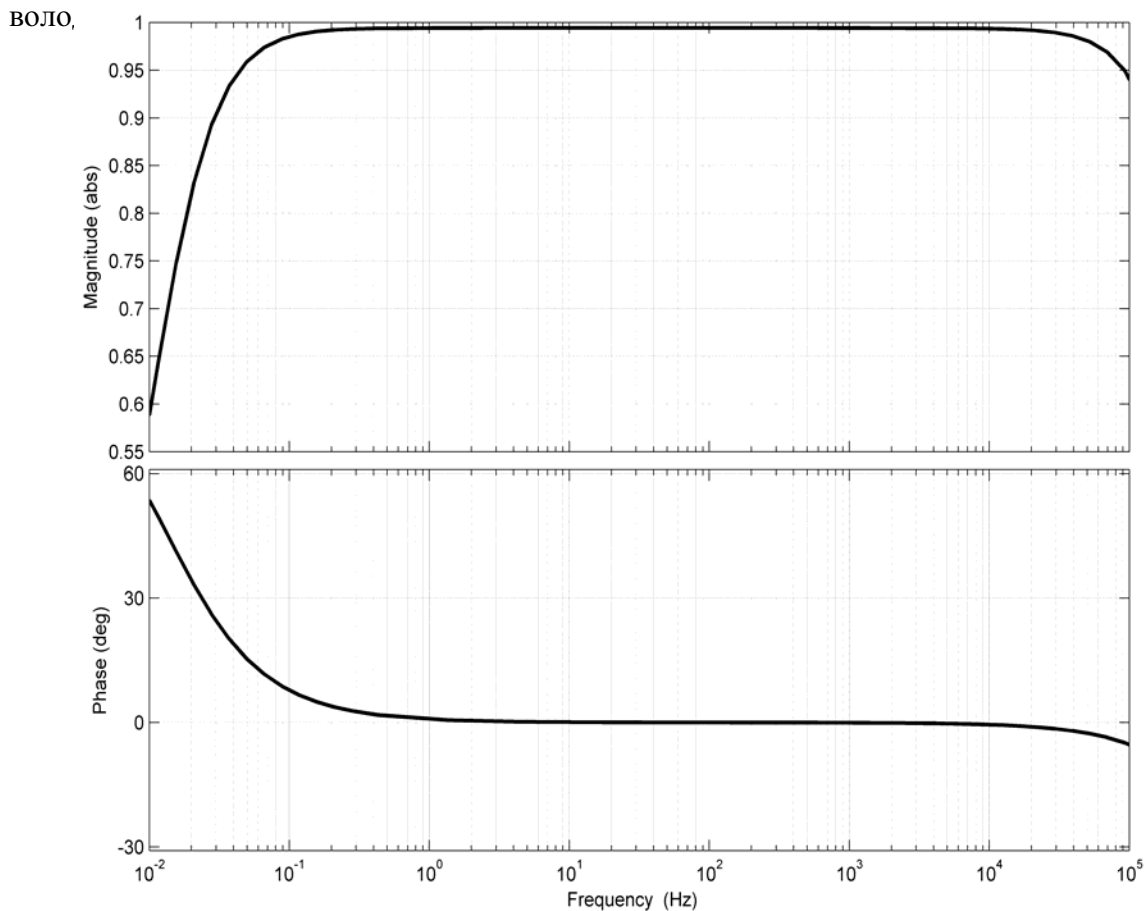


Рисунок 7 — Теоретична частотна характеристики вимірювальної системи на базі трансформатора ТМ–100/10



## Список літератури

1. Парахуда Р. Н. Информационно-измерительные системы / Р. Н. Парахуда, Б. Я. Литвинов. — СПб.: СЗТУ, 2002. — 74 с.
2. Федосеев А. М. Релейная защита электроэнергетических систем. Релейная защита сетей / А. М. Федосеев. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 520 с.
3. Раскулов Р. Ф. Трансформаторы напряжения 3–35 кВ. Метрологические функции первичны [Электронный ресурс] / Р. Ф. Раскулов // Новости электротехники. — 2006. — №4. — Режим доступа: [www.news.elteh.ru/arh/2006/42/12.php](http://www.news.elteh.ru/arh/2006/42/12.php).
4. Зихерман М. Х. Трансформаторы напряжения для сетей 6–10 кВ. Причины повреждаемости. [Электронный ресурс] / М. Х. Зихерман // Новости электротехники. — 2004. — №1. — Режим доступа: [www.news.elteh.ru/arh/2004/25/10.php](http://www.news.elteh.ru/arh/2004/25/10.php).
5. Железко Ю. С. Потери электроэнергии в оборудовании сетей и подстанций [Электронный ресурс] / Ю. С. Железко // Новости электротехники. — 2003. — №6. — Режим доступа: [www.news.elteh.ru/arh/2003/24/10.php](http://www.news.elteh.ru/arh/2003/24/10.php).
6. Эткинд Л. Л. Защита трансформаторов напряжения в сетях 3–35 кВ. Необходимо изменить режим заземления нейтрали [Электронный ресурс] / Л. Л. Эткинд // Новости электротехники. — 2003. — №5. — Режим доступа: [www.news.elteh.ru/arh/2003/23/06.php](http://www.news.elteh.ru/arh/2003/23/06.php).
7. Нагорный П. Д. Измерительные трансформаторы напряжения и контроль изоляции в сетях 6–35 кВ / П. Д. Нагорный, В. В. Назаров // Промышленная энергетика. — 2002. — №3. — С. 22–23.
8. Шаргородский В. Л. Автоколебательный процесс — причина повреждения трансформаторов напряжения / В. Л. Шаргородский // Электрические станции. — 1963. — №5. — С. 59–64.
9. Эткинд Л. Л. Повреждаемость трансформаторов напряжения. Необходимо бороться с причинами, а не с последствиями [Электронный ресурс] / Л. Л. Эткинд, Р. Ф. Раскулов // Новости электротехники. — 2003. — №6. — Режим доступа: [www.news.elteh.ru/arh/2003/24/14.php](http://www.news.elteh.ru/arh/2003/24/14.php).
10. Зихерман М. Х. Антирезонансные трансформаторы напряжения. Перспективы развития. [Электронный ресурс] / М. Х. Зихерман // Новости электротехники. — 2007. — №2. — Режим доступа: [www.news.elteh.ru/arh/2007/44/14.php](http://www.news.elteh.ru/arh/2007/44/14.php).
11. Желтиков Е. А. Об опыте предупреждения повреждений трансформаторов напряжения контроля изоляции в сетях 6–10 кВ / Е. А. Желтиков, В. Б. Дынкин, В. Ш. Бунин // Электрические станции. — 1982. — №9. — С. 70–71.
12. Андреев В. А. Контроль изоляции в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью без использования трансформаторов напряжения // Изв. вузов. Энергетика. — 1985. — №4. — С. 8–13.
13. Электрическая часть станций и подстанций : [учебн. для вузов] / А. А. Васильев, И. П. Крючков, Е. Ф. Наяшкова, М. Н. Околович; под ред. А. А. Васильева. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 576 с.
14. Трансформаторы напряжения. Общие технические условия: ГОСТ 1983–2001 — [Действующий от 2003–01–01]. — Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2006. — 32 с.
15. Пат 49575 МПК G01R 19/00. Спосіб вимірювання первинної напруги силового трансформатора на підстанції / Кубкін М.В.; заявник та патентовласник Кіровоградський національний технічний університет. — №u200912030; заявл. 23.11.2009; опубл. 26.04.2010, Бюл. №8.
16. Пат 58303 МПК G01R 19/00. Спосіб вимірювання первинної напруги силового трансформатора на підстанції / Кубкін М.В.; заявник та патентовласник Кіровоградський національний технічний університет. — №u201010950; заявл. 13.09.2010; опубл. 11.04.2011, Бюл. №7.
17. Плешков П. Г. Частотні характеристики силових трансформаторів/ П. Г. Плешков, М. В. Кубкін, В. В. Зінзура // Вісник ХДТУСГ ім. П.Василенка. Техн. науки. Випуск 116. «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» — Харків: ХНТУСГ, 2011 — С.124–126.
18. Ванин В. К. Релейная защита на элементах вычислительной техники / В. К. Ванин, Г. М. Павлов. — Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1991. — 336 с.
19. Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. Пер. с англ. Б. И. Копылова. — М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. — 832 с.
20. Булычев А. В. Релейная защита нового поколения. Требования к первичным преобразователям сигналов [Электронный ресурс] / А. В. Булычев // Новости электротехники. — 2010. — №5. — Режим доступа: [www.news.elteh.ru/arh/2010/65/07.php](http://www.news.elteh.ru/arh/2010/65/07.php).

*М. Кубкин*

### **Система измерения высокого напряжения и ее метрологические характеристики**

В статье изложены основы нового способа измерения высокого напряжения на подстанциях энергосистемы, который заключается в компенсации падения напряжения в силовом трансформаторе, что дает возможность по значению вторичного напряжения находить первичное напряжение. Определена передаточная функция измерительной системы, на основании которой получены ее частотные характеристики. Определен частотный диапазон работы системы.

*M. Kubkin*

### **High voltage measuring system and its metrological performance**

The article centers on the analysis of metrological performance of high voltage measuring system. The principle assumed as the basis for system operation is the compensation of voltage drop in power transformer, so that the primary voltage can be calculated through the secondary voltage. Frequency range of the system operation is evaluated.

Одержано 06.04.12

**УДК 004.772**

**В.В. Сидоренко, проф., д-р техн. наук, В.Ю. Малаховський, студент**  
*Кіровоградський національний технічний університет*

## **Програмований просторовий інтерфейс управління принтером**

Статтю присвячено розробці програмованого просторового інтерфейсу управління принтером, зв'язок між яким та комп'ютером реалізовано за допомогою набору мережевих протоколів верхнього рівня, що використовують невеликі за розміром, малопотужні цифрові трансивери, що базуються на стандарті IEEE 802.15.4.

**програмований просторовий інтерфейс, принтер, ZigBee, функціональна схема**

**Актуальність теми дослідження.** Бездротовий зв'язок, який реалізовано за допомогою стандарту IEEE 802.15.4, дає змогу організувати управління та зв'язок між декількома кінцевими пристроями з одного, головного пристрою управління. Зазначена технологія відрізняється за ощадним енергоспоживанням, дає змогу встановити трансивер на будь-який цифровий пристрій, особливо на такий, що живиться за допомогою акумулятора. Питання розробки спеціалізованого інтерфейсу, яким можна застосувати для управління принтером та іншої периферії, з врахуванням зазначених можливостей, а надзвичайно актуальним.

**Постановка проблеми.** Головною проблемою зазначеної технології є її невисока ступінь розповсюдження, принципова новизна (останню специфікацію було затверджено лише 2007 року), потреба у деталізації окремих положень, висока ціна елементної бази. Існує нагальна потреба у поширенні спеціальної літератури. Відсутні конкретні некомерційні розробки з розкриттям сутності, принципів дії інтерфейсу,

© В.В. Сидоренко, В.Ю. Малаховський, 2012