

МІНІСТЕРСТВО ЕНЕРГЕТИКИ ТА ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

---

**ЕКСПЛУАТАЦІЯ  
ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ**  
Настанова

СОУ-Н ЕЕ 40.1-21677681-90:2013

*Видання офіційне*

Київ  
Об'єднання енергетичних підприємств  
«Галузевий резервно-інвестиційний фонд розвитку енергетики»  
2014

## ПЕРЕДМОВА

- 1 ЗАМОВЛЕНО: Державним підприємством «Львівське конструкторське бюро»
- 2 РОЗРОБНИКИ: Б. Сегін, Е. Сушицька, Я. Романишин, Л. Лабарткава,  
О. Гуріна
- 3 ВНЕСЕНО: Департамент електроенергетики Міненерговугілля України,  
С. Меженний
- 4 УЗГОДЖЕНО: Заступник Міністра енергетики та вугільної промисловості  
України,  
С. Чех  
Департамент стратегічної політики та ядерно-енергетичного  
комплексу,  
П. Чернов  
Департамент електроенергетики Міністерства енергетики  
та вугільної промисловості України,  
С. Меженний  
Об'єднання енергетичних підприємств «Галузевий резервно-  
інвестиційний фонд розвитку енергетики»,  
О. Єрмаков
- 5 ЗАТВЕРДЖЕНО  
ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: Наказом Міненерговугілля України за № 792 від 28.10.2013 р.
- 6 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ
- 8 ТЕРМІН ПЕРЕВІРЕННЯ: 2018 рік



МІНІСТЕРСТВО ЕНЕРГЕТИКИ  
ТА ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

НАКАЗ

28 жовтня 2013 р.

м. Київ

№ 792

Про затвердження нормативного документа  
«Експлуатація вимірювальних трансформаторів.  
Настанова»

Відповідно до статті 7 Закону України «Про електроенергетику» та Положення про Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, затвердженого Указом Президента України від 6 квітня 2011 року № 382, з метою визначення вимог до експлуатації вимірювальних трансформаторів

НАКАЗУЮ:

1. Затвердити нормативний документ «Експлуатація вимірювальних трансформаторів. Настанова» (далі – Настанова), що додається.
2. Настанова набирає чинності через 90 днів з дати видання цього наказу.
3. Об'єднанню енергетичних підприємств «Галузевий резервно-інвестиційний фонд розвитку енергетики» (Єрмаков О.М.) внести Настанову до єдиного реєстру нормативних документів Міненерговугілля в установленому порядку, а також забезпечити видання та надходження необхідної кількості примірників Настанови державним підприємствам, установам, організаціям та об'єднанням, що належать до сфери управління Міненерговугілля, та господарским товариствам, щодо яких Міненерговугілля здійснює управління корпоративними правами держави, відповідно до замовлень.
4. Контроль за виконанням цього наказу покласти на заступника Міністра Чеха С.М.

Міністр

Е. Ставицький

## ЗМІСТ

Вступ.....	V
1 Сфера застосування.....	1
2 Нормативні посилання .....	1
3 Терміни та визначення понять.....	3
4 Позначки та скорочення.....	6
5 Опис та робота вимірювальних трансформаторів .....	6
6 Використання вимірювальних трансформаторів за призначенням .....	16
7 Введення в експлуатацію нових вимірювальних трансформаторів і вимірювальних трансформаторів, які пройшли відновлювальний або капітальний ремонт .....	16
8 Обслуговування вимірювальних трансформаторів.....	19
9 Поточний ремонт вимірювальних трансформаторів.....	24
10 Зберігання та транспортування вимірювальних трансформаторів .....	24
11 Утилізування вимірювальних трансформаторів .....	25
12 Заходи безпеки .....	25
Додаток А Масляні трансформатори струму.....	26
Додаток Б Масляні трансформатори напруги .....	35
Додаток В Елегазові трансформатори струму.....	39
Додаток Г Елегазові трансформатори напруги.....	52
Додаток Д Бібліографія .....	56

## ВСТУП

Ця Настанова «Експлуатація вимірювальних трансформаторів» поширюється на вимірювальні трансформатори струму і напруги (масляні і елегазові) напругою від 35 кВ до 750 кВ вітчизняних і зарубіжних заводів-виробників.

При експлуатації конкретних типів трансформаторів, які мають конструктивні особливості, слід додатково керуватись інструкціями заводів-виробників з експлуатації.

Експлуатація трансформаторів полягає в наступному:

- нагляд за роботою обладнання шляхом проведення оглядів;
- своєчасне виявлення дефектів і неполадок;
- своєчасне проведення профілактичних випробувань і ремонту;
- ведення оперативно-технічної документації.

У Настанові наведено:

- опис та робота вимірювальних трансформаторів;
- класифікація, основні параметри та характеристики вимірювальних трансформаторів;
- вказівки щодо використання вимірювальних трансформаторів;
- вимоги до введення в експлуатацію нових вимірювальних трансформаторів і вимірювальних трансформаторів, які пройшли відновлювальний або капітальний ремонт;
- вимоги до обслуговування вимірювальних трансформаторів;
- вимоги до транспортування та зберігання вимірювальних трансформаторів;
- заходи безпеки при роботі з вимірювальними трансформаторами.

ЗАТВЕРДЖЕНО  
наказом Міністерства енергетики  
та вугільної промисловості України  
від 28 жовтня 2013 р. № 792

**МІНІСТЕРСТВО ЕНЕРГЕТИКИ  
ТА ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ**

**ЕКСПЛУАТАЦІЯ  
ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ  
Настанова**

Чинний від 2014-01-26

**1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ**

1.1 Ця Настанова «Експлуатація вимірювальних трансформаторів» (далі — Настанова) поширюється на опорні вимірювальні трансформатори напруги і струму на напругу від 35 кВ до 750 кВ зовнішнього встановлення (категорія розміщення I, II), які застосовують на електроенергетичних об'єктах.

1.2 Положення цієї Настанови є обов'язковими для державних підприємств, установ, організацій та об'єднань, що належать до сфери управління Міненерговугілля України та господарських товариств, щодо яких Міненерговугілля України здійснює управління корпоративними правами держави, які здійснюють експлуатацію, монтаж, налагодження, випробування та діагностику вимірювальних трансформаторів.

**2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ**

У цій Настанові є посилання на такі нормативні документи:

ДСТУ 2708:2006 Метрологія. Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення;

ДСТУ 6097:2009 Метрологія. Трансформатори струму. Методика повірки;

ДСТУ IEC 60044-1:2008 Трансформатори вимірювальні. Частина 1. Трансформатори струму (IEC 60044-1:2003, IDT);

ДСТУ IEC 60044-2:2008 Трансформатори вимірювальні. Частина 2. Трансформатори напруги індуктивні (IEC 60044-2:2003, IDT);

ДСТУ ГОСТ 17216:2004 Чистота промислова. Класи чистоти рідин (ГОСТ 17216-2001, IDT);

ДСТУ ГОСТ 1983-2003 Трансформатори напруги. Загальні технічні умови (ГОСТ 1983-2001, IDT);

ГОСТ 8.216:2011 ГСИ. Трансформаторы напряжения. Методика поверки (Трансформаторы напруги. Методика перевірки);

ГОСТ 1547-84 Масла и смазки. Метод определения наличия воды (Масла і мастила. Метод визначення наявності води);

ГОСТ 5985-79 Нефтепродукты. Метод определения кислотности и кислотного числа (Нафтопродукти. Метод визначення кислотності і кислотного числа);

ГОСТ 6307-75 Нефтепродукты. Метод определения наличия водорастворимых кислот и щелочей (Нафтопродукти. Метод визначення наявності водорозчинних кислот і лугів);

ГОСТ 6356-75 Нефтепродукты. Метод определения температуры вспышки в закрытом тигле (Нафтопродукти. Метод визначення температури спалаху в закритому тиглі);

ГОСТ 6370-83 Нефть, нефтепродукты и присадки. Метод определения механических примесей (Нафта, нафтопродукти і присадки. Метод визначення механічних домішок);

ГОСТ 6581-75 Материалы электроизоляционные жидкие. Методы электрических испытаний (Матеріали електроізоляційні рідкі. Методи електричних випробувань);

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды (Машини, прилади та інші технічні вироби. Виконання для різних кліматичних районів. Категорії, умови експлуатації, зберігання і транспортування в частині впливу кліматичних факторів навколишнього середовища);

ГОСТ 18311-80 Изделия электротехнические. Термины и определения основных понятий (Вироби електротехнічні. Терміни та визначення основних понять);

ГОСТ 18685-73 Трансформаторы тока и напряжения. Термины и определения (Трансформатори струму і напруги. Терміни і визначення);

ГОСТ 23216-78 Изделия электротехнические. Хранение, транспортирование, временная противокоррозионная защита и упаковка. Общие требования и методы испытаний (Вироби електротехнічні. Зберігання транспортування, тимчасовий протикорозійний захист і пакування. Загальні вимоги і методи випробувань);

ГОСТ 24614-81 Жидкости и газы, не взаимодействующие с реактивом Фишера. Кулонометрический метод определения воды (Рідини і гази, що не взаємодіють з реактивом Фішера. Кулонометричний метод визначення води);

ТУ 6-02-1249-83 (IEC 60376:2005) Элегаз повышенной чистоты. Технические условия (Елегаз підвищеної чистоти. Технічні умови);

СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 Норми випробування електрообладнання, затверджені наказом Мінпаливенерго від 15.01.2007 № 13;

СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009 Приймання, застосування та експлуатація трансформаторних масел. Норми оцінювання якості, затверджені наказом Мінпаливенерго від 25.02.2009 № 113;

СОУ-Н ЕЕ 20.577:2007 Технічне діагностування електрообладнання та контактних з'єднань електроустановок і повітряних ліній електропередачі засобами інфрачервоної техніки. Методичні вказівки, затверджені наказом Мінпаливенерго від 15.02.2007 № 89;

СОУ-Н ЕЕ 46.501:2006 Діагностика маслonaповненого трансформаторного обладнання за результатами хроматографічного аналізу вільних газів, відібраних із газового реле, і газів, розчинених у ізоляційному маслі. Методичні вказівки, затверджені наказом Мінпаливенерго від 29.12.2006 № 539;

СОУ-Н МЕН 41.0-216.77681-61: 2012 (НАПБ В.05.027-2011/111) Інструкція з гасіння пожеж на енергетичних об'єктах України;

СОУ-Н МПЕ 40.1.35.301:2004 Перевірка трансформаторів струму, які використовуються в схемах релейного захисту. Інструкція, затверджена наказом Мінпаливенерго від 31.12.2004 № 855;

СОУ-Н МПЕ 40.1.35.302:2006 Перевірення трансформаторів напруги та їх вторинних кіл. Інструкція, затверджена наказом Мінпаливенерго від 19.04.2006 № 129;

СОУ-Н-МПЕ 40.1.46.301:2005 Перевірка ізоляції трансформаторів струму 330 — 750 кВ під робочою напругою. Методичні вказівки, затверджені наказом Мінпаливенерго від 26.04.2006 № 140;

НПАОП 0.00-1.29-97 Правила захисту від статичної електрики;

НПАОП 0.00-1.30-01 Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями;

НПАОП 0.00-5.04-95 Типова інструкція з безпечного ведення робіт для стропальників (зачіплювачів), які обслуговують вантажопідіймальні крани;

НПАОП 0.00-5.06-94 Типова інструкція для осіб, відповідальних за безпечне проведення робіт з переміщення вантажів кранами;

НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок;

НПАОП 40.1-1.07-01 Правила експлуатації електрозахисних засобів;

НПАОП 40.1-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів;

НАПБ А.01.001-2004 Правила пожежної безпеки в Україні;

ДСанПіН 2.2.7.029-99 Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення;

РД 34.43.107-95 Методичні вказівки по визначенню вмісту води і повітря в трансформаторному маслі;

Настанова «Виконання робіт з електрикою», затверджено наказом Мінпаливенерго України від 02.10.2012 № 765

### 3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цій Настанові використано терміни, установлені в ДСТУ ІЕС 60044-1, ДСТУ ІЕС 60044-2, ДСТУ ГОСТ 1983, ГОСТ 18685 та визначення позначених ними понять:

#### 3.1 вимірювальний трансформатор

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

#### 3.2 вирівнююча обмотка трансформатора напруги

Обмотка, що служить для вирівнювання потужності в первинній обмотці двох стержнів одного магнітопроводу каскадного трансформатора напруги

#### 3.3 виткова корекція трансформатора напруги

Зменшення похибки напруги трансформатора напруги зміною числа витків первинної обмотки

#### 3.4 вторинне коло трансформатора струму (напруги)

Зовнішнє коло, що живиться від вторинної обмотки трансформатора струму (напруги)

#### 3.5 вторинна обмотка трансформатора струму

Обмотка, що живить кола струму вимірювальних приладів, лічильників, реле та іншої аналогічної апаратури

#### 3.6 вторинна обмотка трансформатора напруги

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

#### 3.7 вторинна обмотка для захисту

Вторинна обмотка трансформатора струму, призначена для приєднання до неї пристроїв захисту і управління

#### 3.8 вторинний струм трансформатора струму

Струм, що протікає по вторинній обмотці трансформатора струму

#### 3.9 гранична кратність трансформатора струму

Найбільше значення кратності первинного струму, при якому повна похибка при заданій вторинному навантаженні не перевищує 10%

#### 3.10 додаткова вторинна обмотка трансформатора напруги

Обмотка, призначена для з'єднання в розімкнутий трикутник з метою приєднання до неї кіл контролю ізоляції мережі

#### 3.11 допустима область похибок

Область, за межі якої не повинні виходити похибки трансформаторів

#### 3.12 електрика

Електротехнічний газ (шестифториста сірка SF<sub>6</sub>)

#### 3.13 ємнісний трансформатор напруги

Трансформатор напруги, що містить ємнісний дільник

#### 3.14 заземлюючі трансформатори напруги

Однофазний трансформатор напруги, один кінець первинної обмотки якого повинен бути наглухо заземлений, або трифазний трансформатор напруги, нейтраль первинної обмотки якого повинна бути наглухо заземлена

#### 3.15 зв'язуюча обмотка трансформатора напруги

Обмотка, що служить для передачі потужності з обмотки одного магнітопроводу на обмотки іншого магнітопроводу каскадного трансформатора напруги

#### 3.16 клас точності трансформатора струму (напруги)

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



### **3.17 номінальний коефіцієнт трансформації трансформатора напруги**

Відношення номінальної первинної напруги до номінальної вторинної напруги

### **3.18 коефіцієнт трансформації трансформатора струму**

Відношення номінальної первинної сили струму до номінальної вторинної сили струму

### **3.19 компенсаційна обмотка трансформатора напруги**

Допоміжна обмотка трифазного трансформатора напруги, призначена для зменшення кутової похибки напруги

### **3.20 кратність насичення трансформатора струму**

Відношення первинного струму до його номінального значення, при якому при заданому вторинному навантаженні індукція в магнітопроводі трансформатора струму близька до індукції насичення

### **3.21 кратність первинного струму трансформатора струму**

Відношення первинного струму трансформатора струму до його номінального значення

### **3.22 кратність струму електродинамічної стійкості трансформатора струму**

Відношення струму електродинамічної стійкості до амплітудного значення номінального первинного струму

### **3.23 кратність струму термічної стійкості трансформатора струму**

Відношення струму термічної стійкості до діючого значення номінального первинного струму

### **3.24 кутова похибка трансформатора напруги**

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

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

### **3.25 кутова похибка трансформатора струму**

Різниця фаз між векторами первинного і вторинного струмів, причому напрямки векторів вибирають таким, що для ідеального трансформатора струму кут дорівнює нулю.

**Примітка.** Кутову похибку вважають позитивною, якщо вектор вторинного струму випереджає вектор первинного струму. Одиниця виміру кутової похибки — хвилина або сантирадіан

### **3.26 навантага трансформатора струму**

Повний опір вторинного кола трансформатора струму, в Омах, із зазначенням коефіцієнта потужності.

**Примітка.** Навантагу, зазвичай, характеризують як повну потужність у вольт — амперах, що споживають за визначеного коефіцієнта потужності та номінальної вторинної сили струму

### **3.27 найбільший робочий первинний струм трансформатора струму**

Найбільше значення первинного струму, тривалий перебіг якого допустимий за умовами нагрівання

### **3.28 номінальне вторинне навантаження трансформатора струму**

Значення вторинного навантаження ( $B \cdot A$ ), вказане на табличці трансформатора струму, при якому гарантується клас точності або гранична кратність

### **3.29 номінальна вторинна напруга трансформатора напруги**

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

### **3.30 номінальна гранична кратність трансформатора струму**

Гарантована трансформатором струму гранична кратність при номінальному вторинному навантаженні

### **3.31 номінальне значення параметра**

Номінальне значення параметра — згідно з ГОСТ 18311.

**Примітка.** До номінальних параметрів у трансформаторах струму і напруги відносяться наступні параметри: номінальна напруга, номінальний первинний струм, номінальний вторинний струм, номінальний коефіцієнт трансформації, номінальна первинна напруга, номінальна вторинна напруга тощо

**3.32 номінальний клас точності трансформатора струму (напруги)**

Клас точності, гарантований трансформатору струму (напруги) при номінальному вторинному навантаженні і вказується на його таблиці

**3.33 номінальний коефіцієнт безпеки приладів**

Відношення номінального струму безпеки приладів до номінального первинного струму трансформатора

**3.34 номінальна потужність трансформатора напруги**

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

**3.35 номінальна первинна сила струму трансформатора струму**

Значення первинної сили струму, що визначає характеристики трансформатора

**3.36 номінальний струм безпеки приладів**

Мінімальне значення первинного струму трансформатора, при якому повна похибка становить не менше ніж 10% при номінальному вторинному навантаженні

**3.37 обмотки ланкового типу трансформатора струму**

Обмотки трансформатора струму, виконані так, що внутрішня ізоляція трансформатора конструктивно розподілена між первинною і вторинною обмотками, а взаємне розташування обмоток нагадує ланки ланцюга

**3.38 обмотка трансформатора струму з відгалуженнями**

Обмотка трансформатора струму, що має виводи від частини витків для отримання різних коефіцієнтів трансформації

**3.39 обмотки римовидного типу трансформатора струму**

Обмотки трансформатора струму, виконані так, що внутрішня ізоляція трансформатора нанесена в основному тільки на вторинну (вторинні) обмотку і її вивідні кінці, а самі обмотки утворюють римовидну фігуру

**3.40 обмотки U-подібного типу трансформатора струму**

Обмотки трансформатора струму, виконані так, що внутрішня ізоляція трансформатора нанесена в основному тільки на первинну обмотку, що має U-подібну форму

**3.41 основна вторинна обмотка трансформатора напруги**

Обмотка, в якій виникає трансформована (вторинна) напруга

**3.42 опорний трансформатор струму**

Трансформатор струму, призначений для установки на опорній площині

**3.43 первинна напруга трансформатора напруги**

Напруга, прикладена до первинної обмотки трансформатора напруги і підлягає трансформації

**3.44 первинна обмотка трансформатора напруги**

Обмотка, до якої прикладається напруга, яка підлягає трансформації

**3.45 первинна обмотка трансформатора струму**

Обмотка, через яку пропускають струм, що підлягає трансформації

**3.46 повна похибка трансформатора струму**

Діюче значення різниці між добутком номінального коефіцієнта трансформації на миттєве дійсне значення вторинного струму і миттєвим значенням первинного струму в сталому режимі

**3.47 похибка напруги трансформатора напруги**

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

**Примітка.** Похибка напруги виражають у відсотках

**3.48 секціонована обмотка трансформатора струму**

Обмотка трансформатора струму, що складається з окремих секцій, що допускає різні з'єднання.

**Примітка.** Для отримання різних коефіцієнтів трансформації або вирівнювання індукції в магнітопроводі

### 3.49 струм електродинамічної стійкості трансформатора струму

Найбільше амплітудне значення струму короткого замикання за весь час його протікання, яке трансформатор струму витримує без пошкоджень, що перешкоджають його подальшій справній роботі

### 3.50 струм намагнічення трансформатора струму

Діюче значення струму, споживаного вторинною обмоткою трансформатора струму, коли до вторинних затисків підведена синусоїдальна напруга номінальної частоти, причому первинна обмотка і всі інші обмотки розімкнені

### 3.51 струм термічної стійкості трансформатора струму

Найбільше діюче значення струму короткого замикання за проміжок часу  $t$ , яке трансформатор струму витримує протягом цього проміжку часу без нагріву струмопровідних частин до температур, що перевищують допустимі при струмах короткого замикання, і без пошкоджень, що перешкоджають його подальшій справній роботі

### 3.52 струмова похибка трансформатора струму

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

**Примітка.** Струмову похибку виражають у відсотках

### 3.53 трансформатор струму (напруги)

Вимірювальний трансформатор, в якому при нормальних умовах застосування струм вторинної обмотки (вторинна напруга) практично пропорційний (пропорційна) первинному струму (первинної напрузі) та за правильного ввімкнення зсунутий (зсунена) відносно нього за фазою на кут, близький до нуля

## 4 ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

Нижче подано позначки та скорочення, використані у цій Настанові:

- A (a) — фазний вивід первинної обмотки (вторинної обмотки);
- BT — вимірювальний трансформатор;
- Л — вивід первинної обмотки;
- И — вивід вторинної обмотки;
- ІТП — інженерно-технічний персонал;
- КЗ — коротке замикання;
- ТН — трансформатор напруги;
- ТС — трансформатор струму;
- X (x) — заземлювальний вивід первинної обмотки (вторинної обмотки);
- $\cos \varphi$  — коефіцієнт потужності;
- $\operatorname{tg} \delta$  — тангенс кута діелектричних втрат.

## 5 ОПИС ТА РОБОТА ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

### 5.1 Призначення вимірювальних трансформаторів

Вимірювальні трансформатори струму призначені для зменшення первинного струму до значень, найбільш зручних для вимірювальних приладів і реле, а також для відділення кіл вимірювання і захисту від первинних кіл високої напруги.

Вимірювальні трансформатори напруги призначені для пониження напруги до стандартного значення 100 або 100/√3 В і для відділення кіл (контактів) вимірювання і релейного захисту первинних кіл від високої напруги.

### 5.2 Класифікація вимірювальних трансформаторів

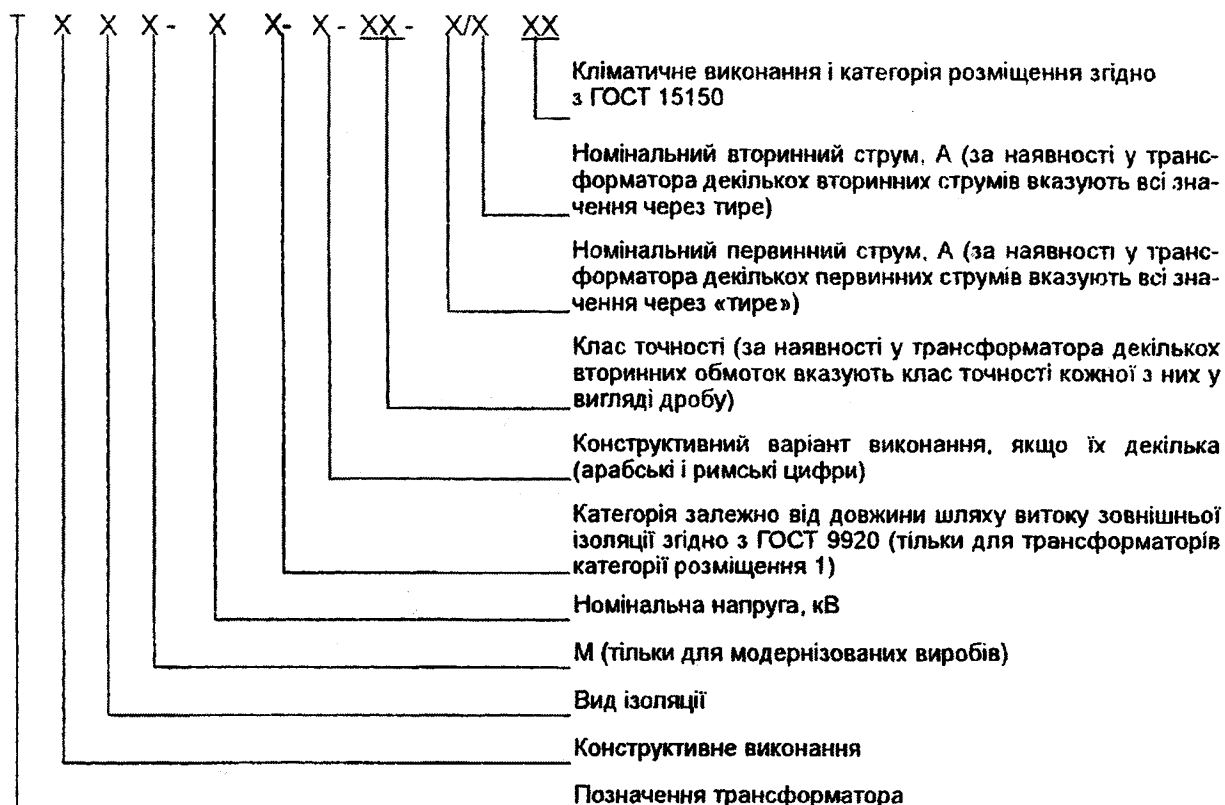
#### 5.2.1 Класифікація ТС

Основні ознаки, за якими поділяють ТС:

- кліматичне виконання (У1 або УХЛ1 згідно з ГОСТ 15150);
- вид внутрішньої ізоляції (масляна, елегазова, тверда тощо);
- вид зовнішньої ізоляції (фарфорова, полімерна тощо);

- ступінь трансформації (одноступінчастий, двоступінчастий);
- кількість вторинних обмоток (дві, три тощо);
- клас точності вторинних обмоток;
- кількість коефіцієнтів трансформації;
- особливість конструктивного виконання (римовидне, ланкове, U-подібне та бакове);
- спосіб захисту внутрішньої ізоляції від зволоження (герметичний, негерметичний тощо).

Умовне позначення трансформатора струму:



**Примітка 1.** Буквена частина умовного позначення представляє серію; сукупність літерного позначення, значення номінальної напруги, категорії зовнішньої ізоляції по довжині шляху витoku і конструктивного варіанти виконання — тип; наведене вище позначення в цілому — типовиконання трансформатора.

**Примітка 2.** Для вбудованих трансформаторів допускається застосування спрощеного умовного позначення.

**Примітка 3.** У стандартах на трансформатори конкретних типів допускається у буквену частину вводити додаткові літери, виключати або замінювати окремі літери (крім Т) для позначення особливостей конкретного трансформатора.

Приклад умовного позначення опорного трансформатора струму з литою ізоляцією на номінальну напругу 35 кВ, категорії II по довжині шляху витoku зовнішньої ізоляції, з вторинними обмотками класів точності 0,5 (одна) і 10Р (три), на номінальний первинний струм 2000 А, номінальний вторинний струм 1 А, кліматичного виконання У, категорії розміщення 1:

ТОЛ-35 - II-0,5 / 10Р/10Р/10 Р - 2000/1У1

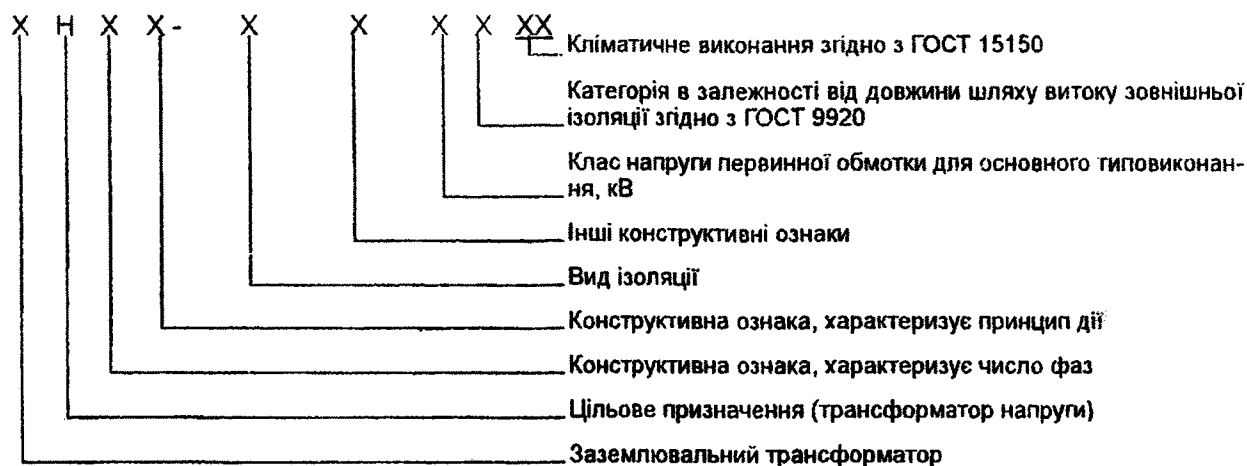
### 5.2.2 Класифікація ТН

Основні ознаки, за якими поділяють однофазні заземлені ТН:

- кліматичне виконання (У1 або УХЛ1згідно з ГОСТ 15150);
- принцип дії (електромагнітний, ємнісний);
- вид внутрішньої ізоляції (масляна, елегазова, тверда тощо);
- вид зовнішньої ізоляції (фарфорова, полімерна тощо);
- ступінь трансформації (одно-, дво- або багатоступінчастий);
- клас точності вторинних обмоток;
- особливість конструктивного виконання (металевий або фарфоровий корпус);

— спосіб захисту внутрішньої ізоляції від зволоження (герметичний, негерметичний тощо).

Умовне позначення трансформатора напруги:



**Примітка 1.** У стандартах на трансформатори конкретних типів у позначенні допускається застосовувати додаткові або виключати окремі дані.

**Примітка 2.** Ліва буквенна частина позначення представляє серію, сукупність буквенної і цифрової частин — тип.

**Примітка 3.** Для трансформаторів нижче 1000 В замість класу напруги вказують номінальну напругу первинної обмотки в кіловольтах.

Приклад умовного позначення трансформатора напруги заземлювального, однофазного, електромагнітного, з литою ізоляцією, з вбудованим запобіжником, класу напруги 10 кВ, кліматичного виконання Т, категорії розміщення 3 за ГОСТ 15150:

ЗНОЛП — 10Т3

**5.2.3** Приклади умовного позначення трансформаторів, наведених у додатках А — Д :

1) трансформатор струму опорного виконання, з елегазовою ізоляцією, номінальною напругою 110 кВ, кліматичне виконання та категорія розміщення згідно з ГОСТ 15150:

— трансформатор струму типу ТОГ-110 УХЛ1;

2) трансформатор струму у фарфоровому корпусі, з вторинною обмоткою ланкового типу, оливний, номінальною напругою 35 кВ, кліматичне виконання згідно з ГОСТ 15150:

— трансформатор струму типу ТФЗМ-35 У1;

3) трансформатор напруги опорного виконання, з елегазовою ізоляцією, номінальною напругою 110 кВ, кліматичне виконання та категорія розміщення згідно з ГОСТ 15150:

— трансформатор напруги типу НОГ-110 УХЛ1;

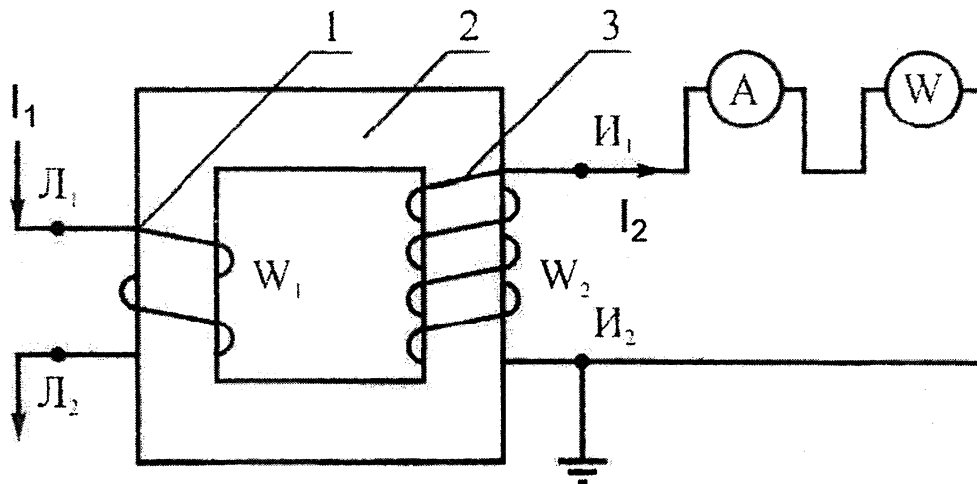
4) трансформатор напруги однофазний, індуктивний, оливний, каскадний (одноблочний), з фарфоровою зовнішньою ізоляцією, найбільшою робочою напругою  $123/\sqrt{3}$  кВ, категорія виконання залежно від довжини шляху витоку зовнішньої ізоляції — II, кліматичне виконання згідно з ГОСТ 15150:

— трансформатор напруги типу НКФ-123 II У1

**5.3** Основні характеристики та параметри вимірювальних трансформаторів

**5.3.1** Загальні відомості і схеми приєднання

Трансформатор струму має замкнутий магнітопровід (рисунок 1) і дві обмотки первинну і вторинну. Первинні обмотки включають послідовно в коло вимірювального струму  $I_1$ , до вторинної приєднують вимірювальні прилади, по яких протікає струм  $I_2$ .



1 — первинна обмотка; 2 — магнітопровід; 3 — вторинна обмотка

Рисунок 1 — Схема включення трансформатора струму

Трансформатор струму характеризується номінальним коефіцієнтом трансформації  $K_1$ , який обчислюють за формулою (1):

$$K_1 = \frac{I_{1 \text{ ном.}}}{I_{2 \text{ ном.}}}, \quad (1)$$

де  $I_{1 \text{ ном.}}$  і  $I_{2 \text{ ном.}}$  — номінальні значення первинного і вторинного струмів відповідно.

Значення номінального вторинного струму приймають рівними 5 А і 1 А.

Коефіцієнт трансформації трансформаторів струму не є строго постійною величиною, він може відрізнитися від постійного значення внаслідок похибки, яка обумовлена наявністю струму намагнічування.

Струмову похибку  $\Delta I$  у процентах обчислюють за формулою (2):

$$\Delta I = \frac{K_1 I_2 - I_1}{I_1} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де  $I_1$  і  $I_2$  — номінальні значення первинного і вторинного струму відповідно;

$K_1$  — номінальний коефіцієнт трансформації.

Похибка ТС залежить від його конструктивних особливостей: перерізу та конструкції магнітопроводу, значення  $I_1 W_1$ .

Залежно від вимог, які ставлять до трансформаторів, випускають ТС класів точності: 0,2; 0,2S; 0,5; 0,5S; 1,0; 3,0; 10,0. Вказані цифри — струмова похибка у відсотках від номінального струму при навантаженні первинної обмотки струмом від 100 % до 120 % для перших трьох класів і від 50 % до 120 % — для двох останніх. Різниця між класами точності 0,5 та 0,5S (або 0,2 та 0,2S) в тому, що похибка обмотки класу 0,5 не нормується нижче ніж 5 % номінального струму.

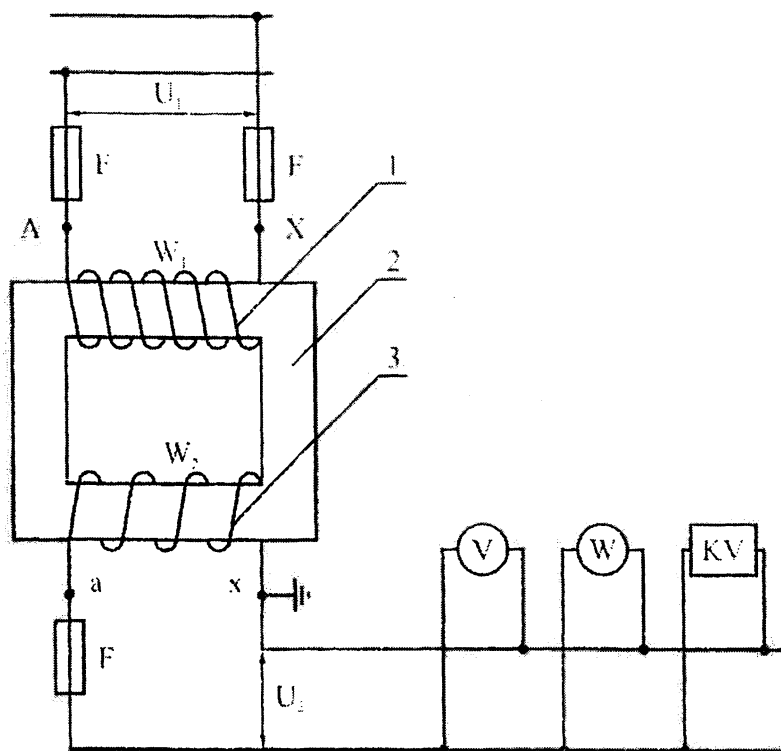
Для ТС класів точності 0,2; 0,5 і 1,0 нормують також кутову похибку.

Похибка трансформатора залежить від вторинного навантаження (опору приладів, проводів, контактів) і від кратності струмів: первинного і номінального. Збільшення навантаження приводить до збільшення похибки.

При первинних струмах, значно менших номінального, похибка трансформатора струму також зростає.

ТС класу точності 0,2 застосовують для приєднання точних лабораторних приладів, класу точності 0,5 — для приєднання лічильників комерційного обліку, класу точності 1,0 — для всіх вимірювальних приладів, класів точності 3,0 і 10,0 — для релейного захисту.

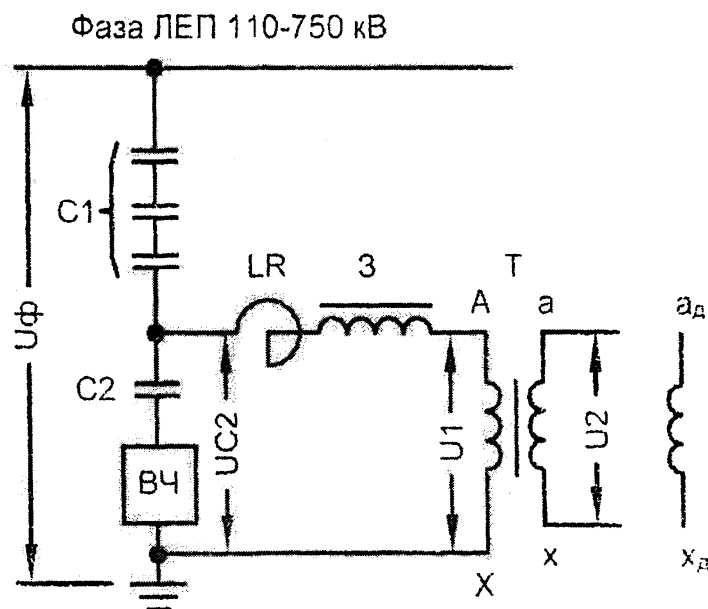
Схема включення однофазного трансформатора напруги приведена на рисунку 2: первинна обмотка  $W_1$  включена в мережу на напругу  $U_1$ , а до вторинної обмотки  $W_2$  (напруга  $U_2$ ) приєднані паралельно котушки вимірювальних приладів і реле. Для безпеки обслуговування один вихід вторинної обмотки заземлений.



1 — первинна обмотка; 2 — магнітопровід; 3 — вторинна обмотка

Рисунок 2 — Схема включення трансформатора напруги

Схема включення ємнісного трансформатора напруги приведена на рисунках 3 та 4.



Т — трансформатор напруги; C1 — конденсатор зв'язку; C2 — конденсатор відбору потужності; ВЧ — апаратура ВЧ зв'язку; 3 — ВЧ загороджувач; LR — реактор компенсаційний; А-Х — виводи первинної обмотки трансформатора напруги; а-х, а<sub>д</sub>-х<sub>д</sub> — виводи вторинних обмоток трансформатора напруги

Рисунок 3 — Схема включення ємнісного трансформатора напруги

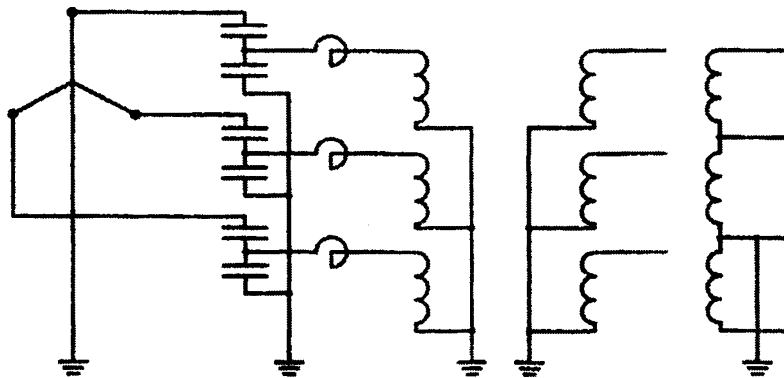


Рисунок 4 — Схема ввімкнення однофазних ємнісних трансформаторів напруги в трифазних електричних мережах із заземленою нейтраллю

**Примітка.** Допускається будь-яке чергування фаз вторинних додаткових обмоток, з'єднаних за схемою розімкнутого трикутника.

ТН на відміну від ТС працює в режимі, близькому до холостого ходу, так як опори паралельних котушок приладів і реле великі, а струм який вони споживають, невеликий.

Номинальний коефіцієнт трансформації обчислюють за формулою (3):

$$K_U = \frac{U_{1\text{ном.}}}{U_{2\text{ном.}}} \quad (3)$$

де  $U_{1\text{ном.}}$  і  $U_{2\text{ном.}}$  — номінальна первинна і вторинна напруга відповідно.

Розсіювання магнітного потоку і втрати в сердечнику, приводять до похибки вимірювань. Похибку вимірювань  $\Delta U$  в процентах обчислюють за формулою (4):

$$U = \frac{K_U U_2 - U_1}{U_2} \cdot 100 \% \quad (4)$$

де  $U_1$  і  $U_2$  — напруга первинної і вторинної обмотки (відповідно);

$K_U$  — номінальний коефіцієнт трансформації.

Так само, як і у ТС, вектор вторинної напруги зсунутий відносно вектора первинної напруги не точно на кут  $180^\circ$ . Це і визначає кутову похибку.

Залежно від номінальної похибки випускають ТН класів точності: 0,2; 0,5; 1,0 і 3,0.

Похибка залежить від конструкції магнітопроводу, магнітної проникливості сталі і від  $\cos \phi$  вторинного навантаження. В конструкції ТН передбачена компенсація похибки по напрузі шляхом деякого зменшення числа витків первинної обмотки, а також компенсація кутової похибки за рахунок спеціальних компенсуючих обмоток.

Сумарне споживання обмоток вимірювальних приладів і реле, які підключають до вторинної обмотки ТН, не повинно перевищувати номінальне навантаження ТН, так як в протилежному випадку це приведе до збільшення похибок.

Залежно від призначення можуть застосовуватись ТН з різними схемами з'єднання обмотки. Для виміру трьох міжфазних напруг можна використовувати два ТН (однофазних двообмоточних серій НОМ, НОС, НОЛ, з'єднаних по схемі відкритого трикутника) згідно з рисунком 5, а також фазний двообмоточний трансформатор серії НТМК, обмотки якого з'єднують в зірку (рисунком 6).

Для виміру напруги відносно землі можна застосовувати три однофазних трансформатори, які з'єднують по схемі  $Y_o/Y_o$ , або трифазний триобмоточний трансформатор серії НТМИ (рисунком 7). В останньому випадку обмотку, що з'єднана в зірку, використовують для приєднання вимірювальних приладів, а до обмотки, з'єднаної в розімкнений трикутник, приєднують реле захисту від замикання на землю. Таким же чином, в трифазну групу з'єднують однофазні триобмоточні трансформатори серії ЗНОМ і каскадні трансформатори серії НКФ.



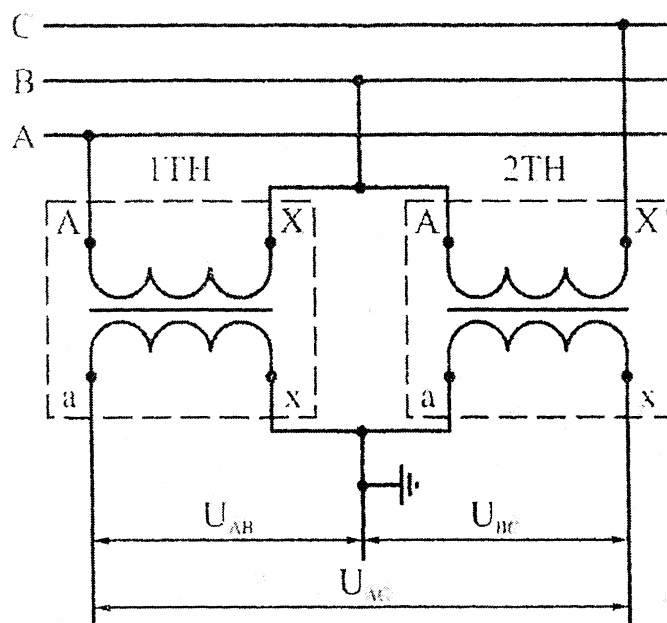


Рисунок 5 — З'єднання обмоток двообмоточного трансформатора по схемі відкритого трикутника

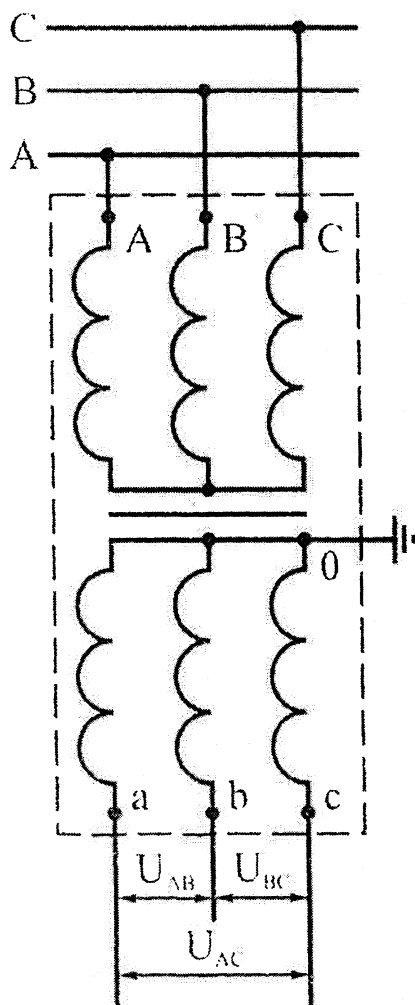


Рисунок 6 — З'єднання обмоток двообмоточного трансформатора по схемі з'єднань обмоток в зірку

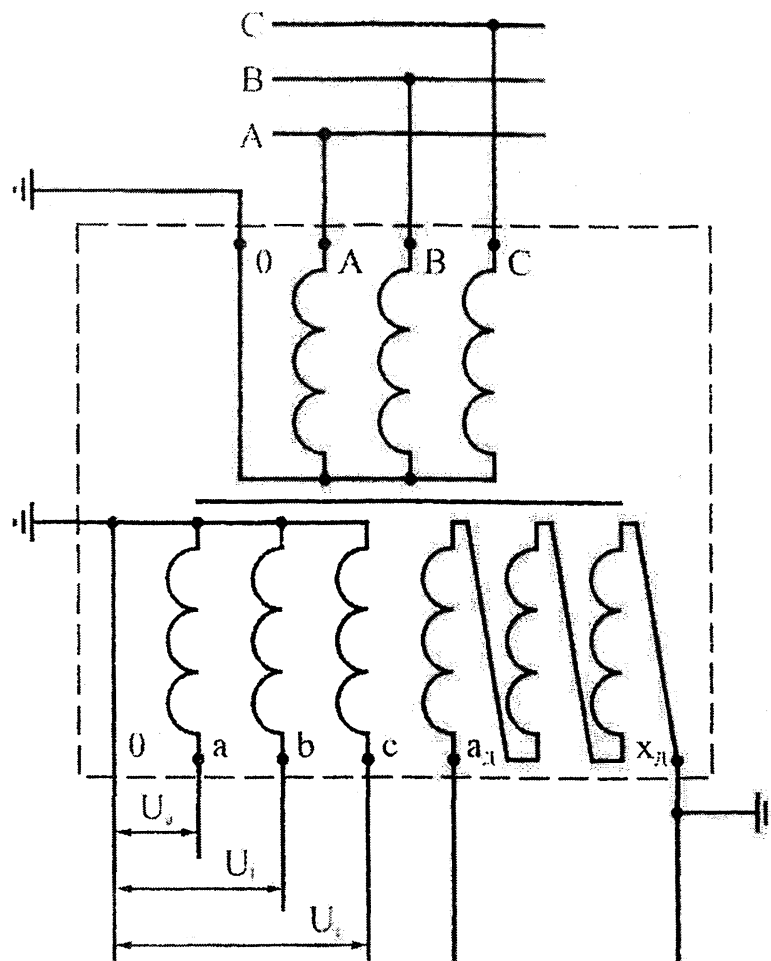


Рисунок 7 — З'єднання обмоток трифазного триобмоточного трансформатора по схемі  $Y_0/Y_0$

### 5.3.2 Основні параметри ТС згідно з ДСТУ ІЕС 60044-1:

- номінальна навантага;
- номінальна первинна сила струму;
- найбільший робочий первинний струм;
- номінальна вторинна сила струму (1 А або 5 А);
- номінальний коефіцієнт трансформації кожної вторинної обмотки;
- клас точності;
- номінальна гранична кратність вторинної обмотки, призначеної для захисту;
- номінальний коефіцієнт безпеки приладів вторинної обмотки, призначеної для вимірювання;
- номінальна вторинна навантага з коефіцієнтом потужності « $\cos \varphi_2 = 1$ » або « $\cos \varphi_2 = 0,8$ »;
- номінальна частота напруги мережі;
- найбільша робоча напруга.

### 5.3.3 Основні параметри ТН згідно з ДСТУ ІЕС 60044-2 (в частині індуктивних трансформаторів) та ДСТУ ГОСТ 1983:

- номінальна напруга первинної обмотки;
- номінальна напруга кожної вторинної обмотки;
- номінальна потужність кожної вторинної обмотки залежно від класу точності;
- гранична потужність;
- номінальна частота напруги мережі;
- клас точності.

#### 5.4 Метрологічні характеристики вимірювальних трансформаторів

##### 5.4.1 Метрологічні характеристики встановлюють для робочих умов застосування:

- частота ( $50 \pm 0,5$ ) Гц;
- температура навколишнього повітря залежно від кліматичного виконання;
- висота встановлення над рівнем моря.

Границі допустимих похибок кожної вторинної обмотки ТС в сталому режимі, крім того, залежать від величини первинного струму і вторинної навантажки, які наведено у таблицях 1 і 2.

Таблиця 1 — Границі похибок обмоток ТС для вимірювань та обліку електроенергії

Клас точності	Первинний струм, % від номінального значення	Допустима границя			Величина активно-реактивного навантаження, % від номінального значення
		Похибка			
		струмова, %	кутова,		
			хв.	срад.	
0,2	5	± 0,75	± 30	± 0,9	25–100
	20	± 0,35	± 15	± 0,45	
	100–120	± 0,2	± 10	± 0,3	
0,2S	1	± 0,75	± 30	± 0,9	25 –100
	5	± 0,35	± 15	± 0,45	
	20	± 0,20	± 10	± 0,3	
	100	± 0,20	± 10	± 0,3	
	120	± 0,20	± 10	± 0,3	
0,5	5	± 1,50	± 90	± 2,7	25 –100
	20	± 0,75	± 45	± 1,35	
	100 –120	± 0,50	± 30	± 0,9	
0,5S	1	± 1,50	± 90	± 2,7	25 –100
	5	± 0,75	± 45	± 1,35	
	20	± 0,50	± 30	± 0,9	
	100	± 0,50	± 30	± 0,9	
	120	± 0,50	± 30	± 0,9	
1,0	5	± 3,00	± 180	± 5,4	25 –100
	20	± 1,50	± 90	± 2,7	
	100 – 120	± 1,00	± 60	± 1,8	
3,0	50 – 120	±3,00	Не нормують		50–100

**Примітка 1.** Похибки не повинні виходити за границі прямих, що з'єднують точки фіксованих значень похибок при фіксованих значеннях струму.

**Примітка 2.** При малих навантаженнях (не більше ніж 10 В·А) потрібно керуватись вказівками ДСТУ ІЕС 60044-1.

**Примітка 3.** Класи точності згідно з ДСТУ ІЕС 60044-1.

Таблиця 2 — Границі похибок обмоток ТС для релейного захисту та автоматики

Клас точності	Допустима границя				Величина активно- реактивного навантажен- ня, % від номінального
	Похибка				
	струмова, %	кутова		повна, %	
		хв.	срад.		
	Номінальний первинний струм,			Струм номінальної граничної кратності	
5Р	± 1	± 60	± 1,8	5	100
10Р	± 3	Не нормують		10	100
Примітка. Класи точності згідно з ДСТУ ІЕС 60044-1.					

5.4.3 Границі похибок обмоток ТН для вимірювань та обліку електроенергії при номінальній напрузі та границі похибок обмоток ТН для релейного захисту та автоматики наведено у таблицях 3 і 4.

Таблиця 3 — Границі похибок обмоток ТН для вимірювань та обліку електроенергії при номінальній напрузі

Клас точності	Первинна напруга, % від номінального значення	Допустима границя			Величина активно- реактив- ного навантаження, % від номінального значення
		Похибка			
		напруги, %	кутова		
			хв.	срад.	
0,2	0,8–1,2	± 0,2	± 10'	± 0,3	25–100
0,5		± 0,5	± 20'	± 0,6	
1,0		± 1,0	± 40'	± 1,2	
3,0		± 3,0	Не нормують		

**Примітка.** Границі допустимої похибки не повинні виходити за межі прямокутника, утвореного відрізками прямих, що з'єднують точки фіксованих граничних похибок при крайніх фіксованих навантаженнях у всьому діапазоні зміни напруги.

Таблиця 4 — Межі похибок обмоток ТН для релейного захисту та автоматики

Клас точності	Первинна напруга, % від номінального значення	Допустима границя			Величина активно-реактивного навантаження, % від номінального значення
		Похибка			
		напруги, %	кутова		
			хв.	срад.	
3Р	0,2 – 1,2	± 3,0	± 120	± 3,5	25 – 100
6Р		± 6,0	± 240	± 7,0	

**Примітка 1.** Границі допустимої похибки не повинні виходити за границі прямокутника, утвореного відрізками прямих, що з'єднують точки фіксованих граничних похибок при крайніх фіксованих навантаженнях у всьому діапазоні зміни напруги.

**Примітка 2.** Класи точності згідно з ДСТУ ІЕС 60044-2.

5.4.4 Повірку (калібрування) метрологічних характеристик ТН і ТС проводять відповідно до ДСТУ 6097 та ГОСТ 8.216.

## 5.5 Позначення виводів обмоток

### 5.5.1 Позначення виводів обмоток трансформаторів струму.

Виводи первинної обмотки позначають: Л1 і Л2.

Виводи вторинних обмоток позначають буквою И. Перед нею вказують номер обмотки, а після неї — номер виводу: початку (1), відгалуження (2) або кінця (2 або 3).

При напрямі первинного струму від Л1 до Л2 вторинний струм у зовнішньому колі (по приладах) проходить від И<sub>1</sub> до И<sub>2</sub>.

### 5.5.2 Позначення і з'єднання виводів обмоток трансформаторів напруги

Фазний вивід первинної обмотки ТН позначають буквою А і приєднують до однієї з фаз мережі. Заземлювальний вивід первинної обмотки ТН позначають буквою Х і приєднують до заземлення. Початок і кінець першої вторинної обмотки позначають «а<sub>1</sub>» і «х<sub>1</sub>» відповідно, другий вторинної обмотки — «а<sub>2</sub>» і «х<sub>2</sub>». Виводи додаткової вторинної обмотки позначають буквами «а<sub>д</sub>» і «х<sub>д</sub>».

Вторинні обмотки трьох фаз з'єднують в зірку з виведеною нейтраллю, а додаткові — у розімкнутий трикутник. Номінальна міжфазна вторинна напруга зазвичай складає 100 В.

5.5.3 Перевірку полярності виводів ТС і ТН проводять згідно з СОУ-Н МПЕ 40.1.35.301 2004 та СОУ-Н МПЕ 40.1.35.302:2006.

5.5.4 Імпортовані ТС мають інакше позначення виводів обмоток.

## 6 ВИКОРИСТАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ

### 6.1 Сфера застосування ТС

Залежно від призначення використовують ТС таких класів точності згідно з ДСТУ ІЕС 60044-1:

- 0,2; 0,2 S; 0,5; 0,5 S — для комерційного обліку електроенергії;
- 0,5; 0,5 S; 1,0; 3,0 — для вимірювань і технічного обліку електроенергії;
- 5 Р і 10 Р — для релейного захисту та автоматики.

Після ремонту ТС повинні пройти метрологічну повірку (атестацію) чи калібрування відповідно до ДСТУ 6097.

### 6.2 Сфера застосування ТН

Залежно від призначення використовують ТН таких класів точності згідно з ДСТУ ІЕС 60044-2:

- 0,2; 0,5 — для комерційного обліку електроенергії;
- 0,5; 1,0; 3,0 — для технічного обліку і вимірювань;
- 3 Р; 6 Р — для релейного захисту, автоматики.

Після ремонту ТН повинні пройти метрологічну повірку (атестацію) чи калібрування відповідно до ГОСТ 8.216.

## 7 ВВЕДЕННЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ НОВИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ І ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ, ЯКІ ПРОЙШЛИ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИЙ АБО КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ

### 7.1 Вимоги до вимірювальних трансформаторів перед введенням в експлуатацію

7.1.1 Перед монтажем нових вимірювальних трансформаторів потрібно виконати перевірку відповідності кліматичного виконання ТС і ТН умовам експлуатації.

При виборі вимірювальних ТС та ТН при заміні на нові необхідно здійснювати перевірку сумісності їх параметрів з реальними умовами роботи енергооб'єкта у складі енергосистеми (облік реального характеру аперіодичної складової струму КЗ, облік реального навантаження, підключеного до вторинної обмотки ТС, перевірка за характеристиками намагнічування можливості роботи в диференціальній схемі з іншими ТС тощо).

7.1.2 При введенні вимірювальних трансформаторів у роботу і в процесі експлуатації потрібно керуватись вимогами СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009, а також діючими керівними документами, інструкціями заводів-виробників електрообладнання, якщо вони не суперечать вимогам СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007. Результати вимірювань заносять до протоколу і порівнюють

з даними заводів-виробників, після чого приймають рішення щодо можливості введення в експлуатацію в установленому порядку.

### 7.2 Перевірка ТС при введенні в експлуатацію

При введенні в експлуатацію ТС треба:

- 1) виконати розконсервування;
- 2) перевірити:
  - зовнішній огляд;
  - рівень масла (для маслonaповнених ТС);
  - надлишковий тиск (для елегазових ТС);
  - полярність первинних і вторинних обмоток згідно з СОУ-Н МПЕ 40.1.35.301.2004;
  - якість ущільнення ТС;
- 3) виконувати вимірювання:
  - пробивної напруги масла згідно з ГОСТ 6581, СОУ-Н ЕЕ 43.101.2009 (для маслonaповнених ТС);
  - $\tan \delta$  масла при 20 °С, 70 °С і 90 °С згідно з ГОСТ 6581, СОУ-Н ЕЕ 43.101.2009 (для маслonaповнених ТС);
  - $\tan \delta$  масла за температур 70 °С та 90 °С, не більше, згідно з ГОСТ 6581, СОУ-Н ЕЕ 43.101.2009 (для трансформаторів 35 кВ — 110кВ);
  - вологовміст масла згідно з ГОСТ 24614, СОУ-Н ЕЕ 43.101.2009 (для маслonaповнених ТС);
  - опору головної ізоляції та ізоляції вторинних обмоток (мегомметром на 2,5 кВ) згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007;
  - $\tan \delta$  головної ізоляції при напрузі 10 кВ згідно з керівництвом з експлуатації заводу-виробника, СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007;
  - опору обмоток постійному струму згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007;
  - коефіцієнта трансформації згідно з СОУ-Н МПЕ 40.1.35.301.2004 і СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007;
  - випробувати ізоляцію вторинних обмоток, обкладки «0», обкладки «—» відносно заземлених частин прикладеною напругою 1,8 кВ частоти 50 Гц протягом 1 хв;
- 4) зробити аналіз елегазу на вміст у ньому шести-, чотири- і двофтористої сірки, чотирифтористого вуглецю, кисню, азоту, води (вологості), гідролізуючих фторидів, мінерального масла згідно з ТУ 6-02-1249 (для елегазових ТС);
- 5) зняти криву намагнічування кожної вторинної обмотки згідно з СОУ-Н МПЕ 40.1.35.301.2004 і СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007.

Результати перевірки вимірювань та випробувань повинні відповідати вимогам керівництва з експлуатації заводу-виробника.

Для імпортованих ТС підготовку до введення в експлуатування проводять згідно з настановами підприємств-виробників в установленому порядку.

Відбір проби масла з герметичних і імпортованих ТС потрібно виконувати тільки з дозволу підприємства-виробника та не більше ніж 1 л.

Результати перевірки вимірювання і випробування повинні відповідати СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007, результати перевірки масла повинні відповідати СОУ-Н ЕЕ 43.101.2009.

### 7.3 Перевірка ТН при введенні в експлуатацію

При введенні в експлуатацію ТН треба:

- 1) виконати розконсервування;
- 2) перевірити:
  - зовнішній огляд;
  - рівень масла (для маслonaповнених ТН);
  - надлишковий тиск (для елегазових ТН);
  - якість контактних з'єднань та правильність збірки вторинних кіл;
  - полярність первинних і вторинних обмоток згідно з СОУ-Н МПЕ 40.1.35.302:2006 і СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007;
- 3) провести вимірювання:

- пробивної напруги масла згідно з ГОСТ 6581, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009 (для маслonaповнених ТН);
- $\tan \delta$  масла при 20 °С, 70 °С і 90 °С згідно з ГОСТ 6581, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009 (для маслonaповнених ТН);
- $\tan \delta$  масла за температур 70 °С та 90 °С, не більше, згідно з ГОСТ 6581, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009 (для трансформаторів 35—110кВ);
- вологовміст масла згідно з ГОСТ 24614, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009 (для маслonaповнених ТС);
- опору ізоляції первинної обмотки і кожної вторинної обмотки відносно корпусу та інших обмоток (мегомметром 2,5 і 1,0 кВ) згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007;
- опору обмоток постійному струму згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007;
- струму і втрат холостого ходу при номінальній напрузі на кожному ступені згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007;
- коефіцієнта трансформації кожного ступеня окремо згідно з СОУ-Н МПЕ 40.1.35.302:2006 і СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007;

4) зробити аналіз елегазу на вміст у ньому шести-, чотири- і двофтористої сірки, чотирифтористого вуглецю, кисню, азоту, води (вологості), гідролізуючих фторидів, мінерального масла згідно з ТУ 6-02-1249 (для елегазових ТС);

5) визначити:

- втрати напруги від ТН до навантаження, включаючи захисний автомат згідно з СОУ-Н МПЕ 40.1.35.302:2006;
- навантаження на кожну з обмоток трансформаторів напруги згідно з СОУ-Н МПЕ 40.1.35.302:2006.

Для імпорتنих ТН підготовку при введенні в експлуатацію потрібно проводити згідно з рекомендацією заводу-виробника.

З герметичних і імпорتنих ТН взяття проб масла проводять згідно з інструкцією по експлуатації заводу-виробника.

Результати перевірки вимірювання і випробування повинні відповідати вимогам СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007, результати перевірки масла повинні відповідати СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009.

## 7.4 Встановлення вимірювальних трансформаторів

7.4.1 Після прийняття рішення про введення в експлуатацію потрібно:

- встановити демонтовані на час транспортування окремі знімні частини вимірювального трансформатора;
- встановити трансформатор на фундаменті згідно з інструкцією заводу-виробника, перевіряючи вертикальність кожного ступеня окремо;
- закріпити трансформатор болтами, шпильками або зварюванням. З'єднати заземлення зі спеціальним болтом на основі. Заземлювати через болти кріплення заборонено;
- долити масло у трансформатор (для маслonaповнених вимірювальних трансформаторів);
- дозаправити трансформатор елегазом до необхідного тиску (для елегазових вимірювальних трансформаторів);
- під'єднати первинну обмотку так, щоб на її виводи не діяли згинаючі зусилля від підвідних проводів;
- підключити вторинні кола та, при необхідності, опломбувати клемну коробку;
- перевірити якість контактних з'єднань та правильність зборки вторинних кіл;
- мати на кожен трансформатор експлуатаційну документацію, результати вимірювань та випробувань оформлюють протоколами, записами у формулярах або вносять до магнітних носіїв, згідно СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007.

При введенні в експлуатацію потрібно мати технічний опис, інструкцію з експлуатації і паспорт заводу-виробника ВТ, а також формуляри експлуатаційної документації згідно з СОУ-Н МПЕ 40.1.35.301:2004 і СОУ-Н МПЕ 0.1.35.302:2006.

Монтаж трансформаторів проводити в присутності представника заводу-виробника. Після монтажу потрібно виконати в/в вимірювання і випробування.

7.4.2 Після введення в експлуатацію багатоступінчастого електро-магнітного ТН потрібно перевірити правильність під'єднання початків і кінців вирівнюючих обмоток між ступенями та коефіцієнт трансформації складеного ТН. Для цього на первинну обмотку подають напругу 220 В частотою 50 Гц, вимірюють напругу вторинних обмоток мілівольтметром і за результатами вимірів обчислюють коефіцієнт трансформації ТН.

## 8 ОБСЛУГОВУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

### 8.1 Обслуговування ВТ протягом першого року експлуатації

Протягом першого року експлуатації у трансформатора можуть виявлятися дефекти, що були непомічені на заводі-виробнику і при введенні трансформатора в експлуатацію.

Обсяг необхідних випробувань такий же, як і при введенні трансформатора в експлуатацію згідно з 7.2; 7.3.

Випробування потрібно проводити через 1 рік після введення трансформатора в експлуатацію.

### 8.2 Обслуговування ВТ протягом всього терміну служби

8.2.1 Обслуговування ВТ проводять згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 та інструкцією заводу-виробника.

При термінах експлуатації, що перевищують нормативні, з урахуванням динаміки зміни параметрів, що характеризують стан ізоляції і механічний стан, періодичність випробувань ТС і ТН може бути змінена (до щорічної).

По закінченні терміну міжпіврічного інтервалу необхідно провести метрологічну повірку вимірювальних трансформаторів відповідно ДСТУ 6097.

Перелік контрольованих параметрів ТС, електромагнітних і ємнісних ТН згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 наведено у таблицях 5 — 7.

Таблиця 5 — Контрольовані параметри ТС

Підсистема (складова частина)	Параметр	Метод контролювання
Ізоляція обмоток	Опір ізоляції *): — первинної обмоток; — вторинних обмоток при від'єднаних вторинних колах; — проміжних обмоток; — ВН — НН; — НН — ННг; — ВН — ННг;	Згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007, СОУ-Н МПЕ 40.1.35.301: 2004
	$\tan \delta$ ізоляції первинної обмотки**)	Згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007, СОУ-Н МПЕ 40.1.35.301: 2004
	Контроль ізоляції під робочою напругою (за наявності пристрою приєднання для вимірювання під робочою напругою)	Згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007
Обмотка	Опір обмоток постійному струму	Згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302 :2007, СОУ-Н МПЕ 40.1.35.302: 2006
Магнітопровід	Характеристика намагнічування вторинних обмоток	Згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302 :2007, СОУ-Н МПЕ 40.1.35.301: 2004
Обмотки, ізоляція, магнітопровід	Тепловізійний контроль	Згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.577:2007



Кінець таблиці 5

Підсистема (складова частина)	Параметр	Метод контролювання
Трансформаторне масло (для маслona- повнених ВТ) <sup>****)</sup>	Пробивна напруга	Згідно з ГОСТ 6581, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
	Кислотне число	Згідно з ГОСТ 5985, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
	Температура спалаху в закритому типлі	Згідно з ГОСТ 6356, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
	Вологовміст	Згідно з ГОСТ 24614, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
	Вміст механічних домішок	Згідно з ГОСТ 6370 (клас чистоти згідно з ДСТУ ГОСТ 17216), СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
	tgδ	Згідно з ГОСТ 6581, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
	Вміст водорозчинних кислот і лугів	Згідно з ГОСТ 6307, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
Трансформаторне масло (для маслona- повнених ВТ)	Загальний вміст газів	Згідно з СОУ-Н ЕЕ 46.501:2006
	Вміст водню H <sub>2</sub>	
	Вміст метану CH <sub>4</sub>	
	Вміст ацетилену C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	
	Вміст етилену C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	
	Вміст етану C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	
Елегаз <sup>***)</sup> (для елегазових ВТ)	Вміст шестифтористої сірки	Згідно з ТУ 6-02-1249
	Вміст кисню	
	Вміст азоту	
	Вміст кисню та азоту	
	Вміст чотирифтористого вуглецю	
	Вміст води	
	Кислотність	
	Вміст гідролізуючих фторидів	
	Вміст мінерального масла	

<sup>\*)</sup> Вимірювання проводять при температурі ізоляції не нижче ніж 10 °С.

<sup>\*\*)</sup> Вимірювання проводити при денних температурах навколишнього повітря не нижче ніж 20 °С.

<sup>\*\*\*)</sup> Для елегазових ВТ обсяги вимірювань уточнюються згідно документації заводу-виробника.

Таблиця 6 — Контрольовані параметри електромагнітних ТН

Підсистема (складова частина)	Параметр	Метод контролювання
Ізоляція обмоток	Опір ізоляції *): — первинної обмоток; — вторинних обмоток при від'єднаних вторинних колах; — проміжних обмоток; — ВН — НН; — НН — ННг; — ВН — ННг;	Згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007, СОУ-Н МПЕ 40.1.35.301: 2004
	$\text{tg}\delta$ ізоляції первинної обмотки**)	Згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 СОУ-Н МПЕ 40.1.35.301: 2004
	Контроль ізоляції під робочою напругою (за наявності пристрою приєднання для вимірювання під робочою напругою)	Згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007
Обмотка	Опір обмоток постійному струму	Згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007, СОУ-Н МПЕ 40.1.35.302:2006
	Струм і втрати холостого ходу при номінальній напрузі	Згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007, СОУ-Н МПЕ 40.1.35.302:2006
Обмотки, ізоляція, магнітопровід	Тепловізійний контроль	Згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.577:2007
Трансформаторне масло (для маслona- повнених ВТ)*)	Пробивна напруга	Згідно з ГОСТ 6581, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
	Кислотне число	Згідно з ГОСТ 5985, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
	Температура спалаху в закритому типлі	Згідно з ГОСТ 6356, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
	Вологовміст	Згідно з ГОСТ 24614, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
	Вміст механічних домішок	Згідно з ГОСТ 6370 (клас чистоти згідно з ДСТУ ГОСТ 17216). СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
	$\text{tg}\delta$	Згідно з ГОСТ 6581; СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
	Вміст водорозчинних кислот і лугів	Згідно з ГОСТ 6307, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
	Загальний вміст газів Вміст водню $\text{H}_2$ Вміст метану $\text{CH}_4$ Вміст ацетилену $\text{C}_2\text{H}_2$ Вміст етилену $\text{C}_2\text{H}_4$ Вміст етану $\text{C}_2\text{H}_6$	Згідно з СОУ-Н ЕЕ 46.501:2006
Елегаз (для елегазових ВТ)**)	Вміст шестифтористої сірки Вміст кисню Вміст азоту Вміст кисню та азоту Вміст чотирифтористого вуглецю Вміст води Кислотність Вміст гідролізуючих фторидів Вміст мінерального масла	Згідно з ТУ 6-02-1249
*) Вимірювання згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 не проводиться для ТН об'ємом до 30 кг. **) Для елегазових ВТ обсяги вимірювань уточнюються згідно з документацією заводу-виробника.		

Таблиця 7 — Контрольовані параметри ємнісних ТН

Підсистема (складова частина)	Параметр	Метод контролювання
Кожний окремий конденсатор у складі ємнісного дільника Електромагнітний пристрій: — ізоляція обмоток; — обмотка; — магнітопровід	Опір ізоляції Ємність $\text{tg}\delta$	Згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302, СОУ-Н МПЕ 40.1.35.302
	Тепловізійний контроль під робочою напругою	Згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.577:2007
	Опір ізоляції: — первинної обмотки; — вторинних обмоток при від'єднаних вторинних колах; — проміжних обмоток Опір обмоток постійному струму Струм і втрати неробочого ходу при номінальній напрузі	Згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302, СОУ-Н МПЕ 40.1.35.302
Трансформаторне масло <sup>*)</sup>	Пробивна напруга	Згідно з ГОСТ 6581, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
	Кислотне число	Згідно з ГОСТ 5985, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
	Температура спалаху в закритому тиглі	Згідно з ГОСТ 6356, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
	Вологовміст	Згідно з ГОСТ 1547, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009, РД 34.43.107
	Вміст механічних домішок	Згідно з ГОСТ 6370 (клас чистоти згідно з ДСТУ ГОСТ 17216), СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
	$\text{tg}\delta$	Згідно з ГОСТ 6581, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
	Вміст водорозчинних кислот і лугів	Згідно з ГОСТ 6307, СОУ-Н ЕЕ 43.101:2009
Елегаз <sup>**) (для елегазових ВТ)</sup>	Вміст шестифтористої сірки Вміст кисню Вміст азоту Вміст кисню та азоту Вміст чотирифтористого вуглецю Вміст води Кислотність Вміст гідролізуючих фторидів Вміст гідролізуючих фторидів Вміст мінерального масла	Згідно з ТУ 6-02-1249
<sup>*)</sup> Для маслonaповнених ВТ. <sup>**) Для елегазових ВТ обсяги вимірювань уточнюються згідно з документацією заводу-виробника.         </sup>		

8.2.2 У трансформаторі, що має повітроосушувач, потрібно стежити за змінами блакитного забарвлення силікагелю-індикатора (при насиченні силікагелю вологою його забарвлення стає рожевим). Відновлення силікагелю потрібно проводити до набування блакитного забарвлення одним із таких способів:

- продути повітроосушувач сухим повітрям з температурою 120 °С — 130 °С;
- прожарити силікагель-індикатор при температурі від 100 °С до 120 °С протягом від 15 годин до 20 годин.

8.2.3 Після проходження струму КЗ, що містить аперіодичну складову, магнітопроводи трансформаторів струму можуть насичуватися. В результаті їх похибка може зрости і повернутися в норму тільки через кілька тижнів або навіть через кілька місяців. Повернення в норму обумовлюється розмагнічуючою дією робочого струму. Для гарантованого отримання початкової точності проводять розмагнічування магнітопроводу.

8.2.4 При експлуатації імпортованих ВТ потрібно керуватись інструкціями заводів-виробників.

8.2.5 Несправності ВТ, що знаходяться в роботі, можуть бути визначені або візуально, або за показами контрольно-вимірювальних приладів. Ознаками несправностей можуть бути:

- невідповідність рівня масла температурі навколишнього середовища (для маслonaповнених вимірювальних трансформаторів напругою вище 110 кВ);
- зниження тиску елегазу (для елегазових вимірювальних трансформаторів);
- руйнування або поверхневе перекриття ізоляції;
- незвичайний гул, потіскування всередині апарату;
- руйнування мембрани (для трансформаторів з елегазовою ізоляцією);
- виділення диму;
- відмінність у величинах напруг або струмів за фазами, що зазвичай пов'язано з витковим замиканням або обривом в обмотці;
- зміна блакитного забарвлення силікагель-індикатора (при насиченні силікагелю вологою його забарвлення стає рожевим);
- перевищення температури нагрівання окремих вузлів понад допустимі (за результатами тепловізійного контролю).

8.2.6 Періодичність огляду повинна бути встановлена головним інженером підприємства згідно з інструкціями заводів-виробників.

8.2.7 Особливості конструкції та експлуатації деяких типів ВТ наведено у додатках А, Б, В, Г.

### 8.3 Вимоги до підготовки персоналу

8.3.1 Встановлювати вимірювальний трансформатор відповідно до НПАОП 40.1-1.01-97 повинен персонал, який навчений виконанню необхідних операцій та має кваліфікаційний розряд не нижче ніж 3, під керівництвом ІТП.

8.3.2 Роботи з технічного обслуговування вимірювальних трансформаторів та його випробувань повинен виконувати персонал, який пройшов спеціальну підготовку і стажування та допущений до проведення випробувань в діючій електроустановці за нарядом (робітники зі складу оперативних можуть виконувати огляд з групою IV одноособово).

8.3.3 У складі бригади, яка проводить технічне обслуговування та випробування ВТ, повинно бути не менше двох виконавців, причому один з них повинен мати кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче ніж 4, а решта членів бригади — не нижче ніж 3. При виконанні випробування з застосуванням автовишки керівник повинен мати групу V.

### 8.4 Дії персоналу при виявленні несправностей ВТ

8.4.1 Будь яка несправність ТС або ТН через деякий час призведе до його пошкодження, якщо його вчасно не відключити. Пошкодження масляних трансформаторів супроводжується вибухом. Радіус розльоту осколків може досягати 100 м і більше. ВТ, у якого виявлені ознаки початкової стадії пошкодження, повинен бути негайно відключений.

8.4.2 У разі виникнення несправності ВТ необхідно доповісти диспетчеру, в віданні якого знаходиться дане обладнання, і за погодженням з ним відключити приєднання або вимикач, в колі якого знаходиться несправний ТС, а у ТН треба:

- виконати операції в колах напруги пристроїв РЗА згідно з інструкцією;
- відключити трансформатор з боку низької напруги;
- відключити роз'єднувач ТН.

Якщо несправність виявлена, а ВТ все ще знаходиться під напругою, то необхідно вжити заходів безпеки:

- видалити людей із небезпечної зони;
- визначити межі небезпечної зони;
- захистити небезпечну зону.

8.4.3 Відключати ТН роз'єднувачем після виникнення ферорезонансного процесу заборонено. Включення трансформатора напруги, що знаходився в режимі ферорезонансу, можливо після виконання заходів, зазначених у 7.3.

**8.4.4** При виникненні пожежі на трансформаторі, якщо він не відключився від дії релейного захисту, його потрібно відключити і заземлити.

Персонал повинен викликати пожежну охорону й далі діяти згідно з планом пожежегасіння, затвердженим в установленому порядку згідно з СОУ-Н МЕН 41.0-216.77681-61:2012 (НАПБ В.05.027-2011/111). Заборонено зливати масло з корпусу маслоснаповнених ВТ (злите масло може спричинити забруднення навколишнього середовища та призвести до поширення розповсюдження вогню на його обмотку і ускладнить гасіння пожежі.)

## **9 ПОТОЧНИЙ РЕМОНТ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ**

**9.1** Поточний ремонт вимірювальних трансформаторів проводять в терміни, що встановлені у інструкціях заводів-виробників та при виявленні дефектів, які перешкоджають безпечній експлуатації ВТ.

**9.2** При поточному ремонті трансформаторів залежно від потужності і первинної напруги проводять на місці встановлення:

- перевірку маслоскопів пристроїв маслоснаповнених ВТ;
- перевірку роботи сигналізатора тиску елегазових ВТ (сигналізатор тиску є індикаторним приладом і перевірці в процесі експлуатації не підлягає);
- очищення маслоскопів скла (для герметичних ВТ — зовнішнє, для негерметичних ВТ — зовнішнє та внутрішнє);
- заміну манометрів герметичних ввідів маслоснаповнених ВТ;
- підтягування болтових з'єднань, ущільнень і ошиновки;
- протирання ізоляторів і очищення поверхні бака;
- відбір проб масла з маслоснаповнених ВТ;
- доливання масла в маслоснаповнені ВТ;
- заповнення трансформаторів елегазом до робочого тиску (для елегазових ВТ);
- заміну масла в гідрозатворах маслоснаповнених ВТ;
- перевірка стану і заміну сорбенту в повітроосушувальному фільтрі;
- перевірка стану робочого, захисного заземлення.

При незадовільних результатах аналізів трансформаторного масла маслоснаповнених ВТ проводять відновлення характеристик масла. При незадовільних результатах аналізів елегазових ВТ проводять відновлення характеристик елегазу згідно з Настановою «Виконання робіт з елегазом».

**9.3** При поточному ремонті ВТ виконують перевірку, вимірювання та випробування згідно з 7.2, 7.3.

## **10 ЗБЕРІГАННЯ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ**

**10.1** Зберігання, транспортування, тимчасовий протикорозійний захист і пакування ТС і ТН виконують згідно з ГОСТ 23216.

**10.2** Транспортувати ТС і ТН потрібно згідно з інструкцією заводу-виробника щодо типу упаковки, виду транспорту, впливу кліматичних і механічних чинників, а також їхнього положення (вертикальне, похиле або горизонтальне).

**10.3** Після транспортування виріб підлягає вхідному контролюванню і перевірці комплексу. За результатами перевірки складають відповідний акт.

**10.4** Зберігати ТС і ТН можна під навісом обов'язково у вертикальному положенні. При зберіганні в горизонтальному положенні у герметичних ТС і ТН частина ізоляції знаходиться під невеликим вакуумом, що сприяє проникненню вологи і повітря через ущільнення.

Дозволяється зберігання ТС у власному пакуванні у горизонтальному положенні. Строк зберігання до вводу в експлуатацію не більш ніж 1 рік.

**10.5** Допустимий термін зберігання ТС і ТН без переконсервації 2 роки. Після двох років зберігання повинне бути видалене старе мастило і нанесено нове на струмоведучі контакти.

**10.6** Ізоляція ТС і ТН, які знаходяться на зберіганні, схильна до погіршення в більшій мірі, ніж у працюючих, так як вона не нагрівається робочим струмом. Тому профілактичні випробування ТС і ТН, які знаходяться на зберіганні, необхідно проводити в повному обсязі та у відповідні терміни згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007.

## **11 УТИЛІЗУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ**

**11.1** При остаточному припиненні експлуатування трансформаторів утилізування їх необхідно здійснити з дотриманням всіх чинних екологічних вимог або спеціалізованою організацією.

**11.2** Перед демонтажем електричних ВТ необхідно видалити з них ізолюючий газ, відкачуючи його в балон за допомогою спеціальної установки.

Відходи виробництва підлягають утилізуванню згідно з ДСанПіН 2.2.7.029.

## **12 ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ**

**12.1** При підготовці до експлуатації, при проведенні технічного обслуговування та ремонту (електричних випробувань та інших робіт), при експлуатації вимірювальних трансформаторів повинні виконуватись вимоги НПАОП 0.00-1.29-97; НПАОП 0.00-1.30-01; НПАОП 0.00-5.04-95; НПАОП 0.00-5.06-94; НПАОП 40.1-1.01-97; НПАОП 40.1-1.07-01; НПАОП 40.1-1.21-98; НПАОП 40.1-1.32-01; НАПБ А.01.001-2004.

При перевірці трансформаторів потрібно дотримуватись вимог згідно з ДСТУ 6097.

При проведенні всіх видів робіт повинні виконуватись правила безпеки згідно з НПАОП 40.1-1.01-97 та вимоги затверджених в установленому порядку інструкцій, які враховують особливості підприємства.

При експлуатації ТС розмикання вторинних обмоток заборонено у випадку знаходження ТС під напругою. Якщо в процесі експлуатації відпадає необхідність у використанні ТС, його вторинні обмотки повинні бути замкнені накоротко або на номінальне вторинне навантаження.

Основні вимоги безпеки робіт при експлуатації ВТ, які підлягають безумовному виконанню, вказані у 12.2, 12.3.

**12.2** Проведення робіт на трансформаторі без зняття напруги в первинному колі заборонено.

**12.3** Роботи зі зняттям напруги проводяться у відповідності до вимог ПБЕЕ з технологічними картами.

Оперативний персонал електроенергетичного об'єкта здійснює оперативні перемикання по бланках перемикань.

ДОДАТОК А  
(обов'язковий)

**МАСЛЯНІ ТРАНСФОРМАТОРИ СТРУМУ**

**А.1 Особливості конструкції масляних ТС типу ТФЗМ (ТФНД)**

**А.1.1 Особливості конструкції**

ТС типу ТФЗМ з обмоткою ланкового типу, паперово-масляною ізоляцією призначені для передавання сигналу вимірювальної інформації приладам вимірювання, захисту, автоматики, сигналізації і управління в електричних колах змінного струму частоти 50 або 60 Гц.

Трансформатори цього типу мають ланкову конструкцію і паперову ізоляцію без вирівнювальних алюмінієвих обкладок. Захист внутрішньої ізоляції від зволоження у них недостатній через малий об'єм масляного затвора, який не перевищує 50 см<sup>3</sup>. Силікагелевий патрон не в змозі осушити необхідний об'єм зовнішнього повітря (від 1,5 л до 2 л на добу).

Недостатній захист внутрішньої ізоляції трансформаторів струму призводить до того, що через 15—20 років вологість внутрішньої ізоляції може досягти небезпечних значень (від 4 % до 6 %), а надмірна волога конденсується на дні. При цьому критична інтенсивність часткових розрядів настає вже під робочою напругою. В результаті ризик пошкодження трансформаторів різко зростає.

Наростаюче зволоження веде до електричного або теплового пробою, що особливо проявляється при температурі навколишнього середовища, що дорівнює 30 °С або ще вище.

При виборі номінального струму трансформатора виходять, в першу чергу, з необхідності забезпечити вимоги по термічній і динамічній стійкості до струмів КЗ. При цьому ТС сильно недовантажений по струму, і температура його ізоляції перевищує температуру навколишнього середовища не більше ніж на 5 °С — 10 °С. Ресурс паперової ізоляції навіть після роботи трансформатора струму протягом 40 років і більше залишається великим.

**А.1.2 Особливості експлуатації після 15 років**

Потрібно здійснювати візуально один раз в 2 роки контроль наявності конденсованої вологи (у вигляді крапель або шару води) в маслі. Для цього відбирають пробу масла через донну пробку. При наявності вільної води потрібно видалити її з дна трансформатора через масловідбірник.

Один раз в 2 роки потрібно проводити вимірювання tgδ та опору ізоляції для ТС напругою 500 кВ і один раз в 3 роки для ТС напругою 110 кВ — 220 кВ згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007.

Для ТС, у яких спостерігається перевищення значень tgδ і (або) зниження опору ізоляції обмоток по відношенню до зазначених в СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007, необхідний відновлювальний ремонт з сушінням і модернізацією захисту масла від зволоження, заміною масла, гумових ущільнень, перевіркою якості ущільнень згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007, видаленням шламу або заміна трансформатора на новий.

Основні параметри трансформаторів типу ТФЗМ (ТФНД) наведено у таблиці А.1, габаритні та установочні розміри цих трансформаторів наведено на рисунках А.1 (а, б, в, г)

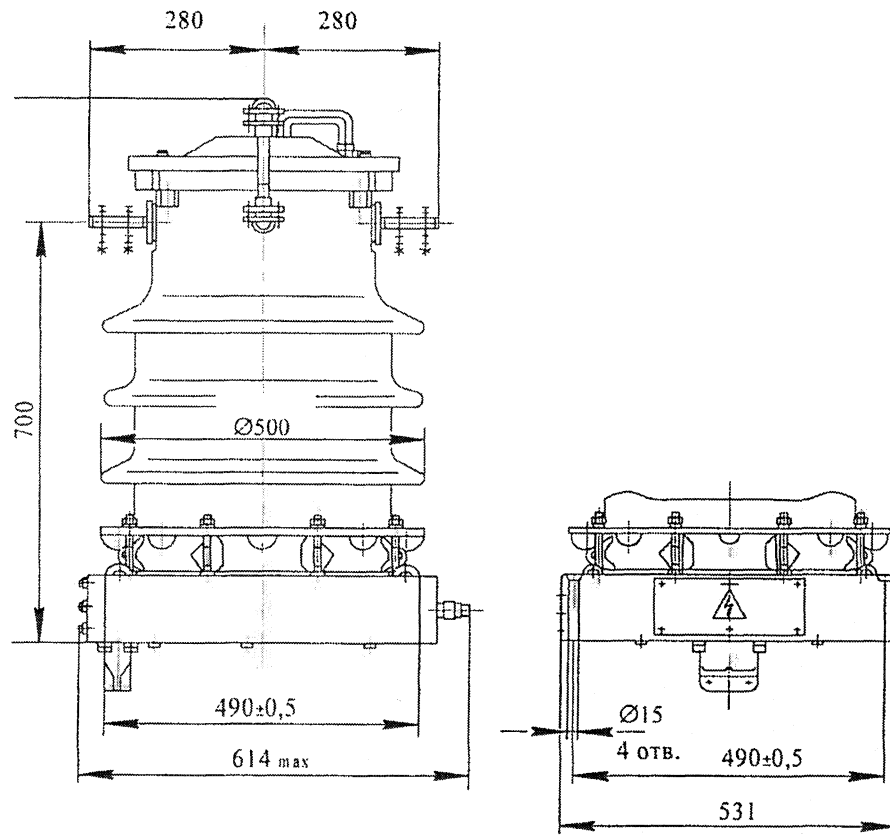
**Таблиця А.1 — Основні параметри трансформаторів**

Найменування параметра	Значення параметра			
	Тип трансформатора			
	ТФЗМ 40,5	ТФЗМ 123	ТФЗМ 170	ТФЗМ 245
Номінальна напруга, кВ	35	110	150	220
Найбільша напруга, кВ	40,5	123	170	245
Номінальні первинні струми, А	15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600; 800; 1000	50—100; 75—150; 100—200; 150—300; 200—400; 300—600; 400—800	600—1200	500—1000—2000

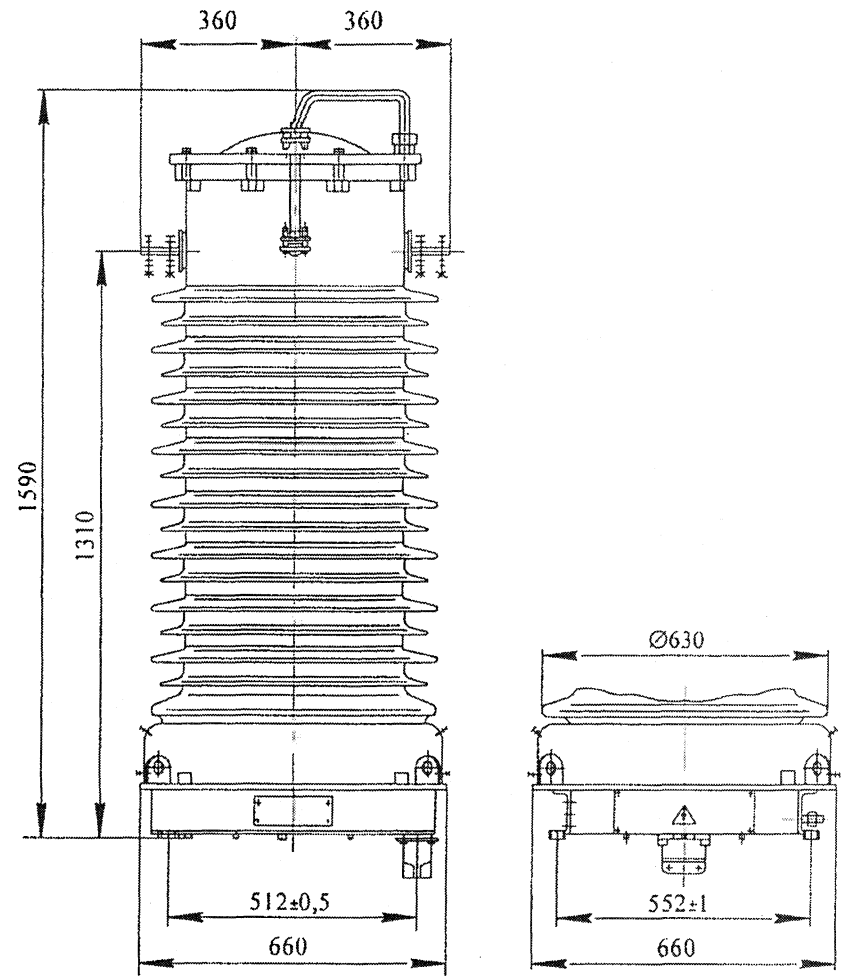
Кінець таблиці А.1

Найменування параметра	Значення параметра			
	Тип трансформатора			
	ТФЗМ 40,5	ТФЗМ 123	ТФЗМ 170	ТФЗМ 245
Номінальна сила вторинного струму, А	5	5	1 або 5	1 або 5
Кількість вторинних обмоток	2 <sup>*)</sup>	3 <sup>**)</sup>	4 <sup>***)</sup>	4 <sup>****)</sup>
Мінімальне нормоване значення питомої довжини шляху витоку, мм / кВ	15	22,5	15	22,5
Час протікання струму термічної стійкості, с	3	3	3	3
Коефіцієнт граничної точності вторинних обмоток для захисту	28	20	15	25; 25; 20
Маса трансформатора з трансформаторним маслом, кг	200	525	1060	2150
<sup>*)</sup> одна з обмоток — для захисту (з номінальним вторинним навантаженням 20 В · А — клас точності 10Р), друга — для вимірювання з номінальним вторинним навантаженням 50 В · А (для класу точності 0,2 S; 0,2; 0,5 S та 0,5); <sup>**) дві обмотки — для захисту ( з номінальним вторинним навантаженням 30 В · А — (клас точності 10Р), третя — для вимірювання з номінальним вторинним навантаженням 30 В · А (для класу точності 0,2 S; 0,2; 0,5 S та 0,5);  <sup>***) три обмотки — для захисту з номінальним вторинним навантаженням 50 В · А (клас точності — 10Р), четверта — для вимірювання з номінальним вторинним навантаженням, 40 В · А (для класу точності 0,5);  <sup>****) три обмотки — з номінальним вторинним навантаженням 50; 50; 30 В · А (клас точності — 10Р), четверта — для вимірювання з номінальним вторинним навантаженням 30; 20; 30; 30 В · А (для класу точності 0,2 S; 0,2; 0,5 S та 0,5). </sup></sup></sup>				



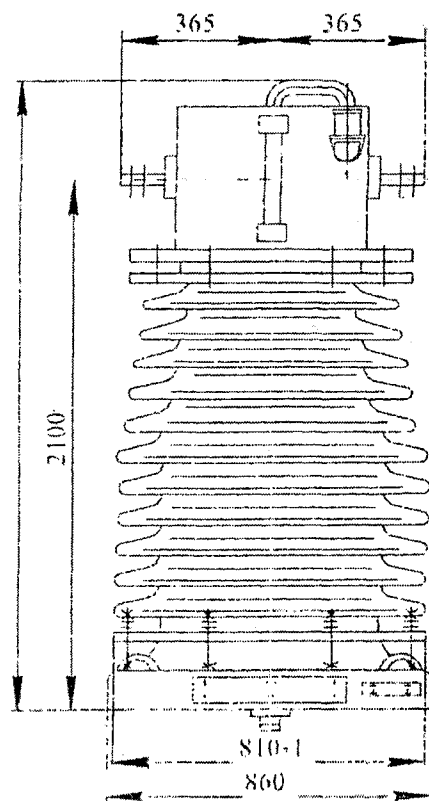


а) трансформатор струму ТФ3М 40,5

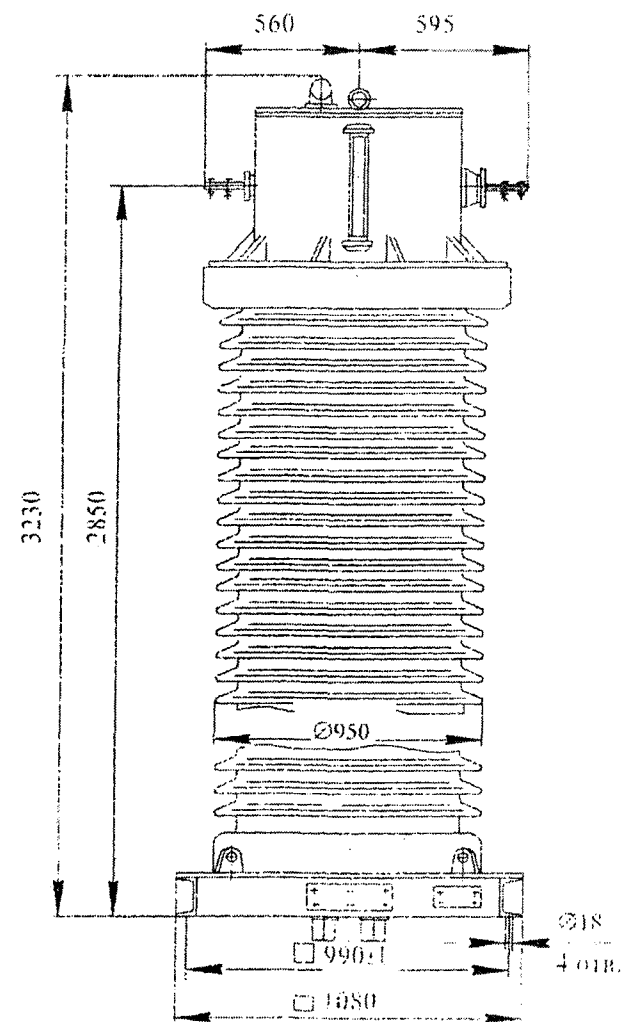
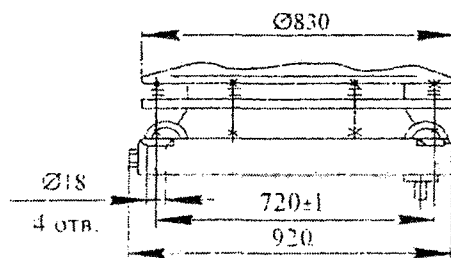


б) трансформатор струму ТФ3М 123

**Рисунок А.1** — Трансформатори струму типу ТФ3М



а) трансформатор струмы ТФ3М 170



б) трансформатор струмы ТФ3М 245

Рисунок А.1 — Лист 2

## А.2 Особливості конструкції та експлуатації масляних ТС типу ТФРМ (TRM)

### А.2.1 Особливості конструкції

ТС серії ТФРМ зовнішньої установки застосовують у відкритих розподільних пристроях, вони призначені для передавання сигналу вимірювальної інформації вимірювальним приладам і пристроям захисту і управління в установках змінного струму напругою 330, 500 і 750 кВ частотою 50 Гц.

ТС — опорні, римовидні, маслonaповнені, герметичні з ізоляцією конденсаторного типу. Головна внутрішня ізоляція виконана на комплекті вторинних обмоток. Роль зовнішньої ізоляції виконує фарфорова покривка. Кільцева частина обмоток розташована в маслорозширювачі.

Трансформатори типів ТФРМ330 і ТФРМ500 — одноступінчаті, ТФРМ750 — двоступінчастий. Верхній ступінь трансформатора ТФРМ750, що встановлюють на маслорозширювач нижнього ступеня, має механічне та електричне з'єднання з останнім. Електричне з'єднання здійснюється за допомогою мідних перемичок.

Трансформатори виконані з п'ятьма вторинними обмотками, з яких чотири класу точності 10Р призначені для захисту і одна класу точності 0,2 або 0,5 — для вимірювання. Вторинна обмотка для вимірювання має відгалуження для отримання додаткового коефіцієнта трансформації. У верхній частині трансформаторів і в кожній ступені ТФРМ750 розташований вузол герметизації, що забезпечує компенсацію температурного розширення масла при тиску, рівному атмосферному, при повній ізоляції його від зовнішнього середовища.

Конструктивно вузол герметизації складається з двох баків, в роз'ємі яких встановлена гнучка діафрагма з маслостійкого матеріалу. Залите над діафрагмою масло забезпечує рівномірність тиску на стінки діафрагми при будь-якому її положенні і захищає матеріал діафрагми від окислення агресивними складовими атмосфери повітря. На верхньому баку вузла герметизації встановлений повітроосушувач, що оберігає від зволоження масло і для тимчасового захисту внутрішньої ізоляції трансформатора в разі наскрізного ушкодження діафрагми. Контроль за станом вологості повітря в верхньому відсіку проводять за кольором індикаторного силікагелю: при зволоженні індикаторний силікагель змінює забарвлення з блакитного на рожевий. Для спостереження за рівнем масла встановлений масловказівник.

Первинна обмотка трансформаторів в верхньому ступені трансформатора типу ТФРМ750 складається з двох секцій, що з'єднують послідовно або паралельно за допомогою перемикача, змонтованого на зовнішній частині маслорозширювача, що забезпечує два коефіцієнта трансформації 1:2. Виводи первинної обмотки розташовані на стінці маслорозширювача. Первинна обмотка нижнього ступеня трансформатора на 750 кВ несекціонована, виводи її розташовані на стінці маслорозширювача. Вторинна обмотка трансформаторів на 330 і 500 кВ і ступенів трансформатора на 750 кВ, а також покривка встановлені на металевому цоколі, в якому розміщені дві коробки виводів. В одній коробці розташовані виводи вторинних обмоток, в іншій — виводи технологічної обмотки, нульової обкладки та заземлення магнітопроводів вторинних обмоток.

Технологічна обмотка призначена для сушіння ізоляції в процесі виготовлення обмотки на заводі-виробнику. В експлуатації цю обмотку не використовують.

Вивід нульової обкладки головної ізоляції використовують при вимірюванні характеристик головної ізоляції (ємності і  $\tan \delta$ ). На кришці коробки виводів закріплені таблички, на яких вказані паспортні дані трансформаторів, електричні схеми і технічні дані обмоток.

На цоколі є гнізда для встановлення двох кабельних муфт, призначених для підведення кабелю, що з'єднує прилади з виводами вторинних обмоток. Місця з'єднання фарфорової покривки з цоколем і маслорозширювачем закриті металевими екранами. Кріплення покривки до фланця бака і цоколя механічне. З'єднання ущільнюються прокладками з маслостійкої гуми. Для підняття трансформатора або ступеня на цоколі є скоби.

Для рівномірного розподілу електричного потенціалу по поверхні трансформатора є захисна арматура у вигляді екран-кільця. Трансформатори на 330, 500 кВ мають екран-кільця, закріплені на маслорозширювачі. На трансформаторі 750 кВ встановлені три екрани-кільця: на кришці, маслорозширювачі і на цоколі верхнього ступеня. На нижньому ступені встановлений розрядник типу РВН-1 У1, який призначений для захисту проміжних обмоток від імпульсних перенапруг.

Трансформатори конструктивного варіанту виконання І і ІІ мають конструкцію, що дозволяє встановлення нерухомих контактів підвісного роз'єднувача і заземлювача. Нерухомий контакт

підвісного роз'єднувача закріплюється на фланці, розташованому між маслорозширювачем і конструкцією вузла герметизації. Підвісний роз'єднувач під'єднують до виводу Л2. Нерухомий контакт заземлювача встановлюють на чотирьох бобишках, розташованих на маслорозширювачі.

Для вирівнювання напруги по товщині ізоляції ТС мають обкладки з перфорованої алюмінієвої фольги. Напруженість електричного поля становить порядку 3 кВ/мм, що в 1,5 — 2 рази більше, ніж у ТС типу ТФЗМ. Нерівності в обкладках можуть створювати концентрацію напруженості поля, що робить ці ТС дуже чутливими до волого-і газомісту ізоляції. Працездатність таких ТС підтримують тільки хорошою герметизацією, при порушенні якої настає пошкодження.

У зв'язку з високою їх пошкоджуваністю через недосконалість конструкції не рекомендовано застосовувати ТС «римовидної» конструкції типу ТФРМ напругою 330—500—750 кВ при новому включенні електроустановок і при реконструкції діючих. Рекомендується заміна в діючих електроустановках існуючих типів ТФРМ на нові ТС іншого типу.

#### А.2.2 Особливості експлуатації

Один раз в 5 років доцільно проводити вимірювання  $\tan \delta$  основної ізоляції при напрузі 10 кВ в нагрітому стані при температурі 60 °С і ненагрітому стані при температурі 20 °С. Орієнтовний час прогріву близько трьох діб.

Якщо значення  $\tan \delta$  ізоляції обмоток у нагрітому стані (до 60 °С) перевищує значення  $\tan \delta$  ізоляції обмоток в ненагрітому стані (при 20 °С) більше ніж в два рази, ТС потрібно замінити (відновлення практично неможливо).

Основні параметри трансформаторів типу ТФЗМ (ТРН) наведено у таблицях А.2, А.3, габаритні та установочні розміри цих трансформаторів — на рисунку А.2.

Таблиця А.2 — Основні характеристики трансформаторів типу ТФРМ (ТРН)

Найменування параметра	Значення параметра, кВ
	Номинальна напруга 330 кВ
Найбільша робоча напруга, кВ	363
Номинальний первинний струм, А	1000–2000 1500–3000
Найбільший робочий первинний струм, А	1000–2000 1600–3200
Номинальний вторинний струм, А	1
Номинальний коефіцієнт трансформації	1000–2000/1 1500–3000/1
Номинальна частота струму, Гц	50
Відношення довжини шляху витоку зовнішньої ізоляції до найбільшої робочої лінійної напруги, см/кВ	2,25
Струм електродинамічної стійкості, кА	160
Струм термічної стійкості, кА	63
Час протікання струму короткого замикання, с	1
Кількість вторинних обмоток	5
Номинальний клас точності вторинних обмоток: – для вимірювання – для захисту	0,2 0,2
Номинальне вторинне навантаження (при $\cos \varphi = 0,8$ ), В·А: – обмотка для вимірювання; – обмотка для захисту	30 40
Номинальна гранична кратність вторинної обмотки для захисту для номинальних струмів 1000–2000/ 1500–3000/2000–4000, А, не менше ніж	20/20
Маса, кг, не більше ніж: – трансформатор з маслом; – трансформаторне масло	3070 1020

Таблиця А.3 — Вторинне навантаження

Тип трансформатора	Вторинна обмотка для вимірювання	Номинальний коефіцієнт трансформації	Вторинне навантаження (при $\cos \varphi = 0,8$ ), В·А	
			Клас точності	
			0,2	0,5
ТФРМ 330Б У1	Повна обмотка Відгалуження	1000 – 2000/1 500 — 1000/1	— 10	40 20
ТФРМ 330Б-ІІ У1	Повна обмотка Відгалуження	1500 – 3000/1 750 – 1500/1	— 10	40 30

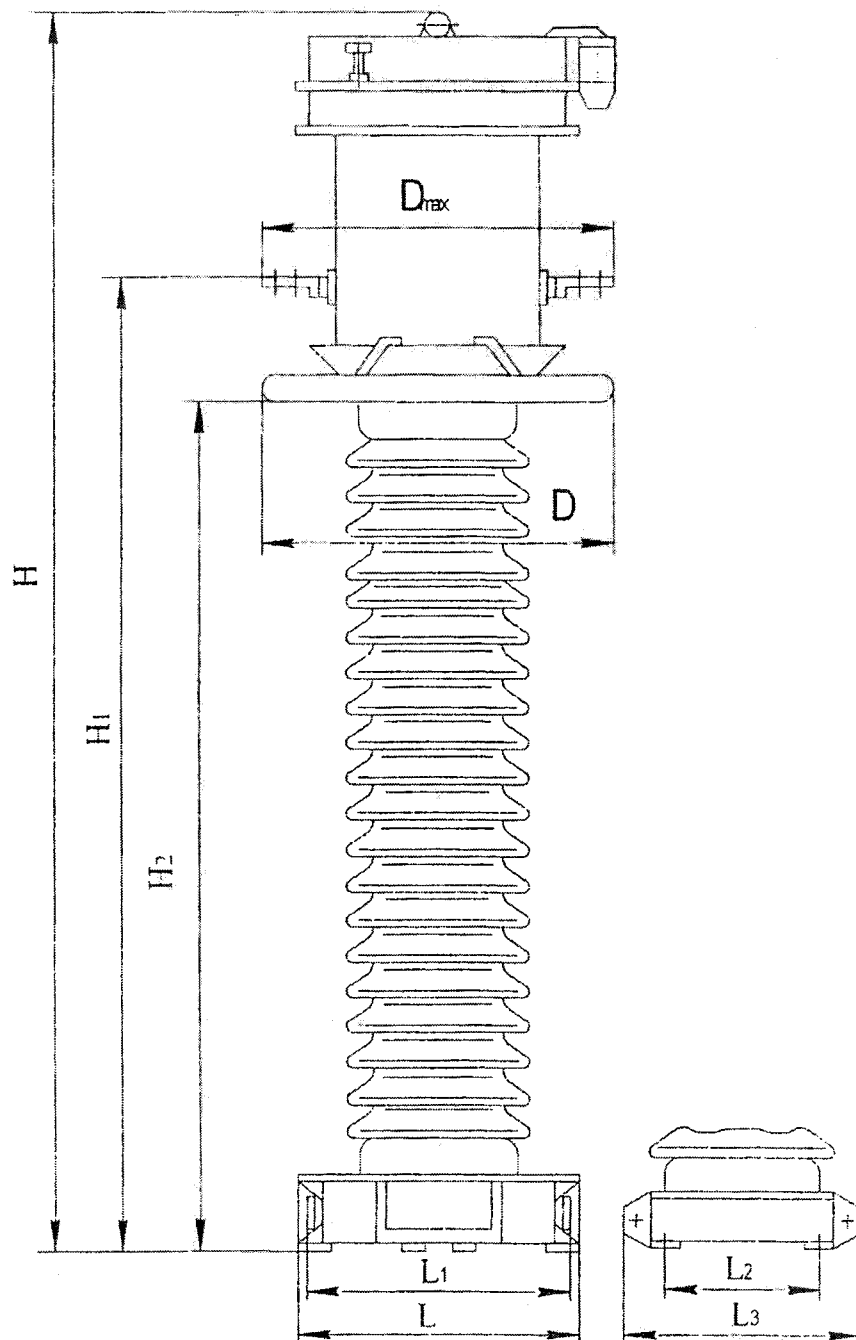


Рисунок А.2— Трансформатор струму типу ТФРМ (ТРМ)

### А.3 Особливості конструкції та експлуатації масляних ТС типу ФУМ-330

#### А.3.1 Призначення

ТС серії ФУМ-330 зовнішньої установки призначені для передавання сигналу вимірювальної інформації вимірювальним приладам і пристроям захисту і управління в установках змінного струму частотою 50 Гц.

#### А.3.2 Особливості конструкції

Трансформатори опорної конструкції, одноступінчаті для номінальної напруги 330 кВ, з однією вторинною обмоткою для вимірювання і трьома обмотками для захисту, з трьома коефіцієнтами трансформації, які отримують шляхом зміни числа витків первинної обмотки.

Конструктивно ТС — опорні, маслonaповнені, герметичні з паперовомасляною ізоляцією конденсаторного типу. Головна внутрішня ізоляція розташована на первинній обмотці. Зовнішня ізоляція — це фарфорова покривка.

Первинна обмотка складається з чотирьох секцій, кожна з яких розрахована на номінальний струм 500 А. Первинна обмотка має U-подібну форму.

У нижній частині петлі первинної обмотки розташовані вторинні обмотки. Одна з них (класу точності 0,5) призначена для живлення вимірювальних приладів з можливістю використання для захисту, а три обмотки (класу точності 10Р) — для захисту з можливістю використання їх для вимірювання. Обмотки розміщені у фарфоровій покривці, заповненій трансформаторним маслом.

Основні параметри трансформаторів типу ФУМ-330 наведено у таблиці А.4, габаритні та установочні розміри цих трансформаторів наведено на рисунку А.3.

Таблиця А.4 — Основні параметри трансформаторів типу ФУМ-330

Найменування параметра	Значення параметра
Номінальна напруга, кВ	330
Найбільша робоча напруга, кВ	363
Номінальний первинний струм, А	500–1000–2000
Номінальний вторинний струм, А	1 або 5
Вторинні обмотки:	
1) для захисту:	3
– номінальне вторинне навантаження, В·А;	50
– клас точності	10
2) для вимірів:	1
– номінальне вторинне навантаження, В·А;	50
– клас точності	0,5
Струм електродинамічної стійкості, кА	49,5–99–198
Струм термічної стійкості, кА	19,3–38,6–77,2
Час протікання струму КЗ, с	2
Відношення довжини шляху витoku зовнішньої ізоляції до найбільшої робочої напруги, см/кВ	1,5
Номінальна гранична кратність вторинних обмоток для захисту	20; 15; 18
Маса трансформатора з трансформаторним маслом, кг	2050

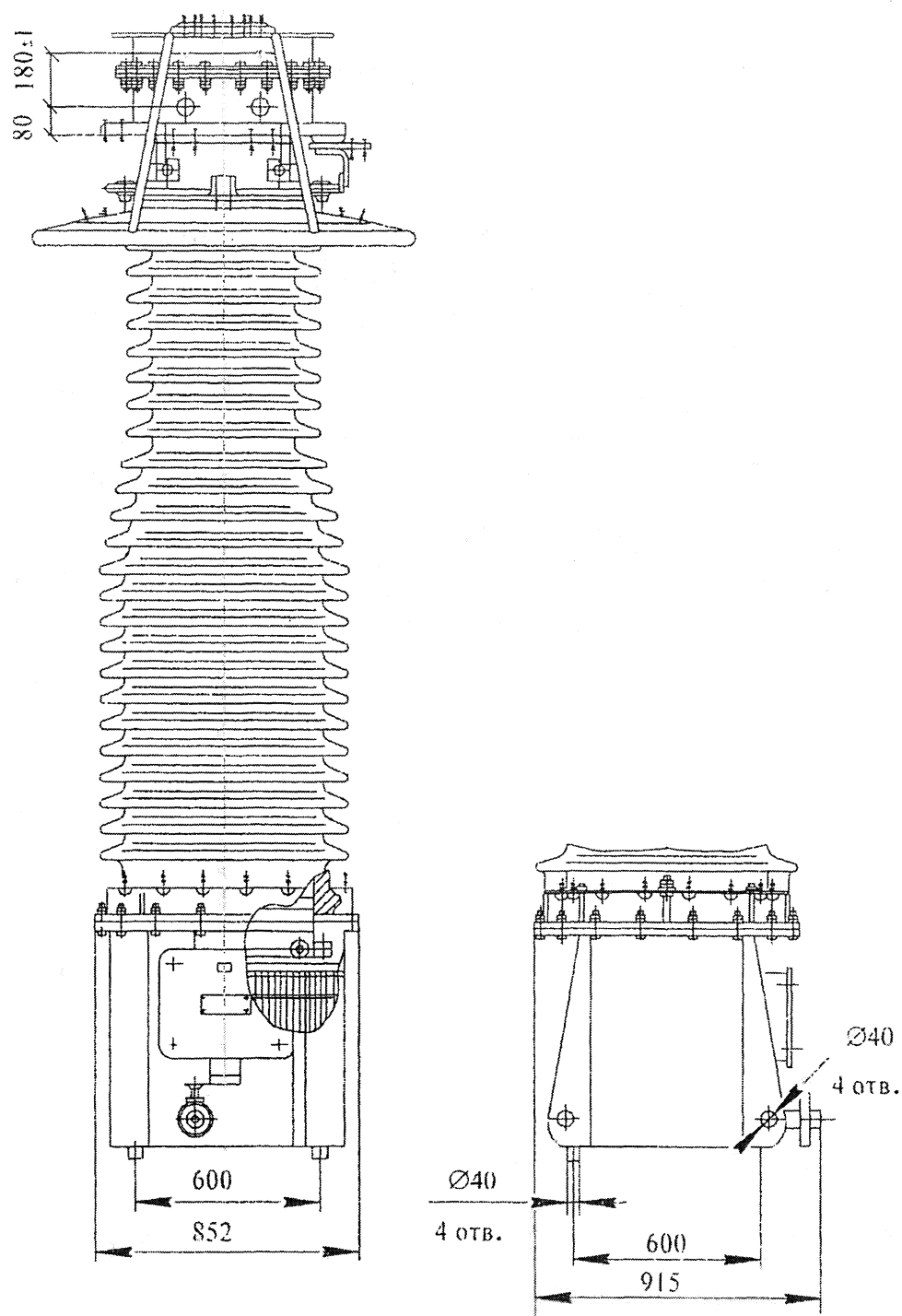


Рисунок А.3 — Трансформатор струму типу ТФУМ

ДОДАТОК Б  
(обов'язковий)

## МАСЛЯНІ ТРАНСФОРМАТОРИ НАПРУГИ

### Б.1 Особливості конструкції та експлуатації трансформаторів типу НКФ

#### Б.1.1 Особливості конструкції

Багатоступінчасті електромагнітні ТН типу НКФ призначені для застосування в електричних колах змінного струму частотою 50 або 60 Гц з метою передавання сигналу вимірювальної інформації приладам вимірювання, захисту, автоматики, сигналізації і управління.

ТН цього типу мають паперово-масляну ізоляцію. Обмотки ВН всіх ступенів трансформації з'єднані послідовно, а зрівнювальні обмотки між ступенями — паралельно. Дотримуватися полярності при з'єднанні обов'язково. Масло у кожному ступені захищено від зволоження силікагелевим патроном, що мало ефективно.

У результаті до середини нормативного терміну служби паперова ізоляція звожується, а надмірна волога конденсується на дні.

При сильному перезволоженні в товщі міжшарової паперової ізоляції під робочою напругою виникають часткові розряди високого рівня. Вони утворюють прогари, які надалі розширюються, збільшуючись в розмірі. У маслі з'являються вуглеводневі гази і погіршується його  $\tan \delta$ . Цей процес може тривати роками і завершитися або пошкодженням, або відбракуванням ТН. Зміна масла у таких ТН неефективна. Відновлювальному ремонту такі ТН не підлягають.

При сильному перезволоженні у електромагнітних ТН розвивається виткове замикання в первинній обмотці. Короткозамкнені витки перегріваються, зона ушкодження розширюється, захоплюючи сусідні шари. В результаті зростає напруга вторинної обмотки, що є достовірною ознакою що розвивається пошкодження, за умови, що напруга сусідніх фаз залишається стабільною. У таких випадках потрібно негайно зняти напругу з ТН.

Пошкодження ТН може наступити і в результаті КЗ в відрізку кабелю, що з'єднує виводи вторинних обмоток з агрегатною шафою. При заміні старого ТН слід замінювати і старі кабелі.

#### Б.1.2 Особливості експлуатації після 10 років роботи

Один раз в 2 роки згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 потрібно проводити вимірювання  $\tan \delta$  масла і опору ізоляції обмоток для ТН напругою 330 кВ — 500 кВ і один раз в 3 роки — для ТН напругою 110 кВ — 220 кВ.

Перевищення напруги на розімкненому трикутнику з  $U_0$  додаткових вторинних обмоток до 10 В — 20 В свідчить про розвинений внутрішній дефект (виткове замикання в обмотці одного з ТН), що вимагає негайного відключення всієї трифазної групи ТН.

Враховуючи характер розподілу і розвитку вогнищ часткових розрядів в товщі ізоляції, ТН, які забраковані за показником  $\tan \delta$  масла або підвищення напруги на вторинній стороні підлягають заміні (відновлення їх неможливо).

При відбракування ТН тільки по опору ізоляції обмоток, яка вказує на зволоження, необхідний відновлювальний ремонт з сушінням і модернізацією захисту від зволоження, заміною масла, гумових ущільнень, перевіркою якості ущільнень згідно з СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 і видаленням шламу.

Основні параметри трансформаторів типу НКФ наведено у таблиці Б.1, габаритні та установочні розміри цих трансформаторів — на рисунках Б.1 (а, б, в, г).

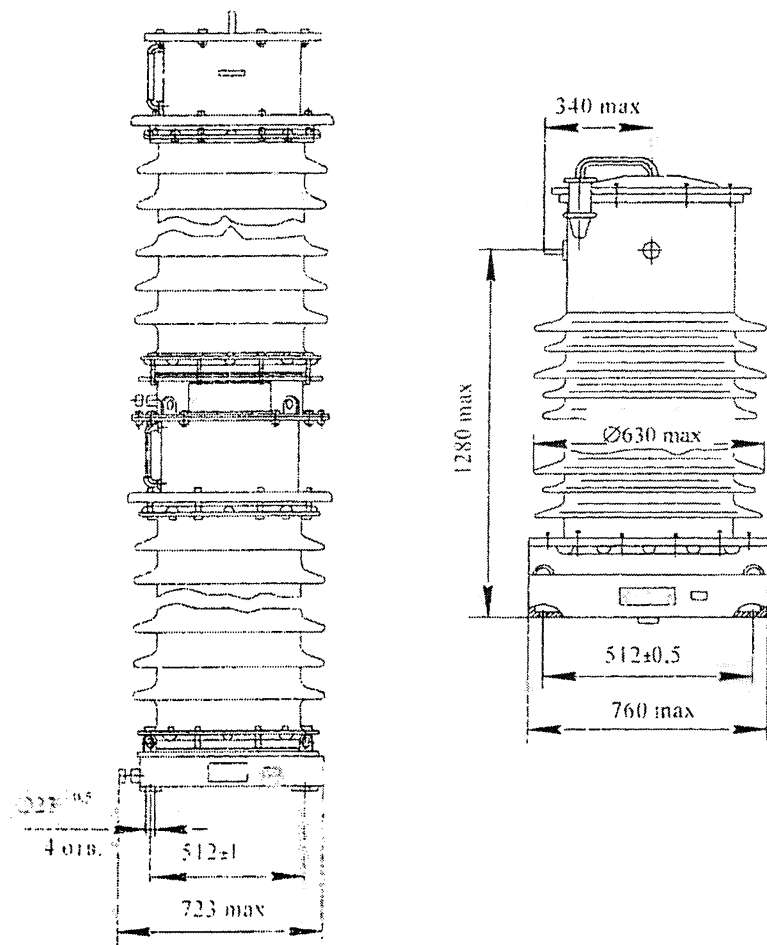
Таблиця Б.1 — Основні параметри трансформаторів

Найменування параметра	Значення параметра для трансформаторів типу			
	НКФ-123	НКФ-245	НКФ-362	НКФ-420
Номинальна напруга первинної обмотки, В	110000: $\sqrt{3}$	220000: $\sqrt{3}$	330000: $\sqrt{3}$	400000: $\sqrt{3}$
Номинальна напруга вторинної основної обмотки, В	100: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}$	100: $\sqrt{3}$
Номинальна напруга вторинної додаткової обмотки, В	100	100	100	100

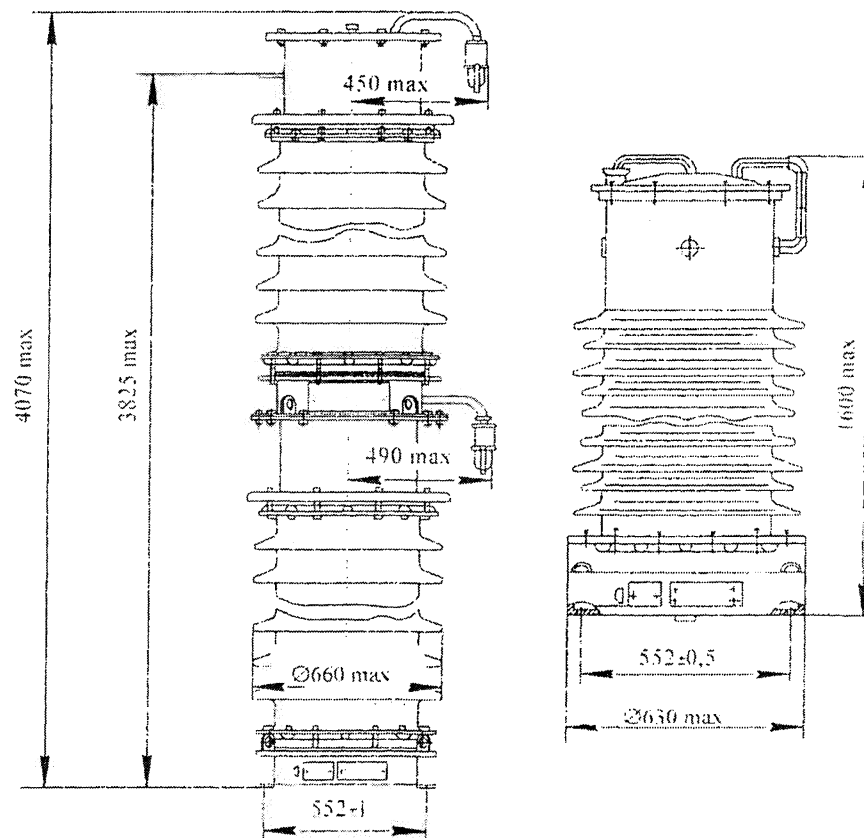


Кінець таблиці Б.1

Найменування параметра	Значення параметра для трансформаторів типу			
	НКФ-123	НКФ-245	НКФ-362	НКФ-420
Номинальна потужність вторинної основної обмотки, В · А, для класу точності				
– 0,2;	100	100	–	–
– 0,5;	200	200	400	–
– 1,0;	400	400	600	500
– 3,0	1000	1000	1200	1200
Номинальна потужність вторинної додаткової обмотки, В · А ( для класу точності 3Р)	1000	1000	1200	1200 =
Найбільша робоча напруга, кВ	$123:\sqrt{3}$	$245:\sqrt{3}$	$362:\sqrt{3}$	$420:\sqrt{3}$
Гранична потужність, В · А	2500	2500	2500	2500
Мінімальна нормоване значення питомої довжини шляху витоку, мм / кВ	22,5	22,5	15	20
Випробувальна напруга, кВ:				
1) грозового імпульсу внутрішньої ізоляції:				
– повний імпульс;	480	950	1175	1500
– зрізаний імпульс	550	1090	1300	1800
2) грозового імпульсу зовнішньої ізоляції:				
– повний імпульс;	460	900	175	1500
– зрізаний імпульс	570	1130	1300	1800
3) внутрішньої ізоляції (однохвилинна)	230	460	–	–
4) зовнішньої ізоляції при плавному підвищенні				
– у сухому стані;	280	520	–	–
– під дощем	215	425	–	–
5) комутаційного імпульсу в сухому стані і під дощем	–	–	950	1050
6) зовнішньої ізоляції на відсутність видимої корони	–	–	230	290
7) електричної міцності внутрішньої і зовнішньої ізоляції промислової частоти (однохвилинна)	–	–	460	680
Маса трансформатора з трансформаторним маслом, кг, не більше ніж	560	1460	1360	2150

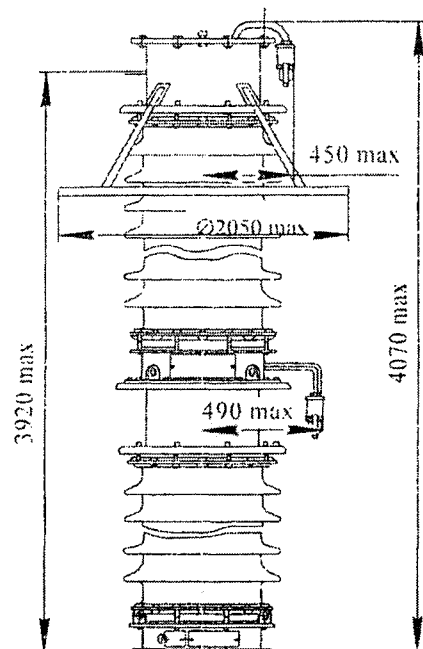


а) трансформатор напруги НКФ - 123



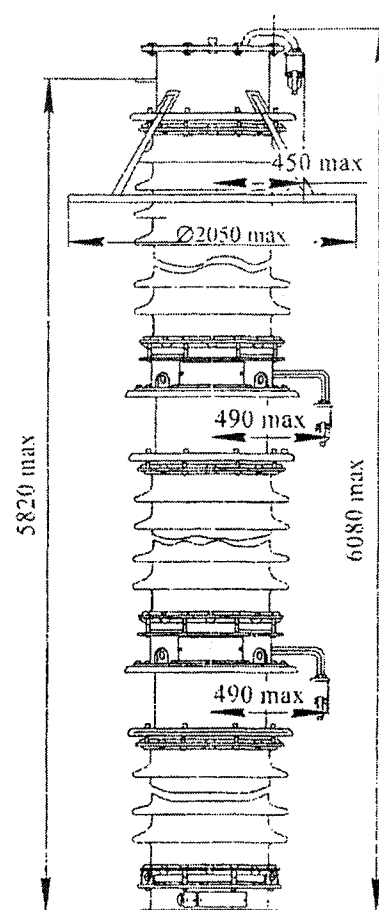
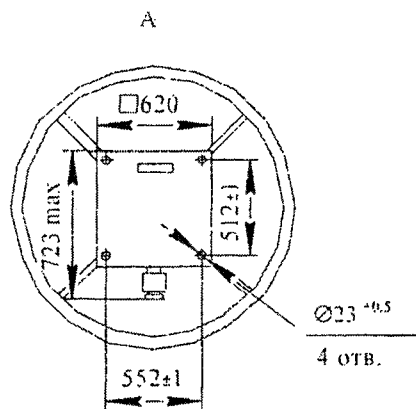
б) трансформатор напруги НКФ - 245

Рисунок Б.1 — Трансформатор напруги типу НКФ



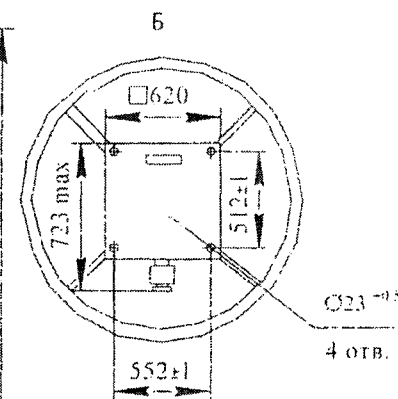
↑  
А

в) трансформатор напряги НКФ - 362



↑  
Б

г) трансформатор напряги НКФ - 420



### **Б.1.3 Ємнісні ТН**

#### **Б.1.3.1 Особливості конструкції та експлуатації**

Такі ТН мають два ступеня зниження первинної напруги — ємнісним дільником і електромагнітним пристроєм.

#### **Б.1.4 Режим ферорезонансу**

Електромагнітні ТН напругою 220 кВ — 500 кВ можуть входити в режим ферорезонансу з ємностями конденсаторів, шунтуючих розриви високовольтних вимикачів. Якщо всі вимикачі відключені, напруга від усіх джерел потрапляє на ТН через ці конденсатори. В результаті ТН може перезбудитися, його намагнічуючий струм може зрости, а обмотка ВН — перегрітися. Виникне її пошкодження.

Процес носить тривалий характер і може припинитися або після пошкодження ТН, або після якої-небудь комутації, або зриву ферорезонансу.

Ферорезонанс буває або на частоті 50 Гц, або на субгармоніках 16,6 Гц, або 10 Гц.

Розподільні пристрої повинні бути перевірені на можливість виникнення ферорезонансних перенапруг при відключеннях систем шин. При необхідності повинні бути вжиті заходи щодо запобігання ферорезонансу.

#### **Б.1.5 Особливості конструкції та експлуатації електромагнітних ТН типу НАМИ**

Антирезонансні масляні ТН типу НАМИ призначені для установки в електричних мережах змінного струму частоти 50 Гц з ізолюваною або з компенсованою нейтраллю з метою передачі сигналу вимірювальної інформації приладам вимірювання, пристроїв автоматики, захисту, сигналізації та управління.

ТН типу НАМИ спеціально розроблені для запобігання пошкодження ТН при ферорезонансі. Вони переводять ферорезонанс частоти 50 Гц (з великими струмами в первинній обмотці) в ферорезонанс на частотах 16,6 Гц або 10 Гц (з малими струмами).

## **ДОДАТОК В (обов'язковий)**

### **ЕЛЕГАЗОВІ ТРАНСФОРМАТОРИ СТРУМУ**

#### **В.1 Особливості конструкції та експлуатації елегазових вимірювальних трансформаторів**

##### **В.1.1 Особливості конструкції**

Трансформатори цього типу виконані у вигляді опорної конструкції. Вони складаються з металевої основи, фарфорової або силіконової покривки, яка забезпечує зовнішню ізоляцію апарату і корпусу (головної частини), в якій розташована активна частина трансформатора (магнітна система і обмотки). В якості головної ізоляції у трансформаторах цього типу застосовують елегаз.

Трансформатори укомплектовані сигналізатором тиску газу. Сигналізатор має два сигнальні кола з контактами, які при номінальному тиску газу всередині трансформатора знаходяться в розімкнутому стані. Сигналізатор не реагує на зниження тиску газу в результаті зміни температури навколишнього середовища.

Якщо відбувається витік газу, стрілка сигналізатора починає відхилятися від номінального тиску. При зниженні тиску до  $P_1$  замикається перша пара контактів, при зниженні тиску до  $P_2$  замикається друга пара контактів. Перша пара контактів повинна бути заведена в коло попереджувальної сигналізації підстанції, друга — в коло аварійної сигналізації. Після надходження попереджувального сигналу трансформатор повинен бути оглянутий на предмет визначення причини витоку елегазу. Якщо причина встановлена та усунена або не встановлена, то повинна бути проведена підкачка трансформатора елегазом для відновлення номінального тиску. Аварійний сигнал дозволяє визначити ступінь витоку елегазу: якщо він надходить протягом доби після надходження попереджувального, то виток великий, і трансформатор повинен бути відключений від мережі якнайскоріше, тому при подальшому зниженні тиску можливий його внутрішній пробій у разі появи перенапруги. Трансформатори мають захисну мембрану, яка руйнується при стрибкоподібному підвищенні тиску газу у разі дугових перекриттів всередині апарату, тим самим оберігаючи його від вибуху. Мембрана прикрита захисним кожухом.

У основі трансформаторів знаходиться наповнювальний клапан і коробка виводів вторинних обмоток (закрита кришкою).

### В.1.2 Особливості експлуатації елегазових ВТ

Елегазові трансформатори при низьких температурах навколишнього середовища (мінус 50 °С і нижче) експлуатувати неможливо через те, що чистий елегаз ( $\text{SF}_6$ ) при таких температурах переходить у рідкий, а то й у кристалічному стан, що не припустимо. Проте проблему можна вирішити, якщо застосовувати суміш різних газів з більш низькою температурою конденсації, ніж чистий елегаз, наприклад, суміш елегазу і азоту ( $\text{SF}_6 + \text{N}_2$ ).

При щоденному огляді рекомендується контролювати тиск газу, візуально перевіряти сигналізатор щільності. Метою контролю є підтримання газової ізоляції в межах робочого діапазону тиску вказаного у документації заводу-виробника. Контроль тиску газу проводять за допомогою сигналізатора щільності, що має температурну компенсацію. Сигналізатор щільності оснащений двома парами контактів, що дозволяє отримувати сигнал при двох значеннях тиску газу і дистанційно здійснювати контроль тиску газу. У випадку зниження тиску більше, ніж на 0,03 МПа, слід звернутись на завод-виробник.

При технічному обслуговуванні потрібно:

- перевірити сигналізатор щільності;
- герметичність вимірювального трансформатора;
- металеві деталі на наявність слідів корозії, фарфорові чи полімерної покритишки на наявність забруднення зовнішньої ізоляції.

За необхідності потрібно відновити герметичність ВТ, довести тиск елегазу у трансформаторі до номінального, усунути корозію (після очищення місця корозії треба пофарбувати), очистити зовнішню ізоляцію.

## В.2 Особливості конструкції та експлуатації трансформаторів струму TRENCH типу SAS з елегазовою ізоляцією

### В.2.1 Особливості конструкції:

- римовидна конструкція;
- первинна обмотка з низьким реактивним опором має оптимальні характеристики при протіканні струму короткого замикання;
- секціонована первинна обмотка дає можливість використовувати ТС при різних первинних струмах;
- рівномірно розподілені вторинні обмотки гарантують точну трансформацію як при номінальному, так і при великих струмах;
- стабільність точнісних характеристик;
- відмінні перехідні характеристики.

Основні параметри трансформаторів наведено у таблиці В.1, габаритні та установочні розміри цих трансформаторів — у таблиці В.2 та на рисунку В.1.

Таблиця В.1 — Основні параметри трансформаторів

Найменування параметра	Значення параметра				
	Максимальна напруга, кВ				
	123	123	362	420	800
Номінальна напруга, кВ	110	110	308	400	750
Випробувальна напруга 50/60 Гц, 1 хв. в сухому/ мокрому стані, кВ	230	230	575	630/ 680	920
Імпульсна випробувальна напруга 1,2/50 мс, кВ	550	550	1300	1425/1550	2050
Комутаційна випробувальна напруга, кВ	—	—	1050/1175	1050/1175	1425/1550
Висота полімерного ізолятора, мм	1216	1216	3728	3728	6000
Стандартна довжина шляху витоку, мм	2880	2880	10155	10155	14112

Таблиця В.2 — Габаритні та установчі розміри трансформаторів

Номинальна напруга, кВ	Маса, кг	Розміри, мм		
		H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	D
123	350	2660	1950	450
123	645	2760	2035	450
362	1550	5780	4940	900
420	1550	5780	4940	900
800	4000	9605	8650	1100
Примітка. Розміри H <sub>1</sub> , H <sub>2</sub> , D згідно з рис. В.1.				

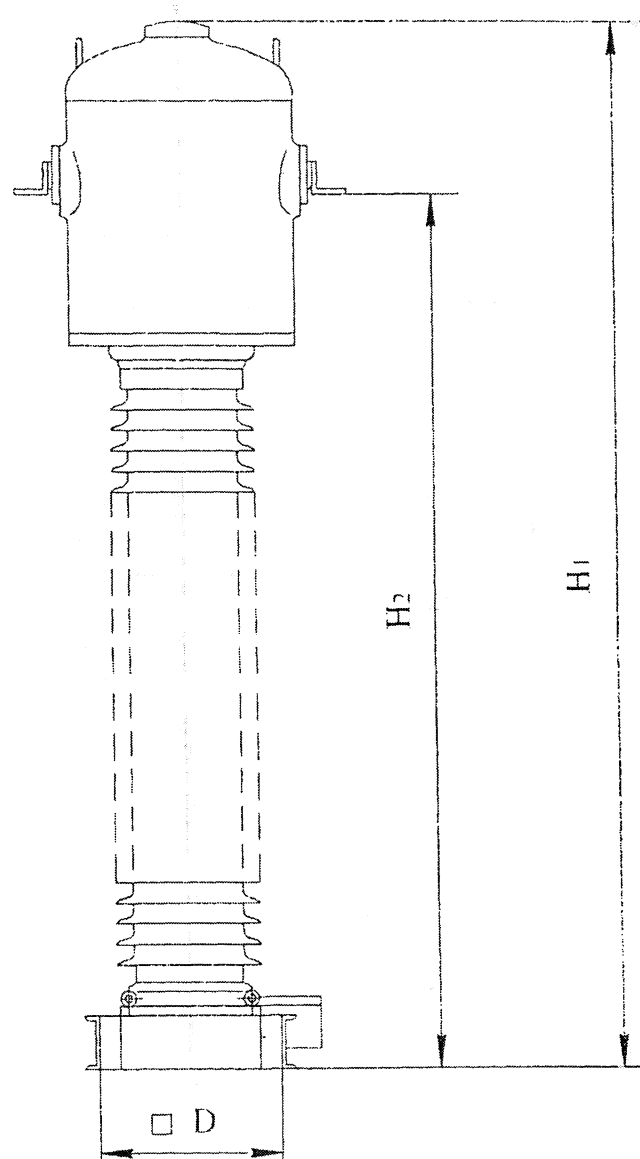


Рисунок В.1 — Трансформатор струму TRENCH з електричною ізоляцією

### В.3 Особливості конструкції та експлуатації ТСАВВ типу TG з елегазовою ізоляцією

#### В.3.1 Призначення

Трансформатори призначені для передавання сигналу вимірювальної інформації вимірювальним приладам, пристроям захисту і управління в електричних колах змінного струму частотою 50 Гц.

Основні параметри трансформаторів типу TG наведено у таблицях В.3, В.4 габаритні та установочні розміри цих трансформаторів — на рисунках В.2 (а, б, в, г, д).

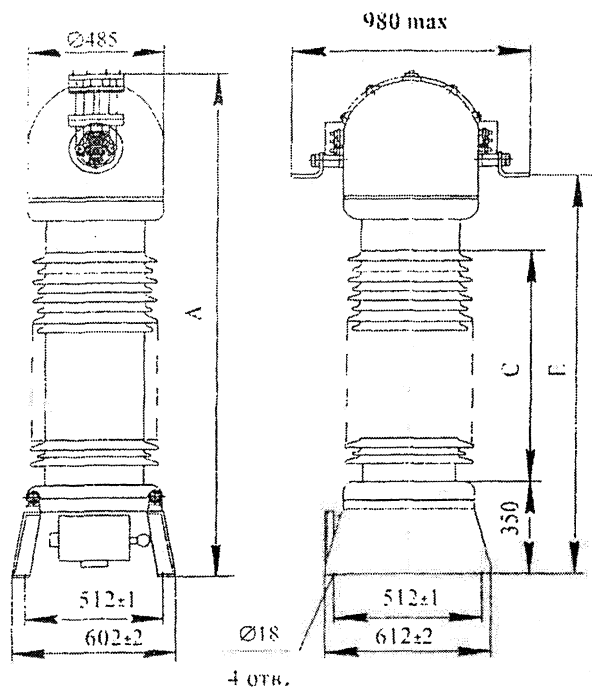
Таблиця В.3 — Основні параметри трансформаторів типу TG

Параметр	Значення параметра		
	Трансформатор		
	TG 145	TG 145N TG 145N1	TG 245 TG 245N
Номинальна напруга, кВ	110		220
Номинальна частота, Гц	50		50
Найбільша робоча напруга, кВ	126		252
Випробувальна напруга, кВ — однохвилинна промислової частоти, в сухому стані та під дощем; — грозового імпульсу	230 450		440/440 900
Номинальний первинний струм, А	300, 400, 500, 600, 750, 800, 1000, 1200, 1500, 2000, 3000		
Номинальний вторинний струм, А	5 або 1		
Струм термічної стійкості, кА: — односекундний; — трисекундний	31,5 (40 <sup>*)</sup> 20		
Струм електродинамічної стійкості, кА	80 (100 <sup>*)</sup> — по замовленню		
Номинальна гранична кратність обмоток для захисту	20		20
Коефіцієнт безпеки приладів обмотки для вимірів	10		10
Питома довжина шляху витoku зовнішньої ізоляції, см/кВ	2,25 (по замовленню — 2,5 <sup>*)</sup>		2,25 або 2,5
Робочий тиск газу при 20 °С, МПа	0,28	0,6	0,6
Маса трансформатора, кг	580	580, 480	570, 700

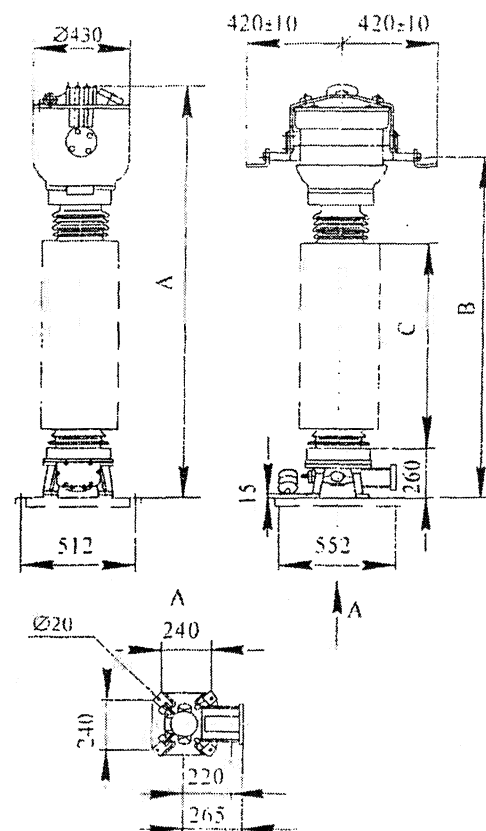
Таблиця В.4 — Параметри вторинних обмоток трансформатора

Тип трансформатора	Номинальне вторинне навантаження (при cos φ = 0,8)				
	1И1 — 1И2	2И1 — 2И2	3И1 — 3И2	4И1 — 4И2	5И1 — 5И2
TG145, TG 145N	<u>20: 30 В·А</u> 0,2; 0,2S	<u>20 В·А</u> 5P	<u>30 В·А</u> 10P	<u>40 В·А</u> 10P	—
TG 145N1	<u>20: 30 В·А</u> 0,2; 0,2S	<u>40 В·А</u> 0,5	<u>40 В·А</u> 5P	<u>40 В·А</u> 5P	<u>40 В·А</u> 5P
TG 245	<u>20: 30 В·А</u> кл.0,2; 0,2S	<u>20 В·А</u> 5P	<u>20 В·А</u> 10P	<u>20 В·А</u> 10P	—
TG 245 N	<u>20: 30 В·А</u> 0,2; 0,2S	<u>40 В·А</u> кл.0,5	<u>40 В·А</u> 5P	<u>40 В·А</u> 5P	<u>40 В·А</u> 5P

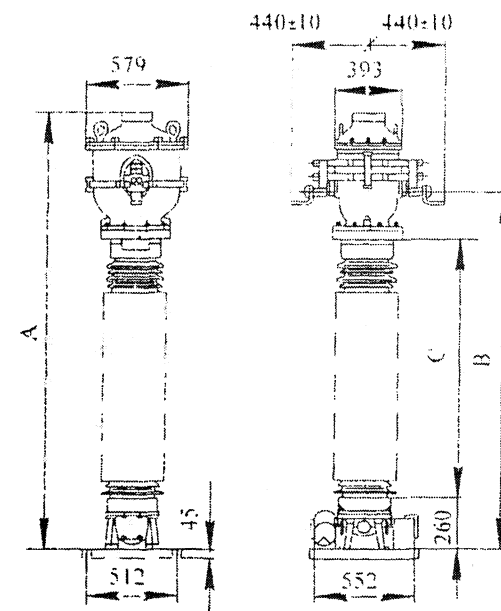
Примітка. В знаменнику вказаний клас точності вторинних обмоток.



а) трансформатор струму TG 145



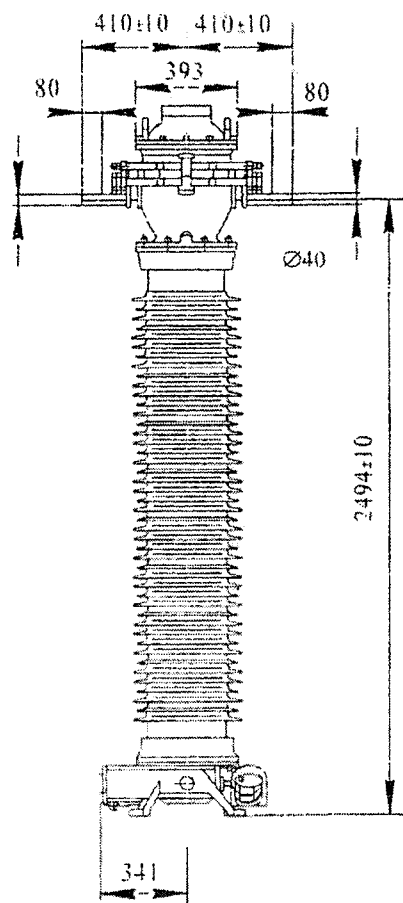
б) трансформатор струму TG 145N



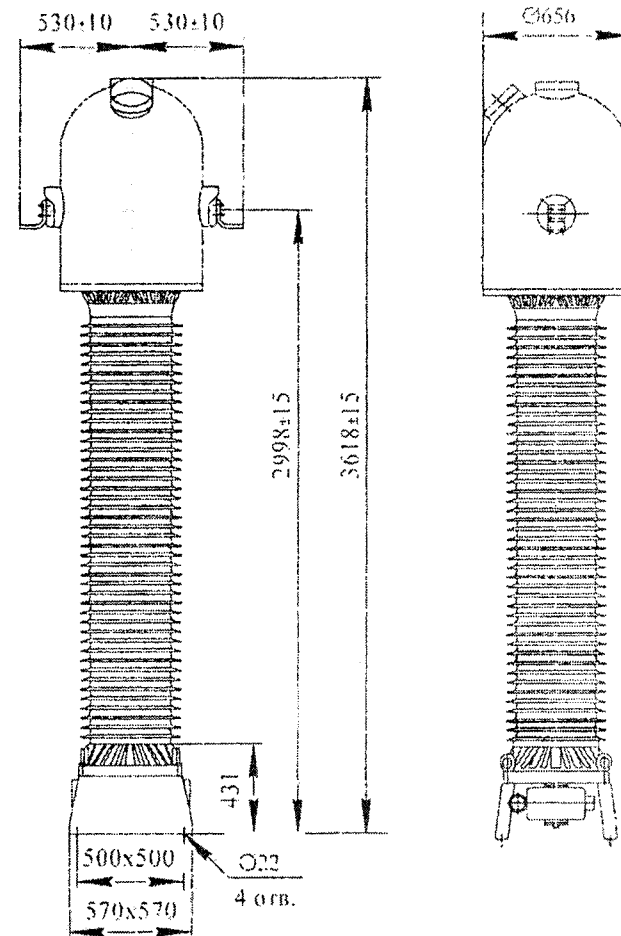
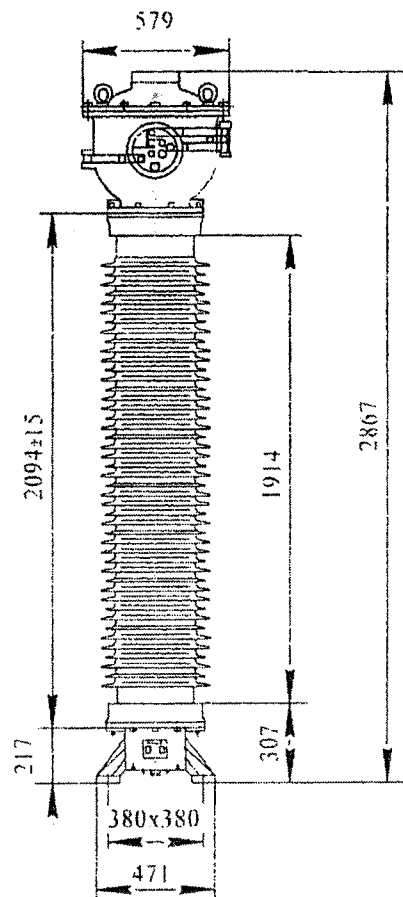
в) трансформатор струму TG 145N1

Рисунок В.2 — Трансформатор напруги типу TG





а) трансформатор струму TG 245



б) трансформатор струму TG245N

#### В.4 Особливості конструкції та експлуатації трансформаторів струму 33ВА типу ТОГ з елегазовою ізоляцією

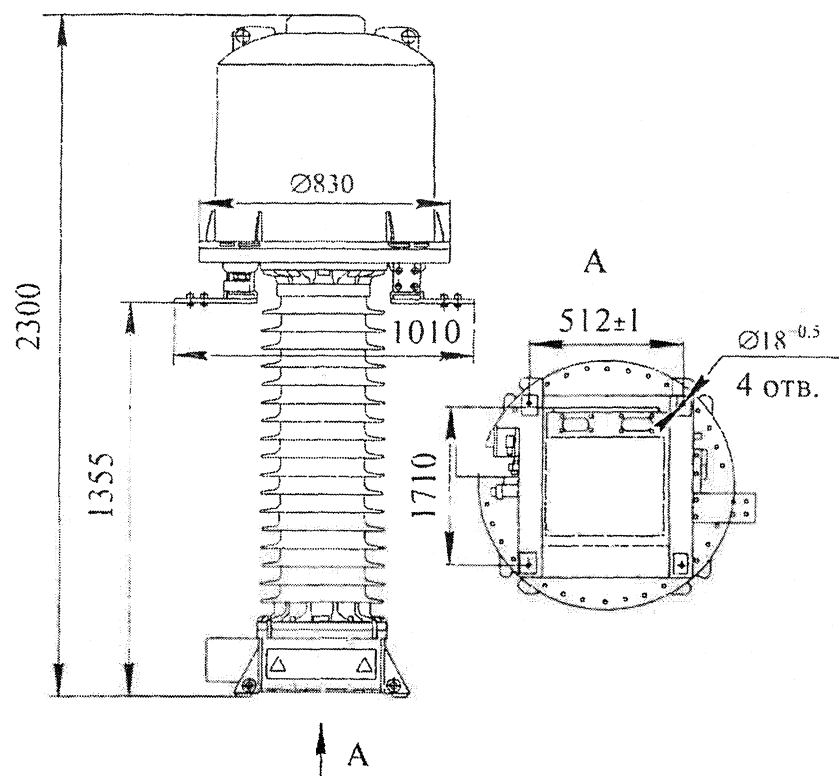
##### В.4.1 Призначення

Опорні газонаповнені ТС, призначені для передачі сигналу вимірювальної інформації вимірювальним приладам, пристроям захисту і управління в установках змінного струму, частоти 50 Гц.

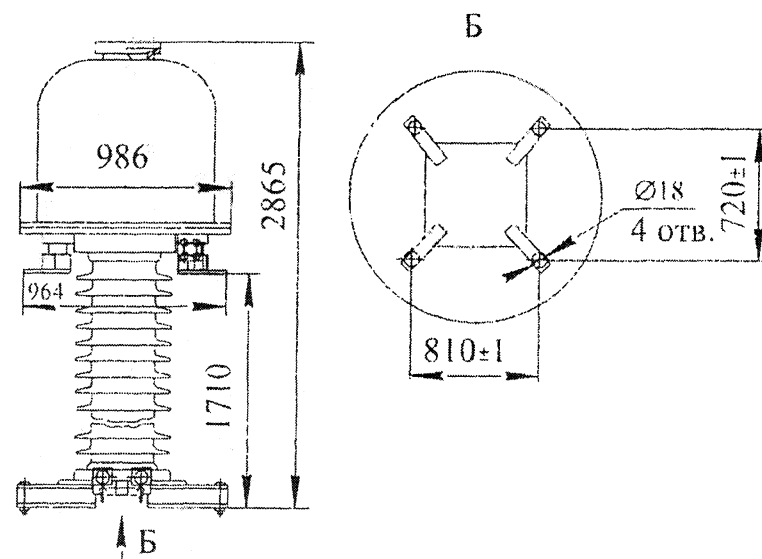
Основні параметри трансформаторів типу ТОГ наведено у таблиці В.5, габаритні та установочні розміри цих трансформаторів — на рисунках В.3 (а, б, в, г).

Таблиця В.5 — Основні параметри трансформаторів

Найменування параметра	Значення			
	ТОГ 123-II-Y1	ТОГ 170-II-Y1	ТОГ 362-II-Y1	ТОГ 765-II-Y1
Номінальна сила первинного струму, А	300–600; 400–800; 500–1000; 600–1200; 750–1500; 1000–3000	100; 300–600; 600–1200; 1000–2000	1000–2000; 1500–3000; 2000–4000	1000–2000; 2000–4000; 1500–3000
Номінальна сила вторинного струму, А	1 або 5	1 або 5	1	1
Кількість вторинних обмоток: – для захисту	3 (для класу точності 5P–20 або 5P–30; 10P–30)	3 (для класу точності 5P–30)	4 (для класу точності 10P), з номінальним вторинним навантаженням 40 В · А	4 або 5 (для класу точності 5P) з номінальним вторинним навантаженням 40 В · А
– для вимірів	1 або 2 для класу точності 0,2 (0,2 S)–20; 0,5–30	1 або 2 для класу точності 0,2–20; 0,2 S–10; 20; 0,5–30	1 або 2 для класу точності 0,2 (0,2 S)–30; 0,5–40	1 або 2 з номінальним вторинним навантаженням 30 В · А для класу точності 0,2 (0,2 S)
Мінімальне значення питомої довжини шляху виток, мм / кВ	22,5; 25,0	22,5; 25,0	22,5; 25,0	22,5; 25,0
Номінальна гранична точності вторинних обмоток для захисту	20	20	20	20
Коефіцієнт безпеки приладів	5	5	10	5
Номінальна короточасна сила струму термічної стійкості, кА	30 – 70	18,5 – 37	31,5 – 63	84
Номінальна сила струму динамічної стійкості, кА	100 – 240	60 – 120	80,5 – 161	214
Час протікання струму термічної стійкості, с	3	3	2	1
Номінальна витримувана напруга				
– промислової частоти	230	275	510	975
– грозового імпульсу (повного)	550	650	1175	2100
– комутаційного імпульсу	–	–	950	1550
– грозового імпульсу (зрізаного)	–	–	–	2415
Робочий тиск елегазу при температурі 20 °С, МПа	0,35 ± 0,01	0,4 ± 0,01	0,4 ± 0,01	0,4 ± 0,01
Маса, кг	550	650	1787	3620



а) трансформатор струму ТОГ 123 - II - II У1



б) трансформатор струму ТОГ 170 - II - I У1

Рисунок В.3 — Трансформатор струму типу ТОГ

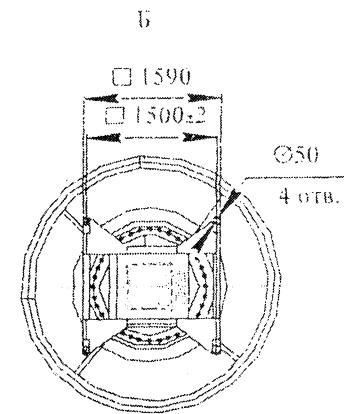
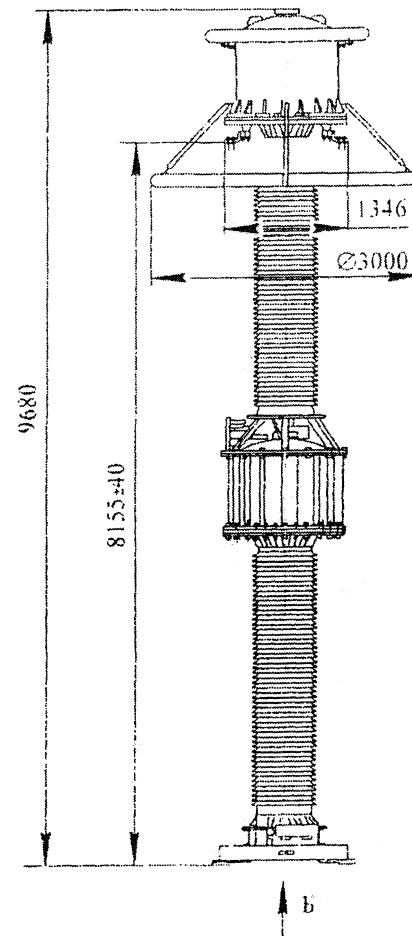
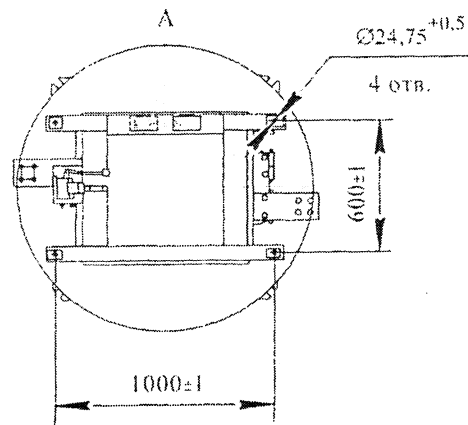
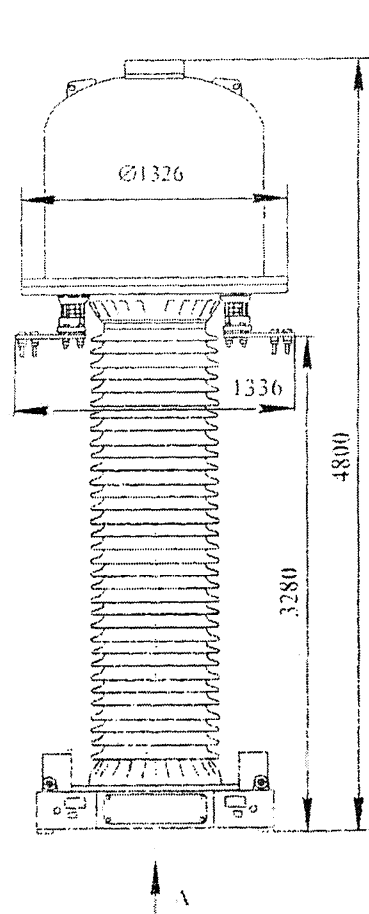


Рисунок В.3 — Лист 2

## В.5 Особливості конструкції та експлуатації ТС ЗЭТО типу ТОГФ-110ІІ з елегазовою ізоляцією

### В.5.1 Призначення

ТС типу ТОГФ-110 ІІ призначений для передачі сигналу вимірювальної інформації вимірювальним приладам і пристроям захисту і управління у відкритих розподільних пристроях змінного струму частоти 50 Гц на номінальну напругу 110 кВ.

Основні параметри трансформаторів струму ЗЭТО типу ТОГФ-110 П з елегазовою ізоляцією наведено у таблиці В.6 габаритні та установочні розміри цих трансформаторів — на рисунку В.4.

Таблиця В.6 — Основні параметри трансформаторів струму ЗЭТО типу ТОГФ-110 П

Параметр	Значення
Номінальна напруга, кВ	110
Найбільша робоча напруга, кВ	126
Випробувальна напруга промислової частоти <sup>*)</sup> , кВ	230
Випробувальна напруга повного грозового імпульсу <sup>*)</sup> , кВ	450
Номінальна частота, Гц	50; 60
Ряди номінальних первинних струмів $I_{\text{НОМ}}$ , А <sup>**) :</sup> – трансформатор струму з коефіцієнтом трансформації 1:2:4	50–100–200; 75–150–300; 100–200–400; 150–300–600; 200–400–800; 300–600–1200; 400–800–1600; 500–1000–2000; 750–1500–3000
– трансформатор струму з одним коефіцієнтом трансформації	800; 1000; 1200; 1500; 2000; 3000; 4000
Номінальний вторинний струм (варіанти виконання) $I_2$ , А	1 та 5
Кількість вторинних обмоток, в тому числі: – для вимірів; – для захисту	1; 2 3; 4; 5
Класи точності вторинних обмоток для вимірів <sup>**) :</sup>	0,2S; 0,5S; 0,2; 0,5
Класи точності вторинних обмоток для захисту <sup>**) :</sup>	5P; 10P
Номінальне вторинне навантаження вторинних обмоток ( $\cos \varphi_2 = 0,8$ <sup>**) :</sup> В·А: – для вимірів; – для захисту	3; 5; 10; 15; 20; 30 20; 30; 50; 60
Номінальна гранична кратність вторинних обмоток для захисту $K_{\text{НОМ}}$ <sup>**) :</sup>	20; 30; 40
Номінальний коефіцієнт безпеки приладів вторинної обмотки для вимірів та обліку <sup>*)</sup>	5; 10; 15
Параметри струму КЗ для найменшого номінального струму: – найбільший пік, кА; – односекундний струм термічної стійкості, кА; – трисекундний струм термічної стійкості, кА;	80 31,5 18,2
для інших номінальних первинних струмів: – найбільший пік, кА; – односекундний струм термічної стійкості, кА; – трисекундний струм термічної стійкості, кА	102 40 23
Витік газу в рік, % від маси газу, не більше ніж	0,5
Строк служби трансформатора струму, років	40
<sup>*)</sup> Випробувальна напруга промислової частоти і напруга повного грозового імпульсу дані для ТС в сухому стані і заповненого ізолюючим газом до тиску аварійної сигналізації. <sup>**) :</sup> Ряд номінальних параметрів, вказаний у паспорті на конкретний ТС (може відрізнятись від вказаного в таблиці).	

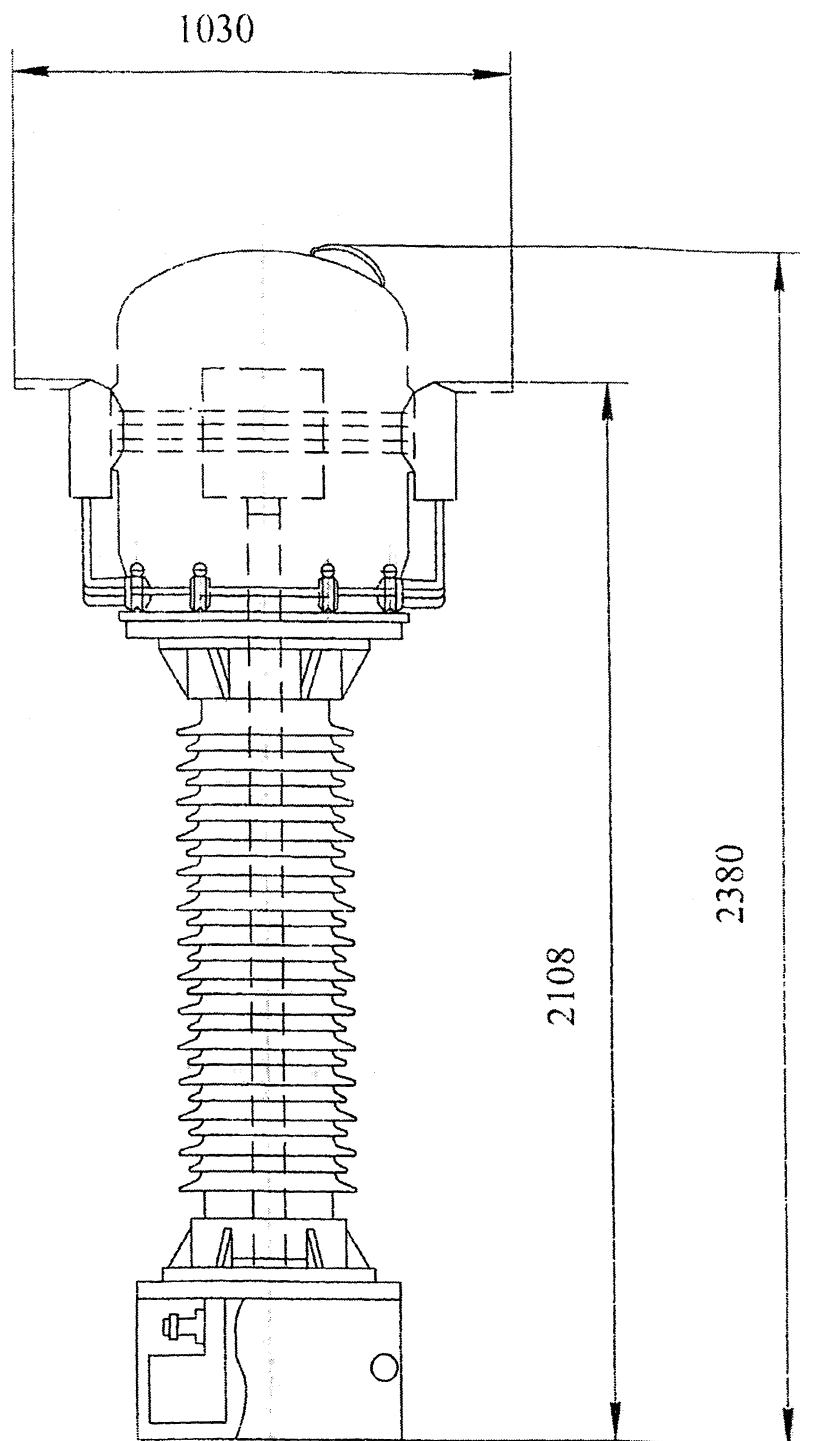


Рисунок В.4 — Трансформатор струму ЗЭТО типу ТОГФ-110П

## В.6 Особливості конструкції та експлуатації трансформаторів струму ЕНЕРГОМАШ типу ТРГ-110

### В.6.1 Призначення

ТС призначений для передачі сигналу вимірювальної інформації вимірювальним приладам і пристроям захисту та управління в установках змінного струму частоти 50 Гц або 60 Гц з номінальною напругою 110 кВ.

Трансформатор призначений для експлуатації у відкритих і в закритих розподільних пристроях в діапазоні температур від 55 °С до мінус 60 °С, невибухонебезпечним навколишнім середовищем, яке не містить агресивних газів і пари в концентраціях, що руйнують метали і ізоляцію.

### В.6.2 Особливості конструкції

ТС є конструкцією, у верхній частині якої розташований металевий корпус, закріплений на опорному ізоляторі. Ізолятор, в свою чергу, закріплений на основі, в якій знаходиться коробка виводів вторинних обмоток. В металевому корпусі закріплена первинна обмотка і її виводи, всередині корпусу розміщуються вторинні обмотки. Внутрішні порожнини корпусу та ізолятора заповнені ізолюючим газом. Конструкція первинної обмотки дозволяє отримати різні коефіцієнти трансформації при зміні кількості витків шляхом послідовно-паралельного з'єднання секцій первинної обмотки. Вторинні обмотки поміщені в електростатичні екрани, з метою вирівнювання внутрішнього електричного поля.

Магнітопровід вторинної обмотки для вимірювання виготовлений з нанокристалічного сплаву, магнітопровід вторинної обмотки для захисту виготовлений з холоднокатаної анізотропної електротехнічної сталі. В якості головної ізоляції застосований інертний негорючий елегаз (шестифториста сірка SF<sub>6</sub>). Контроль тиску газу проводять за допомогою сигналізатора, що має температурну компенсацію. Сигналізатор оснащений двома парами контактів, що дозволяє отримувати сигнал при двох значеннях тиску газу і дистанційно здійснювати контроль тиску газу. У верхній частині ТС розташований вибухозахисний пристрій (мембрана), що виключає пошкодження трансформатора струму навіть при короткому внутрішньому замиканні.

У всіх ущільнювальних з'єднаннях застосовані здвосні ущільнення зі спеціального полімерного матеріалу, який на відміну від гуми нечутливий до впливу низьких температур і практично не схильний до старіння. Підвищена надійність вузла ущільнення вторинних кіл (епоксидний клеммник), в якому використовується багаторівневе лабіринтове ущільнення. Алюмінієвий корпус — газощільний. Все це забезпечує низький нормований рівень витоків ізолюючого газу (в рік менше ніж 0,5 % від загальної маси).

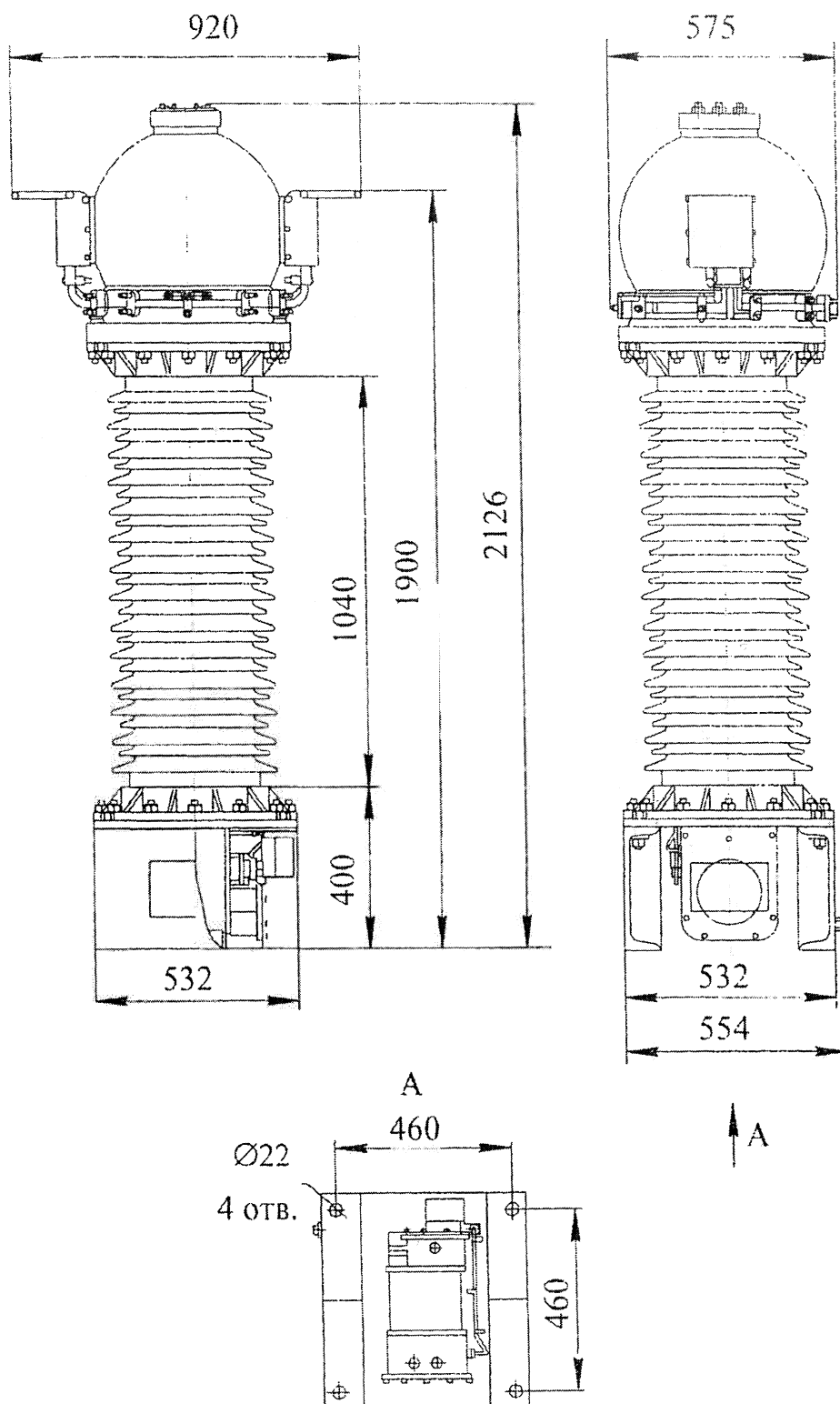
### В.6.3 Особливості експлуатації

Відсутність внутрішньої твердої ізоляції виключає виникнення часткових розрядів, дозволяє не проводити періодичні перевірки і випробування ізоляції, а також знижує до мінімуму ймовірність внутрішнього пробою ізоляції. Застосування газової ізоляції, комплектуючих з великим терміном служби, а також низький рівень витоків газу, зводить до мінімуму регламентні роботи. Міжповітроочний інтервал — 10 років.

Основні параметри трансформаторів струму Енергомаш ТРГ-110 наведено у таблиці В.7, габаритні та установочні розміри цих трансформаторів — на рисунку В.5.

Таблиця В.7 — Основні параметри трансформаторів

Найменування параметра	Значення
Номинальна напруга, кВ	110
Найбільша робоча напруга, кВ	126
Напруга промислової частоти, витримувана трансформатором при тиску ізолюючого газу, рівному атмосферному, кВ	80
Номинальна частота, Гц	50 або 60
Номинальний первинний струм, з кроком 5А, А	Від 5 до 3000
Номинальний вторинний струм, А	Від 1 до 5
Кількість вторинних обмоток	Від 1 до 8
Параметри струму короткого замикання:	
— найбільший пік, кА	102 <sup>*)</sup> (160)
— односекундний струм термічної стійкості, кА	40 <sup>*)</sup> (63)
Середня маса трансформатора:	
— з фарфоровим ізолятором, кг	510
— з полімерним ізолятором, кг	370
*) При включенні трансформатора струму на мінімальний коефіцієнт трансформації найбільший пік струму КЗ 80 кА, односекундний струм термічної стійкості 31,5 кА.	
Примітка. В дужках вказані значення для трансформатора струму з одним коефіцієнтом трансформації.	



Трансформатор струму ТРГ - 110

Рисунок В.5 — Трансформатор струму ЕНЕРГОМАШ типу ТРГ



ДОДАТОК Г  
(обов'язковий)

**ЕЛЕГАЗОВІ ТРАНСФОРМАТОРИ НАПРУГИ**

**Г.1 Особливості конструкції та експлуатації трансформатори напруги TRENCH типу SVS з елегазовою ізоляцією**

**Г.1.1 Особливості конструкції**

— спеціальна конструкція забезпечує стійку роботу при наявності в мережі ферорезонансних явищ;

— стійкість до впливу зовнішніх магнітних полів;

— стабільність точнісних характеристик протягом тривалого часу;

— стійкість при протіканні струмів КЗ;

— конструкція забезпечує стабільність характеристик в установленому режимі і при перехідних процесах.

Основні параметри та розміри трансформаторів типу SVS з елегазовою ізоляцією наведено у таблицях Г.1, Г.2, габаритні та установочні розміри цих трансформаторів наведено на рисунку Г.1.

**Таблиця Г.1 — Основні параметри трансформаторів**

Найменування параметра	Значення параметра	
	Номінальна напруга, кВ	
	110	110
Максимальна напруга, кВ	123	362
Випробувальна напруга 50/60 Гц, 1 хв в сухому/мокрому стані, кВ	230	575
Імпульсна випробувальна напруга 1,2/50 мсек, кВ	550	1300
Комутаційна випробувальна напруга, кВ	—	1050/1175
Висота полімерного ізолятора, мм	1216	3728
Довжина шляху витоку, мм	2880	10155

**Таблиця Г.2 — Основні розміри трансформаторів**

Номінальна напруга, кВ	Маса, кг	Розміри, мм		
		$h_1$	$h_2$	D
123	330	2150	2075	450
362	1600	5440	5350	900
<b>Примітка.</b> Розміри $h_1$ , $h_2$ , D згідно з рис. Г.1.				

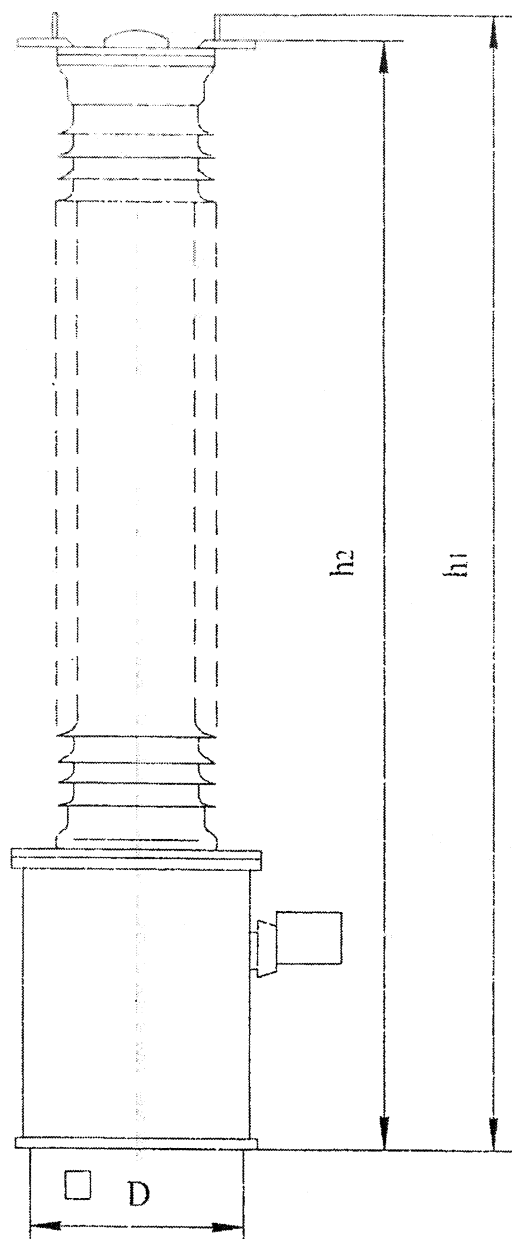


Рисунок Г.1 — Трансформатор напруги TRENCH типу SVS

## Г.2 Трансформатори напруги ЗЗВА типу НОГ з елегазовою ізоляцією

### Г.2.1 Призначення

ТН призначені для застосування в електричних колах змінного струму частотою 50 або 60 Гц, з метою передавання сигналу вимірювальної інформації приладам вимірювання, захисту, автоматики, сигналізації і управління.

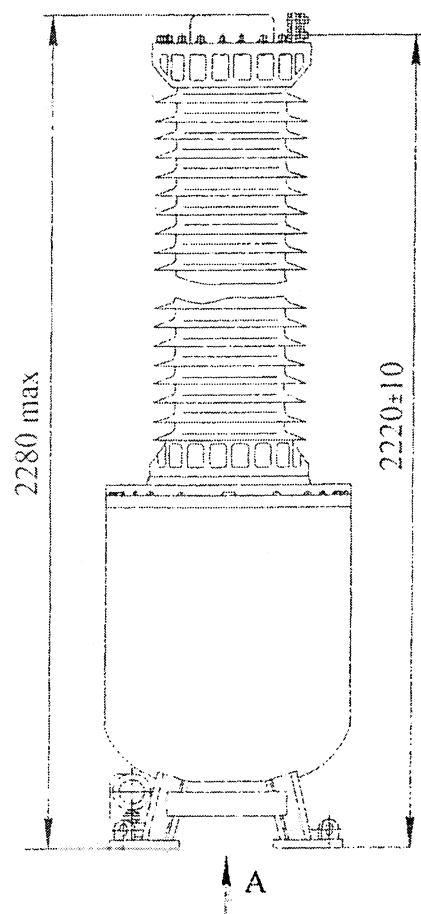
### Г.2.2 Обслуговування

Трансформатори мають стабільні характеристики ізоляції протягом усього терміну служби і не вимагають середніх і капітальних ремонтів з сушінням або заміною ізоляції. Трансформатори вибухо-, пожежобезпечні: не руйнуються металоконструкції і не виникає пожежа при КЗ. Контроль тиску елегазу здійснюють як по приладах контролю, так і з пульту управління з сигналізацією верхнього та нижнього рівня елегазу.

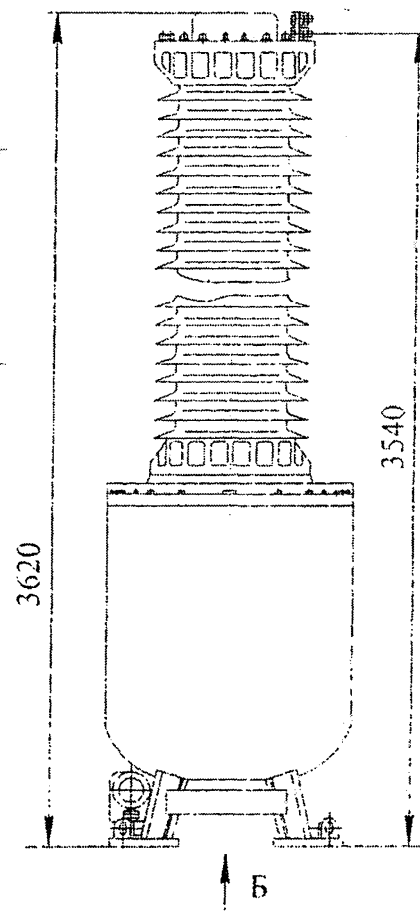
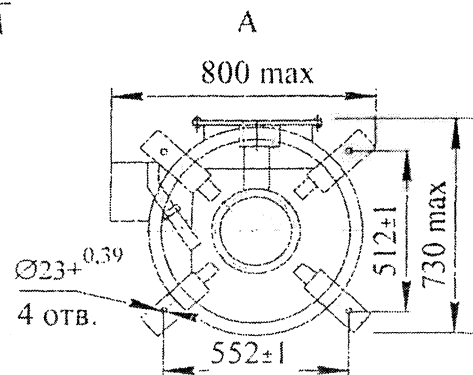
Основні параметри трансформаторів типу НОГ з елегазовою ізоляцією наведено у таблиці Г.1, габаритні та установочні розміри цих трансформаторів — на рисунках Г.1 (а, б).

Таблиця Г.1 — Основні параметри трансформаторів

Найменування параметра	Значення параметра	
	НОГ-123 III Y1	НОГ-220 III Y1
Номинальна напруга обмотки, В: – первинної; – вторинної основної; – вторинної додаткової	110000:√3 100:√3 100	220000:√3 100:√3 100
Кількість вторинних обмоток – основна – додаткова	1 1	1 1
Номинальна потужність додаткової вторинної обмотки, В·А (для класу точності 3Р)	1200	1200
Гранична потужність трансформатора, В·А	2500	2500
Довжина шляху витoku, см	2,25	2,25
Випробувальна напруга, кВ: – однохвилинна; – грозового імпульсу повного – грозового імпульсу зрізаного	230 480 550	440 950 1100
Режим нейтралі мережі	Ефективно заземлена	Ефективно заземлена
Робочий тиск елегазу (надлишковий), МПа	0,35 ± 0,01	0,4 ± 0,01
Маса трансформатора, кг, не більше ніж	410	770



а) трансформатор напруги НОГ - 123 II IYI



б) трансформатор напруги НОГ - 220 II IYI

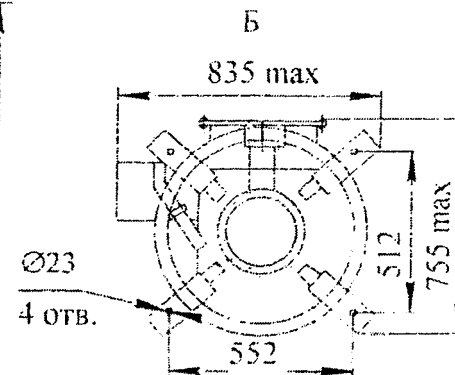


Рисунок Г.1 — Трансформатори напруги типу НОГ

ДОДАТОК Д  
(довідковий)

**БІБЛІОГРАФІЯ**

- 1 «Правила застосування та випробування засобів захисту, які використовуються в електроустановках».
- 2 ПУЕ-2009 Правила експлуатації електроустановок.

---

УКНД 17.220.20  
УДК 621.314.22.08

**Ключеві слова:** вимірювальні трансформатори струму і напруги, експлуатація вимірювальних трансформаторів, ємнісний трансформатор напруги, номінальне значення параметра, номінальний коефіцієнт безпеки приладів, заземлюючі трансформатори напруги, клас точності трансформатора струму (напруги).

---