

Бржезицький В. О.,
Гаран Я. О.

КОРИГУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВИСОКОВОЛЬТНОГО ВИПРОБУВАЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Досліджено залежність характеристик серійного високовольтного випробувального трансформатора ИОМ-100/25 з вимірювальною обмоткою від характеру навантаження. Визначено причину впливу ємнісного навантаження на похибку вимірювання високої напруги даного типу трансформаторів. Запропоновано методу коригування похибки вимірювання високої напруги, визначеної за допомогою вимірювальної обмотки ИОМ-100/25.

Ключові слова: випробувальний трансформатор, індуктивність розсіювання, ємнісний струм, компенсація індуктивного спадання напруги.

1. Вступ

Високовольтні випробувальні трансформатори призначені для використання у складі високовольтних випробувальних установок постійної, змінної або імпульсної напруги [1]. Випробувальні установки високої напруги необхідні для тестування електричної міцності високовольтної ізоляції, що забезпечує безаварійність роботи високовольтного електрообладнання. Високовольтні випробувальні трансформатори, які входять до складу таких випробувальних установок, є підвищувальними трансформаторами спеціальної конструкції. Різні типові конструкції високовольтних випробувальних трансформаторів, які використовуються в цих установках, розглянуті детально в [1]. Серед закордонних видань, в яких детально розглядаються високовольтні випробувальні трансформатори, їх схеми заміщення та їх використання у складі високовольтних випробувальних установок, можна відзначити [2].

Згідно [1, 2], випробувальні трансформатори виконують, як правило, однофазними з твердою, рідинною або газовою ізоляцією, здатними витримувати численні замикання на стороні навантаження без пошкоджень. Для отримання надвисоких напруг змінного струму використовують конструкції випробувальних трансформаторів з каскадом з двох обмоток на одному дво-стрижневому магнітопроводі, або з певною кількістю таких послідовних каскадів на кількох магнітопроводах, виконаних у окремих корпусах. Для отримання високих напруг постійного струму, або високих імпульсних напруг, використовують схеми Кокрофта-Уолтона та Маркса, відповідно (або інші схеми) [2], що живляться від випробувальних трансформаторів.

Для вимірювання високих випробувальних напруг всіх видів, що необхідно для контролю якості випробування об'єктів, використовують різноманітні високовольтні засоби вимірювальної техніки: кіловольметри, трансформатори напруги, сферичні розрядники, подільники напруги [3, 4].

У 60-х роках минулого сторіччя на підприємстві «Лененерго» колишнього СРСР було налагоджено випуск серійних випробувальних трансформаторів ИОМ-100/25 з вимірювальною обмоткою, які поєднували в одній конструкції випробувальний трансформатор та індуктивний подільник напруги, за допомогою якого вимірювали високу напругу на об'єкті випробувань. Це дозволяло значно скоротити як витрати на високовольтне електрообладнання, яке використовується для випробувань, так і зменшити площі, які необхідні для проведення таких випробувань.

Не зважаючи на здавалося б беззаперечні переваги такої конструкції над аналогічними випробувальними трансформаторами, цей трансформатор ИОМ-100/25 був знятий з виробництва й у подальшому випускався на підприємстві «Московський електро завод» вже без вимірювальної обмотки. На територіях держав, які входили до складу колишнього СРСР, існує багато високовольтних лабораторій, в яких досі використовуються як трансформатори ИОМ-100/25 з вимірювальною обмоткою, так і ці самі трансформатори без вимірювальної обмотки. Крім того, високовольтні випробувальні трансформатори з вимірювальною обмоткою використовуються також в ряді зарубіжних країн. Як показали експериментальні дослідження [5], коефіцієнт масштабного перетворення вимірюваної за допомогою вимірювальної обмотки трансформатора ИОМ-100/25 випробувальної напруги суттєво залежить від характеру навантаження й відмінність його фактичного значення від номінального може перевищувати 12 % [5].

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Публікації вітчизняних та закордонних науковців стосуються здебільшого питань вимірювальних трансформаторів напруги та інших високовольтних вимірювальних засобів, оскільки в світовій практиці прийнято розділяти високовольтні випробувальні і вимірювальні засоби. Типові конструкції випробувальних трансформаторів, які застосовуються у високовольтних випробувальних установках, детально розглянуті в [2]. В [2] наведені як самі конструкції випробувальних трансформаторів, включаючи їх застосування в високовольтних каскадах трансформаторів, так і схеми заміщення, які враховують характер навантаження таких трансформаторів. Також застосування випробувальних трансформаторів у схемах високої напруги розглянуті в [6]. Автор [6] пропонує схеми заміщення випробувальних трансформаторів

з двома первинними (низьковольтними) обмотками, з'єднаними послідовно та паралельно, а також схему з частиною високовольтної обмотки, яка використовується для каскадного з'єднання випробувальних трансформаторів. В [6] також зазначається, що розрахунок характеристик випробувального трансформатора за його схемою заміщення подібний до розрахунку характеристик трансформатора напруги. Також в цій статті автор наводить приклади застосування випробувальних трансформаторів, як виконаних окремо, так і у складі високовольтних випробувальних установок.

Не зважаючи на досить ґрунтовний огляд конструкцій високовольтних випробувальних трансформаторів, методик розрахунку їх характеристик та проблем, пов'язаних з експлуатацією цих електричних апаратів, не було знайдено джерел, в яких приділялась би увага проблемам високовольтних випробувальних трансформаторів з вимірювальною обмоткою, точності вимірювання високої випробувальної напруги за допомогою вимірювальної обмотки таких трансформаторів. Дана ситуація дає підстави для дослідження питань і проблем, викладених авторами в [5], та пошуку відповідних рішень. Тому запропоноване дослідження є актуальним.

3. Об'єкт, ціль та задачі дослідження

Об'єкт дослідження — складові струмів та напруг в обмотках високовольтних випробувальних трансформаторів.

Виконані на кафедрі техніки і електрофізики високих напруг НТУУ «КПІ» теоретичні та експериментальні дослідження високовольтного випробувального трансформатора ИОМ-100/25 з вимірювальною обмоткою мали за мету визначити шляхи підвищення точності вимірювання високої випробувальної напруги за допомогою вимірювальної обмотки ИОМ-100/25 для різних типів його навантаження.

Для досягнення мети досліджень вирішувались наступні задачі:

- визначення розподілу напруг і струмів як в обмотках ИОМ-100/25 з вимірювальною обмоткою, так і на об'єкті випробування;
- знаходження методів впливу на розподіл напруг вздовж високовольтної (включаючи вимірювальну) обмотки випробувального трансформатора ИОМ-100/25, з урахуванням характеру струму в навантаженні (об'єкті випробування).

4. Матеріали та методи дослідження впливу характеру струму навантаження високовольтного випробувального трансформатора ИОМ-100/25 з вимірювальною обмоткою на розподіл напруг по його високовольтній та вимірювальній обмотках

4.1. Досліджувані матеріали та обладнання, що використовувались в експериментальних дослідженнях. В експериментальних дослідженнях були використані наступне високовольтне та вимірювальне електрообладнання кафедри ТЕВН НТУУ «КПІ»:

- високовольтний випробувальний трансформатор ИОМ-100/25 з вимірювальною обмоткою ви-

робництва «Ленэнерго», зав. № 9581279, 1958 року випуску;

- еталонний вимірювач високої напруги ВВН-0,8-100М з похибкою вимірювання до $\pm 0,5\%$ високої напруги змінного струму на частоті 50 Гц в діапазоні від 0,8 до 100 кВ, вхідною ємністю 73 пФ та вхідним опором 238 МОм (метрологічно атестований Державним підприємством «Укрметртестстандарт»);
- батарея високовольтних конденсаторів загальною ємністю 15,4 нФ, розрахована на напругу до 100 кВ змінного струму частоти 50 Гц;
- ланка послідовно з'єднаних високовольтних резисторів загальним опором 217 кОм, розрахованих на загальну напругу до 100 кВ змінного струму частоти 50 Гц;
- вольтметр В7-24А, атестований з класом точності 0,5 на змінній напрузі промислової частоти 50 Гц;
- магазини ємностей P5025;
- допоміжні контрольно-вимірювальні прилади та обладнання.

4.2. Методика визначення фактичного коефіцієнту масштабного перетворення високої випробувальної напруги за допомогою вимірювальної обмотки ИОМ-100/25. Для визначення фактичного коефіцієнту масштабного перетворення високої випробувальної напруги, яка вимірюється за допомогою вимірювальної обмотки ИОМ-100/25, було виконано дослідження високої випробувальної напруги на виході ИОМ-100/25 та напруги на виході вимірювальної обмотки ИОМ-100/25 за умови холостого ходу ИОМ-100/25, за умови активного та ємнісного навантаження.

У відповідності до викладеного в [5] було проведено ряд експериментів з установкою, принципова схема якої наведена на рис. 1. Напруга на вхід досліджуваного ИОМ-100/25 подавалась за допомогою автотрансформатора типу РНО. За допомогою вольтметра В7-24А вимірювалась напруга на вимірювальній обмотці ИОМ-100 (в усіх експериментах). Вихідна висока випробувальна напруга в першій серії експериментів вимірювалась вимірювачем високої напруги ВВН-0,8-100М при відключеному навантаженні. В другій серії експериментів паралельно ВВН-0,8-100М до виходу ИОМ-100/25 було підключене ємнісне навантаження 15,4 нФ. Номінальний коефіцієнт ділення $K_{дном}$ для вимірювальної обмотки ИОМ-100/25 становить 1000.

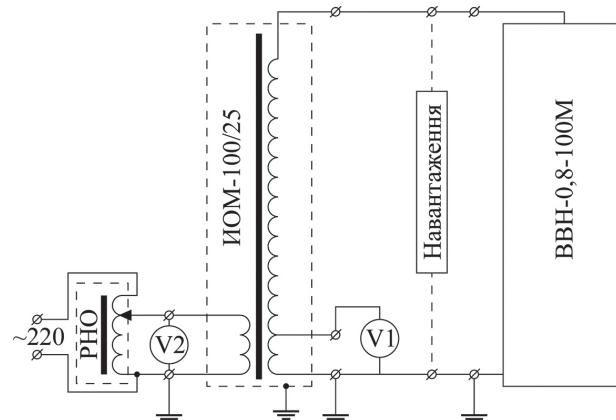


Рис. 1. Схема експериментального дослідження високовольтного випробувального трансформатора ИОМ-100/25 з вимірювальною обмоткою

Результати вимірювання напруг за схемою на рис. 1 вимірювачем ВВН-0,8-100М та вольтметром V1 для режиму холостого ходу ИОМ-100/25 наведені в табл. 1, результати вимірювань з ємнісним навантаженням — наведені у табл. 2, результати вимірювань з активним навантаженням наведені в табл. 3. Також в цих таблицях наведені фактичні значення похибки F_U визначення високої напруги за допомогою вимірювальної обмотки ИОМ-100/25, розраховані за формулою:

$$F_U = \frac{U_{V1} \cdot K_{дном} - U_{ВВН-0,8-100М}}{U_{ВВН-0,8-100М}} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

де U_{V1} — напруга на вимірювальній обмотці; $U_{ВВН-0,8-100М}$ — напруга на виході ИОМ-100/25, виміряна за допомогою еталонного вимірювача високих напруг ВВН-0,8-100М. Додатково в табл. 1–3 зазначені напруги U_{V2} на вході ИОМ-100/25, які контролювались вольтметром V2, згідно схеми рис. 1.

Таблиця 1

Результати дослідження ИОМ-100/25 на холостому ході

U_{V2} , В	$U_{ВВН-0,8-100М}$, кВ	U_{V1} , В	F_U , %
10,0	4,857	4,91	1,0912
19,5	9,758	9,87	1,1478
30,4	15,087	15,26	1,1467
41,5	20,72	20,97	1,2066
52,25	25,998	26,31	1,2001
61,0	30,44	30,76	1,0512
70,0	34,991	35,3	0,8831
81,5	40,739	41,17	1,0580
94,0	46,908	47,33	0,8996
102,0	50,905	51,31	0,7956
113,7	56,765	57,29	0,9249
125,0	62,31	62,75	0,7061
134,7	67,27	67,69	0,6243
142,5	71,08	71,39	0,4361
155,0	77,3	77,49	0,2458
164,6	81,91	82,16	0,3052
175,0	87,17	87,15	-0,0229
184,0	91,5	91,5	0,0000
194,2	96,41	96,13	-0,2904
202,6	100,47	100,05	-0,4180

Таблиця 2

Результати дослідження ИОМ-100/25 з ємнісним навантаженням

U_{V2} , В	$U_{ВВН-0,8-100М}$, кВ	U_{V1} , В	F_U , %
11	4,33	4,85	12,0092
27,2	9,37	10,52	12,2732
38,2	12,99	14,6	12,3941
55,2	18,74	21,09	12,5400
65	22,01	24,81	12,7215
78,7	26,62	29,97	12,5845

Таблиця 3

Результати дослідження ИОМ-100/25 з активним навантаженням

U_{V2} , В	$U_{ВВН-0,8-100М}$, кВ	U_{V1} , В	F_U , %
11,3	5,256	5,27	0,2664
21,6	9,871	10	1,3069
32,7	14,869	15,03	1,0828
45,5	20,364	20,67	1,5027
56,5	25,243	25,83	2,3254

Зменшена кількість експериментів дослідження ИОМ-100/25 при підключенні до його виходу активного та ємнісного навантаження пояснюється значним споживанням потужності, на яку не розрахований автотрансформатор РНО, який регулює напругу на низьковольтній обмотці ИОМ-100/25 за схемою на рис. 1.

Апроксимовані графічні залежності похибок визначення високої напруги з використанням вимірювальної обмотки ИОМ-100/25 від напруги, згідно табл. 1–3, представлені на рис. 2.

Графік залежності похибки визначення високої напруги ИОМ-100/25 для ємнісного навантаження свідчить про їх неприпустимо високі значення (у випадку використання вимірювальної обмотки трансформатора в режимі значного ємнісного навантаження), що також було відзначено в [5].

Для перевірки можливості коригування похибки визначення високої напруги ИОМ-100/25 були виконані додаткові експериментальні дослідження ИОМ-100/25 за зміненою схемою експерименту, згідно рис. 3.



Рис. 2. Графіки залежностей похибки визначення високої напруги ИОМ-100/25 з використанням його вимірювальної обмотки для різних режимів навантаження

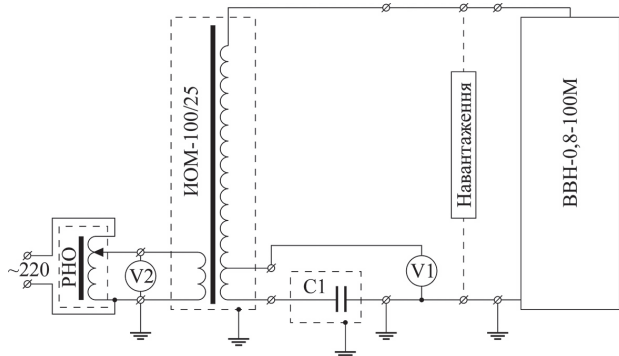


Рис. 3. Схема додаткового дослідження характеристик ІОМ-100/25 з використанням ємності в колі вимірювальної обмотки

На схемі рис. 3 в якості ємності С1 використані два магазини ємностей Р5025, з'єднані паралельно. Всі інші елементи схеми відповідають складовим експерименту за рис. 1.

5. Результати експериментальних досліджень можливості коригування похибки визначення високої випробувальної напруги ІОМ-100/25 за допомогою його вимірювальної обмотки при різних навантаженнях

В результаті серії експериментів з вибором значення ємності С1 були одержані дані, аналогічні за змістом тим, що містяться у табл. 1–3, але визначені за схемою рис. 3. Результати експериментальних досліджень ІОМ-100/25 з вимірювальною обмоткою за схемою рис. 3 наведені в табл. 4–6.

Таблиця 4

Результати дослідження ІОМ-100/25 на холостому ході, у відповідності до схеми рис. 3

$U_{V2}, В$	$U_{ВВН-0,8-100М}, кВ$	$U_{V1}, В$	$F_{ц}, \%$
14,1	7,141	7,19	0,6862
20,75	10,39	10,46	0,6737
32	16,037	16,17	0,8293

Закінчення табл. 4

$U_{V2}, В$	$U_{ВВН-0,8-100М}, кВ$	$U_{V1}, В$	$F_{ц}, \%$
48,25	23,907	24,11	0,8491
64	31,783	32,03	0,7771
73	36,435	36,73	0,8097
89	44,513	44,84	0,7346
101,5	50,661	51,07	0,8073
108,5	54,15	54,52	0,6833
114	57,16	57,57	0,7173
127	63,19	63,5	0,4906

Таблиця 5

Результати дослідження ІОМ-100/25 з ємнісним навантаженням, у відповідності до схеми рис. 3

$U_{V2}, В$	$U_{ВВН-0,8-100М}, кВ$	$U_{V1}, В$	$F_{ц}, \%$
7,5	5,641	5,63	-0,1950
15,75	10,728	10,74	0,1119
21,25	14,476	14,49	0,0967
29,25	19,887	19,91	0,1157
36,75	25,007	25,05	0,1720

Таблиця 6

Результати дослідження ІОМ-100/25 з активним навантаженням, у відповідності до схеми рис. 3

$U_{V2}, В$	$U_{ВВН-0,8-100М}, кВ$	$U_{V1}, В$	$F_{ц}, \%$
3	2,25	2,21	-1,7778
6	4,035	4	-0,8674
16,75	7,651	7,63	-0,2745
22	10,022	10,02	-0,0200
31,5	14,305	14,3	-0,0350
44	19,858	19,87	0,0604
53,75	24,352	24,35	-0,0082

Апроксимовані графічні залежності похибок визначення високої напруги з використанням вимірювальної обмотки ІОМ-100/25 від напруги, згідно табл. 4–6, представлена на рис. 4.

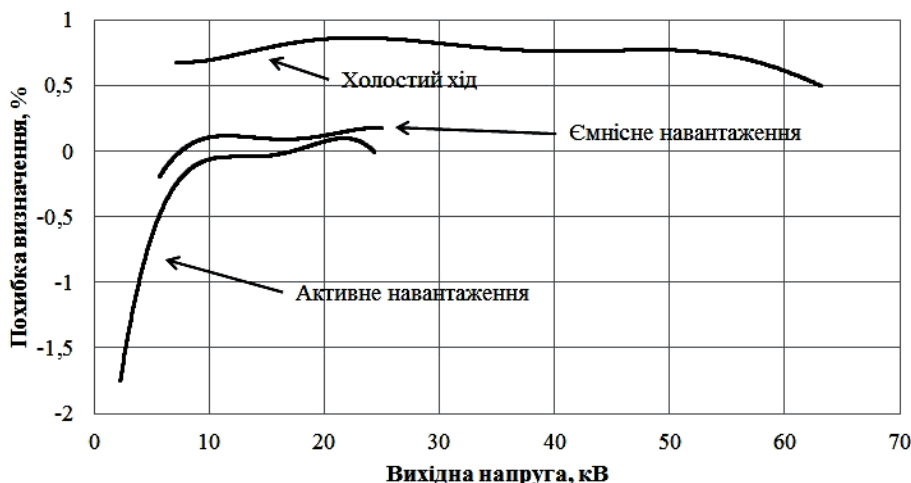


Рис. 4. Графіки залежностей похибки визначення високої напруги ІОМ-100/25 для різних режимів його навантаження при використанні в колі вимірювальної обмотки ємності за рис. 3 (С1 = 130 мкФ)

Графіки на рис. 4 свідчать, що похибки визначення високої напруги трансформатора ИОМ-100/25 за допомогою його вимірювальної обмотки при ємнісному навантаженні суттєво зменшились, причому відповідні похибки для режиму холостого ходу та активного навантаження суттєво не змінилися. Обмеження діапазону досліджень вихідних випробувальних напруг під навантаженням, як і в експериментах за схемою рис. 1, визначено обмеженою потужністю автотрансформатора РНО, який використовувався в схемі за рис. 3 для досліджень ИОМ-100/25.

6. Обговорення результатів дослідження можливості коригування похибки визначення високої напруги ИОМ-100/25 за допомогою його вимірювальної обмотки при різному навантаженні

Питання роботи трансформаторів з різним навантаженням (активним, ємнісним, індуктивним) досліджується досить давно. Наприклад, в [7] авторами розглянуто вплив режиму холостого ходу, активного, активно-індуктивного та активно-ємнісного навантаження на гармонічний склад синусоїдальної напруги на виході низьковольтного трансформатора. Хоча метою авторів [7] було визначення активних втрат в трансформаторах за різних типів навантаження, в їх роботі можна простежити, наскільки спотворюються криві напруги та струму у випадку ємнісного навантаження трансформатора.

Сучасні дослідження підтверджують, що навіть трансформація високої напруги майже без навантаження високовольтним вимірювальним трансформатором призводить до суттєвого спотворення гармонічних складових його вхідної високої напруги, що підтверджують дослідники можливості використання високовольтних трансформаторів в якості масштабних перетворювачів високої напруги в комплексах визначення показників якості електроенергії в статтях [8, 9]. В [9] також визначена причина спотворення синусоїдальності вихідного сигналу напруги трансформатора — насичення його магнітної системи. Зазначені впливи в конструкціях електромагнітних трансформаторів на спотворення вхідної та вихідної напруги є несуттєвими для пояснення результатів експериментів, зазначених у табл. 1–6. Належне пояснення результатів експериментів може бути досягнуто з використанням векторних діаграм струмів та напруг навантаженого трансформатора за умов різного характеру навантаження, викладених в [10, 11].

Для пояснення зміни пропорційності вихідних напруг на високовольтній обмотці ИОМ-100/25 та на його вимірювальної обмотці за умови ємнісного навантажен-

ня (рис. 2, табл. 2), необхідно розглянути відповідні векторні діаграми напруг та струмів ИОМ-100/25. На рис. 5 представлені векторні діаграми струмів та напруг для високовольтної обмотки ИОМ-100/25 (з урахуванням встановлення ємності С1, згідно рис. 3) для випадку ємнісного навантаження (рис. 5, а) та активного навантаження (рис. 5, б).

На рис. 5 Φ_{Σ} позначений результуючий магнітний потік ИОМ-100/25; I_2 — струм у вторинній обмотці; I'_2 — струм у вторинній обмотці, приведений до кількості витків первинної обмотки; E'_2 — приведена ЕРС вторинної обмотки; U'_2 — приведена напруга на вторинній обмотці; $I'_2 R'_2$ — спадання напруги від активних втрат у вторинній обмотці; $I'_2 (X'_2 - Xc'_2)$ — спадання напруги від реактивних втрат у вторинній обмотці; X'_2 — реактивний опір вторинної обмотки, викликаний потоками розсіювання; Xc'_2 — реактивний опір ємності С1 за рис. 3.

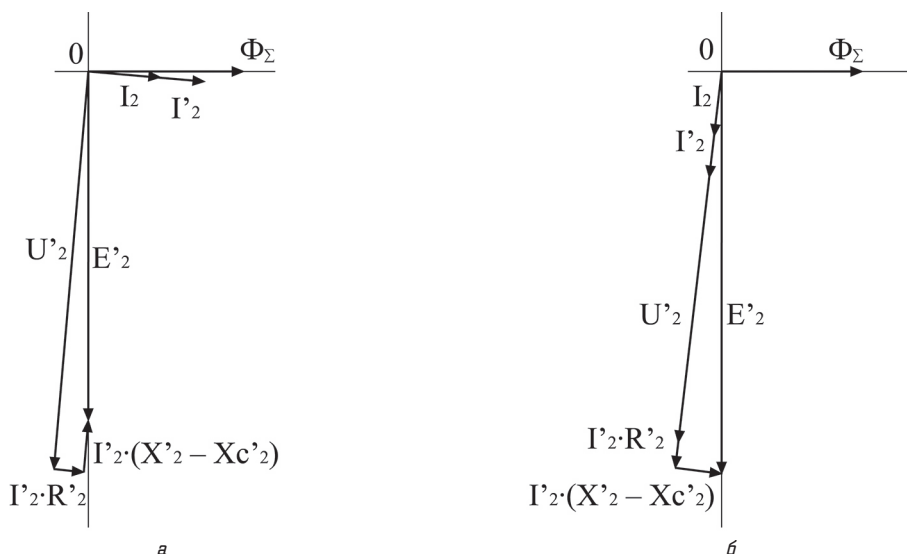


Рис. 5. Векторна діаграма струмів та напруг вторинної (високовольтної) обмотки ИОМ-100/25 у випадку підключення ємності С1 у відповідності до рис. 3: а — ємнісне навантаження ИОМ-100/25; б — активне навантаження ИОМ-100/25

Оскільки кут між векторами E'_2 та U'_2 є незначним, зміна значення реактивного опору Xc'_2 у схемі рис. 5, а суттєво впливає на зміну напруги U'_2 , а у схемі рис. 5, б зміна цього ж реактивного опору майже не впливає на зміну напруги U'_2 . Оскільки ємність С1 за рис. 3 ввімкнена послідовно з вимірювальною обмоткою ИОМ-100/25, найбільший вплив ємнісного опору С1 припадає саме на вимірювальну обмотку, що надає можливість коригувати значенням цієї ємності співвідношення напруг на вимірювальній обмотці ИОМ-100/25 та на всій його високовольтній обмотці. Режим холостого ходу ИОМ-100/25 можна розглядати як окремий випадок режиму активного навантаження ИОМ-100/25, при якому вторинна напруга та ЕРС вторинної обмотки практично співпадають, тому впливом ємності С1 на розподіл напруг вздовж високовольтної обмотки ИОМ-100/25 можна нехтувати.

Слід відзначити, що конструкція досліджуваного ИОМ-100/25 допускає можливість стаціонарного встановлення ємності між низьковольтним відводом високовольтної обмотки (що є також низьковольтним відводом

вимірювальної обмотки) та заземлюваним корпусом трансформатора без необхідності виймання активної частини трансформатора з баку, тому використання ємності С1, відповідно до схеми рис. 3, у схемах вимірювання високої випробувальної напруги ИОМ-100/25 (та аналогічних трансформаторів) за допомогою вимірювальної обмотки захищено відповідним патентом України [12].

Застосування схеми за рис. 3 для високовольтних випробувальних трансформаторів з вимірювальною обмоткою дозволяє скористатися перевагами цих трансформаторів – виконання в одному корпусі джерела високої випробувальної напруги та засобу вимірювання цієї напруги.

7. Висновки

Досліджені характеристики високовольтного випробувального трансформатора ИОМ-100/25 з вимірювальною обмоткою за різних режимів його навантаження з використанням еталонної вимірювальної апаратури.

Вперше визначені причини різкого збільшення похибки вимірювання високої випробувальної напруги ИОМ-100/25 за допомогою його вимірювальної обмотки в режимі значного ємнісного навантаження.

Запропоновані запатентовані зміни в схемі ИОМ-100/25 з вимірювальною обмоткою, які дозволяють суттєво підвищити точність вимірювання високої випробувальної напруги ИОМ-100/25 за допомогою його вимірювальної обмотки при різних режимах навантаження.

Експериментально підтверджено покращення показників точності ИОМ-100/25 з вимірювальною обмоткою у разі використання запропонованих змін його схеми.

Література

1. Авруцкий, В. А. Испытательные и электрофизические установки. Техника эксперимента [Текст]: учебное пособие / В. А. Авруцкий, И. П. Кузнецкий, Е. Н. Чернов. — М.: МЭИ, 1983. — 264 с.
2. Kuffel, E. Preface to First Edition [Text] / E. Kuffel, W. Zaengal // High Voltage Engineering Fundamentals. — Elsevier, 2000. — 539 p. doi:10.1016/b978-075063634-6/50001-0
3. Дымков, А. М. Трансформаторы напряжения [Текст] / А. М. Дымков. — М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. — 192 с.
4. Степанчук, К. Ф. Техника высоких напряжений [Текст]: учеб. пос. для электроэнерг. спец. ВТУЗов / К. Ф. Степанчук, Н. А. Тиняков. — Мн.: Выш. школа, 1982. — 367 с.
5. Бржезицький, В. О. Особливості характеристик високовольтних випробувальних трансформаторів [Текст] / В. О. Бржезицький, Я. О. Гаран // Електротехніка і електромеханіка. — 2010. — № 1. — С. 36–37.
6. Tułodziecki, B. High voltage test transformers, construction, design and their application in HV testing system [Text] / B. Tułodziecki // Przegląd Elektrotechniczny. — 2011. — Vol. 87, № 1. — P. 195–198.
7. Biricik, S. A Method for Power Losses Evaluation in Single Phase Transformers under Linear and Nonlinear Load Conditions [Text] / S. Biricik, Ö. C. Özderem // Przegląd Elektrotechniczny. — 2011. — Vol. 87, № 12. — P. 74–77.

8. Kaczmarek, M. Application of Instrument Transformers in Power Quality Assessment [Text] / M. Kaczmarek, R. Nowicz // Modern Electric Power Systems (MEPS). Proceedings of the International Symposium. — Wroclaw, Poland, 2010. — P. 34–38.
9. Daut, I. Magnetizing Current, Harmonic Content and Power Factor as the Indicators of Transformer Core Saturation [Text] / I. Daut, S. Hasan, S. Taib // Journal of Clean Energy Technologies. — 2013. — Vol. 1, № 4. — P. 304–307. doi:10.7763/jocet.2013.v1.69
10. Heathcote, M. J. The J & P Transformer Book [Text] / M. J. Heathcote. — Oxford: Newnes, 1998. — 945 p. doi:10.1016/B978-0-408-00494-7.50001-7
11. Грудинский, П. Г. Электротехнический справочник [Текст] / П. Г. Грудинский, Г. Н. Петрова, М. М. Соколова, А. М. Федосеева, М. Г. Чиликина и др. — М.: Энергия, 1974. — Том 1. — 776 с.
12. Високовольтний випробувальний трансформатор [Текст]: Патент України № 102864: МПК H01F 38/20, H01F 38/24 / Бржезицький В. О., Гаран Я. О.; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». — № 201103746; заявл. 28.03.2011; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 16. — 4 с.

КОРРЕКТИРОВКА ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Исследована зависимость характеристик серийного высоковольтного испытательного трансформатора ИОМ-100/25 с измерительной обмоткой от характера нагрузки. Определена причина влияния емкостной нагрузки на погрешность измерения высокого напряжения данного типа трансформаторов. Предложена методика корректировки погрешности измерения высокого напряжения, определенного с помощью измерительной обмотки ИОМ-100/25.

Ключевые слова: испытательный трансформатор, индуктивность рассеяния, емкостный ток, компенсация индуктивного падения напряжения.

Бржезицький Володимир Олександрович, доктор технічних наук, професор, виконавач обов'язків завідувача кафедри техніки і електрофізики високих напруг, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, e-mail: brzhezitsky@mail.ru.

Гаран Ярослав Олександрович, інженер, кафедра техніки і електрофізики високих напруг, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна, e-mail: garan@ua.fm.

Бржезицький Владимир Александрович, доктор технических наук, профессор, исполняющий обязанности заведующего кафедрой техники и электрофизики высоких напряжений, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина.

Гаран Ярослав Александрович, инженер, кафедра техники и электрофизики высоких напряжений, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Украина.

Brzhezitskyi Volodymyr, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: brzhezitsky@mail.ru.

Haran Yaroslav, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: garan@ua.fm