



**Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет енергетики, робототехніки та
комп'ютерних технологій
Кафедра електропостачання та
енергетичного менеджменту**

ЗАХИСТ ВІД ПЕРЕНАПРУГ

**Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи
«Вивчення вентиляльних розрядників»
для здобувачів другого (магістерського) 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

ЗАХИСТ ВІД ПЕРЕНАПРУГ

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи
«Вивчення вентильних розрядників»
для здобувачів другого (магістерського) 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 № 4
від 29 січня 2024 року

Харків
2024

УДК 621.31

С 31

Схвалено на засіданні кафедри
електропостачання та енергетичного менеджменту
Протокол № 7 від 26. 01. 2024 р.

Рецензенти:

Н. Г. Косуліна, докт. техн. наук, проф. кафедри
електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та
електротехніки ДБТУ;

Ю .М. Хондола, канд. техн. наук, зав. кафедри електромеханіки,
робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ.

С 31 Захист від перенапруг: метод. вказівки до виконання
лабораторної роботи «Вивчення вентильних розрядників»
для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
денної форми навч. зі спец. 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка» / Держ. біотехнол. ун-т; авт.-
уклад.: С. А. Попадченко, М. С. Мотайло – Харків: [б. в.], 2024. –
36 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 другого
(магістерського) 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

© Попадченко С. А., Мотайло М. С., 2024

© ДБТУ, 2024

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

ВИВЧЕННЯ ВЕНТИЛЬНИХ РОЗРЯДНИКІВ

I. МЕТА РОБОТИ:

1. Вивчення конструкції вентильних розрядників.
2. Набуття навичок вибору вентильних розрядників.

II. ЗВІТ ПО РОБОТІ ПОВИНЕН МАТИ:

1. Мету роботи.
2. Загальний вид вентильного розрядника.
3. Вольт-амперні характеристики вентильних розрядників.
4. Вибір вентильних розрядників за варіантом таблиці 5.
5. Висновки по роботі.

III. ПОЯСНЕННЯ ДО РОБОТИ

1.1. Загальні відомості про вентильні розрядники.

Розрядники є захисними апаратами. Вони призначені для захисту ізоляції електроустаткування від перенапруг. У розподільних пристроях електроустановок використовуються вентильні розрядники, на лініях електропередачі — трубчасті.

Розрядники служать для захисту від комутаційних, резонансних і атмосферних перенапруг.

Комутаційні перенапруги виникають при нормальних оперативних включеннях і відключеннях, а також при аварійних замиканнях фази на землю, коротких замиканнях, обривах проводів.

Захист від атмосферних перенапруг використовується для повітряних ліній електропередачі і розподільних пристроїв.

Розподільні пристрої захищають від прямих ударів блискавки і хвиль атмосферних перенапруг, що набігають по лініях електропередачі.

Захист від прямих ударів блискавки здійснюється за допомогою стрижньових блискавковідводів (або сіток).

Захисна дія такого блискавковідводу характеризується простором навколо нього, яке не вражається грозовими розрядами і називається зоною захисту.

При деякому піднесенні громовідводу над розташованими поблизу спорудами всі розряди блискавки потраплятимуть в нього, оскільки вони виникають по напрямку найбільших напруженностей поля між лідером (початковою частиною блискавки) і найвищими об'єктами.

В енергосистемах використовують розрядники РВС (стаціонарні вентиляні), РВВМ (для захисту електричних машин) і РВП (підстанційні). Розрядники РВС випускають для напруг від 3 до 220 кВ, РВП – для 3, 6, 10 кВ з полегшеною конструкцією.

Якщо замикання тривале, то АПВ на короткий проміжок часу відключає лінію і знову підключає її, якщо за момент цієї паузи замикання не самоусунулося, після повторного включення лінія вимикається зовсім.

Для успішного гасіння дуги супроводжуючого струму необхідна інтенсивна генерація газу, яка залежить від величини струму, що протікає.

Розрядники характеризуються нижньою і верхньою межами струмів, що відключаються.

Якщо струм буде нижче нижчої межі, то дуга не згасне і розрядник згорить, якщо струм буде вище верхньої межі, то розрядник розірве.

Тому в місці встановлення розрядника перевіряється струм короткого замикання, він повинен бути вищим за нижню межу і нижче верхньої межі.

Вентиляні розрядники складаються з іскрових проміжків, послідовно включених з робочим резистором, що має нелінійну вольт-амперну характеристику.

У деяких розрядниках паралельно іскровим проміжкам приєднують резери, що шунтують, для рівномірного розподілу напруги між ними.



Рисунок 1 - Зовнішній вигляд вентильних розрядників на КТП 10/0,4 кВ.

В умовних позначеннях розрядників букви означають:

Р — розрядник;

В — вентильний,

П — підстанційний (поляризований для розрядників постійного струму);

С — станційний;

М — з магнітним дуванням;

П або *О* — полегшеної (облегчённый) конструкції;

У — уніполярний;

К — для обмеження комутаційних перенапруг.

Цифри, що йдуть за літерами в позначенні, означають напруги розрядника.

Розрядники характеризуються низкою параметрів.

Клас напруги розрядника — номінальне значення напруги мережі, до роботи у якій розрядник призначений.

Найбільша допустима напруга розрядника - ефективне значення найбільшого гарантованого заводом-виробником напруги, у якому розрядник надійно гасить дугу.

Пробивна напруга розрядника — найбільша величина плавно наростаючої напруги в момент пробою розрядника.

Імпульсна пробивна напруга розрядника — найбільша величина імпульсної напруги в момент пробою розрядника при заданому значенні передрозрядного часу.

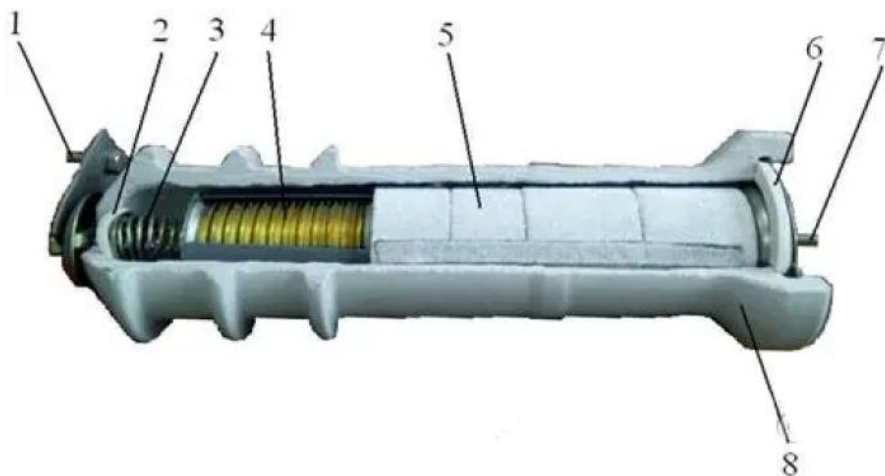


Рисунок 2 - РВП-10 в розрізі

- 1 — болт; приєднується до струмоведучих болтів;
- 2 — ущільнення для герметизації;
- 3 — спіральна пружина;
- 4 — багаторазові іскрові проміжки;
- 5 — повстяна прокладка;
- 6 — ущільнення для герметизації;

- 7 — шпилька, що кріпиться до заземлення;
- 8 — порцеляновий корпус.

Передрозрядний час — час від початку наростання імпульсної напруги до моменту пробою розрядника.

Номінальний розрядний струм розрядника — амплітудне значення імпульсного струму, що проходить через розрядник після його пробою.

Струм провідності розрядника, іскрові проміжки якого шунтовані резисторами — струм, що проходить через розрядник при додаванні до нього напруги постійного струму заданої величини.

У розрядників, які не мають шунтуючих резисторів, вимірюваний при цьому струм називається струмом витоку.

Вентильні розрядники змінного струму є основним засобом обмеження перенапруг і захисту від них.

Детальний опис принципу роботи:

У зв'язку з тим, що віліт змінює характеристики при зволоженні (а це може бути дощ, туман або сніг), резистор робочий герметично закривається від зовнішнього середовища.

Під час перенапруги багаторазовий іскровий проміжок пробивається, тому завдання робочого резистора полягає у зниженні значення супроводжуючого струму до величини, яка може бути успішно погашена іскровими проміжками.

Вентиль має особливу властивість - його вольтамперна характеристика нелінійна, і, відповідно, падає зі збільшенням значення сили струму.

Ця особливість дозволяє пропустити більший струм при меншому падінні напруги, завдяки цьому вентильні розрядники і отримали свою назву.

Серед усіх основних переваг вентильних розрядників також варто відзначити безшумність спрацьовування і відсутність викидів газу і полум'я.

Розрядник РВП-6 показано на рис. 3.

Він складається з багаторазових іскрових проміжків (4) і послідовно включених нелінійних вілітових резисторів (6), розміщених у порцеляновому корпусі (7) і стиснутих спіральною пружиною (9).

Блок багатократних іскрових проміжків (4) включає кілька послідовно з'єднаних одиничних іскрових проміжків, поміщених в ізолюючий циліндр (5).

Проміжок складається з двох фігурних латунних електродів, приклеєних до ізоляційної механітової або електрокартонної прокладки.

Нелінійний послідовний резистор набирається з віліту (віліт-запечена суміш карборунду з рідким склом), що володіють вентиляними властивостями, тобто опір карборунду змінюється в залежності від прикладеної до нього напруги: чим вище прикладена напруга, тим нижче її опір, і навпаки.

Кількість іскрових проміжків у блоці та вілітових дисків у колонці залежить від величини номінальної напруги розрядника.

Площини, якими стикаються диски, для кращого контакту металізують алюмінієм, а бічні поверхні вілітових дисків для запобігання шляху струму витоку покривають ізолюючою обмазкою. Для запобігання зміщення вілітових дисків ставляться фетрові або повстяні(войлочні) прокладки (10).

Тому розрядник герметизується ущільненням (2) з озоностійкої гуми і закривається зверху металевим ковпаком (11). До несучої конструкції розрядник приєднується хомутом (3), до струмоведучих дротів — болтом (12), а до заземлення — шпилькою (13).

Таким чином, розрядник ізолюється. У нормальному режимі роботи іскрові проміжки забезпечують ізоляцію між фазою та землею. Як тільки виникає перенапруга, небезпечна для ізоляції електроустановки, відбувається пробій іскрових проміжків, внаслідок чого мережа виявляється з'єднана із

землею через вілітові диски. У цей момент до вілітових дисків прикладається максимальна напруга, тому опір їх буде найменшим, а замикання на землю — найбільшим.

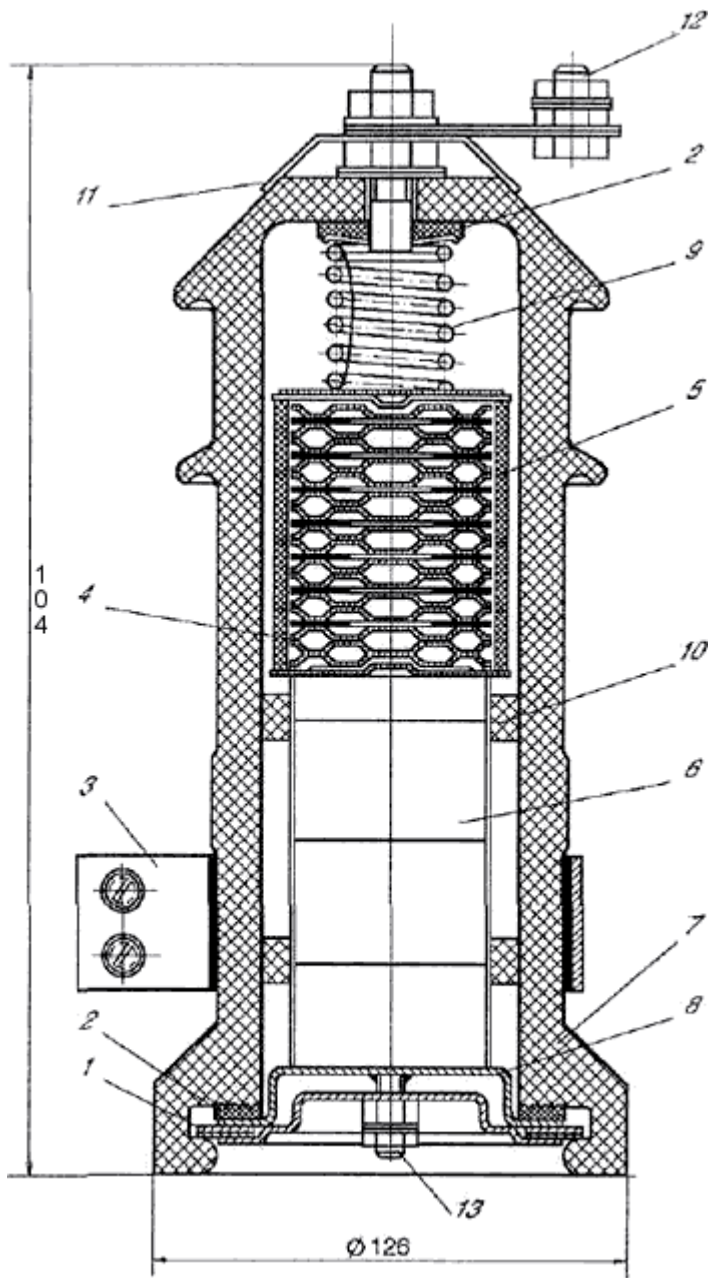


Рисунок 3 - Розрядник типу РВП-6

В результаті розряду на землю напруга в мережі знижується, а опір вілітових дисків зростає. Дуга змінного струму при проходженні через нуль гасне, а потім знову відновлюється.

Коли напруга, прикладена до розрядника, виявляється недостатньою для підтримки дуги на іскрових проміжках, при першому ж проходженні струму через нуль його протікання через розрядник припиняється. Модернізований розрядник РВП із зменшеним діаметром іскрових проміжків та вілітових дисків зі зменшеними габаритами та масою випускається під найменуванням РВО (розрядник вентиляний полегшеної конструкції).

Грозові перенапруги мають тривалість фронту імпульсу від 7 до 9 мкс із тривалістю імпульсу до 22 мкс, комутаційні – тривалість фронту імпульсу 30-100 мкс, з тривалістю імпульсу до 200 мкс.

Як видно, ці два види того самого явища мають різні характеристики, отже, на ізоляцію обладнання впливаю по-різному. Згідно з документами, що регламентують, всі електроустановки повинні мати захист від перенапруг.

У розподільних пристроях підстанцій для захисту високовольтного електрообладнання застосовують вентиляні розрядники. Назву вентиляних вони отримали за свою властивість бути «замкненими» при номінальних рівнях напруг, і «відкриватися» при перенарузі.

Таким чином, для захисту використовується їх здатність «відкриватися» і «закриватися» подібно до вентиля. Розрядники постійно знаходяться в роботі, вони жорстко приєднані до ошиновки устаткування, що захищається.

Перебуваючи постійно під номінальною напругою, ці пристрої мають нескінченно великий опір і струм витoku вимірюється в мА.

Якщо до розрядника прикласти більш високу напругу, яка може виникнути внаслідок попадання грози або увімкнення/вимкнення довгої холостої лінії, опір стає мізерно малим, і розрядник «відкривається».

При цьому він пропускає струм промислової частоти і імпульсний струм, що виник при перенарузі, в землю, вберігаючи обладнання, що захищається, від імпульсу високої напруги. Саме тому дуже важливо, щоб розрядник мав надійне заземлення і був встановлений якомога ближче до обладнання, що захищається. Це обумовлено зменшенням потенційної ділянки, куди могла б потрапити блискавка.

Розрядники повинні бути встановлені без будь-яких комутаційних апаратів. Це зумовлено тим, що зайві контактні з'єднання можуть порушити електричний зв'язок розрядника і обладнання, що захищається, і призвести до його пошкодження.

Типи вентильних розрядників.

Для всіх видів вентильних розрядників характерною особливістю є наявність іскрових проміжків у сукупності з робочими резисторами і резисторами, що шунтують. Все це поміщається у фарфорову сорочку і герметично закривається у фланцевих з'єднаннях за допомогою армувальних розчинів.

У процесі експлуатації армування повинне бути постійно покрито емаллю або вологостійкою фарбою. Іскрові проміжки виготовляються з міканітових шайб, їх кількість та співвідношення з опором робочого резистора визначається класом напруги розрядника.

Робочий резистор має нелінійний опір, тобто його електричний опір різко зменшується при піднятті напруги до пробивної. Як основний матеріал робочого опору застосовують вілітові диски (у деяких випадках - тервітові). Дані матеріали гігроскопічні; звідси і впливають жорсткі вимоги до герметичності порцелянової покришки та армувальних швів.

Вентильні розрядники типу РВП, РВО, РВС, РВЕ, РВН складаються з послідовно включених іскрових проміжків та робочого опору. Здатність таких розрядників гасити імпульсний струм розряду обмежена здатністю простих іскрових проміжків гасити дугу.

Тому їх застосовують тільки для захисту від грозових перенапруг, тривалість імпульсу яких менша, ніж у комутаційних.

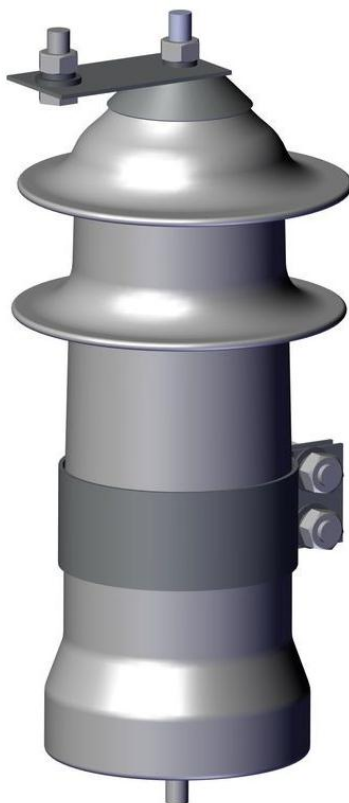


Рисунок 4 – Вентильні розрядники полегшені ти типу РВО - 3, 6, 10(У1, Т1)

Розрядники вентиляльні серії РВО призначені для захисту від атмосферних перенапруг ізоляції електроустаткування змінного струму частотою 50 та 60 Гц. Виготовляються для мереж із будь-якою системою заземлення нейтралі.

Розрядники вентиляльні типів РВО-3У1, РВО-3Т1, РВО-6У1, РВО-6Т1, РВО-10У1 та РВО-10Т1 відповідають ТУ16-521.232-77 та групі IV. Розрядники вентиляльні типів РВО-3Н, РВО-6Н та РВО-10Н підвищеної надійності та довговічності відповідають ТУ16-521.022-76 та групі IV .

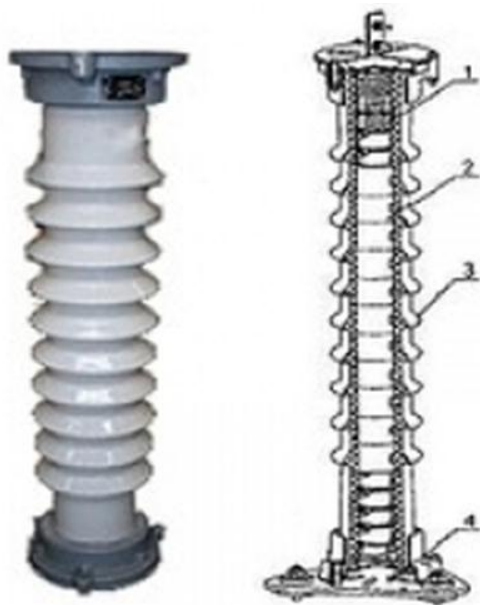


Рисунок 5 – Вентильний розрядник типу РВС-35:

1 - блок багаторазових іскрових проміжків; 2 - блок робочих нелінійних резисторів (виготовлений зі спецмаси «Віліт» і має нелінійну вольтамперну характеристику); 3 - герметично закрита порцелянова покривка; 4 - ізольована від “землі” підстава (основа) для зручності приєднання реєстратора спрацьовування та для вимірювання струмів провідності.

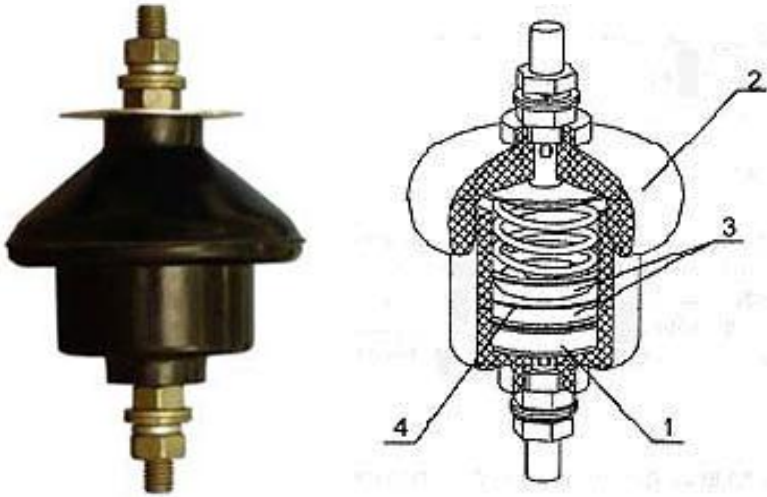


Рисунок 6 – Вентильні розрядники типу РВН-0,5 и РВН-1:

- 1 - робочий нелінійний резистор;
- 2 - герметичний корпус;
- 3 - латунні електроди;
- 4 - ізолююча прокладка.

Конструктивно розрядник РВН на напругу 0,5 кВ складається з одиничного іскрового проміжку та робочого нелінійного резистора (1), укладених у пластмасовий герметичний корпус (2).

Розрядник РВН на напругу 1 кВ відрізняється тим, що він укладений у герметично Робочий резистор розрядників виготовлений зі спецмаси “Віліт” і має нелінійну вольт-амперну характеристику.

Іскровий проміжок утворений двома фасонними латунними електродами (3), розділеними ізолюючою прокладкою (4), закритою порцеляною покриттям.

Умовне позначення розрядників РВН-0,5 та РВН-1.

У структурі умовного позначення розрядників РВН-0,5;
РВН-1 прийнято:

Р – розрядник;

В – вентиляльний;

Н – низьковольтний;

ХХ – номінальна напруга;

М – модернізований;

Н – підвищеної надійності;

У; Т – кліматичне виконання;

1 – категорія розміщення.

Таблиця 1 - Технічні характеристики розрядників РВН-0,5 та РВН-1.

Параметр розрядника	Одиниці вимірювання	РВН-0,5 МН У1 РВН-0,5 МН Т1	РВН-1 У1 РВН-1 Т1
Клас напруги мережі	кВ	0,38	0,66
Номінальна напруга	кВ	0,5	1,0
Пробивна напруга при частоті 50 Гц в сухому стоані і під дощем:			
не менше	кВ	2,3	2,1
не більше	кВ	2,7	2,8
Імпульсна пробивна напруга при предрозрядним часом від 2 до 20 мкс, не більше	кВ	4,3	4,6
Залишкова напруга при імпульсному струмі з	кВ	2,5	4,3

довжиною фронту хвилі 8 мкс амплітудою 1000 А, не більше			
Номінальний розрядний струм	кА	1,0	1,0
Струм витoku при випрямленій напрузі дорівнює номінальній напрузі, не більше	мкА	6,0	6,0
Струмова пропускна здатність:			
20 імпульсів струму хвилию 16/40 мкс	кА	3,0	3,0
20 імпульсів струму хвилию 3/8 мкс	А	35	35
Довжина шляху витікання зовнішньої ізоляції, не менше	см	2,6	2,6
Допустиме тяжіння проводів, не менше	Н	50	100
Висота, не більше	мм	120	170
Маса, не більше	кг	0,305	1,8

Розрядники типу РВМ, РВМГ і РВРД відрізняються від перерахованих вище, магнітним гасінням дуги. Тобто дуга в іскровому проміжку під дією магнітного поля постійних магнітів розтягується і гаситься.

Крім цього, в розрядниках РВМГ паралельно з іскровим проміжком підключені резистори, які “беруть” на себе частину розряду.

Такі розрядники захищають не лише від грозових, а й від короточасних комутаційних перенапруг.

У випадках, коли потрібен захист від перенапруг, викликаних комутацією електроустаткування, наприклад, одностороннє відключення холостої лінії напругою 330 кВ і вище, застосовують комбіновані магнітно-вентильні розрядники типу РВМК.

Вони складаються з кількох модулів: основного, вентильного та іскрового елемента.

Основний елемент складається з іскрових проміжків і робочих резисторів.

Іскровий елемент складається з іскрових проміжків, вентильний елемент лише з резисторів.

Розрядник РВМК-750 (1150) складається із модулів.

Кожен модуль містить грозову та комутаційну частину, блок шунтуючих опорів та конденсаторів.

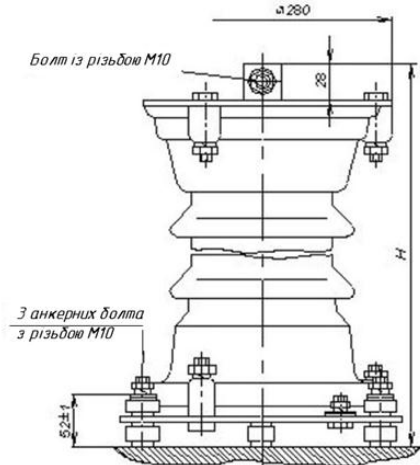


Рисунок 7 – Вентильні розрядники типів РВРД-6У1, РВРД-6Т1, РВРД-10У1, РВРД-10Т1.

Розрядники РВРД-3 У1, РВРД-6 У1, РВРД-10 У1, вентильні з магнітним гасінням спеціального призначення серії

РВРД призначені для захисту ізоляції електричних машин змінного струму, що обертаються, частотою 50 і 60 Гц від атмосферних перенапруг.

Розрядники серії РВРД відповідають ТУ 16-521.235-77 та групі І за ГОСТ 16357-83.

Розрядники призначені для експлуатації в районах з помірним холодним та тропічним кліматом при температурі навколишнього повітря: при температурі $+25^{\circ}\text{C}$ до 100% - для виконання У1; при температурі $+35^{\circ}\text{C}$ до 100% - Т1.

Умовне позначення РВРД – ХХ У1:

- Р – розрядник;
- В – вентильний;
- РД - з дугою, що розтягується;
- ХХ – клас напруги у кВ;
- У – кліматичне виконання;
- 1 – категорія розміщення.

Розрядники типу РВМ, РВМГ і РВРД відрізняються від перерахованих вище, магнітним гасінням дуги.

Тобто дуга в іскровому проміжку під дією магнітного поля постійних магнітів розтягується і гаситься. Крім цього, в розрядниках РВМГ паралельно з іскровим проміжком підключені резистори, які “беруть” на себе частину розряду.

Такі розрядники захищають не лише від грозових, а й від короточасних комутаційних перенапруг. Вентильні розрядники серії РВМГ призначені для захисту від грозових та короточасних внутрішніх перенапруг.

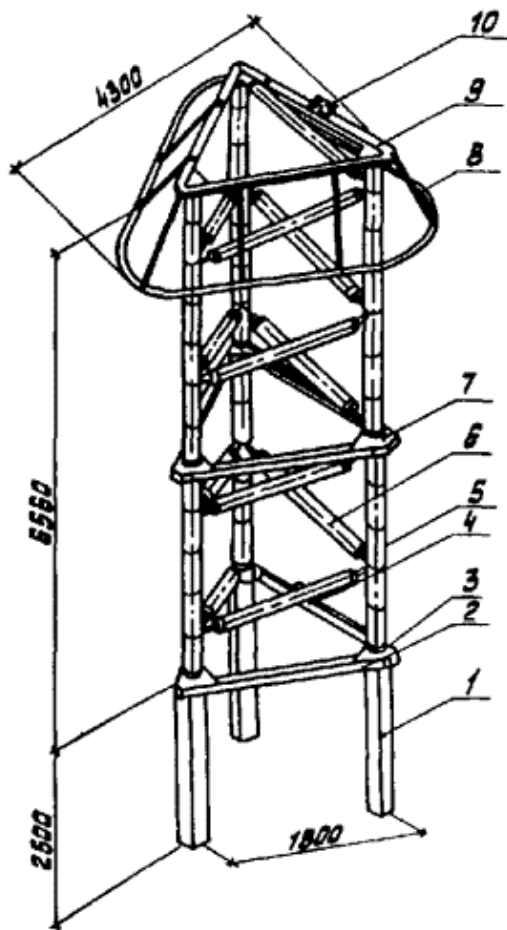


Рисунок 8 - Загальний вигляд та габаритні розміри
вентильних розрядників типу РВМГ-110... 500 кВ:

- 1 - опора; 2 - нижня рама;
- 3 – плита; 4 - реєстраторспрацьовування;
- 5 - опорний ізолятор; 6 – елемент;
- 7 – рама середня; 8 - кільцеекрануючий;
- 9 – рама верхня; 10 - контактне з'єднання

* - розміри для довідок

Таблиця 2 - Технічні характеристики вентильних розрядників типу РВМГ.

Найменування параметру	РВМ Г-110 М	РВМГ-150 М	РВМГ-220 М	РВМГ-330 М	РВМГ-500
Клас напруги мережі, кВ діюча	110	150	220	330	500
Номінальна напруга, кВ діюча	100	138	200	290	420
Пробивна напруга при частоті 50 Гц у сухому стані та під дощем, кВ дії	170 - 195	230 - 265	340 - 390	465 - 535	660 - 760
Імпульсна пробивна напруга при передрозрядному часі від 2 до 10 мкс, кВ	265	370	515	700	1200
Напруга, що залишається, при імпульсному струмі з довжиною фронту 10 мкс, кВ, не більше	245,0 265,0 295,0	340,0 370,0 410,0	475,0 515,0 570,0	- 730,0 800,0	- 1060,0 1180,0
- з амплітудою 3000 А	30	30	30	30	30
- з амплітудою 5000 А	900 - 1300	900 - 1300	900 - 1300	900- 1300	900- 1300
- з амплітудою 10000 А	330	420	670	1025	3260
Випрямлена випробувальна напруга при вимірюванні струму витоку, кВ	3250	4300	6500	6220	6560

Розрядник типу РВРД складається із багатократних іскрових проміжків(1) з дугою, що розтягується і лінійних робочих резисторів(2), які розміщені в герметично закритій порцеляновій покритті. Робочий резистор виготовлений із спеціальної маси «Тервіт» і має нелінійну воль-амперну характеристику(3). Розрядник має ізолювану від «землі» основу(4) необхідну для вимірів струмів провідності.

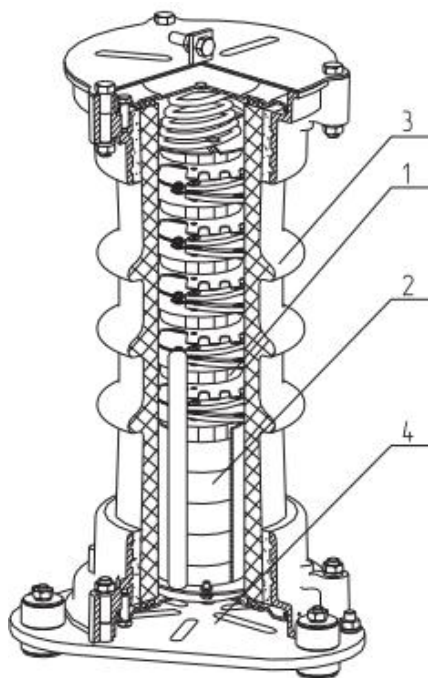


Рисунок 9 – Вентильний розрядник типу РВРД.

До цього моменту на підстанціях застосовувалися вентильні розрядники типу РВС, РВП, РВО, РВМГ, РВМК. Дані типи поєднує те, що як нелінійний опір у них використовували виліт і іскрові проміжки.

Останнім часом їх застосування скорочується. На зміну обладнанню, яке прослужило понад два десятки років на

підстанціях вітчизняної енергосистеми, приходять нове, більш досконале обладнання – обмежувачі перенапруг.

1.2. Принцип вибору вентиляльних розрядників.

Для захисту ізоляції електрообладнання підстанцій використовуються вентиляльні розрядники.

Вентильний розрядник (рис. 10) має декілька іскрових проміжків 1 і вілітові (тервітові) диски 2 з нелінійною вольт-амперною характеристикою (ВАХ).

При спрацюванні РВ від імпульсу грозової перенапруги іскрові проміжки пробиваються і через розрядник проходить імпульсний струм, який створює спад напруги на вілітових дисках.

Завдяки нелінійної ВАХ РВ спад напруги мало змінюється при суттєвій зміні імпульсного струму (рис. 11).

РВ вбудований у порцеляновий корпус 3, закритий кришкою 4. Відстань між іскровими проміжками регулюється зтисканням пружини 5.

Однією із основних характеристик РВ є *залишкова напруга* $U_{заль}$, що представляє собою спад напруги на резисторі при імпульсному струмі (5-14 кА в залежності від типу РВ), який називається *струмом координації*.

Залишкова напруга і близька до нього по значенню імпульсна пробивна напруга іскрового проміжку $U_{пр}$ повинні бути на 20 – 25 % нижче розрядної або пробивної напруги захищеної ізоляції (координаційний інтервал).

Слідом за імпульсним струмом через вентильний розрядник проходить *супроводжуючий струм* промислової частоти.

Опір нелінійного резистора за робочої напруги різко зростає, супроводжуючий струм суттєво обмежується, і при переході його через нульове значення дуга в іскровому проміжку гасне.

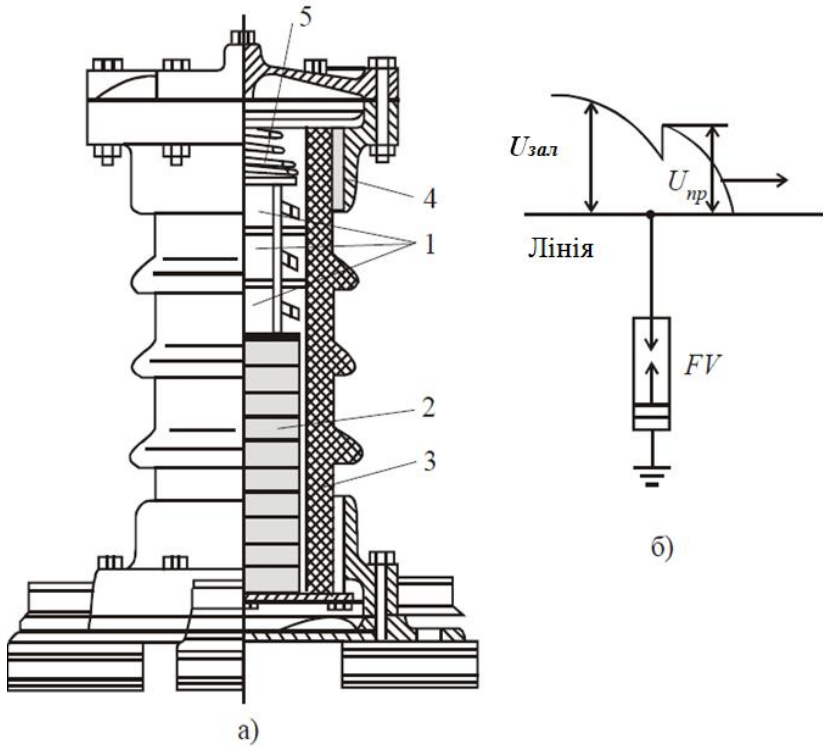


Рисунок 10 – Вентильний розрядник:
 а) загальний вид: 1- іскрові проміжки; 2 – вілітові (тервітові) диски; 3 – порцеляновий корпус; 4 – кришка; 5 – пружина;
 б) схема включення, FV - умовні позначення в електричних схемах вентильних розрядників всіх типів.

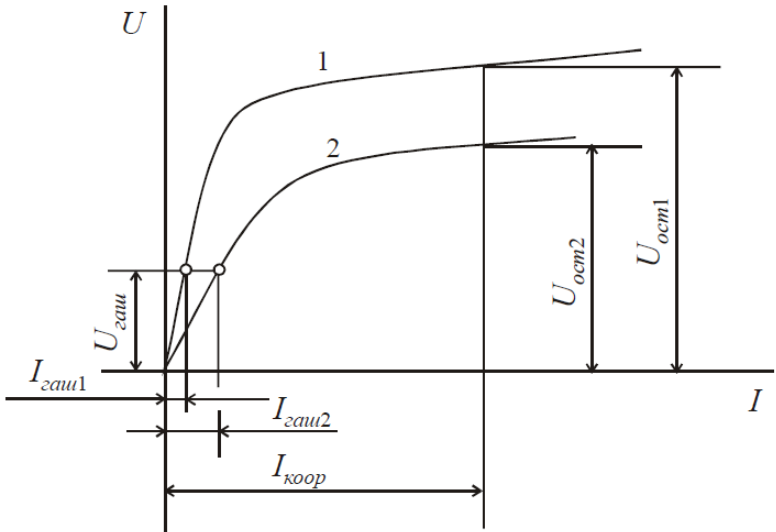


Рисунок 11 – Вольт-амперні характеристики вентильних розрядників:
1 і 2 – різні нелінійності резистора.

Найбільша напруга промислової частоти на РВ, за якої надійно обривається супроводжуючий струм, називається *напругою гасіння* $U_{гас}$, а відповідний супроводжуючий струм – *струмом гасіння* $I_{гас}$.

На іскрові проміжки РВ покладається підключення нелінійного резистора при перенапругах і його відключення при проходженні супроводжуючого струму.

Іскрові проміжки служать для відділення нелінійних опорів від постійного впливу робочої напруги і струму, що протікає через нього, який руйнує нелінійний опір.

Нелінійний опір служить для обмеження супроводжуючого струму до величини, необхідної для гасіння дуги $R_{ш}$ служить для вирівнювання розподілення напруги по елементарним розрядним проміжкам з метою виключення хибного спрацювання розрядника.

Вентильний розрядник обмежує перенапруги і гасить дугу супроводжуючого струму без відключення мережі або підстанції. Після гасіння дуги розрядник повертається у вихідний стан і готовий до повторної роботи.

Число спрацювань РВ варіюється від 2 до 50.

В найпростіших РВ (типу РВС, РВП) струм гасіння дуги становить 80 А.

Більш сучасні РВ мають струм гасіння дуги 250 А. Матеріалами НО є віліт і тервіт.

Відповідно до ГОСТ 1516-73 координація ізоляції, тобто узгодження рівнів ізоляції з перенапругами, які можуть виникнути на затискачах електрообладнання в умовах експлуатації, повинна виконуватися, виходячи з захисного рівня вентильних розрядників, тобто напруги, що залишається, і пробивної напруги з частотою 50 Гц.

Тому вибір вентильних розрядників проводиться за: номінальною напругою обладнання;

виду обладнання;

режиму роботи нейтралі мережі;

з урахуванням характеру перенапруг, для обмеження яких призначений розрядник.

Номінальна напруга вентильного розрядника повинна дорівнювати номінальній напругі мережі, в якій він встановлений.

Вигляд устаткування, що захищається, впливає на серію встановлюваного розрядника у зв'язку з тим, що різні види обладнання можуть мати різні рівні ізоляції.

Наприклад, електрична міцність ізоляції машин, що обертаються в 2—2,5 рази нижче електричної міцності трансформаторів того ж класу напруги.

Тому для захисту машин, що обертаються, 3—10 кВ застосовують розрядники серії РВМ і РВТ, а для захисту трансформаторів 3—10 кВ — розрядники серії РВП.

Електрообладнання напруги 35 кВ і вище може захищатися розрядниками серій РВС, РВМГ та РВМ, а обмотки силових трансформаторів 150 кВ і вище з нормальною ізоляцією, виготовленою відповідно до вимог ГОСТ 1516-68 повинні захищатися тільки розрядниками серій РВМГ, РВМ, РВТ та РВРД.

Вентильні розрядники серії РВМК призначені для захисту електрообладнання 330, 500 та 750 кВ як від грозових, так і від внутрішніх перенапруг.

Електроустаткування для установок сільських споживачів із номінальною напругою 3—35 кВ захищається розрядниками полегшеної конструкції серії РВО та РС.

РВ поділяються на чотири групи.

Найкращі захисні властивості мають РВ I групи, але вони найдорожчі.

IV група – РВП (підстанційні);

III група – РВС (станційні);

II група – РВМ (магніто-вентильні), РВМГ (магніто-вентильні, грозові);

I група – РВТ (струмообмежуючі), РВРД (з дугою, що розтягується).

На які критерії варто звернути увагу під час вибору вентильного розрядника?

1. Номінальна напруга розрядника повинна відповідати номінальній напрузі мережі.

2. Вольт-секундна характеристика розрядника повинна йти нижче характеристики об'єкта, що захищається, і повинна бути поголою. Тобто напруга пробою і залишкова напруга розрядника повинні бути меншими або рівними допустимій напрузі мережі.

3. За допустимою здатністю, що відключає.

4. Відстань до об'єкта, що захищається, повинна бути такою, щоб імпульс перенапруги не встиг досягти об'єкта, що захищається до того, як буде обмежений.

5. Місце встановлення повинно відповідати вказаному для цього розрядника (зовнішня або внутрішня).

Для розрядників, працюючих в електроустановках з глухо заземленою нейтраллю вибираються вентильні розрядники з найбільшою робочою напругою, що дорівнює

$$U_{\text{гасіння}} = 1,4 U_{\phi} = 0,8 U_n.$$

Для розрядників, працюючих в електроустановках з ізольованою нейтраллю — $U_{\text{гасіння}} = 1,1 U_n$.

Для захисту ізоляції нейтралів обмоток трансформаторів 110-220 кВ вентильні розрядники повинні вибиратися відповідно до класу ізоляції нейтралі обмотки і найбільшим можливим значенням напруги частоти 50 Гц між нейтраллю і землею при однофазному пошкодженні ізоляції в мережі (виникнення неповнофазних режимів).

Напруга на нейтралі визначається за формулою:

$$U_0 = \frac{\alpha}{\alpha + 2} U_{\phi}, \quad (1)$$

$$\text{де } \alpha = \frac{x_0}{x_1},$$

x_0, x_1 - реактивні опори нульової та прямої послідовностей мережі щодо місця ушкодження;

U_{ϕ} - найбільша фазна робоча напруга, кВ.

За умовами гасіння дуги супроводжуючого струму промислової частоти номінальна напруга вентильного розрядника має бути не меншою:

- найбільшій робочій лінійній напруги ($U_{н.р}$) для електроустановок до 35 кВ включно;

- $0,8U_{н.р}$ для електроустановок 110 кВ та вище.

Кратність найбільшої напруги на неушкоджених фазах (коефіцієнт замикання на землю) у місці однофазного пошкодження ізоляції визначається за формулою:

$$K = \frac{U_0}{U_\phi} = \sqrt{\left(\frac{1,5\alpha}{\alpha + 2}\right)^2 + \frac{3}{4}}. \quad (2)$$

Координаційний інтервал визначається за формулою:

$$K_{\%} = \frac{U_{із} - U_{рв}}{U_{із}} \cdot 100 \geq 25\%, \quad (3)$$

де $U_{із}$ – випробувальна напруга ізоляції повним грозовим імпульсом за ГОСТ 1516.1-76, кВ;

$U_{рв}$ – напруга вентильного розрядника, що залишається, при імпульсі струму 5 кА за ГОСТ 16357-83, з тривалістю фронту 8 мкс, кВ.

Розрядники в нейтралях обмоток трансформаторів повинні вибиратися на основі координації випробувальних напруг ізоляції з напругами розрядників, що залишаються, при найбільших можливих в даній схемі імпульсних струмах, як правило, не великих 1000 А (замість прийнятої координації при імпульсі струму 5 кА).

Вибір вентильного розрядника підбирається за виразом:

$$U_i = K \cdot I^\alpha, \text{ кВ}$$

де K – постійний коефіцієнт опору;

α – коефіцієнт вентильності,

для віліта $\alpha = 0,11 \div 0,2$;

для тервіта $\alpha = 0,15 \div 0,25$.

Таблиця 1- Електричні характеристики вентиляльних розрядників.

Номінальна напруга розрядника, кВ	Група розрядника	Тип розрядника	Напруга, кВ					
			найбільша допустима	пробивна	імпульсна пробивна за	залишкова за імпульсного струму з тривалістю		
						3	5	10
						Максимальне значення, не більше		
3	I	РВТ, ВРД	3,8	7,5...9	7	7	8	9
	II	РВМ		7,5...9	8	9	9,5	11
	IV	РВП,РВО		9...11	20	13	14	–
6	I	РВТ,РВРД	7,6	15...18	14	14	16	18
	II	РВМ		15...18	15,5	17	18	20
	IV	РВП, РВО		16...19	32	25	27	–
10	I	РВТ	12,7	25...30	23,5	23,5	26,5	30,5
	II	РВМ		25...30	25,5	28	30	33
	IV	РВП, РВО		26...30,5	48	43	45	–
15	I	РВМ	19	31...36	50	38	41	46
	II	РВС		35...43	57	47	51	57

	III			38...48	67	57	61	67
20	I	PBM	25	42...48	66	50	54	60
	II	PBC		47...56	74	62	67	74
	III			49...60,5	80	75	80	88
35	I	PBM	40,5	73...84	108	80	87	98
	II	PBC		75...90	116	97	105	116
	III			78...98	125	122	130	143
110	I	PBT	138	210...240	310	265	295	330
	II	PBMΓ		230...265	370	340	370	410
	III	PBC		275...245	375	435	465	510
220	I	PBT	200	300...340	445	390	430	480
	II	PBMΓ		340...390	515	475	515	570
	III	PBC		400...500	530	630	670	734
330	I	PBT	290	435...500	630	555	615	700
	II	PBMΓ		485...560	740	660	725	800
500	I	PBT	420	630...725	940	805	890	1010
	II	PBMΓ		660...760	1070	985	1070	1180

Таблиця 2 – Параметри Вентильних розрядників

№ Варіанту	Захищасмий об'єкт та номінальна напруга, кВ	Постійна, K		Струм, I
1	станція	0,15		10
2	П/ст 35/10	0,17		25
3	Тр-р 35/10	0,15		100
4	ПЛ110	0,16		150
5	П/ст 35/10	0,2		120
6	ПЛ110	0,3		200
7	ПЛ10	0,25		50
8	П/ст 10/0,4	0,3		160
9	ПЛ110	0,2		80
10	П/ст 35/10	0,15		100
11	ПЛ110	0,16		10
12	Тр-р 110/10	0,22		25
13	ПЛ110	0,33		100
14	ПЛ35	0,35		150
15	П/ст 10/0,4	0,39		120
16	ПЛ110	0,15		200
17	ПЛ35	0,17		50
18	ПЛ110	0,15		160
19	П/ст 10/0,4	0,16		80
20	ПЛ110	0,2		100
21	Тр-р 35/10	0,3		10
22	ПЛ110	0,25		25
23	П/ст 35/10	0,3		100
24	ПЛ110	0,2		150
25	Тр-р 35/10	0,15		120
26	ПЛ35	0,16		200
27	Тр-р 110/10	0,22		50
28	П/ст 35/10	0,33		160
29	Тр-р 110/10	0,35		80
30	П/ст 10/0,4	0,39		100

Запитання для контролю:

1. Призначення вентильних розрядників (РВ)
2. Улаштування вентильних розрядників типу РВП-6.
3. Призначення розрядників типу РВМГ.
4. Опишіть принципову схему улаштування і включення РВ.
3. Умови вибору РВ.
4. Назвіть способи гасіння дуги в розрядниках.
5. Вольт-секундна характеристика РВ.
6. Назвіть типи вентильних розрядників та їх відмінності.
7. Область застосування РВ та актуальність їх використання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво «Форт», 2017. - 760 с.
2. Александров Г. Н. Ограничение перенапряжений в электрических сетях. Учебное пособие. Издание Центра подготовки кадров, 2003 г.
3. Будзко И. А., Зуль Н.М. Электроснабжение сельского хозяйства. –М.: Агропромиздат. 1990. - 496 с.
4. Притака І. П. Електропостачання сільського господарства. - Київ. Вища школа. 1983. - 343 с.
6. Кабышев А. В. Молниезащита электроустановок систем электроснабжения: учебное пособие/ А. В. Кабышев. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. -124 с.
7. Халилов Ф.Х. Защита сетей 6 – 35 кВ от перенапряжений/ Ф.Х. Халилов, Г. А. Едокинин, А. И. Таджикибаев - Санкт – Петербургское отделение. Энергоатомиздат , 2002.

Навчальне видання

ЗАХИСТ ВІД ПЕРЕНАПРУГ

Методичні вказівки

до виконання лабораторної роботи
«Вивчення вентильних розрядників»

Автори-укладачі:

ПОПАДЧЕНКО Світлана Анатоліївна
МОТАЙЛО Максим Сергійович

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

