



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ТРАНСФОРМАТОРИ ВИМІРЮВАЛЬНІ

Частина 2. Трансформатори напруги індуктивні
(IEC 60044-2:2003, IDT)

ДСТУ IEC 60044-2:2008

БЗ № 3–2008/63

Київ
ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ
2010

ПЕРЕДМОВА

1 ВНЕСЕНО: Державне підприємство «Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів» (ДП «Укрметртестстандарт») Держспоживстандарту України

ПЕРЕКЛАД І НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ РЕДАГУВАННЯ: **В. Копшин**, канд. техн. наук

2 НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Держспоживстандарту України від 4 березня 2008 р. № 85 з 2010–01–01

3 Національний стандарт відповідає IEC 60044-2:2003 Instrument transformers — Part 2: Inductive voltage transformers (Вимірювальні трансформатори. Частина 2. Трансформатори напруги індуктивні)

Ступінь відповідності — ідентичний (IDT)

Переклад з англійської (en)

4 НА ЗАМІНУ ДСТУ ГОСТ 1983–2003 у частині індуктивних трансформаторів напруги

Право власності на цей документ належить державі.
Відтворювати, тиражувати і розповсюджувати його повністю чи частково
на будь-яких носіях інформації без офіційного дозволу заборонено.
Стосовно врегулювання прав власності треба звертатися до Держспоживстандарту України

Держспоживстандарт України, 2010

ЗМІСТ

	С.
Національний вступ	VII
1 Загальні положення	1
1.1 Сфера застосування	1
1.2 Нормативні посилання	1
2 Терміни та визначення понять	2
2.1 Загальні терміни та визначення понять	2
2.2 Додаткові визначення для однофазних індуктивних трансформаторів напруги для захисту	5
3 Загальні вимоги	5
4 Нормальні та спеціальні умови експлуатації	5
4.1 Нормальні умови експлуатації	5
4.2 Спеціальні умови експлуатації	6
4.3 Системи уземлення	6
5 Номінальні значення	6
5.1 Стандартні значення номінальної напруги	6
5.2 Стандартні значення номінальної потужності	7
5.3 Стандартні значення номінального коефіцієнта підвищення напруги	7
5.4 Межі перевищення температури	8
6 Конструктивні вимоги	9
6.1 Вимоги до ізоляції	9
6.2 Стійкість до короткого замикання	13
6.3 Вимоги до механічної дії	13
7 Класифікація випробувань	14
7.1 Випробування типу	15
7.2 Приймально-здавальні випробування	15
7.3 Спеціальні випробування	15
8 Випробування типу	15
8.1 Випробування на нагрівання	15
8.2 Випробування на стійкість до короткого замикання	15
8.3 Випробування первинної обмотки імпульсною напругою	16
8.4 Випробування трансформаторів зовнішнього встановлення вологою	17
8.5 Вимірювання напруги радіозавод	17

9	Приймально-здавальні випробування	18
9.1	Перевіряння маркування виводів	18
9.2	Випробування первинних обмоток на стійкість до напруги промислової частоти та вимірювання часткових розрядів	19
9.3	Випробування на стійкість до напруги промислової частоти між секціями та вторинними обмотками	20
10	Спеціальні випробування	20
10.1	Випробування первинної обмотки напругою зрізаного імпульсу	20
10.2	Вимірювання ємності і тангенса кута діелектричних втрат	21
10.3	Механічні випробування	21
10.4	Вимірювання передаваних перенапруг	22
11	Маркування	23
11.1	Маркування заводської таблички	23
11.2	Маркування виводів	23
12	Вимоги до точності однофазних індуктивних трансформаторів напруги для вимірювання	23
12.1	Позначки класу точності трансформаторів напруги для вимірювання	23
12.2	Границі похибки напруги і кутової похибки трансформаторів напруги для вимірювання	23
12.3	Випробування типу на точність трансформаторів напруги для вимірювання	24
12.4	Приймально-здавальні випробування на точність трансформаторів напруги для вимірювання	24
12.5	Маркувальна заводська табличка трансформатора напруги для вимірювання	24
13	Додаткові вимоги до однофазних індуктивних трансформаторів напруги для захисту	25
13.1	Позначки класу точності трансформаторів напруги для захисту	25
13.2	Границі похибки напруги і кутової похибки трансформаторів напруги для захисту	25
13.3	Номинальні напруги вторинних обмоток напруги нульової послідовності	25
13.4	Потужність вторинних обмоток напруги нульової послідовності	25
13.5	Клас точності вторинних обмоток напруги нульової послідовності	26
13.6	Випробування типу трансформаторів напруги для захисту	26
13.7	Приймально-здавальні випробування трансформаторів напруги для захисту	27
13.8	Маркувальна заводська табличка трансформатора напруги для захисту	27
	Рисунок 1 Поправкові коефіцієнти на висоту встановлення над рівнем моря	27
	Рисунок 2 Випробувальна схема для вимірювання часткових розрядів	28
	Рисунок 3 Варіант випробувальної схеми для вимірювання часткових розрядів	28
	Рисунок 4 Приклад балансової випробувальної схеми для вимірювання часткових розрядів	28

Рисунок 5 Приклад схеми калібрування для вимірювання часткових розрядів	29
Рисунок 6 Однофазний трансформатор з повністю ізольованими виводами та однією вторинною обмоткою	29
Рисунок 7 Однофазний трансформатор з нейтральним первинним виводом зі зменшеною ізоляцією та однією вторинною обмоткою	29
Рисунок 8 Трифазна група з однією вторинною обмоткою	29
Рисунок 9 Однофазний трансформатор з двома вторинними обмотками	30
Рисунок 10 Трифазна група з двома вторинними обмотками	30
Рисунок 11 Однофазний трансформатор з однією вторинною обмоткою з відгалуженнями	30
Рисунок 12 Трифазна група з однією вторинною обмоткою з відгалуженнями	30
Рисунок 13 Однофазний трансформатор з двома вторинними обмотками з відгалуженнями	31
Рисунок 14 Однофазний трансформатор з однією обмоткою напруги нульової послідовності	31
Рисунок 15 Трифазний трансформатор з однією обмоткою напруги нульової послідовності	31
Рисунок 16 Приклад типової заводської таблички	31
Рисунок 17 Вимірювальна схема	18
Рисунок 18 Вимірювання передаваних перенапруг: випробувальна схема та елегазова випробувальна установка	32
Рисунок 19 Вимірювання передаваних перенапруг: загальний вигляд випробувальної установки	32
Рисунок 20 Вимірювання передаваних перенапруг: форми випробувальних імпульсів	33
Таблиця 1 Категорії трансформаторів за температурою	5
Таблиця 2 Стандартні значення номінального коефіцієнта підвищення напруги	7
Таблиця 3 Межі перевищення температури обмоток	8
Таблиця 4 Унормовані рівні ізоляції первинних обмоток трансформаторів з найвищою напругою обладнання $U_m < 300$ кВ	10
Таблиця 5 Унормовані рівні ізоляції первинних обмоток трансформаторів з найвищою напругою обладнання $U_m \geq 300$ кВ	11
Таблиця 6 Витримувана напруга промислової частоти первинних обмоток трансформаторів з найвищою напругою обладнання $U_m \geq 300$ кВ	11
Таблиця 7 Випробувальна напруга часткових розрядів і допустимі рівні	12
Таблиця 8 Довжина шляху струму спливу	13
Таблиця 9 Витримувані статичні випробувальні навантаги	14
Таблиця 10 Способи прикладання випробувальних навантаж до первинних лінійних виводів	21

Таблиця 11 Границі похибки напруги і кутової похибки трансформаторів напруги для вимірювання	24
Таблиця 12 Границі похибки напруги і кутової похибки трансформаторів напруги для захисту	25
Таблиця 13 Номінальні напруги вторинних обмоток напруги нульової послідовності	26
Таблиця 14 Межі передаваної перенапруги	14
Додаток НА Перелік національних стандартів, згармонізованих чи розроблених на основі міжнародних стандартів, на які є посилання в цьому стандарті	33

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожний переклад ІЕС 60044-2:2003 Instrument transformers — Part 2: Inductive voltage transformers (Вимірювальні трансформатори. Частина 2. Трансформатори напруги індуктивні).

Технічний комітет, відповідальний за цей стандарт, — ТК 90 «Засоби вимірювання електричних і магнітних величин».

Стандарт має вимоги, які відповідають чинному законодавству України.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

— слова «цей міжнародний стандарт», «ця частина ІЕС 60044» замінено на «цей стандарт»;
 — структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Передмову», «Національний вступ», першу сторінку, «Терміни та визначення понять» і «Бібліографічні дані» — оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;

— у розділі 2 «Нормативні посилання» наведено «Національне пояснення», виділене рамкою;

— виправлено помилки в посиланнях оригіналу, а саме:

- у 4.3 а) «2.1.20» замінено на «2.1.21»;
- у 4.3 b) «2.1.23» замінено на «2.1.24»;
- у 4.3 с) «2.1.25» замінено на «2.1.26»;
- у 4.3 с) 1) «2.1.21» замінено на «2.1.22»;
- у 4.3 с) 2) «2.1.22» замінено на «2.1.23»;
- у таблиці 2 «2.1.20» замінено на «2.1.21»;
- у таблиці 2 «2.1.23» замінено на «2.1.24»;
- у 6.1.7 «струму» замінено на «напруги»;
- на рисунку 4 « C_{a1} » замінено на « C_{a1} або C_k ».

У цьому стандарті є посилання на ІЕС 60050(321) та ІЕС 60270, які впроваджено в Україні як національні стандарти. Перелік їх наведено в додатку НА. CISPR 18-2:1986, на який є посилання в цьому стандарті, перебуває на стадії впровадження в Україні як національний стандарт.

Решту стандартів, на які є посилання в цьому стандарті, в Україні не впроваджено й чинних замість них немає. Копії їх можна отримати в Головному фонді нормативних документів.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ТРАНСФОРМАТОРИ ВИМІРЮВАЛЬНІ

Частина 2. Трансформатори напруги індуктивні

ТРАНСФОРМАТОРЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ

Часть 2. Трансформаторы напряжения индуктивные

INSTRUMENT TRANSFORMERS

Part 2. Inductive voltage transformers

Чинний від 2010-01-01

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Сфера застосування

Цей стандарт поширюється на нові індуктивні трансформатори напруги, які застосовують з електричними вимірювальними приладами і електричними захисними пристроями в діапазоні частот від 15 Гц до 100 Гц.

Хоча стандарт стосується в основному трансформаторів з окремими обмотками, його також можна поширити, де це доречно, на автотрансформатори. Цей стандарт не поширюється на лабораторні трансформатори.

Примітка. Спеціальні вимоги до трифазних трансформаторів напруги не включено в цей стандарт але, оскільки це важливо, то вимоги розділів 3—11 поширюються на ці трансформатори, і декілька посилань на них включено в ці розділи (наприклад, 2.1.4, 5.1.1, 5.2 і 11.2).

Розділ 13 охоплює вимоги і випробування додатково до наведених у розділах 3—12, необхідні для однофазних трансформаторів напруги для захисту. Вимоги розділу 13 поширюються зокрема на трансформатори, які мають забезпечувати захист, зберігаючи достатню точність за напруги, яка виникає за умови пошкодження.

1.2 Нормативні посилання

Наведені нижче нормативні документи є необхідними для застосування цього стандарту. У разі датованих посилань застосовують лише зазначене видання стандарту. У разі недатованих посилань застосовують останнє видання нормативного документа (разом з усіма змінами):

IEC 60028:1925 International standard of resistance for copper

IEC 60038:1983 IEC standard voltage

IEC 60050(321):1986 International Electrotechnical Vocabulary — Chapter 321: Instrument transformers

IEC 60060-1:1989 High-voltage test techniques — Part 1: General definitions and test requirements

IEC 60071-1:1993 Insulation co-ordination — Part 1: Definitions, principles and rules

IEC 60085:1984 Thermal evaluation and classification of electrical insulation

IEC 60270:1981 Partial discharge measurements

IEC 60721: Classification of environmental conditions

IEC 60815:1986 Guide for selection of insulators in respect of polluted conditions

CISPR 18-2:1986 Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment — Part 2: Methods of measurements and procedure for determining limits.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

ІЕС 60028:1925 Міжнародний стандарт на опір міді

ІЕС 60038:983 Стандартні напруги за ІЕС

ІЕС 60050(321):1986 Міжнародний електротехнічний словник (ІЕВ). Частина 321. Вимірювальні трансформатори

ІЕС 60060-1:1989 Методика випробування високою напругою. Частина 1. Загальні визначення та вимоги до випробувань

ІЕС 60071-1:1993 Координація ізоляції. Частина 1. Визначення, принципи та правила

ІЕС 60085:1984 Оцінення нагрівостійкості та класифікація електричної ізоляції

ІЕС 60270:1981 Вимірювання часткових розрядів

ІЕС 60721 Класифікація умов, створюваних зовнішніми чинниками

ІЕС 60815:1986 Настанова щодо вибору ізоляторів для роботи в умовах забрудненості

CISPR 18-2:1986 Характеристики радіозавад повітряних ліній електропостачання та високовольтного обладнання. Частина 2. Методи вимірювання та процедури визначення норм.

2 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цьому стандарті вжито наведені нижче терміни та визначення позначених ними понять.

2.1 Загальні терміни та визначення понять

2.1.1 вимірювальний трансформатор (*instrument transformer*)

Трансформатор, призначений для живлення вимірювальних приладів, лічильників, реле та іншої аналогічної апаратури

[ІЕВ 321-01-01 змінений]

2.1.2 трансформатор напруги (*voltage transformer*)

Вимірювальний трансформатор, в якому вторинна напруга за нормальних умов застосування практично пропорційна первинній напрузі і для відповідного з'єднання відрізняється від неї за фазою на кут, що приблизно дорівнює нулю

[ІЕВ 321-03-01]

2.1.3 неугрунтований трансформатор напруги (*unearthed voltage transformer*)

Трансформатор напруги, у якого всі частини первинної обмотки, включаючи виводи, ізолювано від землі до рівня, що відповідає своєму унормованому рівню ізоляції

2.1.4 уземлюваний трансформатор напруги (*earthed voltage transformer*)

Однофазний трансформатор напруги, у якого один кінець первинної обмотки призначено для безпосереднього уземлення, або трифазний трансформатор напруги, у якого загальну точку, з'єднаної в зірку первинної обмотки, призначено для безпосереднього уземлення

2.1.5 первинна обмотка (*primary winding*)

Обмотка, до якої прикладають напругу, що підлягає трансформації

2.1.6 вторинна обмотка (*secondary winding*)

Обмотка, що живить кола напруги вимірювальних приладів, лічильників, реле або іншої аналогічної апаратури

2.1.7 вторинне коло (*secondary circuit*)

Зовнішнє коло, що живиться від вторинної обмотки трансформатора

2.1.8 номінальна первинна напруга (*rated primary voltage*)

Первинна напруга, значення якої наведено в заводській табличці трансформатора і визначає його характеристики

[ІЕВ 321-01-12 змінений]

2.1.9 номінальна вторинна напруга (*rated secondary voltage*)

Вторинна напруга, значення якої наведено в заводській табличці трансформатора і визначає його характеристики

[ІЕВ 321-01-16 змінений]

2.1.10 дійсний коефіцієнт трансформації (*actual transformation ratio*)

Відношення дійсної первинної напруги до дійсної вторинної напруги

[ІЕВ 321-01-18 змінений]

2.1.11 номінальний коефіцієнт трансформації (*rated transformation ratio*)

Відношення номінальної первинної напруги до номінальної вторинної напруги
[IEV 321-01-20 змінений]

2.1.12 похибка напруги; похибка відношення (*voltage error (ratio error)*)

Похибка, яку трансформатор вносить до вимірювання напруги і яка виникає в результаті того, що дійсний коефіцієнт трансформації не дорівнює номінальному коефіцієнту трансформації.

[IEV 321-01-22 змінений]

Похибку напруги виражають у відсотках та розраховують за формулою:

$$\text{похибка напруги} = \frac{K_n \cdot U_s - U_p}{U_p} \cdot 100,$$

де K_n — номінальний коефіцієнт трансформації;

U_p — дійсна первинна напруга;

U_s — дійсна вторинна напруга, яка відповідає U_p за умов вимірювання

2.1.13 кутова похибка (*phase displacement*)

Різниця фаз між векторами первинної та вторинної напруги, причому напрямки векторів вибрано таким, що для ідеального трансформатора кут дорівнює нулю.

[IEV 321-01-23 змінений]

Кутову похибку вважають позитивною, якщо вектор вторинної напруги випереджає вектор первинної напруги. Зазвичай її виражають у хвилинах або сантирадіанах.

Примітка. Це визначення вважають строго правильним лише для синусоїдних напруг

2.1.14 клас точності (*accuracy class*)

Характеристика, встановлена для трансформатора напруги, похибки якого перебувають у встановлених границях за передбачених умов застосування

2.1.15 навантага (*burden*)

Повна електрична провідність вторинного кола, виражена в сименсах, із зазначенням коефіцієнта потужності (індуктивного або ємнісного).

Примітка. Навантагу зазвичай характеризують повною потужністю у вольт-амперах за визначеного коефіцієнта потужності та за номінальної вторинної напруги

2.1.16 номінальна навантага (*rated burden*)

Навантага, на значенні якої базуються вимоги до точності

2.1.17 потужність (*output*)**2.1.17.1 номінальна потужність (*rated output*)**

Повна потужність (у вольт-амперах за визначеного коефіцієнта потужності), значення якої трансформатор призначений передавати у вторинне коло за номінальної вторинної напруги та номінальної навантаги

[IEV 321-01-27 змінений]

2.1.17.2 гранична термічна потужність (*thermal limiting output*)

Повна потужність, значення якої за номінальної напруги трансформатор може передавати у вторинну обмотку, за прикладеної номінальної первинної напруги, без збільшення допустимих перевищень температури, наведених у 5.4.

Примітка 1. У цих умовах границі похибок може бути перевищено.

Примітка 2. У випадку, де є кілька вторинних обмоток, значення граничної термічної потужності визначають для кожної обмотки окремо.

Примітка 3. Одночасне застосування більш ніж однієї вторинної обмотки не допускається, якщо немає домовленості між виробником і споживачем

2.1.18 найвища напруга обладнання (*highest voltage for equipment*)

Найвища міжфазна напруга, на середньоквадратичне значення якої розраховано ізоляцію трансформатора

2.1.19 найвища напруга електричної мережі (*highest voltage of a system*)

Найвища напруга, значення якої існує за нормальних робочих умов у будь-який час та в будь-якій точці електричної мережі

2.1.20 номінальний рівень ізоляції (*rated insulation level*)

Сукупність напруги, значення якої характеризує ізоляцію трансформатора стосовно її здатності витримувати механічні напруження від дії електричної напруги

2.1.21 електрична мережа з ізольованою нейтраллю (*isolated neutral system*)

Електрична мережа, в якій нейтралі не мають з'єднання з землею, за винятком з'єднань через великий опір для захисту або вимірювання

[ІЕВ 601-02-24]

2.1.22 електрична мережа з глухо уземленою нейтраллю (*solidly earthed neutral system*)

Електрична мережа, в якій нейтраль(-і) безпосередньо з'єднано з землею

[ІЕВ 601-02-25]

2.1.23 електрична мережа з уземленням (нейтралі) через котушку опору (*impedance earthed (neutral) system*)

Електрична мережа, в якій нейтраль(-і) уземлена(-і) через котушку опору для обмеження струмів короткого замикання на землю

[ІЕВ 601-02-26]

2.1.24 електрична мережа з уземленням (нейтралі) через дугогасильний реактор (*resonant earthed (neutral) system*)

Електрична мережа, в якій одна або більше нейтралей уземлені через котушку індуктивності, яка приблизно компенсує ємнісний складник струму однофазного короткого замикання на землю.

[ІЕВ 601-02-27]

Примітка. У разі уземлення через дугогасильний реактор струм короткого замикання настільки слабкий, що дуга замикання на землю в повітрі гаситься самовільно

2.1.25 коефіцієнт замикання на землю (*earth fault factor*)

Відношення найбільшого середньоквадратичного значення фазної напруги промислової частоти в даній точці непошкодженої фази трифазної мережі під час замикання однієї фази на землю до середньоквадратичного значення напруги в тій самій точці без замикання

[ІЕВ 604-03-06]

2.1.26 електрична мережа з уземленою нейтраллю (*earthed neutral system*)

Електрична мережа, в якій нейтраль з'єднано з землею безпосередньо або через резистор чи реактор, опір яких має достатньо низьке значення, для обмеження коливання перехідного процесу, та яка пропускає струм, достатній для селективного захисту від замикання на землю:

а) трифазна електрична мережа з ефективною уземленою нейтраллю в певному місці — це мережа, яку характеризують коефіцієнтом замикання на землю в цій точці, що не перевищує 1,4;

Примітка. Цей результат загалом отримують, якщо для певної конфігурації мережі відношення реактивного опору нульової послідовності до реактивного опору прямої послідовності менше ніж 3, а відношення активного опору нульової послідовності до реактивного опору прямої послідовності менше ніж 1.

б) трифазна електрична мережа з неефективною уземленою нейтраллю в певному місці — це мережа, яку характеризують коефіцієнтом замикання на землю в цій точці, що перевищує 1,4

2.1.27 відкрита установка (*exposed installation*)

Установка, у якій апаратуру піддають перенапругам атмосферного походження.

Примітка. Такі установки, зазвичай, пов'язано з повітряними лініями передавання безпосередньо або через кабель не-великої довжини

2.1.28 закрита установка (*non-exposed installation*)

Установка, у якій апаратуру не піддають перенапругам атмосферного походження.

Примітка. Такі установки зазвичай зв'язано з підземними кабельними мережами

2.1.29 номінальна частота (*rated frequency*)

Частота, на значенні якої базовано вимоги цього стандарту

2.1.30 номінальний коефіцієнт підвищення напруги (*rated voltage factor*)

Коефіцієнт, на який треба помножити номінальну первинну напругу для визначення максимальної напруги, за якої трансформатор має відповідати певним вимогам за температури нагрівання в установлений час і відповідним вимогам за точністю

2.1.31 трансформатор напруги для вимірювання (*measuring voltage transformer*)

Трансформатор напруги, призначений для живлення вимірювальних приладів, лічильників та аналогічної апаратури.

2.2 Додаткові визначення для однофазних індуктивних трансформаторів напруги для захисту**2.2.1 трансформатор напруги для захисту** (*protective voltage transformer*)

Трансформатор напруги, призначений для живлення електричних реле захисту

2.2.2 обмотка напруги нульової послідовності (*residual voltage winding*)

Обмотка однофазного трансформатора напруги, яку в разі включення в групу з трьох однофазних трансформаторів призначено для утворення відкритого трикутника для

- a) одержання напруги нульової послідовності в разі замикання на землю;
- b) гасіння релаксаційних коливань (ферорезонанс).

3 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ

Усі трансформатори мають бути придатні для вимірювання, але додатково окремі типи можуть бути придатні для захисту. Трансформатори, що використовують одночасно для вимірювання і для захисту, мають відповідати вимогам усіх розділів цього стандарту.

4 НОРМАЛЬНІ ТА СПЕЦІАЛЬНІ УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Детальну інформацію стосовно класифікації умов навколишнього середовища наведено в серії ІЕС 60721.

4.1 Нормальні умови експлуатації**4.1.1 Температура навколишнього повітря**

Трансформатори напруги поділяють на три категорії, як зазначено нижче у таблиці 1.

4.1.2 Висота над рівнем моря

Висота над рівнем моря не повинна перевищувати 1000 м.

4.1.3 Вібραції і землетруси

Таблиця 1 — Категорії трансформаторів за температурою

Категорія	Мінімальна температура, °C	Максимальна температура, °C
–5/40	–5	40
–25/40	–25	40
–40/40	–40	40
Примітка. Під час вибирання категорії трансформатора залежно від температури необхідно враховувати умови зберігання і транспортування.		

Вібраціями, спричиненими зовнішнім впливом на трансформатор напруги або поштовхами землетрусу, нехтують.

4.1.4 Інші умови експлуатації трансформаторів напруги внутрішнього встановлення

Інші розглянуті умови експлуатації такі:

- a) впливом сонячної радіації можна знехтувати;
- b) навколишнє повітря не повинно бути сильно забруднене пилом, димом, корозійними газами, парами або сіллю;

c) умови вологості:

- 1) середнє значення відносної вологості, виміряне протягом 24 год, не повинно перевищувати 95 %;
- 2) середнє значення тиску водяної пари протягом 24 год не повинно перевищувати 2,2 кПа;
- 3) середнє значення відносної вологості протягом одного місяця не повинно перевищувати 90 %;
- 4) середнє значення тиску водяної пари протягом одного місяця не повинно перевищувати 1,8 кПа.

За зазначених умов може бути утворення конденсату.

Примітка 1. Можна очікувати утворення конденсату під час різкої зміни температури за умов високої вологості.

Примітка 2. Щоб витримати вплив високої вологості та конденсації, що призводить до пробою ізоляції або корозії металевих частин, треба застосовувати трансформатори напруги, розроблені для роботи за таких умов.

Примітка 3. Утворенню конденсату можна запобігти, застосовуючи спеціальну конструкцію корпусу та забезпечуючи належну вентиляцію та обігрів або у разі застосування осушувального обладнання.

4.1.5 Інші умови експлуатації трансформатора напруги зовнішнього встановлення

Інші умови експлуатації такі:

а) середнє значення температури навколишнього повітря, виміряне протягом 24 год, не повинно перевищувати 35 °C;

б) необхідно враховувати сонячну радіацію до рівня 1000 Вт/м² (ясний день опівдні);

с) можливе забруднення навколишнього повітря пилом, димом, корозійним газом, парами або сіллю.

Ступені забрудненості зазначено в таблиці 8;

д) тиск повітря не повинен перевищувати 700 Па (відповідає швидкості вітру 34 м/с);

е) необхідно враховувати наявність конденсату чи опадів.

4.2 Спеціальні умови експлуатації

Якщо трансформатори напруги можна застосовувати за умов, що відрізняються від нормальних умов, зазначених у 4.1, то вимоги споживачів повинні відповідати наведеним нижче стандартизованим даним.

4.2.1 Висота над рівнем моря

Для пристроїв, призначених для роботи на висоті над рівнем понад 1000 м, розрядну відстань за стандартизованих базових атмосферних умов треба визначати множенням витримуваної напруги, необхідної в умовах експлуатації, на коефіцієнт k відповідно до рисунку 1.

Примітка. На електричну міцність внутрішньої ізоляції висота над рівнем моря не впливає. Метод перевіряння стану зовнішньої ізоляції потрібно узгоджувати між виробником і споживачем.

4.2.2 Навколишня температура

За встановлення в місцях, де навколишня температура може значно відрізнитися від зазначеної у 4.1.1 за нормальних умов експлуатації, переважними діапазонами максимальної та мінімальної температури мають бути:

— від мінус 50 °C до 40 °C — для дуже холодного клімату;

— від мінус 5 °C до 50 °C — для дуже жаркого клімату.

У певних кліматичних зонах, де часто дують теплі й вологі вітри, різкі зміни температури можуть спричинити появу конденсату навіть у внутрішніх приміщеннях.

Примітка. За певних умов сонячної радіації може виникнути необхідність у прийнятті відповідних заходів, наприклад, установлення покрівлі, примусова вентиляція тощо, або може бути знижено номінальні дані для запобігання підвищенню унормованого перевищення температури.

4.2.3 Землетруси

Вимоги та методи випробовування перебувають на стадії розгляду.

4.3 Системи уземлення

Є такі системи уземлення:

а) електрична мережа з ізолюваною нейтраллю (див. 2.1.21);

б) електрична мережа з уземленням нейтралі через дугогасильний реактор (див. 2.1.24);

с) електрична мережа з уземленою нейтраллю (див. 2.1.26):

1) електрична мережа з глухо уземленою нейтраллю (див. 2.1.22);

2) електрична мережа з уземленою нейтраллю через опір (див. 2.1.23).

5 НОМІНАЛЬНІ ЗНАЧЕННЯ

5.1 Стандартні значення номінальної напруги

5.1.1 Номінальна первинна напруга

Стандартні значення номінальної первинної напруги трифазних трансформаторів і однофазних трансформаторів для застосування в однофазній мережі або, які підключають між лініями в трифазній мережі, мають відповідати номінальним значенням напруги мережі, визначеним як загальноприйняті значення в ІЕС 60038. Стандартні значення номінальної первинної напруги одно-

фазного трансформатора, підключеного між однією лінією трифазної мережі і землею або між нейтральною точкою мережі і землею становлять $1/\sqrt{3}$ від значення номінальної напруги мережі.

Примітка. Робочу характеристику трансформатора напруги для вимірювання або захисту визначають номінальною первинною напругою, тоді як номінальний рівень ізоляції визначають одним з найбільших значень напруги для обладнання згідно з ІЕС 60038.

5.1.2 Номінальна вторинна напруга

Номінальну вторинну напругу треба вибирати відповідно до практики на місці, де будуть застосовувати трансформатор. Наведені нижче значення вважають стандартними для однофазних трансформаторів, що працюють в однофазних мережах або підключені між лініями трифазної мережі, і для трифазних трансформаторів.

- a) Засновані на практиці групи європейських країн:
 - 100 В і 110 В;
 - 200 В для вторинних кіл значної довжини.
- b) Засновані на практиці Сполучених Штатів і Канади:
 - 120 В для розподільчих мереж;
 - 115 В для передавальних мереж;
 - 230 В для вторинних кіл значної довжини.

Для однофазних трансформаторів, призначених для застосування між фазою і землею в трифазних мережах, для яких номінальна первинна напруга — це число, поділене на $\sqrt{3}$, має дорівнювати одному з перерахованих вище значень, поділених на $\sqrt{3}$, за збереження номінального значення коефіцієнта трансформації.

Примітка 1. Номінальну вторинну напругу обмоток, призначених для одержання напруги нульової послідовності, наведено в 13.3.

Примітка 2. Де це можливо, номінальний коефіцієнт трансформації має бути простим числом. Якщо одне з таких значень: 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80 та їх десяткові кратні їм значення застосовують як номінальний коефіцієнт трансформації за одного зі значень номінальної вторинної напруги з цього підпункту, то більшість унормованих значень номінальної напруги мережі будуть відповідати ІЕС 60038.

5.2 Стандартні значення номінальної потужності

Стандартні значення номінальної потужності за коефіцієнта потужності 0,8, індуктивного, виражені у вольт-амперах:

10, 15, 25, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500 В·А.

Переважні значення підкреслено. Номінальна потужність трифазного трансформатора має бути номінальною потужністю на фазу.

Примітка. Для певного трансформатора допускають вказувати інші значення номінальної потужності, які можуть бути і нестандартними значеннями, але мають відповідати стандартним класам точності за умови, що одне зі значень номінальної потужності відповідає стандартному класу точності.

5.3 Стандартні значення номінального коефіцієнта підвищення напруги

Коефіцієнт підвищення напруги визначають максимальною робочою напругою, яка, в свою чергу, залежить від мережі й умов уземлення первинної обмотки трансформатора напруги.

Стандартні значення номінального коефіцієнта підвищення напруги за різних умов уземлення мережі, а також допустимої тривалості максимальної робочої напруги (тобто номінальна тривалість витримки) наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 — Стандартні значення номінального коефіцієнта підвищення напруги

Номінальний коефіцієнт підвищення напруги	Номінальна тривалість витримки	Спосіб підключення первинної обмотки й умови уземлення мережі
1,2	Необмежена	Між фазами в будь-якій мережі. Між нейтральною точкою трансформатора з'єднанням у зірку і землею в будь-якій мережі
1,2	Необмежена	Між фазою і землею в мережі з ефективно уземленою нейтраллю (2.1.26 а))
1,5	30 с	

Кінець таблиці 2

Номінальний коефіцієнт підвищення напруги	Номінальна тривалість витримки	Спосіб підключення первинної обмотки й умови уземлення мережі
1,2	Необмежена	Між фазою і землею в мережі з неефективно уземленою нейтраллю (2.1.26 б)) з автоматичним відключенням у разі замикання на землю
1,9	30 с	
1,2	Необмежена	Між фазою і землею в мережі з ізолюваною нейтраллю (2.1.21) без автоматичного відключення в разі замикання на землю або в мережі з дугогасним реактором (2.1.24) без автоматичного відключення під час замикання на землю
1,9	8 год	
Примітка 1. Найбільша необмежена робоча напруга індуктивного трансформатора напруги дорівнює найбільшій робочій напрузі (поділеній на $\sqrt{3}$ для трансформаторів, підключених між фазою трифазної мережі і землею) або номінальній первинній напрузі, помноженій на коефіцієнт 1,2, залежно від того, що є меншим.		
Примітка 2. Зменшення номінальної тривалості витримки допускається за домовленістю між виробником і споживачем.		

5.4 Межі перевищення температури

Якщо не передбачено інше, то перевищення температури трансформатора напруги за визначеної напруги, номінальної частоти й номінальної навантаги або за найбільшої номінальної навантаги, якщо їх кілька, то за коефіцієнта потужності від 0,8 (індуктивного) до одиниці не повинно перевищувати відповідного значення, наведеного в таблиці 3.

Напруга, яку прикладають до трансформатора, має відповідати пунктам а), б) або с), зазначеним нижче.

а) Випробовування всіх трансформаторів напруги, незалежно від коефіцієнта підвищення напруги і номінальної тривалості витримування, треба провадити за напруги, що перевищує в 1,2 разу номінальну первинну напругу.

Таблиця 3 — Межі перевищення температури обмоток

Клас нагрівостійкості ізоляції (згідно з ІЕС 60085)	Максимальне перевищення температури, К
Усі класи нагрівостійкості, якщо обмотки занурено в оливу	60
Усі класи нагрівостійкості, якщо обмотки занурено в оливу і мають герметичний корпус	65
Усі класи нагрівостійкості, якщо обмотки залито бітумним компаундом	50
Якщо обмотки не занурено в оливу і не залито бітумним компаундом, то класи нагрівостійкості такі:	
Y	45
A	60
E	75
B	85
F	110
H	135
Примітка. Для деяких ізоляційних матеріалів (наприклад, смола) виробник має зазначати відповідний клас нагрівостійкості ізоляції.	

Якщо значення граничної термічної потужності відомо, то трансформатор треба випробовувати за номінальної первинної напруги з навантагою, що відповідає граничній термічній потужності за коефіцієнтом потужності, що дорівнює одиниці, без навантаження обмотки нульової послідовності.

Якщо визначено значення граничної термічної потужності для однієї або більше вторинних обмоток, то трансформатор треба випробовувати окремо з кожною із цих обмоток з навантагою, відповідною граничній термічній потужності за коефіцієнта потужності, що дорівнює одиниці.

Випробування треба продовжувати до досягнення усталеного режиму трансформатора.

б) Трансформатори з коефіцієнтом підвищення напруги 1,5 за 30 с або 1,9 за 30 с треба випробовувати за їх відповідного коефіцієнта підвищення напруги протягом 30 с, починаючи з моменту досягнення усталеного теплового режиму в результаті достатньо тривалого прикладення напруги, що перевищує в 1,2 разу номінальну напругу; перевищення температури може бути більше на 10 К, ніж наведено в таблиці 3.

Альтернативно, такі трансформатори можна випробовувати за їх відповідних коефіцієнтів підвищення напруги протягом 30 с, починаючи з холодного стану; перевищення температури обмотки не повинно перевищувати 10 К.

Примітка. Це випробування можна не проводити, якщо відповідність трансформатора може бути підтверджено іншим способом.

с) Трансформатори з коефіцієнтом підвищення напруги 1,9 за 8 год треба випробовувати за напруги, що перевищує в 1,9 разу номінальну напругу протягом 8 год, починаючи з моменту досягнення усталеного теплового режиму в результаті достатньо тривалого прикладення напруги, що перевищує в 1,2 разу номінальну напругу; перевищення температури може бути більше на 10 К, ніж наведено в таблиці 3.

Значення таблиці 3 відповідають умовам роботи, наведеним у розділі 4.

Якщо температура навколишнього середовища перевищує значення, наведені в 4.1, то дані таблиці 3 треба зменшити до значення, що дорівнює зростанню температури навколишнього середовища.

Якщо трансформатор призначено для роботи на висоті понад 1000 м над рівнем моря, а випробування проводять на висоті нижче ніж 1000 м, то норми перевищення температури, наведені в таблиці 3, треба зменшити на кожні 100 м понад 1000 м на

а) 0,4 % — для оливо-наповнених трансформаторів;

б) 0,5 % — для сухих трансформаторів.

Перевищення температури обмоток обмежено найнижчим класом нагрівостійкості ізоляції самої обмотки або навколишнім середовищем, в яке її занурено. Максимальні значення перевищення температури для класів нагрівостійкості ізоляції наведено в таблиці 3.

Якщо трансформатор обладнано розширювачем для оливи або він має інертний газ над оливою, чи герметичну конструкцію, то перевищення температури оливи у верхній частині бака чи кожуха не повинно перевищувати 55 К.

Якщо трансформатор не обладнано жодним з вищезгаданих елементів, то перевищення температури оливи у верхній частині бака або кожуха не повинно перевищувати 50 К.

Перевищення температури на зовнішній поверхні магнітопроводу та інших металевих частинах, які контактують з обмотками чи ізоляційним матеріалом або наближені до них, не повинно перевищувати відповідних значень, наведених у таблиці 3.

6 КОНСТРУКТИВНІ ВИМОГИ

6.1 Вимоги до ізоляції

Ці вимоги поширюються на ізоляцію всіх типів індуктивних трансформаторів напруги. Для індуктивних трансформаторів напруги з газовою ізоляцією може бути встановлено додаткові вимоги (перебувають на стадії розроблення).

6.1.1 Номінальний рівень ізоляції первинних обмоток

Номінальний рівень ізоляції первинної обмотки індуктивного трансформатора напруги має базуватися на найвищій напрузі обладнання U_m .

6.1.1.1 Для обмоток з найвищою напругою U_m , яка дорівнює 0,72 кВ або 1,2 кВ, номінальний рівень ізоляції визначають за унормованої витримуваної напруги промислової частоти відповідно до таблиці 4.

6.1.1.2 Для обмоток з найвищою напругою U_m , яка більше чи дорівнює 3,6 кВ, але менше ніж 300 кВ, номінальний рівень ізоляції визначають за нормованою витримуваною напругою грозового імпульсу і промислової частоти, і його треба вибирати відповідно до таблиці 4.

Вибір різних рівнів для того самого значення U_m — згідно з ІЕС 60071-1.

6.1.1.3 Для обмоток з найвищою напругою U_m , яка більше чи дорівнює 300 кВ, номінальний рівень ізоляції визначають за номінальної витримуваної напруги комутаційного та грозового імпульсів, і його треба вибирати відповідно до таблиці 5.

Вибір різних рівнів для того самого значення U_m — згідно з ІЕС 60071-1.

6.1.2 Інші вимоги до ізоляції первинної обмотки**6.1.2.1 Витримувана напруга промислової частоти**

Обмотки з найвищою напругою $U_m \geq 300$ кВ мають витримувати випробувальну напругу промислової частоти, що відповідає вибраній випробувальній напрузі грозового імпульсу за таблицею 6.

6.1.1.2 Для обмоток з найвищою напругою U_m , яка більше чи дорівнює 3,6 кВ, але менше ніж 300 кВ, номінальний рівень ізоляції визначають за номінальної витримуваної напруги грозового імпульсу і промислової частоти, і його треба вибрати відповідно до таблиці 4.

Таблиця 4 — Унормовані рівні ізоляції первинних обмоток трансформатора з найвищою напругою обладнання $U_m < 300$ кВ

Найвища напруга обладнання U_m , (середньоквадратичне значення), кВ	Номінальна витримувана напруга промислової частоти (середньоквадратичне значення), кВ	Номінальна витримувана напруга грозового імпульсу (амплітудне значення), кВ
0,72	3	—
1,2	6	—
3,6	10	20 40
7,2	20	40 60
12	28	60 75
17,5	38	75 95
24	50	95 125
36	70	145 170
52	95	250
72,5	140	325
100	185	450
123	185	450
	230	550
145	230	550
	275	650
170	275	650
	325	750
245	395	950
	460	1050
Примітка. Для відкритих установок рекомендують вибрати найвищі рівні ізоляції.		

Таблиця 5 — Унормовані рівні ізоляції первинних обмоток трансформаторів з найвищою напругою обладнання $U_m \geq 300$ кВ

Найвища напруга обладнання U_m (середньоквадратичне значення), кВ	Номінальна витримувана напруга комутаційного імпульсу (амплітудне значення), кВ	Номінальна витримувана напруга грозового імпульсу (амплітудне значення), кВ
300	750	950
	850	1050
362	850	1050
	950	1175
420	1050	1300
	1050	1425
525	1050	1425
	1175	1550
765	1425	1950
	1550	2100
<p>Примітка 1. Для відкритих установок рекомендують вибирати найвищі рівні ізоляції.</p> <p>Примітка 2. Оскільки рівні випробувальної напруги для $U_m = 765$ кВ ще не було остаточно встановлено, то можливі зміни комбінації випробувальної напруги комутаційного та грозового імпульсів.</p>		

Таблиця 6 — Витримувана напруга промислової частоти первинних обмоток трансформаторів з найвищою напругою обладнання $U_m \geq 300$ кВ

Номінальна витримувана напруга грозового імпульсу (амплітудне значення), кВ	Номінальна витримувана напруга промислової частоти (середньоквадратичне значення), кВ
950	395
1050	460
1175	510
1300	570
1425	630
1550	680
1950	880
2100	975

6.1.2.3 Часткові розряди

Вимоги до часткових розрядів (ЧР) установлюють до індуктивних трансформаторів напруги з найвищою напругою U_m , що більше або дорівнює 7,2 кВ.

Рівень часткового розряду не повинен перевищувати норм, наведених у таблиці 7, для випробувальної напруги часткового розряду, яку наведено у цій самій таблиці, після попереднього прикладення напруги відповідно до методики за 9.2.4.

Таблиця 7 — Випробувальна напруга часткових розрядів і допустимі рівні

Тип уземлення електричної мережі	Спосіб включення первинної обмотки	Випробувальна напруга ЧР (середньоквадратичне значення), кВ	Допустимий рівень ЧР, пКл	
			Тип ізоляції	
			занурена в рідину	тверда
Електрична мережа з уземленою нейтраллю (коефіцієнт уземлення $\leq 1,5$)	Між фазою і землею	U_m	10	50
		$1,2 U_m / \sqrt{3}$	5	20
	Між фазами	$1,2 U_m$	5	20
Електрична мережа з ізолюваною або неефективно уземленою нейтраллю (коефіцієнт уземлення $> 1,5$)	Між фазою і землею	$1,2 U_m$	10	50
		$1,2 U_m / \sqrt{3}$	5	20
	Між фазами	$1,2 U_m$	5	20

Примітка 1. Якщо тип уземлення електричної мережі не визначено, то значення, наведені для мережі з ізолюваною або неефективно уземленою нейтраллю, є чинними.

Примітка 2. Допустимий рівень ЧР також установлюють для частот, що відрізняються від номінальної частоти.

Примітка 3. Якщо номінальна напруга трансформатора значно нижче зазначеної робочої напруги обладнання U_m , то менші попередні напруги, що впливають, і вимірювальні напруги можна узгоджувати між виробником і споживачем.

6.1.2.4 Зрізаний грозовий імпульс

Якщо передбачено додатково, то первинна обмотка має витримувати напругу зрізаного грозового імпульсу, амплітудне значення якої становить 115 % від амплітудного значення напруги повного грозового імпульсу.

Примітка. Нижчі значення випробувальної напруги можна узгоджувати між виробником і споживачем.

6.1.2.5 Вимірювання ємності та тангенса кута діелектричних втрат

Ці вимоги застосовують лише до трансформаторів, ізоляцію первинної обмотки яких занурено в рідинний діелектрик, за $U_m \geq 72,5$ кВ.

Значення ємності й тангенса кута діелектричних втрат ($\tan \delta$) вимірюють за номінальної частоти та за напруги в діапазоні від 10 кВ до $U_m / \sqrt{3}$.

Примітка 1. Метою цього вимірювання є перевіряння однаковості виробів. Межі допустимих відхилів можна узгоджувати між виробником і споживачем.

Примітка 2. Тангенс кута діелектричних втрат залежить від конструкції ізоляції, а також одночасно від напруги й температури. Його значення за напруги $U_m / \sqrt{3}$ і температури навколишнього середовища зазвичай не перевищує 0,005.

Примітка 3. Для деяких конструкцій трансформаторів напруги оцінювання результатів може бути важкодоступним.

6.1.3 Вимоги до ізоляції між секціями

Якщо вторинні обмотки поділено на дві або більше секцій, то номінальна витримувана напруга промислової частоти для ізоляції між секціями має становити 3 кВ (середньоквадратичне значення).

6.1.4 Вимоги до ізоляції вторинних обмоток

Номінальна витримувана напруга промислової частоти для ізоляції вторинних обмоток має становити 3 кВ (середньоквадратичне значення).

6.1.5 Вимоги до зовнішньої ізоляції**6.1.5.1 Забрудненість**

Для трансформаторів напруги індуктивних зовнішнього установлення з керамічними ізоляторами, що схильні до забрудненості, довжину шляху струму спливу для наданих рівнів забрудненості наведено в таблиці 8.

Таблиця 8 — Довжина шляху струму спливу

Рівень забруднення	Мінімальне унормоване значення питомої довжини шляху струму спливу, мм/кВ ^{1), 2)}	Довжина шляху струму спливу Розрядна відстань
I Низький	16	≤ 3,5
II Середній	20	
III Високий	25	≤ 4,0
IV Дуже високий	31	
<p>Примітка 1. Відомо, що стан поверхні ізоляції значним чином залежить від форми ізолятора.</p> <p>Примітка 2. У місцях із незначною забрудненістю, зважаючи на досвід експлуатації, можна застосовувати унормовану довжину шляху струму спливу, нижчу за 16 мм/кВ. Мінімальна довжина шляху струму спливу — 12 мм/кВ.</p> <p>Примітка 3. У випадку винятково високого рівня забрудненості унормована довжина шляху струму спливу 31 мм/кВ може бути недостатньою. Згідно з накопиченим в експлуатації досвідом і/або результатами лабораторних випробовувань допускають застосовувати вище значення питомої довжини шляху струму спливу, але в деяких випадках може бути застосовано мийку.</p> <p>¹⁾ Відношення довжини шляху струму спливу між фазою та землею до середньоквадратичного значення міжфазної найвищої робочої напруги (див. ІЕС 60071-1).</p> <p>²⁾ Інша інформація та виробничі допуски стосовно довжини шляху струму спливу — згідно з ІЕС 60815.</p>		

6.1.6 Вимоги до напруги радіозавод

Ця вимога поширюється на трансформатори напруги індуктивні з $U_m \geq 123$ кВ, призначені для встановлення в підстанціях з повітряною ізоляцією.

Напруга радіозавод не повинна перевищувати 2500 мкВ за напруги $1,1 U_m / \sqrt{3}$ за умов випробовування та вимірювання, описаних у 8.5.

6.1.7 Передавана перенапруга

Ці вимоги застосовують до індуктивних трансформаторів напруги з $U_m \geq 72,5$ кВ.

Перенапруга, що передається від виводів первинної до виводів вторинної обмотки, не повинна перевищувати значень, наведених у таблиці 14, за умов випробовування та вимірювання, описаних у 10.4.

Вимогу до імпульсу типу А застосовують до трансформаторів напруги, що встановлюють на підстанціях з повітряною ізоляцією, тоді як вимогу до імпульсу В застосовують до трансформаторів напруги, що встановлюють на металево обгороджуваних підстанціях з елегазовою ізоляцією (GIS).

Межі амплітудного значення передаваної перенапруги, які наведено в таблиці 14 і вимірюють відповідно до методів, визначених у 10.4, мають забезпечувати достатній захист електричного обладнання, підключеного до вторинної обмотки.

6.2 Стійкість до короткого замикання

Трансформатор напруги має бути спроектовано і виготовлено так, щоб протягом 1 с за номінальної напруги він міг витримувати без пошкоджень механічні і теплові дії зовнішнього короткого замикання.

6.3 Вимоги до механічної дії

Ці вимоги встановлюють лише до індуктивних трансформаторів напруги з найвищою напругою 72,5 кВ і більше.

Індуктивні трансформатори напруги мають витримувати статичні випробувальні навантаги, наведені в таблиці 9. У таблицю включено навантаги щодо вітру та льоду.

Унормовані випробувальні навантаги треба прикладати в будь-якому напрямку до первинних виводів.

Таблиця 14 — Межі передаваної перенапруги

Тип імпульсу	A	B
Амплітудне значення прикладеної напруги (U_p)	$1,6 \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot U_m$	$1,6 \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot U_m$
Характеристики форми хвилі: — стандартна тривалість фронту (T_1) ^{a)} — тривалість до моменту на спаді імпульсу, коли напруга знизилась до половини максимального значення (T_2) — тривалість фронту (T_1) — тривалість імпульсу (T_2)	0,50 мкс ± 20 % ≥ 50 мкс — —	— — 10 нс ± 20 % > 100 нс
Межі амплітуди передаваної перенапруги (U_s) ^{b)}	1,6 кВ	1,6кВ
^{a)} Характеристики форми хвилі представляють коливання напруги через комутаційні операції. ^{b)} Інші межі передаваної перенапруги можна узгоджувати між виробником і замовником.		

Таблиця 9 — Витримувані статичні випробувальні навантаги

Найвища напруга для обладнання U_m , кВ	Витримувана випробувальна статична навантага F_R , Н		
	Трансформатори напруги з виводами		
	напруги	наскрізного струму	
		навантага класу I	навантага класу II
Від 72,5 до 100	500	1250	2500
» 123 » 170	1000	2000	3000
» 245 » 362	1250	2500	4000
≥ 420	1500	4000	6000
<p>Примітка 1. Сумарна навантага за нормальних умов не повинна перевищувати 50 % від унормованих випробувальних витримуваних навантаг.</p> <p>Примітка 2. У деяких випадках трансформатори напруги з виводами наскрізного струму мають витримувати епізодично виниклі динамічні граничні навантаги (наприклад, під час короткого замикання), які не перевищують статичної випробувальної навантаги в 1,4 рази.</p> <p>Примітка 3. У деяких випадках може виникнути необхідність випробувань первинних виводів на скручування. Значення моменту, який прикладають протягом випробувань, треба узгоджувати між виробником і споживачем.</p>			

7 КЛАСИФІКАЦІЯ ВИПРОБУВАНЬ

Випробування, визначені цим стандартом, класифікують як випробування типу, приймально-здавальні та спеціальні випробування.

Випробування типу

Випробування трансформатора кожного типу, які провадять щоб підтвердити відповідність усіх трансформаторів, вироблених за єдиними технічними умовами, вимогам, які не перевіряють приймально-здавальними випробуваннями.

Примітка. Випробування типу також допускають провадити на трансформаторі, що має незначні відхилення. Такі відхилення треба узгоджувати між виробником і споживачем.

Приймально-здавальні випробування

Випробування, які провадять для кожного окремого трансформатора.

Спеціальні випробування

Випробування, що відрізняються від випробування типу чи приймально-здавального випробування та які провадять за узгодженням між виробником і споживачем.

7.1 Випробування типу

Наведені нижче види випробувань належать до випробування типу, детальний опис наведено у відповідних пунктах:

- a) випробування на нагрівання (див. 8.1);
- b) випробування на стійкість до короткого замикання (див. 8.2);
- c) випробування напругою грозового імпульсу (див. 8.3.2);
- d) випробування напругою комутаційного імпульсу (див. 8.3.3);
- e) випробування трансформаторів зовнішнього устанавлення вологою (див. 8.4);
- f) визначення похибок (див. 12.3 та 13.6.2);
- g) вимірювання напруги радіозавад (див. 8.5).

Усі випробування типу на електричну міцність ізоляції треба провадити на тому самому трансформаторі, якщо не встановлено інших вимог.

Після проведення випробування типу на електричну міцність ізоляції трансформаторів за 7.1, їх треба піддавати всім приймально-здавальним випробуванням за 7.2.

7.2 Приймально-здавальні випробування

Кожний окремий трансформатор треба піддавати таким видам випробувань:

- a) перевірка маркування виводів (див. 9.1);
- b) випробування ізоляції первинної обмотки напругою промислової частоти (див. 9.2);
- c) вимірювання рівня часткових розрядів (див. 9.2.4);
- d) випробування вторинних обмоток витримуваною напругою промислової частоти (див. 9.3);
- e) випробування витримуваною напругою промислової частоти, прикладеною між секціями (див. 9.3);
- f) визначення похибок (див. 12.4 та 13.7).

Послідовність проведення випробувань не унормовано, але визначення похибок треба провадити після інших випробувань.

Повторні випробування первинних обмоток напругою промислової частоти треба провадити за напруги, що дорівнює 80 % від установленої випробувальної напруги.

7.3 Спеціальні випробування

Наведені нижче випробування провадять за узгодженням між виробником і споживачем:

- a) випробування напругою зрізаного грозового імпульсу (див. 10.1);
- b) вимірювання ємності і тангенса кута діелектричних втрат (див. 10.2);
- c) механічні випробування (див. 10.3);
- d) вимірювання передаваної перенапруги (див. 10.4).

8 ВИПРОБУВАННЯ ТИПУ

8.1 Випробування на нагрівання

Випробування треба провадити, щоб установити відповідність вимогам 5.4. При цьому вважають, що трансформатори напруги досягли ustalenoї температури, якщо швидкість зростання температури не перевищує 1 К за годину. Температура навколишнього середовища під час випробування має перебувати в діапазоні від 10 °C до 30 °C.

Якщо є більше за одну вторинну обмотку, то випробування треба провадити з відповідною номінальною навантагою, підключеною до кожної вторинної обмотки, якщо інше не узгоджено між виробником і споживачем. Обмотку напруги нульової послідовності потрібно навантажувати відповідно до 13.6.1 або 5.4.

Для цього випробування необхідно, щоб трансформатор було встановлено так, як під час експлуатації.

Перевищення температури обмоток треба вимірювати методом збільшення опору.

Перевищення температури інших частин, крім обмоток, можна вимірювати за допомогою термометрів або термопар.

8.2 Випробування на стійкість до короткого замикання

Випробування провадять для перевіряння відповідності вимогам 6.2.

При цьому випробуванні початкова температура трансформатора має бути в діапазоні від 10 °C до 30 °C.

Трансформатор напруги має збуджуватися з боку первинної обмотки за короткозамкнених виводів вторинних обмоток.

Тривалість короткого замикання 1 с.

Примітка. Ця вимога стосується також трансформаторів, у яких запобіжники є невід'ємною їх частиною.

За короткого замикання середнє квадратичне значення напруги, прикладене до виводів трансформатора, не повинно бути менше від номінальної напруги.

Якщо трансформатори оснащені більш ніж однією вторинною обмоткою чи однією вторинною обмоткою з відгалуженнями, то спосіб з'єднання під час випробовування треба узгоджувати між виробником і споживачем.

Примітка. Для трансформаторів індуктивного типу це випробовування можна виконати живленням вторинної обмотки за замкраних первинних виводів.

Вважають, що трансформатор витримав випробування, якщо після охолодження до рівня температури навколишнього середовища він відповідає наведеним нижче вимогам:

- a) немає видимих пошкоджень;
- b) його похибки не відрізняються від тих, які було зареєстровано до проведення цих випробувань більш ніж на половину граничних значень похибок, відповідних класу точності;
- c) витримує випробування електричної міцності ізоляції, зазначені в 9.2 і 9.3, але за знижених значень випробувальної напруги до 90 % від установлених значень;
- d) огляд ізоляції, що прилягає до поверхні як первинних, так і вторинних обмоток, не повинен виявити помітного пошкодження (наприклад, обвуглення).

Проводити огляд, зазначеного у d), не потрібно, якщо густина струму не перевищує 160 А/мм² для обмотки, виготовленої з міді з провідністю не менше ніж 97 % від значення, наведеного в ІЕС 60028. Густина струму розраховують по виміряній середньоквадратичній симетричній силі струму короткого замикання у вторинній обмотці (розділеній на номінальний коефіцієнт трансформації, якщо це первинна обмотка).

8.3 Випробування первинної обмотки імпульсною напругою

8.3.1 Загальні положення

Імпульсне випробування має бути проведено згідно з ІЕС 60060-1.

Випробувальну напругу прикладають між кожним лінійним виводом первинної обмотки і землею. Вивід первинної уземленої обмотки або лінійний вивід, що не підлягає випробуванням, не-уземлюваного трансформатора напруги, але принаймні один вивід кожної вторинної обмотки, корпус, бак (якщо є) і магнітопровід (якщо його має бути уземлено) під час випробовування має бути уземлено.

Імпульсні випробування, зазвичай, складаються з послідовного прикладання контрольної та номінальної напруги. Контрольна імпульсна напруга має становити від 50 % до 75 % номінальної імпульсної витримуваної напруги. Амплітудне значення та форму хвилі імпульсу треба записувати.

Ознакою пошкодження ізоляції в процесі випробовування може бути різниця між формою хвилі як під час випробовування контрольною напругою, так і під час випробовування номінальною витримуваною напругою.

Для виявлення пошкодження необхідно рекомендувати записувати силу струму на землю або напругу, що з'являються у вторинній(-х) обмотці(-ах) додатково до запису напруги.

Примітка. Уземлення можна виконувати за допомогою відповідних пристроїв, що записують силу струму.

8.3.2 Випробування напругою грозового імпульсу

Випробувальна напруга повинна мати відповідне значення, наведене у таблицях 4 або 5, залежно від найвищої робочої напруги обладнання та встановленого рівня ізоляції.

8.3.2.1 Обмотки з $U_m < 300$ кВ

Випробовування треба провадити як за позитивної, так і негативної полярності. П'ятнадцять імпульсів кожної полярності треба прикладати послідовно без поправок на атмосферні умови.

Вважають, що трансформатор витримав випробовування, якщо для кожної полярності:

- немає пробою внутрішньої ізоляції, який несамоновідновлюється;
- немає перекриття вздовж внутрішньої ізоляції, яке несамоновідновлюється;
- є не більше двох перекриттів по зовнішній ізоляції, які самоновідновлюються;

— не виявлено інших ознак пошкодження ізоляції (наприклад, змін форми хвилі записаних величин).

Під час випробовування неугрунтованих трансформаторів напруги половину кількості імпульсів треба прикладати послідовно до кожного лінійного виводу за уземленого іншого лінійного виводу.

Примітка. Прикладання 15 позитивних та 15 негативних імпульсів установлено для випробування зовнішньої ізоляції. Якщо для перевірки зовнішньої ізоляції між виробником і споживачем узгоджено інші випробовування, то кількість грозових імпульсів можна зменшити до трьох імпульсів кожної полярності без поправок на атмосферні умови.

8.3.2.2 Обмотки з $U_m \geq 300$ кВ

Випробування треба провадити як за позитивної, так і негативної полярності. Послідовно прикладають по три імпульси кожної полярності без поправок на атмосферні умови.

Вважають, що трансформатор витримав випробування, якщо

- немає пробою;
- не виявлено інших ознак пошкодження ізоляції (наприклад, змін форми хвилі записаних величин).

8.3.3 Випробування напругою комутаційного імпульсу

Випробувальна напруга повинна мати відповідне значення, наведене в таблиці 5, залежно від найбільшої напруги та встановленого рівня ізоляції.

Випробування треба провадити за позитивної полярності. П'ятнадцять послідовних імпульсів прикладають з поправкою на атмосферні умови.

Трансформатори зовнішнього встановлення треба піддавати випробуванням вологою (див. 8.4).

Примітка. Щоб запобігти ефекту насиченості осердя, рекомендують між послідовними прикладаннями імпульсів змінювати магнітні умови осердя відповідною методикою.

Вважають, що трансформатор витримав випробування, якщо

- немає пробою внутрішньої ізоляції, який несамовідновлюється;
- немає перекриття вздовж внутрішньої ізоляції, яке несамовідновлюється;
- є не більше двох перекриттів по зовнішній ізоляції, які самовідновлюються;
- не виявлено інших ознак пошкодження ізоляції (наприклад, змін форми хвилі записаних величин).

Примітка. Імпульси, за яких було перекриття на стіни або стелю лабораторії, не враховують.

8.4 Випробування трансформаторів зовнішнього встановлення вологою

Методика проведення випробовування вологою має відповідати ІЕС 60060-1.

Для обмоток з $U_m < 300$ кВ випробовування треба провадити напругою промислової частоти, відповідні значення якої наведено в таблиці 4, залежно від найвищої напруги обладнання з урахуванням поправок на атмосферні умови.

Для обмоток з $U_m \geq 300$ кВ випробовування треба провадити напругою комутаційного імпульсу позитивної полярності, відповідні значення якої наведено в таблиці 5, залежно від найвищої робочої напруги обладнання та номінального рівня ізоляції.

8.5 Вимірювання напруги радіозавод

Трансформатор напруги, складений разом з додатковим обладнанням, має бути сухим і чистим і мати температуру, що приблизно дорівнює температурі випробувального приміщення.

Відповідно до цього стандарту випробовування провадити за таких атмосферних умов:

- діапазон температури від 10 °С до 30 °С;
- діапазон тиску від $0,870 \cdot 10^5$ Па до $1,070 \cdot 10^5$ Па;
- відносна вологість від 45 % до 75 %.

Примітка 1. За домовленістю між виробником і споживачем випробовування допускають провадити за інших атмосферних умов.

Примітка 2. Під час випробовування напругою радіозавод не застосовують поправкові коефіцієнти на атмосферні умови згідно з ІЕС 60060-1.

Випробувальні з'єднання та затискачі не повинні бути джерелом напруги радіозавод.

Необхідно передбачити екранування первинних виводів для імітації робочих умов і для запобігання паразитним розрядам. Рекомендують застосовувати відрізки трубок зі сферичними кінцями.

Випробувальну напругу треба прикладати між одним з виводів первинної обмотки випробувального об'єкта (C_a) та землею. Корпус, бак (за наявності) та магнітопровід (якщо його призначено для уземлення), а також один вивід кожної вторинної обмотки мають бути уземлені.

Вимірювальна схема (див. рисунок 17) повинна відповідати вимогам CISPR 18-2. Рекомендують налаштовувати вимірювальну схему на частоту в діапазоні від 0,5 МГц до 2 МГц, за цього треба записувати частоти вимірювання. Результати вимірювання має бути наведено у мікрвольтах.

Повний опір між випробувальним провідником і землею ($Z_s + (R_1 + R_2)$) на рисунку 17) має становити $300 \text{ Ом} \pm 40 \text{ Ом}$, а кут різниці фаз не повинен перевищувати 20° .

Замість фільтра Z_s допускають застосовувати конденсатор C_s і ємність 1000 пФ звичайно придатна.

Примітка 3. Допускають застосовувати конденсатор спеціальної конструкції, щоб уникнути низької резонансної частоти.

Фільтр Z повинен мати високий повний опір за вимірювальної частоти, щоб від'єднати джерело промислової частоти від вимірювального кола. Відповідне значення повного опору вибирають у діапазоні від 10 000 Ом до 20 000 Ом за частоти вимірювання.

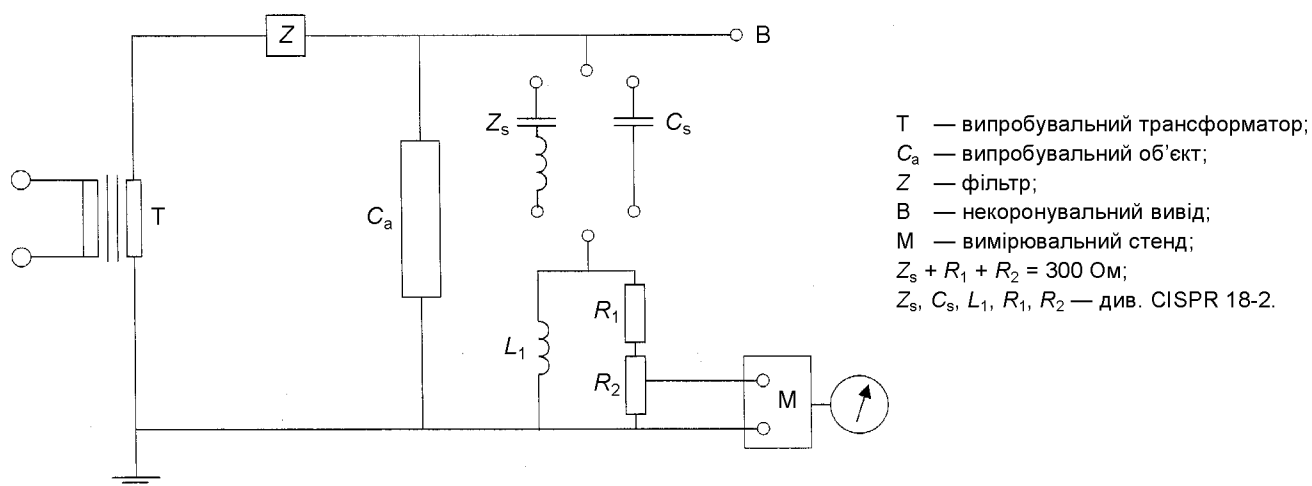


Рисунок 17 — Вимірювальна схема

Рівень фонових радіозавад (радіозавади від зовнішнього поля та високовольтного трансформатора) має становити не менше ніж 6 дБ (переважним значенням є 10 дБ) нижче зазначеного рівня радіозавад.

Примітка 4. Необхідно вживати заходи, щоб уникнути завад від об'єктів, біля трансформатора напруги, а також випробувальних та вимірювальних кіл.

Методи калібрування вимірювальних приладів та вимірювального кола наведено в CISPR 18-2.

Попередню напругу $1,5 U_m / \sqrt{3}$ витримують протягом 30 с.

Після цього напругу необхідно знизити до $1,1 U_m / \sqrt{3}$ через 10 с і підтримувати це значення протягом 30 с перед вимірюванням напруги радіозавад.

Вважають, що трансформатор напруги витримав випробування, якщо рівень радіозавад за $1,1 U_m / \sqrt{3}$ не перевищує граничного значення, зазначеного в 6.1.6.

Примітка 5. За домовленістю між виробником і споживачем вимірювання напруги радіозавад, описане вище, може бути замінено вимірюванням часткових розрядів, за прикладеної вищезазначеної контрольної та випробувальної напруги.

Будь-які заходи обережності щодо запобігання зовнішнім розрядам, які вживають під час вимірювання часткових розрядів відповідно до 9.2 (наприклад, екранування), щоб уникнути зовнішніх розрядів, має бути усунено. У цьому разі не використовують балансову випробувальну схему.

Хоча не існує прямої відповідності між вимірюваною у мікрвольтах напругою радіозавад і вимірюваними в пікокулонах частковими розрядами, вважають, що трансформатор напруги витримав випробування, якщо за напруги $1,1 U_m / \sqrt{3}$ рівень часткових розрядів не перевищує 300 пКл.

9 ПРИЙМАЛЬНО-ЗДАВАЛЬНІ ВИПРОБУВАННЯ

9.1 Перевіряння маркування виводів

Випробування полягає в перевірці правильності маркування виводів (див. 11.2).

9.2 Випробування первинних обмоток на стійкість до напруги промислової частоти та вимірювання часткових розрядів

9.2.1 Загальні положення

Випробування на стійкість до напруги промислової частоти треба провадити згідно з ІЕС 60060-1.

Тривалість витримування випробувальної напруги окремого джерела має дорівнювати 60 с.

Для запобігання насиченню магнітопроводу під час випробовування індукованою напругою частота випробувальної напруги може бути вищою від номінальної. Тривалість витримування має дорівнювати 60 с. Якщо під час випробовування частота вдвічі перевищує номінальну частоту, тривалість випробовування може бути менше ніж 60 с, і її розраховують як це відображено нижче:

$$\text{тривалість витримки (с)} = \frac{\text{подвоєна номінальна частота}}{\text{частота під час випробовування}} \cdot 60,$$

але не менше ніж 15 с.

9.2.2 Обмотки з $U_m < 300$ кВ

Випробувальна напруга для обмоток з $U_m < 300$ кВ має відповідати значенням, наведеним у таблиці 4, залежно від найвищої напруги обладнання.

За значної різниці між найбільшою робочою напругою обладнання (U_m) і номінальною первинною напругою, індуковану напругу треба обмежувати до п'ятикратної номінальної первинної напруги.

9.2.2.1 Неуземлювані трансформатори напруги

Неуземлювані трансформатори напруги мають підлягати таким випробуванням.

а) Випробування прикладеною напругою

Випробувальну напругу треба прикладати між землею і всіма, з'єднаними разом виводами первинної обмотки. Корпус, бак (якщо є), магнітопровід (за наявності спеціального виводу для уземлення) і всі виводи вторинних обмоток має бути з'єднано між собою та уземлено.

б) Випробування індукованою напругою

На розсуд виробника випробовування провадять, збуджуючи вторинну обмотку напругою достатнього значення для того, щоб індукувати в первинній обмотці номінальну випробувальну напругу, або збуджуючи безпосередньо первинну обмотку номінальною випробувальною напругою.

Випробувальну напругу треба виміряти на стороні високої напруги в кожному разі. Корпус, бак (якщо є), магнітопровід (якщо передбачено його уземлення) й один вивід кожної вторинної обмотки, і один вивід первинної обмотки має бути з'єднано між собою та уземлено.

Випробовування необхідно провадити прикладанням випробувальної напруги до кожного лінійного виводу протягом половини встановленого часу, але не менше ніж 15 с для кожного виводу.

9.2.2.2 Уземлювані трансформатори напруги

Уземлювані трансформатори напруги підлягають таким випробуванням.

а) Випробування прикладеною напругою (якщо передбачено)

Випробувальну напругу, значення якої відповідає наведеному в 6.1.2.2, прикладають між виводом первинної обмотки, що підлягає уземленню і землею.

Корпус, бак (якщо є), магнітопровід (якщо передбачено його уземлення) і всі виводи вторинних обмоток має бути з'єднано між собою та уземлено.

б) Випробування індукованою напругою

Випробування треба провадити відповідно до 9.2.2.1. Вивід первинної напруги, який передбачають уземлювати під час експлуатації, має бути уземлено під час випробовування.

9.2.3 Обмотки з $U_m > 300$ кВ

Трансформатор підлягає таким випробуванням:

а) Випробування прикладеною напругою (якщо передбачено)

Значення випробувальної напруги має відповідати наведеному в 6.1.2.2, а випробування треба провадити, як це зазначено в 9.2.2.2.

б) Випробування індукованою напругою

Значення випробувальної напруги має відповідати наведеному в таблиці 6, залежно від номінальної витримуваної напруги грозового імпульсу. Випробування треба провадити відповідно до 9.2.2.2.

9.2.4 Вимірювання часткових розрядів

9.2.4.1 Випробувальна схема і вимірювальні прилади

Випробувальна схема і вимірювальні прилади мають відповідати ІЕС 60270. Приклади випробувальних схем зображено на рисунках 2—5.

Застосований прилад має вимірювати удаваний заряд q , виражений у пікокулонах (пКл). Калібрування вимірювального приладу треба провадити у випробувальній схемі (див. приклад на рисунку 5).

Широкосмуговий вимірювальний прилад повинен мати ширину смуги частот не менше ніж 100 кГц, верхня межа не повинна перевищувати 1,2 МГц.

Вузькосмуговий вимірювальний прилад повинен мати резонансну частоту в діапазоні від 0,15 МГц до 2 МГц. Переважним є значення в діапазоні від 0,5 МГц до 2 МГц, але, за можливості, вимірювання треба провадити за частоти, яка забезпечує найвищу чутливість.

Чутливість приладу має давати змогу знайти частковий розряд інтенсивністю 5 пКл.

Примітка 1. Рівень шуму має бути значно нижчим за рівень чутливості. Імпульси, спричинені зовнішніми завадами, можна не враховувати.

Примітка 2. Для зменшення впливу зовнішніх завад доцільно застосувати балансну випробувальну схему (рисунок 4). Застосування для цього конденсатора зв'язку для балансування схеми може виявитися непридатним.

Примітка 3. Якщо для зниження фоновому шуму застосовують електронне оброблення та відновлення сигналу, то з допомогою вимірювання параметрів має бути показано, що це дозволяє виявити повторно виниклі імпульси.

9.2.4.2 Методика проведення випробування уземлюваних трансформаторів напруги

Після попереднього впливу напругою відповідно до методик А чи В установлюють випробувальну напругу часткового розряду, наведену в таблиці 7, вимірюють рівні часткових розрядів протягом 30 с.

Виміряні рівні часткових розрядів не повинні перевищувати значень меж, наведених у таблиці 7.

Методика А: після випробування індукованою напругою її знижують до значення випробувальної напруги часткового розряду.

Методика В: випробування з вимірюванням інтенсивності часткових розрядів провадять після випробування індукованою напругою. Прикладену напругу піднімають до 80 % індукованої напруги, витримують протягом не менше ніж 60 с, після чого знижують без відключення до унормованих значень випробувальної напруги часткового розряду.

Якщо не передбачено іншу вимогу, то вибір методики покладають на виробника. Застосовувану методику випробування треба відображати в протоколі випробування.

9.2.4.3 Методика проведення випробування трансформаторів напруги, що не уземлюють

Випробувальна схема для неуземлюваних трансформаторів напруги має бути такою самою, що і для уземлюваних трансформаторів напруги, але необхідно виконати два випробування, прикладаючи напругу по черзі до кожного високовольтного виводу. При цьому інший високовольтний вивід має бути приєднано до низьковольтного виводу, корпусу, баку (якщо є) (див. рисунки 2—4).

9.3 Випробування на стійкість до напруги промислової частоти між секціями та вторинними обмотками

Випробувальну напругу відповідного значення, наведену в 6.1.3 та 6.1.4, прикладають протягом 60 с по черзі між короткозамкненими виводами кожної секції обмотки або кожної вторинної обмотки та землею.

Корпус, бак (за наявності), магнітопровід (якщо є спеціальний вивід уземлення) і виводи всіх інших обмоток або секцій треба з'єднувати разом і уземлювати.

10 СПЕЦІАЛЬНІ ВИПРОБУВАННЯ

10.1 Випробування первинної обмотки напругою зрізаного імпульсу

Випробування треба провадити за негативної полярності в поєднанні з випробуванням грозовим імпульсом негативної полярності, як описано нижче.

Напруга повинна мати форму стандартного грозового імпульсу, який зрізано між 2 мкс та 5 мкс. Пристрій, який зрізує, має бути таким, щоб амплітуду коливання імпульсу, полярність якого протилежна випробувальному імпульсу, було обмежено приблизно до 30 % амплітудного значення.

Випробувальна напруга повних імпульсів повинна мати відповідне значення, наведене в таблицях 4 або 5, залежно від найбільшої робочої напруги і встановленого рівня ізоляції.

Випробувальна напруга зрізаних імпульсів — відповідно до 6.1.2.4.

Послідовність прикладення імпульсів має бути така:

- а) для обмоток з $U_m < 300$ кВ:
 - один повний імпульс;
 - два зрізаних імпульси;
 - чотирнадцять повних імпульсів;
- б) для обмоток з $U_m \geq 300$ кВ:
 - один повний імпульс;
 - два зрізаних імпульси;
 - два повних імпульси.

Відмінності у формі імпульсів повної хвилі до та після подавання зрізаних імпульсів є показниками внутрішнього пошкодження.

Перекриття, що є за зрізаних імпульсів вздовж зовнішньої самовідновлюваної ізоляції, не враховують під час оцінювання стану зовнішньої ізоляції.

10.2 Вимірювання ємності і тангенса кута діелектричних втрат

Вимірювання ємності і тангенса кута діелектричних втрат треба проводити відповідно до 6.1.2.5 після випробовування первинних обмоток напругою промислової частоти.

Випробувальну схему треба узгоджувати між виробником і споживачем, переважним є спосіб моста.

Випробовування трансформатора напруги проводять за температури навколишнього середовища, значення температури необхідно реєструвати.

10.3 Механічні випробування

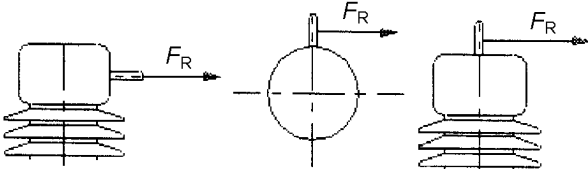
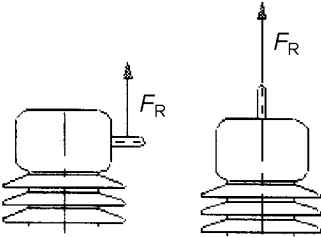
Випробовування проводять для підтвердження відповідності трансформатора напруги вимогам, визначеним у 6.3.

Трансформатор напруги має бути повністю змонтовано і встановлено у вертикальному положенні з жорстко зафіксованим корпусом.

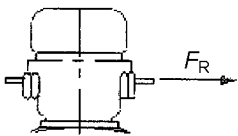
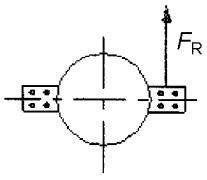
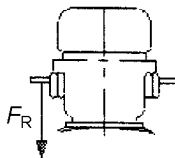
Трансформатори напруги із зануреною в рідину ізоляцією має бути заповнено відповідною електроізоляційною рідиною за робочого тиску.

Випробувальні навантаги треба прикладати протягом 60 с для кожного напрямку, наведеному в таблиці 10.

Таблиця 10 — Способи прикладання випробувальних навантаж до первинних лінійних виводів

Тип трансформатора напруги	Спосіб прикладання навантаж	
3 виводами напруги	Горизонтально	
	Вертикально	

Кінець таблиці 10

Тип трансформатора напруги	Спосіб прикладання навантаг	
3 виводами наскрізного струму	Горизонтально до кожного виводу	
		
	Вертикально до кожного виводу	
Примітка. Випробувальну навантагу треба прикладати до центру виводу.		

Трансформатор напруги вважають таким, що витримав випробовування, якщо не з'явилося жодних пошкоджень (деформації, тріщини або струму спливу).

10.4 Вимірювання передаваних перенапруг

Низьковольтний імпульс (U_1) треба подавати між одним з первинних виводів і землею.

Для трансформаторів напруги, що встановлюють на елегазових підстанціях з металевим корпусом, імпульс треба пропускати через адаптер коаксіального кабелю на 50 Ом відповідно до рисунку 18. Корпус елегазових секцій треба приєднувати до землі, як заплановано під час експлуатації.

Для інших застосовань випробувальна схема має бути такою, як зазначено на рисунку 19.

Вивід(-и) вторинної(-их) обмотки(-ок), призначений(-х) для уземлення, треба приєднувати до корпусу та до землі.

Передавану напругу (U_2) треба вимірювати на відкритих виводах через коаксіальний кабельний вивід із опором 50 Ом, який закінчується осцилографом із вхідним повним опором 50 Ом та смугою пропускання 100 МГц або вище, який зчитує амплітудне значення.

Примітка. Інші методи випробовувань, призначені для уникнення впливу приладів, можна узгоджувати між виробником і споживачем.

Якщо трансформатор напруги має більше ніж одну вторинну обмотку, то вимірювання треба провадити на кожній обмотці.

У разі, якщо вторинні обмотки мають проміжні відводи, то вимірювання треба провадити лише на виводі, що відповідає повній обмотці.

Передавана перенапряга на вторинну обмотку (U_s) для заданих перенапруг (U_p), поданих на первинну обмотку, треба розраховувати так:

$$U_s = \frac{U_2}{U_1} \cdot U_p.$$

У разі коливань на максимумі необхідно провести середню криву, а максимальну амплітуду цієї кривої вважають амплітудним значенням U_1 для розрахунку передаваної перенапруги (див. рисунок 20).

Примітка. Амплітуда та частота коливань хвилі напруги може негативно впливати на передавану напругу.

Трансформатор напруги вважають таким, що пройшов випробовування, якщо значення передаваної перенапруги не перевищує норм, зазначених у таблиці 14.

11 МАРКУВАННЯ

11.1 Маркування заводської таблички

Усі трансформатори напруги повинні мати принаймні таке маркування:

- a) назву виробника чи інше маркування, що дає змогу чітко це встановити;
- b) серійний номер або позначення типу, бажано обидва параметри;
- c) номінальну первинну і вторинну напругу (наприклад, 66/0,11 кВ);
- d) номінальну частоту (наприклад, 50 Гц);
- e) номінальну потужність і відповідний клас точності (наприклад, 50 В·А, клас 1.0);

Примітка. Якщо є дві окремі вторинні обмотки, то треба зазначати номінальну потужність кожної вторинної обмотки у В·А, що відповідає класу точності, і номінальну напругу кожної обмотки.

- f) найвищу напругу обладнання (наприклад, 72,5 кВ);
- g) номінальний рівень ізоляції (наприклад, 140/325 кВ);

Примітка. Два пункти f) і g) можна поєднувати в одне маркування (наприклад, 72,5/140/325 кВ).

Усю інформацію треба наносити на трансформатор напруги або табличку, міцно прикріплену до трансформатора, щоб її неможливо було змити.

Крім цього, у будь-якому місці на табличку треба наносити таку інформацію:

h) номінальний коефіцієнт підвищення напруги і відповідну тривалість витримки випробувальної напруги;

- i) клас ізоляції, якщо він відрізняється від класу А;

Примітка. Якщо застосовують ізоляційні матеріали кількох класів, то треба зазначати один, за яким установлюють обмеження перевищення температури обмоток.

j) на трансформаторах, що мають дві вторинні обмотки, треба зазначати призначеність кожної обмотки та відповідні їм виводи.

11.2 Маркування виводів

11.2.1 Загальні правила

Це маркування застосовують до однофазних трансформаторів напруги, а також до групи однофазних трансформаторів напруги, що представляють один комплект, і підключених як трифазний трансформатор напруги або до трифазного трансформатора напруги, що має загальне осердя для всіх трьох фаз.

11.2.2 Позначення виводів

Маркування треба виконувати належним чином відповідно до рисунків 6—15.

Великими літерами А, В, С і N позначають виводи первинної обмотки, а малими літерами а, b, c і n позначають відповідні виводи вторинної обмотки.

Літерами А, В і С позначають повністю ізольовані виводи, а літерою N позначають вивід, який призначено для уземлення і рівень ізоляції якого нижчий за рівень іншого(-их) виводу(-ів).

Літерами da і dn позначають виводи обмоток нульової послідовності.

11.2.3 Відносні полярності

Виводи, позначені відповідними великими і малими літерами, повинні мати однакову полярність.

12 ВИМОГИ ДО ТОЧНОСТІ ОДНОФАЗНИХ ІНДУКТИВНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ НАПРУГИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ

12.1 Позначки класу точності трансформаторів напруги для вимірювання

Клас точності трансформаторів напруги для вимірювання позначають за найвищою допустимою похибкою напруги, вираженою у відсотках за номінальної напруги та номінальної навантаги, передбаченою для цього класу точності.

12.1.1 Стандартні класи точності трансформаторів напруги для вимірювання

Стандартні класи точності однофазних трансформаторів напруги для вимірювання є

0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 3,0.

12.2 Граничні похибки напруги і кутової похибки трансформаторів напруги для вимірювання

Похибка напруги і кутова похибка за номінальної частоти не повинні перевищувати значень, наведених у таблиці 11, за будь-якої напруги від 80 % до 120 % від номінальної напруги і за на-

вантагами від 25 % до 100 % від номінальної навантаги за коефіцієнта потужності 0,8, індуктивного.

Для трансформаторів класу точності 0,1 і 0,2, а також тих, що мають номінальну навантагу нижче ніж 10 В·А, може бути зазначено розширений діапазон навантаги. Похибка напруги і кутова похибка не повинні перевищувати значень, наведених у таблиці 11, якщо вторинна навантага має будь-яке значення від 0 В·А до 100 % від номінальної навантаги за коефіцієнта потужності, що дорівнює 1.

Таблиця 11 — Границі похибки напруги і кутової похибки трансформаторів напруги для вимірювання

Клас точності	Похибка напруги (відношення) у відсотках, ±	Кутова похибка, ±	
		Хвилини	Сантирадiani
0,1	0,1	5	0,15
0,2	0,2	10	0,3
0,5	0,5	20	0,6
1,0	1,0	40	1,2
3,0	3,0	Не нормують	Не нормують

Примітка. Під час замовлення трансформаторів, що мають дві окремі вторинні обмотки, через їх взаємну залежність користувач може зазначати діапазони потужності для кожної обмотки. При цьому верхня межа кожного діапазону потужності має відповідати стандартному значенню номінальної потужності. Кожна обмотка має відповідати вимогам до точності в межах її діапазону потужності. При цьому значення потужності іншої обмотки змінюють від нуля до 100 % від верхньої межі діапазону потужності, встановленої для цієї обмотки. Для доказу відповідності цим вимогам буде досить провести випробовування тільки за крайніх значень потужності. Якщо діапазони потужності не зазначено, то передбачають діапазони потужності від 25 % до 100 % номінальної потужності для кожної обмотки.

Якщо одну з обмоток навантажують лише періодично протягом коротких проміжків часу або її застосовують тільки для створення напруги нульової послідовності, то її впливом на інші обмотки можна знехтувати.

Примітка. Цю вимогу можна зазначати для точності вимірювань сертифікованої енергії.

Похибки треба визначати на виводах трансформатора і враховувати впливи будь-яких плавких запобіжників або резисторів, які є складовою частиною трансформатора.

12.3 Випробування типу на точність трансформаторів напруги для вимірювання

Для перевірки відповідності 12.2 випробування типу треба провадити за 80 %, 100 % і 120 % від номінальної напруги, за номінальної частоти та навантаги, що дорівнює 25 % і 100 % номінальної.

12.4 Приймально-здавальні випробування на точність трансформаторів напруги для вимірювання

Приймально-здавальні випробування на точність принципово співпадають з випробовуваннями типу відповідно до 12.3, але можна провадити за меншої кількості напруги і/або навантаги за умови, що під час проведення випробування типу подібного трансформатора було доведено, що такого зменшеного обсягу випробувань достатньо для підтвердження відповідності вимогам 12.2.

12.5 Маркувальна заводська табличка трансформатора напруги для вимірювання

Табличка має містити інформацію, зазначену в 11.1.

Клас точності треба наводити після позначки відповідної номінальної потужності (наприклад, 100 В·А, клас 0,5).

Для трансформаторів напруги, номінальне навантаження яких не перевищує 10 В·А та з розширенням навантаги до 0 В·А, значення треба зазначати безпосередньо перед позначенням навантаги (наприклад, 0 В·А—10 В·А, клас 0,2).

Примітка. Табличка може містити інформацію стосовно кількох комбінацій номінальної потужності і класів точності, яким може відповідати трансформатор.

13 ДОДАТКОВІ ВИМОГИ ДО ОДНОФАЗНИХ ІНДУКТИВНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ НАПРУГИ ДЛЯ ЗАХИСТУ

13.1 Познаки класу точності трансформаторів напруги для захисту

Познака класу точності всіх трансформаторів напруги для захисту, за винятком трансформаторів, що мають обмотку нульової послідовності, має відповідати наведеному у 12.1 і 12.2. Додатково вони повинні мати познаку одного з класів точності, наведених у 13.1.1.

Клас точності трансформатора напруги для захисту позначають за найбільшою допустимою похибкою напруги, вираженою у відсотках за напруги, що дорівнює 5 % від номінальної напруги до напруги, відповідної номінальному коефіцієнту підвищення напруги (див. 5.3). Після цього зазначають літеру Р.

13.1.1 Стандартні класи точності трансформаторів напруги для захисту

Стандартні класи точності трансформаторів напруги для захисту є 3Р і 6Р, границі похибки напруги і кутової похибки зазвичай однакові, як за напруги, що дорівнює 5 % від номінальної, так і за напруги, що відповідає номінальному коефіцієнту підвищення напруги. За напруги, що дорівнює 2 % від номінальної, границі допустимих похибок будуть удвічі вище за ті, що за напруги, яка дорівнює 5 % від номінальної.

Якщо трансформатори мають різні границі похибок за напруги, що становить 5 % від номінальної, і за найбільшої граничної напруги (напруга, відповідна номінальному коефіцієнту підвищення напруги 1,2, 1,5 або 1,9), то це треба узгодити між виробником і споживачем.

13.2 Границі похибки напруги і кутової похибки трансформаторів напруги для захисту

Похибка напруги і кутова похибка за номінальної частоти не повинні перевищувати значення, наведеного в таблиці 12, за напруги, що становить 5 % від номінальної напруги, та за номінальної напруги, збільшеної на номінальний коефіцієнт підвищення напруги (1,2; 1,5 або 1,9), і за навантаги від 25 % до 100 % від номінальної навантаги за коефіцієнта потужності 0,8, індуктивного.

За напруги, що становить 2 % від номінальної, границі допустимих похибки напруги і кутової похибки за навантаги від 25 % до 100 % від номінальної за коефіцієнта потужності 0,8, індуктивного, мають бути вдвічі вище за тих, що наведено в таблиці 12.

13.3 Номінальні напруги вторинних обмоток напруги нульової послідовності

Номінальні напруги вторинних обмоток, призначених для з'єднання в розімкнутий трикутник з аналогічними обмотками напруги нульової послідовності, наведено в таблиці 13.

13.4 Потужність вторинних обмоток напруги нульової послідовності

13.4.1 Номінальна потужність

Номінальну потужність обмоток, призначених для з'єднання в розімкнутий трикутник з аналогічними обмотками напруги нульової послідовності, треба вказувати у вольт-амперах і значення треба вибирати відповідно до 5.2.

13.4.2 Гранична номінальна потужність термічної стійкості

Таблиця 12 — Границі похибки напруги і кутової похибки трансформаторів напруги для захисту

Клас точності	Похибка напруги (відношення) у відсотках, ±	Кутова похибка, ±	
		Хвилини	Сантірадіани
3Р	3,0	120	3,5
6Р	6,0	240	7,0

Примітка. Під час замовлення трансформаторів, що мають дві вторинні окремі обмотки, і через їх взаємну залежність споживач повинен зазначати два діапазони потужності, по одному діапазону для кожної обмотки. При цьому верхня межа кожного діапазону потужності має відповідати стандартному значенню номінальної потужності. Кожна обмотка має відповідати вимогам до точності в межах свого діапазону потужності. При цьому значення потужності іншої обмотки змінюється від нуля до 100 % від верхньої межі діапазону потужності, встановленої для цієї обмотки. Для перевірення відповідності цим вимогам буде досить провести випробовування тільки за крайніх значень потужності. Якщо спеціальні вимоги до діапазонів потужності не встановлено, то приймають діапазони потужності від 25 % до 100 % від номінальної потужності для кожної обмотки.

Таблиця 13 — Номінальні напруги вторинних обмоток напруги нульової послідовності

Переважні значення, В		Альтернативні (непереважні) значення, В
100	110	200
$\frac{100}{\sqrt{3}}$	$\frac{110}{\sqrt{3}}$	$\frac{200}{\sqrt{3}}$
$\frac{100}{3}$	$\frac{110}{3}$	$\frac{200}{3}$

Примітка. Якщо умови є такими, що переважні значення номінальної вторинної напруги нульової послідовності дуже низькі, то можуть бути застосовані альтернативні значення, але увагу звертають на необхідність вжити заходи обережності в цілях безпеки.

Граничну номінальну потужність термічної стійкості обмотки напруги нульової послідовності треба зазначати у вольт-амперах; значення має бути 15, 25, 50, 75, 100 В·А і їх десяткові кратні за номінальної вторинної напруги з коефіцієнтом потужності, що дорівнює одиниці. Переважні значення підкреслено.

Примітка. Оскільки обмотки напруги нульової послідовності з'єднано в розімкнутий трикутник, то вони навантажуються тільки за пошкодження.

Відхиляючись від визначення, наведеного в 2.1.17.2, граничну номінальну потужність термічної стійкості обмотки напруги нульової послідовності віднесено до тривалості 8 год.

13.5 Клас точності вторинних обмоток напруги нульової послідовності

Клас точності обмотки напруги нульової послідовності має бути 6Р відповідно до 13.1.1 і 13.2.

Примітка 1. Якщо обмотку напруги нульової послідовності призначено для спеціального застосування, то за узгодженням між виробником і споживачем допускають інший стандартний клас точності відповідно до 12.1.1, 12.2, 13.1.1 і 13.2.

Примітка 2. Якщо обмотку напруги нульової послідовності застосовують для демпфування, то встановлення класу точності не є обов'язковим.

13.6 Випробування типу трансформаторів напруги для захисту

13.6.1 Випробування на нагрівання обмоток напруги нульової послідовності

Якщо одну з вторинних обмоток призначено як обмотку напруги нульової послідовності, то випробування треба провести відповідно до 8.1, починаючи це випробування відповідно до 5.4 а) за 1,2 номінальної первинної напруги і за ним безпосередньо слідує випробування відповідно до 5.4 с).

Під час попереднього випробування за 1,2 номінальної первинної напруги, обмотку напруги нульової послідовності не треба навантажувати. Під час випробування за 1,9 номінальної первинної напруги протягом 8 год обмотку напруги нульової послідовності треба навантажувати навантагою граничної номінальної потужності термічної стійкості (див. 13.4.2). Решту обмоток треба навантажувати їх номінальними навантагами.

Якщо значення граничної потужності термічної стійкості встановлено для інших вторинних обмоток, то треба провести додаткове випробування відповідності 5.4 а) за номінальної первинної напруги без навантаження обмотки напруги нульової послідовності.

Примітка. Вимірювати напругу треба на первинній обмотці, оскільки дійсна вторинна напруга може бути значно нижче від номінальної вторинної напруги, збільшеної на коефіцієнт підвищення напруги.

13.6.2 Випробування на точність

Для перевірки відповідності 13.2 випробування типу треба провадити за 2 %, 5 % і 100 % від номінальної напруги та за номінальної напруги, збільшеної на номінальний коефіцієнт підвищення напруги за 25 % і 100 % від номінальної навантаги, та за коефіцієнта потужності 0,8, індуктивного.

Якщо у трансформатора є кілька вторинних обмоток, то їх треба навантажувати згідно з указівками, наведеними в примітці до 13.2.

Обмотка напруги нульової послідовності залишається без навантаги під час проведення випробувань з напругою до 100 % від номінальної, а також треба навантажувати номінальною

навантагою під час випробовування напругою, що дорівнює номінальній, збільшеній на унормований коефіцієнт підвищення напруги.

13.7 Приймально-здавальні випробування трансформаторів напруги для захисту

13.7.1 Випробування на точність

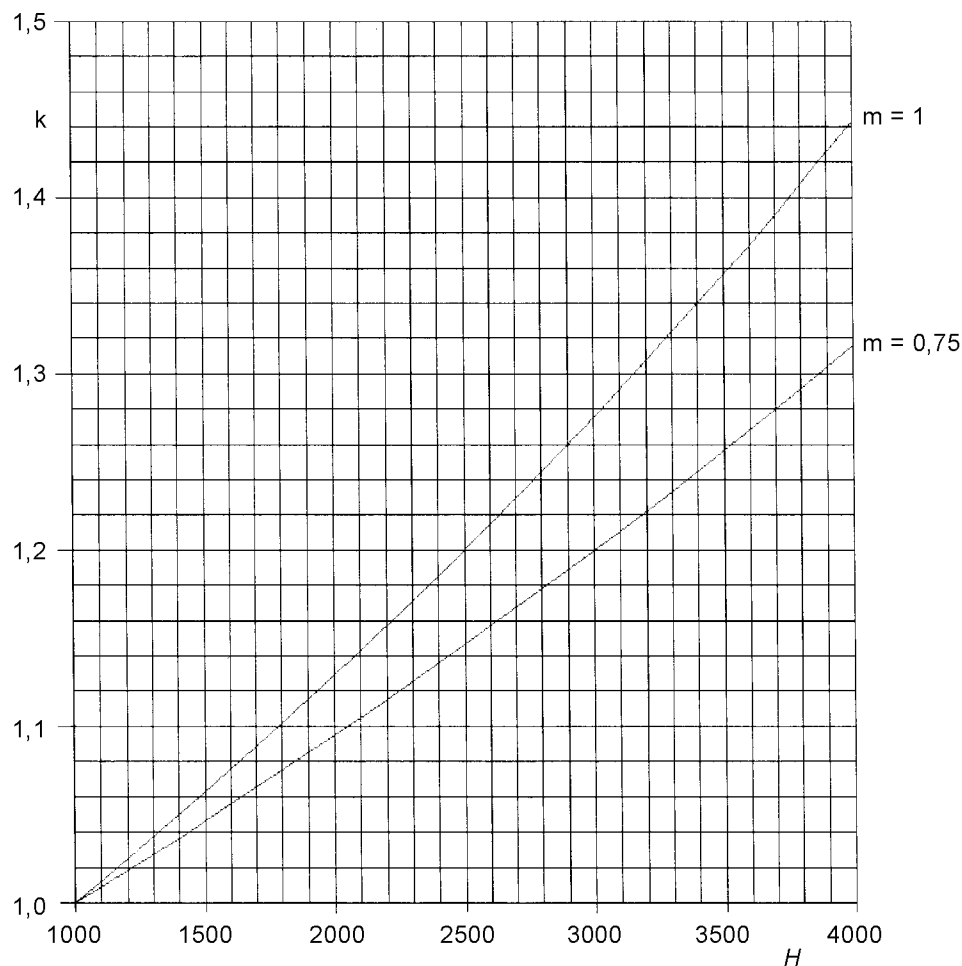
Приймально-здавальні випробування на точність принципово співпадають з випробуваннями типу відповідно до 13.6.2, але їх можна провадити за меншою кількістю напруги і/або навантаги за умови, що під час проведення випробування типу подібного трансформатора було доведено, що такого зменшеного обсягу випробовувань достатньо для підтвердження відповідності вимогам 13.2.

13.8 Маркувальна заводська табличка трансформатора напруги для захисту

Табличка має містити інформацію, зазначену в 11.1.

Клас точності треба наводити після позначки відповідної номінальної потужності.

Приклад типової таблички наведено на рисунку 16.



Ці коефіцієнти можна розрахувати за допомогою формули:

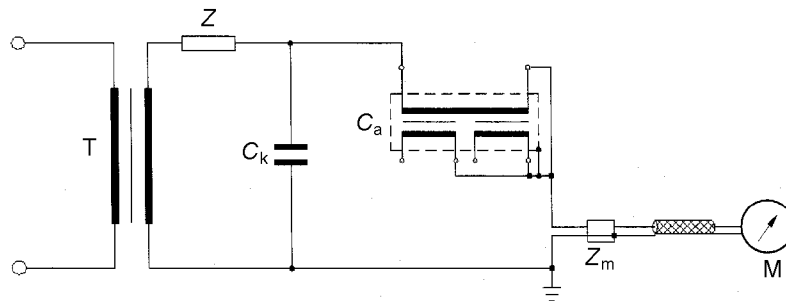
$$k = e^{m(H-1000)/8150},$$

де H — висота встановлення над рівнем моря, м;

$m = 1$ — для напруги промислової частоти та грозового імпульсу;

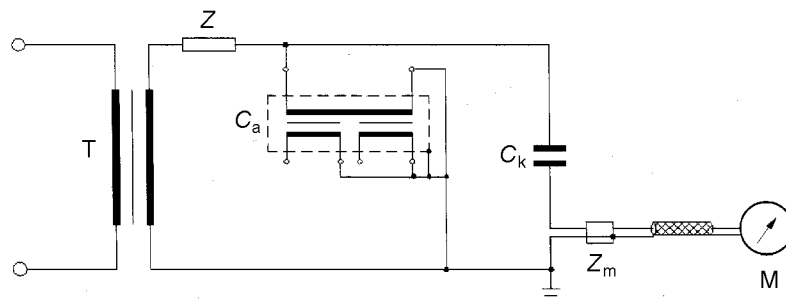
$m = 0,75$ — для напруги комутаційного імпульсу.

Рисунок 1 — Поправкові коефіцієнти на висоту встановлення над рівнем моря



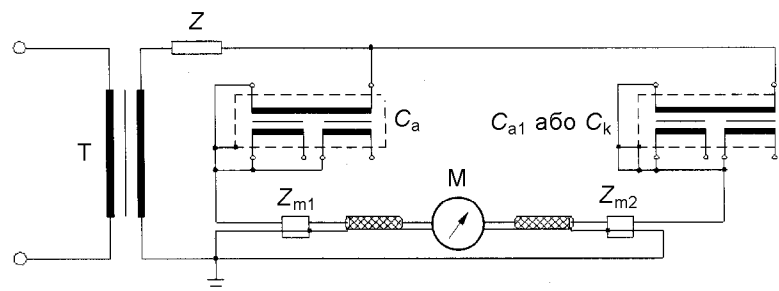
- T — випробувальний трансформатор;
 C_a — вимірювальний трансформатор, що підлягає випробуванню;
 C_k — з'єднувальний конденсатор;
 M — прилад для вимірювання часткових розрядів;
 Z_m — вимірювальний повний опір;
 Z — фільтр (немає, якщо C_k — ємність випробувального трансформатора).

Рисунок 2 — Випробувальна схема для вимірювання часткових розрядів



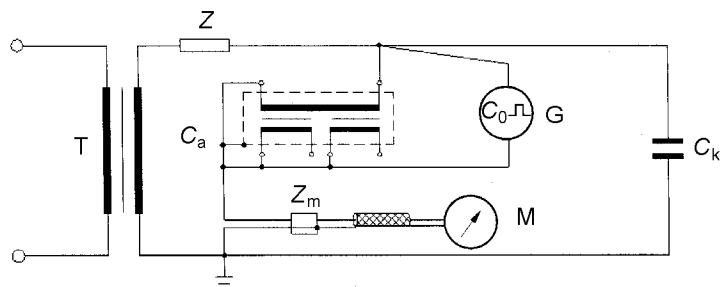
Позначки такі самі, як на рисунку 2.

Рисунок 3 — Варіант випробувальної схеми для вимірювання часткових розрядів



- T — випробувальний трансформатор;
 C_a — вимірювальний трансформатор, що підлягає випробуванню;
 C_{a1} — додатковий об'єкт, вільний від часткових розрядів (або C_k — з'єднувальний конденсатор);
 M — прилад для вимірювання часткових розрядів;
 Z_{m1} та Z_{m2} — вимірювальні повні опори;
 Z — фільтр.

Рисунок 4 — Приклад балансової випробувальної схеми для вимірювання часткових розрядів



G — імпульсний генератор з ємністю C_0 ;
інші позначки такі самі, як на рисунку 2.

Рисунок 5 — Приклад схеми калібрування для вимірювання часткових розрядів

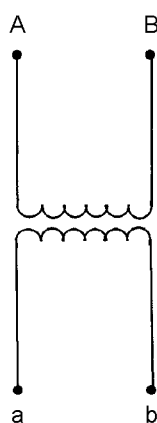


Рисунок 6 — Однофазний трансформатор з повністю ізольованими виводами та однією вторинною обмоткою

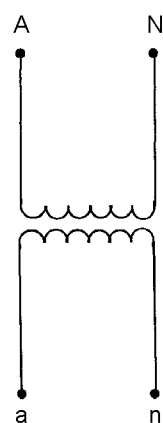


Рисунок 7 — Однофазний трансформатор з нейтральним первинним виводом зі зменшеною ізоляцією та однією вторинною обмоткою

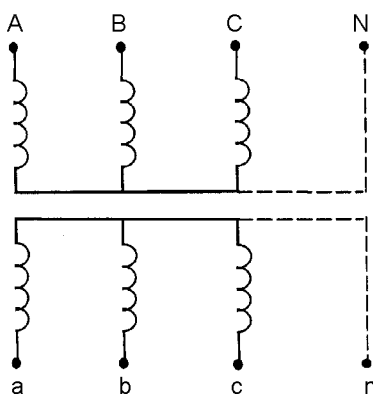


Рисунок 8 — Трифазна група з однією вторинною обмоткою

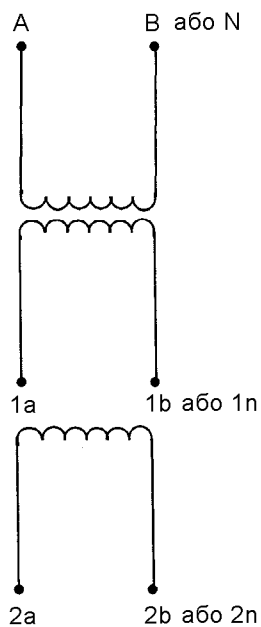


Рисунок 9 — Однофазний трансформатор з двома вторинними обмотками

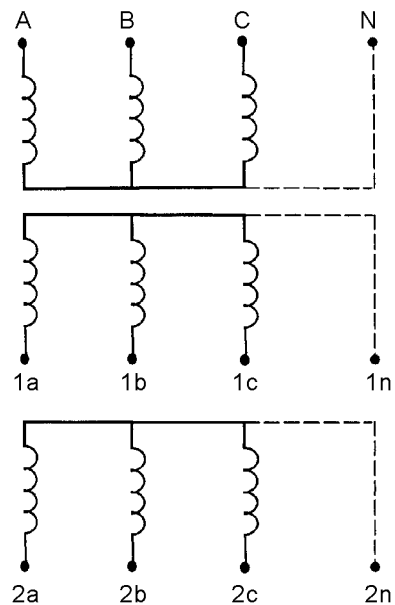


Рисунок 10 — Трифазна група з двома вторинними обмотками

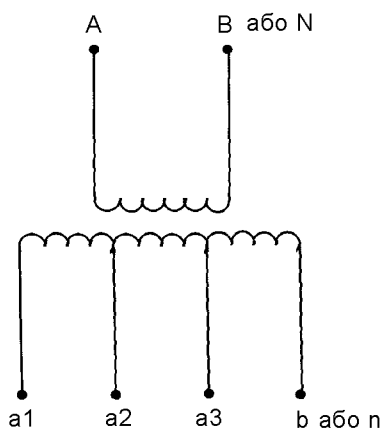


Рисунок 11 — Однофазний трансформатор з однією вторинною обмоткою з відгалуженнями

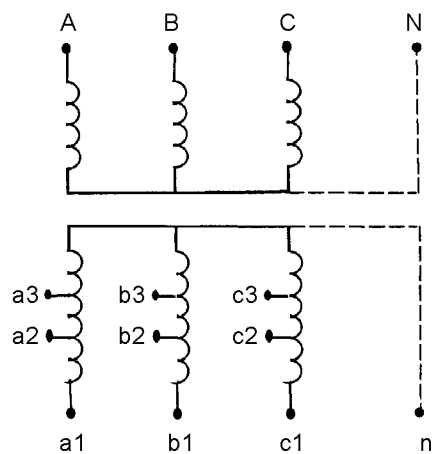


Рисунок 12 — Трифазна група з однією вторинною обмоткою з відгалуженнями

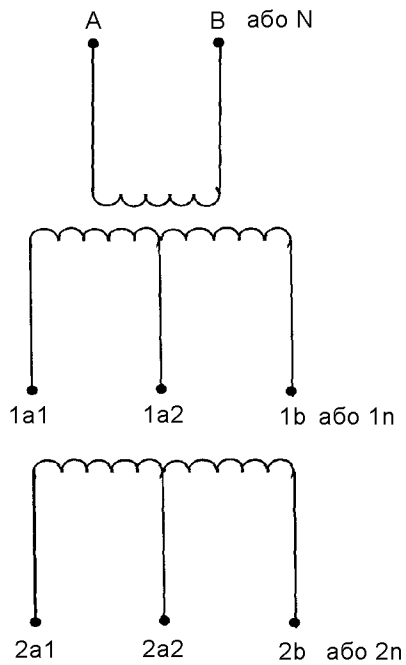


Рисунок 13 — Однофазний трансформатор з двома вторинними обмотками з відгалуженнями

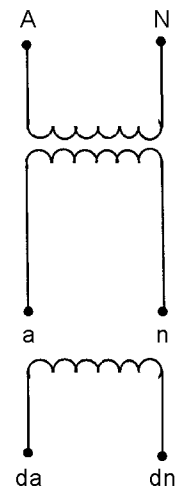


Рисунок 14 — Однофазний трансформатор з однією обмоткою напруги нульової послідовності

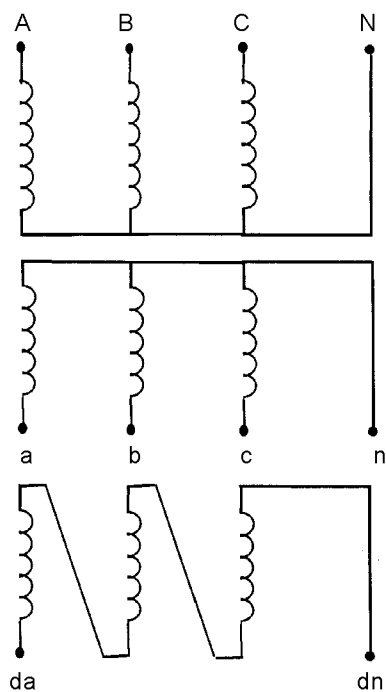
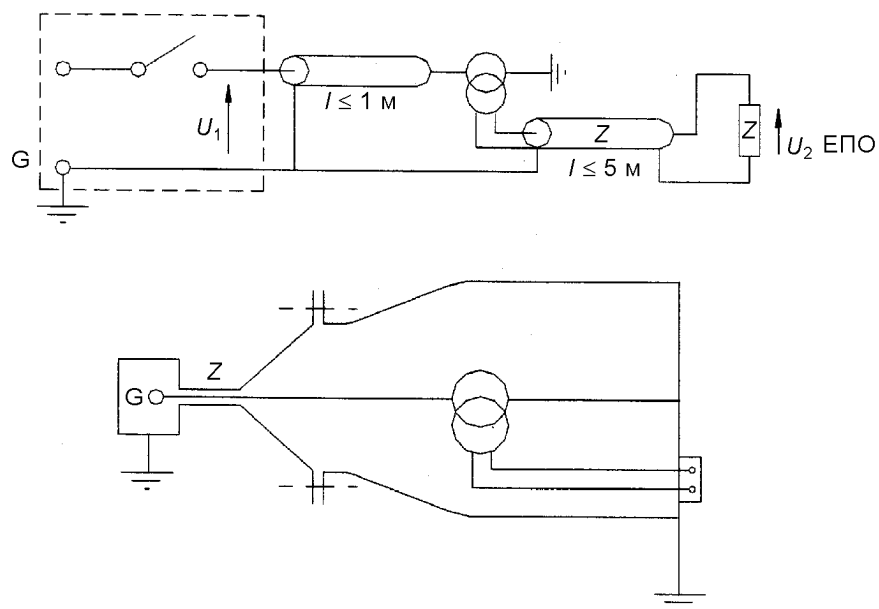


Рисунок 15 — Трифазний трансформатор з однією обмоткою напруги нульової послідовності

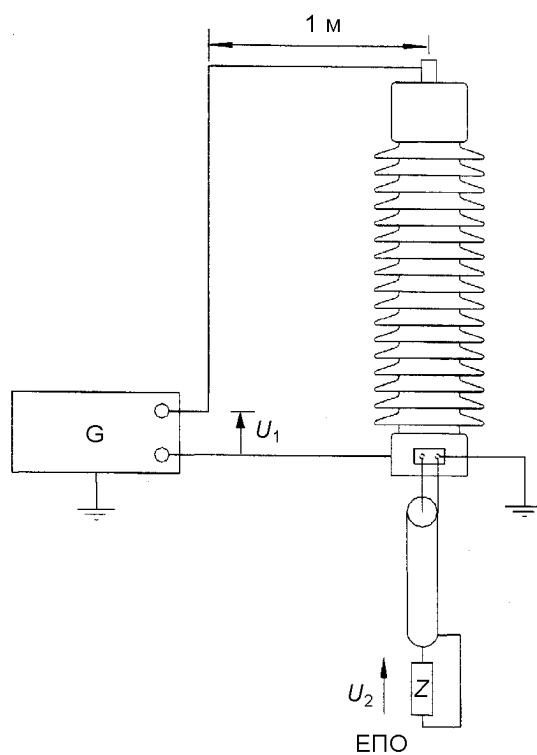
Трансформатор напруги		A—N 22000: $\sqrt{3}$ В			
Виробник		1a—1n	(2a—2n)	da—dn	
Серійний №: ...		110: $\sqrt{3}$		110:3	
Тип	50 Гц	В·А:25	50	25	
245/460/1050 кВ	1,9 U_n 30 с	CI:0,5	3P	6P	

Рисунок 16 — Приклад типової заводської таблички



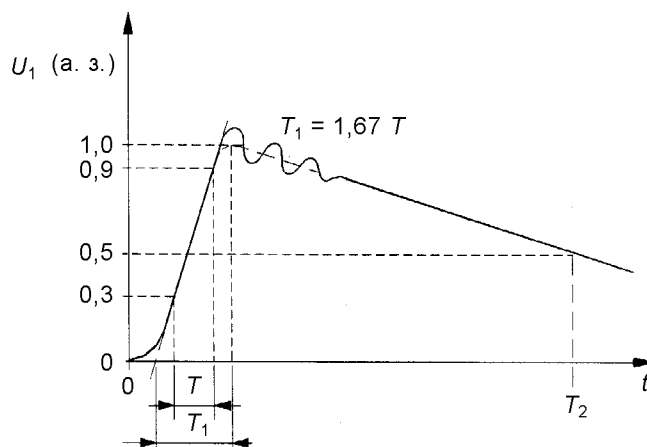
ЕПО — електронно-променевий осцилограф.

Рисунок 18 — Вимірювання передаваних перенапруг: випробувальна схема та елегазова випробувальна установка

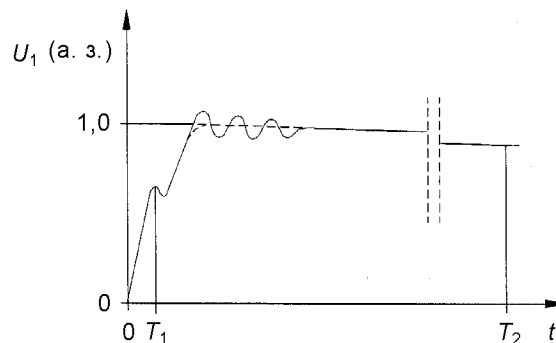


ЕПО — електронно-променевий осцилограф.

Рисунок 19 — Вимірювання передаваних перенапруг: загальний вигляд випробувальної установки



а. з. — амплітудне значення
Форма імпульсу типу А



а. з. — амплітудне значення
Форма імпульсу типу В

Рисунок 20 — Вимірювання передаваних перенапруг:
форми випробувальних імпульсів

ДОДАТОК НА
(довідковий)

ПЕРЕЛІК НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ, ЗГАМОНІЗОВАНИХ ЧИ РОЗРОБЛЕНИХ НА ОСНОВІ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ, НА ЯКІ Є ПОСИЛАННЯ В ЦЬОМУ СТАНДАРТІ

ДСТУ 2976–95 Трансформатори струму та напруги. Терміни та визначення (ІЕС 60050(321):1986, NEQ)

ДСТУ 3338–96 Трансформатори силові. Методи вимірювань характеристик часткових розрядів під час випробувань напругою промислової частоти (ІЕС 60270:1981, NEQ)

ДСТУ CISPR 18-2*) Характеристики радіозавад повітряних силових ліній та високовольтного обладнання. Частина 2. Методи вимірювання та процедури визначення норм (CISPR 18-2:1986).

*) На розгляді.

Код УКНД 17.220.20; 29.180

Ключові слова: визначення, випробування, клас точності, маркування, навантага, напруга, технічні вимоги, трансформатор напруги.

Редактор **І. Дьячкова**
Технічний редактор **О. Касіч**
Коректор **І. Недогарко**
Верстальник **І. Барков**

Підписано до друку 21.09.2010. Формат 60 × 84 1/8.
Ум. друк. арк. 4,65. Обл.-вид. арк. 2,88. Зам. Ціна договірна.

Виконавець
Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр
проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»)
вул. Святошинська, 2, м. Київ, 03115
Свідоцтво про внесення видавця видавничої продукції до Державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції від 14.01.2006 серія ДК № 1647