Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет енергетики, робототехніки та комп'ютерних технологій
Кафедра електропостачання та енергетичного менеджменту

ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ І ПІДСТАНЦІЇ

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи «Вивчення будови та принципів вибору підстанційних ізоляторів»
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання
зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Харків
2024

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет енергетики, робототехніки та комп'ютерних технологій
Кафедра електропостачання та енергетичного менеджменту

ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ І ПІДСТАНЦІЇ

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи «Вивчення будови та принципів вибору підстанційних ізоляторів» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Затверджено рішенням
науково-методичної ради
факультету енергетики,
робототехніки та комп'ютерних
технологій
Протокол № 5
від 29 лютого 2024 року

Харків
2024

УДК 621.31
С 31

Схвалено на засіданні кафедри
електропостачання та енергетичного менеджменту
Протокол №8 від 20.02.2024 р.

Рецензенти:
С. О. Тимчук, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ДБТУ;
Ю. М. Хандола, канд. техн. наук, зав. кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ.

С 31 Електричні станції і підстанції: метод. вказівки до виконання лабораторної роботи «Вивчення будови та принципів ви-бору підстанційних ізоляторів» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навч. зі спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Держ. біотехнол. ун-т; авт.-уклад.: О. А. Савченко, С. А. Попадченко – Харків: [б. в.], 2024. – 16 с.

Методичні вказівки розроблено відповідно до програми навчальної дисципліни. Видання включає теоретичну частину, алгоритм виконання лабораторної роботи, контрольні запитання та перелік рекомендованої літератури.

Видання призначена для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

УДК 621.31

Відповідальний за випуск: О. О. Мірошник, д-р техн. наук

© Савченко О. А., Попадченко С. А., 2024
© ДБТУ, 2024

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

ВИВЧЕННЯ БУДОВИ ТА ПРИНЦИПІВ ВИБОРУ ПІДСТАНЦІЙНИХ ІЗОЛЯТОРІВ

Мета: Вивчення будови та принцип вибору ізоляторів.

Порядок виконання роботи:
1. Вивчення будови прохідних, підвісних і опорних ізоляторів.

2. Провести вибір опорних ізоляторів

Теоретичні дані.

Ізоляторами називають електротехнічний виріб, який призначений для ізоляції різнопотенціальних частин електроустановки, тобто для запобігання протікання електричного струму між цими частинами електроустановки та для механічного кріплення струмоведучих частин.

Виготовляють ізолятори з електротехнічного фарфору, загартованого електротехнічного скла та полімерних матеріалів (кремній органічна резина, стекло пластик, фторопласт).

Основні механічні характеристики ізоляторів є три наступні характеристики:

- мінімальна руйнівна сила на розтяжіння, яка має перевагу для підвісних ізоляторів;
- мінімальна руйнівна сила на згин, яка має перевагу для опорних та прохідних ізоляторів;
- мінімальна руйнівна сила на стискання, яка для більшості ізоляторів має другорядне значення.

Вимірюють мінімальну руйнівну силу в дека ньютонах (даН), що майже співпадає з кілограмом сили, або в кілоньютонах (кН).

Основні характеристики ізоляторів є розрядна напруга, геометричні параметри, механічні характеристики та номінальна напруга електроустановки для якої призначений ізолятор.

До розрядної напруги ізолятора відноситься три напруги перекриття та одна пробійна напруга:

- сухорозрядна напруга $U_{схр}$ – напруга перекриття чистого сухого ізолятора при напрузі частотою 50 гЦ (ефективне значення напруги);
- мокророзрядна напруга $U_{мкр}$ – напруга перекриття чистого ізолятора, змоченого дощем, що падає під кутом 45^0 до вертикалі, при напрузі частотою 50 гЦ (ефективне значення напруги);

- імпульсна розрядна напруга $U_{імп}$ – пятидесятипроцентна напруга перекриття стандартними грозовими імпульсами (амплітуда імпульсу при якій з десяти поданих на ізолятор імпульсів п’ять закінчуються перекриттям, а п’ять що залишилися не приводять до перекриття);

- пробивна напруга $U_{пр}$ – пробивна напруга ізоляційного тіла на частоті 50 гЦ

За розташуванням струмоведучих частин розрізняють опорні, прохідні та підвісні ізолятори.

По конструктивному виконанню ізолятори діляться на тарілчасті (ізоляційна частина у формі тарілки), стрижневі (ізоляційна частина у вигляді стрижня або циліндра) і штиреві (ізолятор має металевий штир, який несе основне механічне навантаження).

Підвісні ізолятори

Підвісні ізолятори служать для кріплення та ізоляції проводів повітряних ліній електропередачі або гнучких шин підстанцій. На рисунку 1 – рисунку 3 представлені підвісні ізолятори.

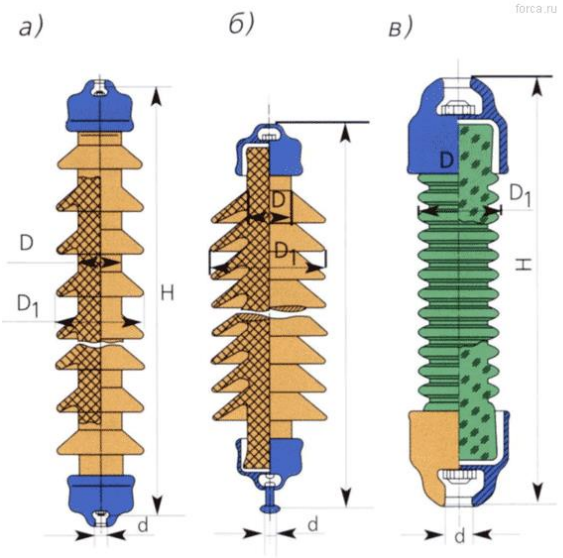

Рисунок 1 – Підвісні довгостержневі ізолятори: а і б - фарфорові; в - скляний

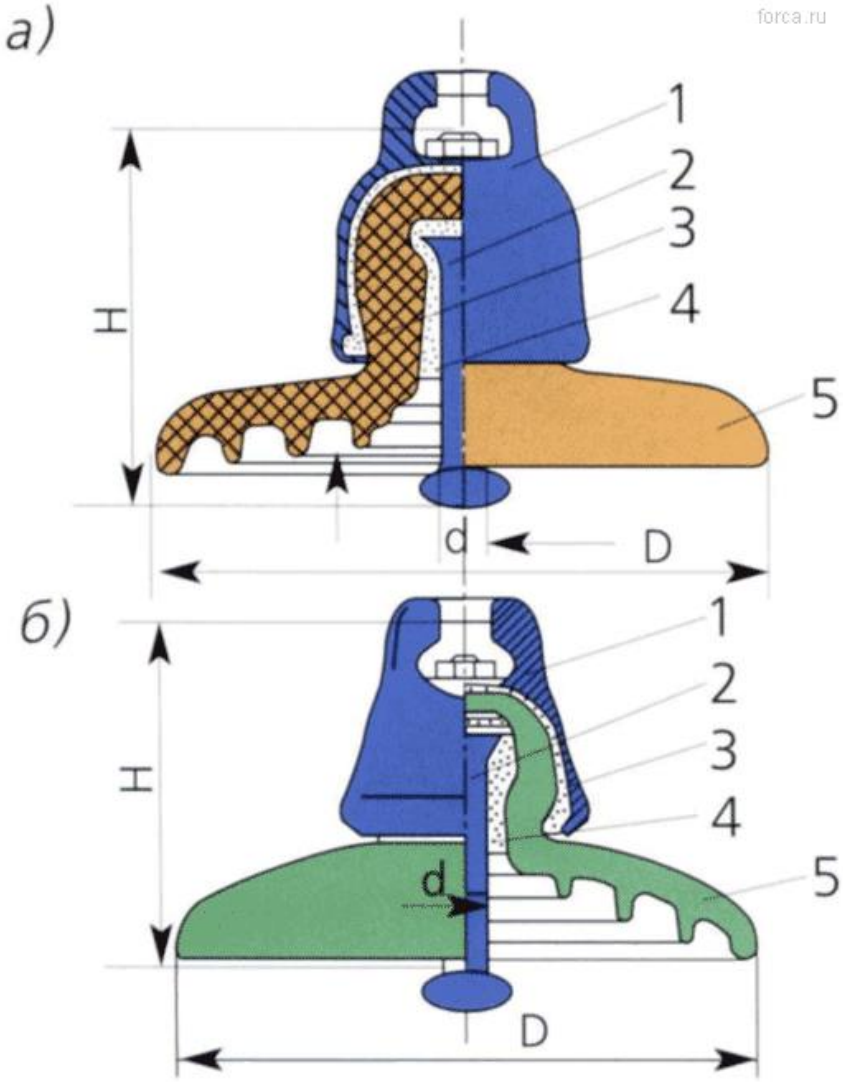

Рисунок 2 – Підвісні ізолятори: а - фарфоровий ПФ; б - скляний ПС;
1 - шапка; 2 -пестик; 3 - єднальна мастика; 4 - спеціальний сплав;
5 - тарілчастий елемент.

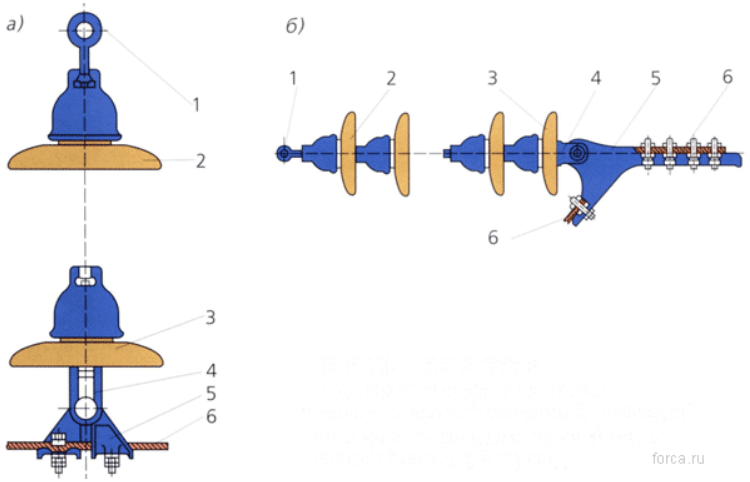

Рисунок 3 - Гірлянди ізоляторів: а - підтримуюча; б - натяжна
(1 - сережка; 2-перший ізолятор; 3 - останній ізолятор;
4 - вушко дволапчате; 5 – сідло (натяжний зажим); 6 – провід)

Опорні ізолятори

Опорні ізолятори слугують для ізоляції та жорсткого кріплення струмопровідних частин електричного пристрою або його частини від землі або інших частин електроустановки, що знаходяться під різними напругами. Також опорні ізолятори використовуються при виробництві різного електротехнічного обладнання: роз'єднувачів, запобіжників і т.д. На рисунку 4 – рисунку 6 представлені опорні ізолятори.

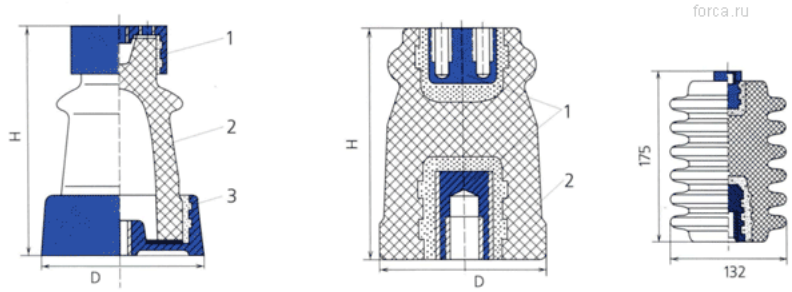

Рисунок 4 – Опорні фарфорові ізолятори серії ОФ:
1 - ковпачок та арматура; 2 - фарфоровий корпус; 3 - фланець

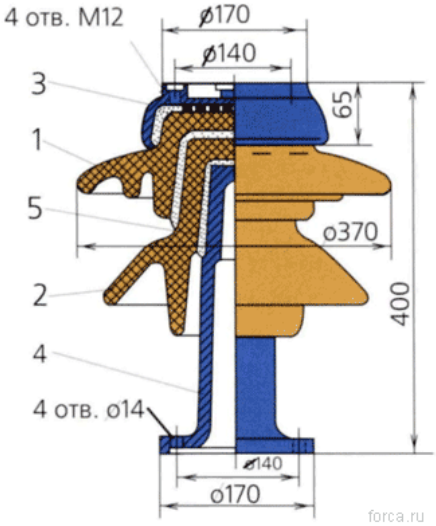

Рисунок 5 – Опорно-штирьовий ізолятор ОНШ:
1 і 2 - фарфорові елементи; 3 - ковпачок; 4 - штир;
5 - єднальна мастика

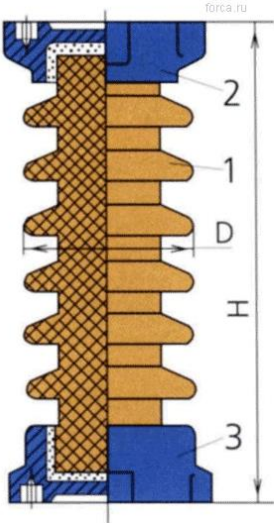

Рисунок 6 – Опорно-стрижневий ізолятор ОНБ:
1 - фарфоровий стрижень; 2 і 3 - фланці

Опорні ізолятори розрізняють по напрузі, механічній стійкості (руйнівне зусилля на згин), кліматичним виконанням і категорією розташування.

Опорні ізолятори:

ИО-10-75
ИО-20-210
ИО-20-190
ИО-35-320
ИО-35-380
ИОЗП-10-1250
ИОЗП-10-1600
ИО-10-3750У3
ИО-10-7500 УХЛ

В позначеннях опорних ізоляторів ИО-10-375-IУЗ, ИОР-10-375-IУ2 букви та цифри визначають:

И – ізолятор;

О – опорний;

Р – ребристий;

6 або 10 кВ – номінальна напруга, кВ;

375, 750, 2000, 3000 – руйнівне зусилля на згин, Н;

I, II або III – виконання конструкції (в залежності від кількості болтів що кріплять шини і ізолятор);

У, ХЛ і Т – кліматичне виконання (У – для помірного, ХЛ – холодного, Т – вологого тропічного клімату);

1 - 5 – категорія розташування (1 – для роботи на відкритому повітрі, 2-5 – в закритих приміщеннях).

Наприклад, опорний ізолятор з руйнівним зусиллям 375 Н, на номінальну напругу 10 кВ, виконання I (по одному болту кріплення), для помірного клімату та розташуванні в закритому приміщенні позначають ИО-10-375-IУЗ.

На рисунку 7 представлений опорний лінійний стрижневий кремнійорганічний ізолятор.

Кремнійорганічні ізолятори на 10 кВ

ОСК4-10-2 (ступінь забруднення 2) $F_{руйн}$=4 кН
ОСК4-10-4 (ступінь забруднення 4) $F_{руйн}$=4 кН
ОСК6-10-2 (ступінь забруднення 2) $F_{руйн}$ =6 кН
ОСК12,5-10-4 (ступінь забруднення 4) $F_{руйн}$=2,5 кН

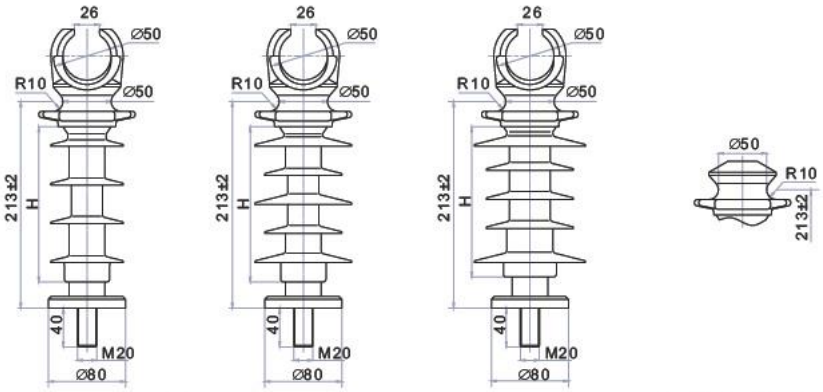

Рисунок 7 – Опорні лінійні стрижневі кремнійорганічні ізолятори ОЛСК

Прохідні ізолятори

Прохідні ізолятори необхідні для забезпечення проходу струмоведучих частин крізь різні перегородки електроустановки та їх ізоляції від землі або інших частин електроустановки, що знаходяться під різними напругами або заземлені. Ізолятори також застосовуються при спорудженні розподільних пристроїв підстанцій (у тому числі КТП), виготовленні трансформаторних вводів, комплектних розподільних пристроїв і т. д. На рисунку 8 представлено прохідний ізолятор.

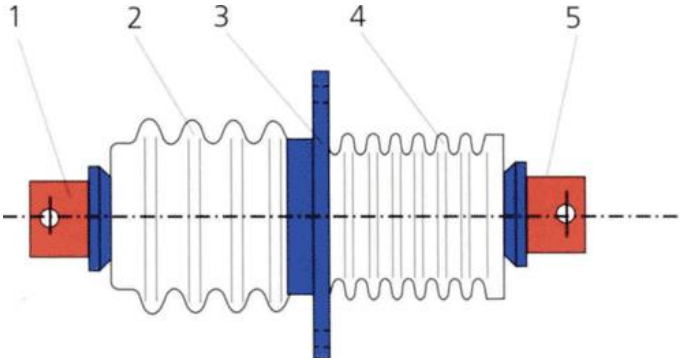

Рисунок 8 – Прохідний ізолятор ІП:1 і 5 - контактні виводи;
2 і 4 - фарфорові втулки; 3 – фланець

Прохідні ізолятори складаються з фарфорового корпуса, верхнього та нижнього ковпачків, чугунного фланця, мідної або алюмінієвої струмоведучої шини. Ковпачки і фланець скріплюють з фарфоровим корпусом цементуючою сумішшю або механічним способом. У чугунному фланці є отвори для

кріплення його до стіни, металевим конструкціям або плитам. Переріз струмоведучої шини вибирають в залежності від робочого струму.

Прохідний ізолятор (ПИ) розрізняють по номінальній напрузі (6 або 10 кВ), номінальному струмі (250, 400, 630, 1000 А і більше) і руйнівним зусиллям (375, 750 Н і більше), виконанню отворів у струмоведучій шині (I, II, III), кліматичному виконанні (У, ХЛ, Т), і категоріям розташування (1 - 5).

Полімерні ізолятори.

В конструкції полімерних ізоляторів використовують:

- силіконову суцільнолиту захисну оболонку;
- рівномірна опресовка стержня матрицями циліндричного профілю;
- висока надійність меж розділу;
- стальні окінцівки, які оцинковані гарячим методом.

На рисунку 9 представлений полімерний ізолятор.

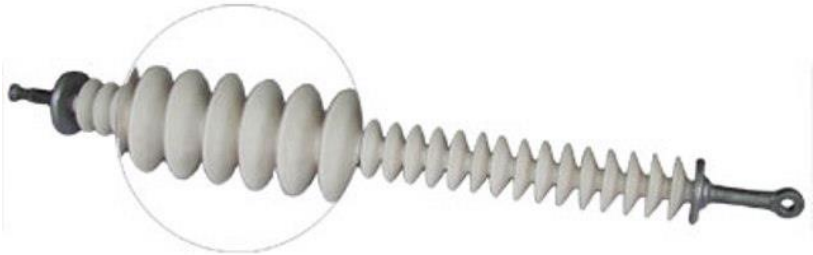

Рисунок 9 – Загальний вид полімерного ізолятора

В якості захисної оболонки ізолятора використовується силікон. Силікон це високо надійний полімерний матеріал, який забезпечує поверхневу електричну стійкість ізолятора та захист стекло пластиковий стержень від факторів навколишнього середовища. На рисунку 10 зображена взаємодія вологи з поверхнею ізолятора.

Рисунок 10 – Взаємодія вологи з поверхнею полімерного ізолятора

Гідрофобність силікону дає можливість застосовувати ізолятори навіть в сильно забруднених районах. Висока стійкість до ультрафіолетового випромінювання, вологи, жари, холоду обумовлює застосування силіконових ізоляторів у всіх кліматичних зонах.

Переваги полімерних ізоляторів:

1 незначна вага;

2 високі розрядні характеристики;

3 висока стійкість до вібрації та ударів;

4 незначні витрати при транспортуванні;

5 незначні витрати при монтажу;

6 низький рівень експлуатаційних витрат.

Вибір ізоляторів.

Всі ізолятори вибирають по напрузі, роду установки та допустимому механічному навантаженні. Прохідні ізолятори крім цього вибирають по номінальному струму. Ізолятори надійно працюють при напрузі яка перевищує їх номінальну: на 15 % - ізолятори до 35 кВ включно, на 10 % - ізолятори 110 кВ і 220 кВ.

Так як максимальна робоча напруга електричних установок перевищує їх номінальну напругу не більше чим на 5-10 %, то при виборі ізоляторів по напрузі достатньо виконання умови:

$$U_{н\ із} \geq U_{н\ уст},$$

де $U_{н\ із}$ номінальна напруга установки, кВ;

$U_{н\ уст}$ номінальна напруга установки, яка дорівнює номінальній напрузі мережі що живиться від даної установки, кВ.

Вибір по роду установки передбачає застосування ізоляторів для внутрішньої або зовнішньої установки.

Вибір ізоляторів по допустимому механічному навантаженні передбачає виконання наступної умови

$$F_{руйн} \geq 0{,}6\ F_{роз}$$

де $F_{роз}$ – найбільше розрахункове навантаження на ізолятор при трифазному струмі короткого замикання;

$F_{руйн}$ – руйнівне навантаження що визначається по каталогу;

0,6 – коефіцієнт запасу стійкості.

1). Найбільше розрахункове навантаження на опорний ізолятор

$$F_{роз} = 1{,}76 \cdot i_у^2 \cdot K_п\ l/a \cdot 10^{-2},\ Н$$

$K_п$ – уточнюючий коефіцієнт на висоту шини при розташуванні шини на ізоляторі «на ребро» (рисунок 11)

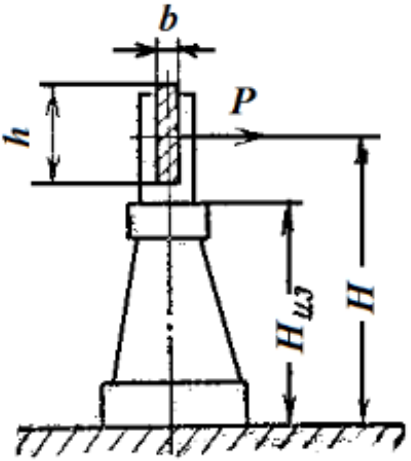

Рисунок 11 – Розташування шини на ізоляторі

$K_п = H/H_{із}$; $H_{із}$ – висота опорного ізолятора; $H = H_{із} + b + h/2$.

При розташуванні шин на ізоляторі плашмя $K_п = 1$

2). Найбільше розрахункове навантаження на прохідний ізолятор

$$F_{роз} = 0{,}88 \cdot i_у^2\ l/a \cdot 10^{-2},\ Н$$

Приклад. Вибрати ізолятор для кріплення шин в комплектному розподільному пристрою; напругою 6 кВ, якщо відстань між сусідніми шинами ***a*** = 300 мм, відстань між ізоляторами ***l*** = 1200 мм (рисунок 12). Ударний струм короткого замикання $\acute{i}_y$ = 25 кА

Рішення. По технічним характеристикам вибираємо ізолятори ОФ-6-375 У3 для роботи в приміщенні. Умовні позначення ізолятора:

О – опорний;
Ф – фарфоровий;
6 – клас напруги, 6 кВ;
375 – мінімальне руйнівне зусилля на згин;
У3 – кліматичне виконання для роботи в приміщенні.

Вибраний ізолятор перевіряємо на допустиме механічне навантаження.

$F_{роз} = 1{,}76 \cdot \acute{i}_y^2 \cdot K_п\, l/a \cdot 10^{-2} = 1{,}76 \cdot 25^2 \cdot 1 \cdot 1200/300 \cdot 10^{-2} = 44$ Н

Мінімальне руйнівне зусилля на згин $F_{руйн}$=375 Н

Умова $0{,}6\, F_{руйн} = 0{,}6 \cdot 375 \geq F_{роз} = 44$, тобто $0{,}6\, F_{руйн} = 225 \geq F_{роз} = 44$ виконується.

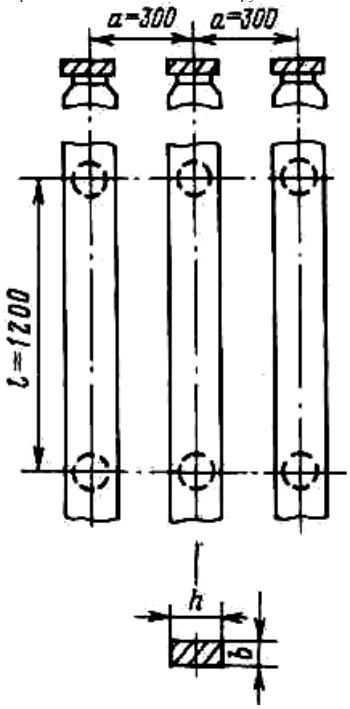

Рисунок 12 – Схема розташування шин на опорних ізоляторах

Варіанти для розрахунку завдання по вибору ізолятора для кріплення шин

Номер варіанта	*U* кВ	***a*** мм	***l*** мм	i_y кА	Розташування шин на ізоляторі
1	6	300	1100	24	плашмя
2	10	400	1200	25	плашмя
3	10	350	1200	25	плашмя
4	6	250	1100	25	плашмя
5	6	300	1200	23	плашмя
6	10	250	1200	27	плашмя
7	10	400	1100	26	плашмя

Запитання для контролю

1. Привести класифікацію ізоляторів.
2. Назвати основні групи параметрів ізоляторів та окремі їх характеристики.
3. Описати конструктивні особливості окремих ізоляторів КРУН.
4. Дати характеристику геометричних параметрів ізоляторів.
5. Назвати типи ізоляторів, які застосовуються в розподільних пристроях електричних станцій та підстанцій.
6. Пояснити особливість будови опорно-стрижневих ізоляторів.
7. Де використовують опорно-стрижневі ізолятори, їх будова та недоліки.
8. Особливість конструкції прохідних ізоляторів для внутрішньої та зовнішньої установок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Василега П. О. Електропостачання: Навчальний посібник. / П. О. Василега – Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. – 415 с.

2. Коломиец Н. В. Электрическая часть электростанций и подстанций: учебное пособие / Н.В. Коломиец, Н.Р. Пономарчук, В.В. Шестакова – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 143 с.

3. Васильев А. А. Электрическая часть станций и подстанций: Учеб. Для вузов / А. А. Васильев, И. П. Крючков, Е. Ф. Наяшков и др.; Под ред. А. А. Васильева. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 575 с.

4. Неклепаев Б. Н. Электрическая часть станций и подстанций / Неклепаев Б.Н.. Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 156 с.

5. ВИЕГ 674512.001 РЭ. Комплектные распределительные устройства напряжением 6(10) кВ «Классика» серии D-12P. Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://www.tavrida.com/ter/support/documents/3/

Навчальне видання

ЕЛЕКТРИЧНІ СТАНЦІЇ І ПІДСТАНЦІЇ

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи «Вивчення будови та принципів вибору підстанційних ізоляторів»

Автори-укладачі:
САВЧЕНКО Олександр Анатолійович
ПОПАДЧЕНКО Світлана Анатоліївна

Формат 60×84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.
Ум. друк. арк. 0,6. Наклад 100 пр.
Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44