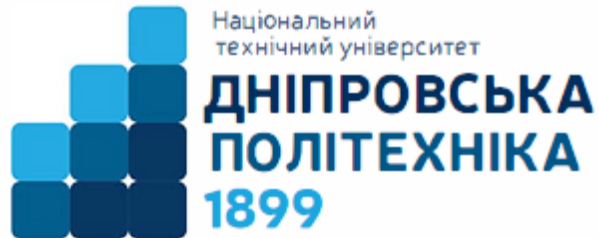


Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ
дослідницької лабораторної роботи ЕГР-19
«Дослідження шахтної пересувної вибухозахищеної
трансформаторної підстанції»

для студентів спеціальностей
184 «Гірництво»
185 «Нафтогазова інженерія та технології»

м. Дніпро
2019

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ
дослідницької лабораторної роботи ЕГР-19
«Дослідження шахтної пересувної вибухозахищеної
трансформаторної підстанції»

для студентів спеціальностей
184 «Гірництво»
185 «Нафтогазова інженерія та технології»

м. Дніпро
2019

Методичні вказівки до виконання науково-дослідної лабораторної роботи ЕГР-19 "Дослідження шахтної пересувної вибухозахищеної трансформаторної підстанції" для студентів спеціальностей 184 «Гірництво» та 185 «Нафтогазова інженерія та технології» / Упоряд.: Г.М. Бажін, І.Б. Кольцов, В.М. Прокуда, А.В. Рухлов. – Д.: Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", 2019. – 17 с.

Упорядники:

Г.М. Бажін, доц. каф. електроенергетики

І.Б. Кольцов, ст. викл. каф. електроенергетики

В.М. Прокуда, ас. каф. електроенергетики

А.В. Рухлов, доц. каф. електроенергетики

Розглянуто і затверджено методичною комісією (протокол № __/ __ - __ від __.__.2019) за поданням кафедри електроенергетики (протокол № __ від __.__.2019).

У роботі виконано дослідження шахтної пересувної вибухозахищеної трансформаторної підстанції.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри електроенергетики
М.В. Рогоза, канд. техн. наук, професор.

ЗМІСТ

1. Мета виконання роботи.....	4
2. Призначення та область застосування.....	4
3. Конструкція та електричні схеми підстанцій.....	4
<i>3.1. Трансформатор.....</i>	<i>7</i>
<i>3.2. Комірка високовольтного роз'єднувача.....</i>	<i>8</i>
<i>3.3. Комірка автоматичного вимикача.....</i>	<i>8</i>
<i>3.4. Електричне блокування та захист підстанції.....</i>	<i>9</i>
4. Порядок вмикання підстанції.....	11
5. Стенд "Вибухобезпечна трансформаторна підстанція".....	12
6. Порядок виконання роботи.....	13
7. Домашня підготовка до роботи.....	14
8. Зміст звіту з лабораторної роботи.....	15
9. Питання для самоконтролю.....	15
Список літератури.....	16

1. Мета виконання роботи

1.1. Вивчити принципову електричну схему, конструктивне виконання, призначення та область застосування шахтних пересувних трансформаторних підстанцій серій ТСВП і ТСШВП.

1.2. Дослідити основні енергетичні характеристики шахтних пересувних трансформаторних підстанцій.

1.3. Ознайомитися з методами регулювання напруги за допомогою трансформатора.

1.4. Вивчити блокування та захисти шахтної трансформаторної підстанції серії ТСВП.

2. Призначення та область застосування

Шахтні пересувні трансформаторні підстанції призначені для живлення змінним струмом (50 Гц) електроприймачів напругою 380, 660 і 1140 В на дільницях вугільних шахт, небезпечних за газом та пилом. Основною особливістю цих підстанцій є відсутність маслонаповнених апаратів, у зв'язку з чим немає необхідності у спорудженні для них спеціальних камер. Конструкція підстанцій дозволяє їх пересування по шахтних рейках або по спеціальних пристроях слідом за посуванням гірничих робіт. Застосування пересувних підстанцій дозволяє скоротити довжину низьковольтних кабельних мереж, забезпечити на затискачах вибійних електродвигунів нормальну напругу, зменшити ємнісний струм витоку низьковольтної мережі, тим самим підвищити безпеку у відношенні ураження електричним струмом.

Найбільше поширення на вугільних шахтах одержали пересувні підстанції типу ТСШВП, ТСВП і КТПВ, де букви означають:

Т – трансформаторна;

С – з сухим трансформатором;

Ш – шахтна;

В – вибухобезпечна;

П – пересувна;

К – комплектна.

3. Конструкція та електричні схеми підстанцій

Конструкції вибухобезпечних підстанцій різних серій дуже схожі між собою, тому розглянемо їх на прикладі серії ТСВП.

Трансформаторна підстанція типу ТСВП-250/6 (номінальна повна потужність $S_{ном} = 250$ кВ·А, первинна напруга $U_{1ном} = 6$ кВ) складається з трьох основних частин у вибухобезпечному виконанні, об'єднаних у єдиний пересувний агрегат:

- відсіку трифазного сухого трансформатора;
- комірки розподільного пристрою високої напруги (РПВН) з триполюсним високовольтним роз'єднувачем з ручним моментним приводом (сучасні підстанції можуть комплектуватися вимикачем навантаження, вакуумним вимикачем тощо);

- комірки розподільного пристрою низької напруги (РПНН) з автоматичним повітряним вимикачем АЗ722У на струм 250 А, реле витоку АЗПБ, освітлювальним трансформатором ТБС-3 та комплектом приладів для виміру напруги та струму (також сучасні підстанції можуть комплектуватися більш сучасним комутаційним електрообладнанням з покращеними технічними характеристиками).

Принципова схема електричних з'єднань підстанції серії ТСВП наведена на рис. 1.

У підстанціях ТСВП потужністю 100, 160, 250 кВ·А початки та кінці обмотки низької напруги силового трансформатора виведені в оболонку розподільного пристрою низької напруги, де можна з'єднати обмотки в трикутник (380 В) або зірку (660 В). При цьому необхідно, щоб апаратура РПНН відповідала даній напрузі.

Основні технічні характеристики підстанції ТСВП-250/6

Номінальна потужність, кВ·А	250
Напруга короткого замикання, %	3,5
Частота, Гц	50
Струм холостого ходу, %	3,5
Втрати короткого замикання, приведені до температури 75 °С, Вт	2600
Втрати холостого ходу, Вт	1650
Маса підстанції, кг	3250
Габаритні розміри підстанції, мм:	
довжина	3520
ширина	1170
висота від головки колії	1545

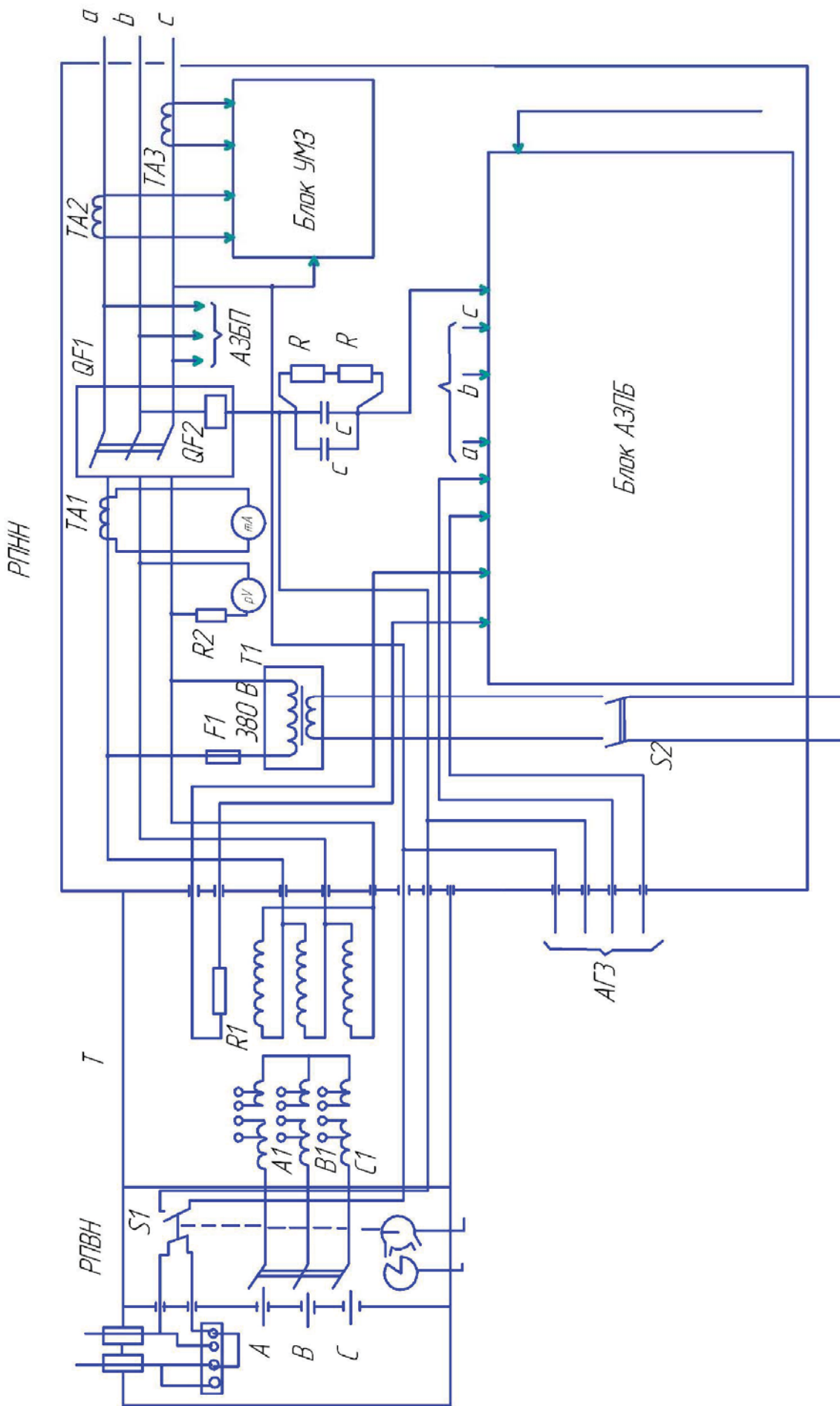


Рис. 1. Електрична схема підстанції ТСВП

3.1. Трансформатор

Магнітопровід трансформатора тристержневий, набирається з високоякісної холоднокатаної трансформаторної сталі з високою магнітною проникністю та низькими питомими втратами.

Обмотки трансформатора виготовляються з проводу з нагрівостійкою ізоляцією. Тип обмоток: високої напруги (ВН) – безперервна, низької напруги (НН) – циліндрична. Для поліпшення охолодження в обмотках трансформатора передбачені канали. Розташування обмотки на магнітопроводі – концентричне. Для зміни коефіцієнта трансформації на $\pm 5\%$ на первинній обмотці трансформатора є відпайки, з'єднані з клемними затискачами регульованих відводів.

Начало та кінці обмотки НН виведені за допомогою відводів у комірку РПНН, де шляхом переставлення може бути виконане з'єднання обмоток у трикутник або в зірку для одержання напруги холостого ходу відповідно 400 або 690 В.

Для захисту трансформатора від надмірного перегріву усередині кожуха на верхній консолі з боку ввідів ВН встановлюється температурне реле типу ДТР-3М, що вимикає трансформатор при досягненні температури усередині кожуха неприпустимих значень. Передбачена можливість встановлення з боку НН температурного реле, яке діє на котушку автоматичного вимикача, що вимикає його при перегріві.

Виймальна частина трансформатора встановлена у звареному кожусі циліндричної форми, розрахованому на тиск 1 МПа.

Для збільшення поверхні охолодження кожух обладнаний зовнішніми та внутрішніми ребрами. Для доступу до панелі регульованих відводів на боковій стороні кожуха передбачений спеціальний люк, що закривається кришкою. Для спуску вологи, що конденсується, з кожуха передбачені спеціальні спускні пробки, заповнені дрібним кварцитом, через які видаляється конденсат при роботі трансформатора, не порушуючи при цьому його вибухозахисту.

Фланцеві з'єднання для кріплення до кожуха комірки високовольтного роз'єднувача, автоматичного вимикача та кришки клемної панелі виконані з урахуванням необхідного вибухового шляху і мають ущільнення з теплостійкої гуми.

3.2. Комірка високовольтного роз'єднувача

Триполюсний роз'єднувач (вимикач навантаження або вакуумний вимикач) на 6 кВ з моментним ручним приводом вбудований у вибухонебезпечну сталеву оболонку, що за допомогою фланцевого з'єднання кріпиться до кожуха трансформатора.

Кришки роз'єднувача (вимикача) мають ущільнення з теплостійкої гуми, що запобігають проникнення пилу.

Для приєднання та розведення кабелів у верхній частині комірки роз'єднувача передбачена ввідна коробка з кабельними муфтами.

Для проведення монтажу, огляду, ремонту та регулювання роз'єднувача на торцевому боці корпусу встановлена відкидна кришка з оглядовими вікнами для візуального спостереження за положенням ножів роз'єднувача.

Механічне блокування не дозволяє відкрити передню кришку корпусу комірки роз'єднувача при увімкненому роз'єднувачі.

Триполюсний роз'єднувач (вимикач) складається з трьох контактних ножів, установлених на прохідних ізоляторах. Валик привода роз'єднувача механічно зв'язаний з валиком блокувальних контактів спеціального виконання за допомогою вирізаного кулачка, що розташований на валику та на півдиску. Вимикання та вмикання роз'єднувача допускається тільки при повороті ручки блок-контактів у положення "вимкнуте" і, навпаки, поворот ручки блокувальних контактів можливий тільки при вимкненому роз'єднувачі. Більш детальний опис роботи цього блокування наведено у п.3.4.

3.3. Комірка автоматичного вимикача

Комірка автоматичного вимикача являє собою комплект апаратури та приладів, змонтованих усередині вибухобезпечної оболонки, розрахованої на тиск 1 МПа.

РПНН підстанції серії ТСВП містить таку апаратуру та прилади:
– автоматичний повітряний вимикач типу АЗ722У з двома максимальними й одним незалежним розчеплювачем;

- реле витоку типу АЗПБ;
- вольтметр малогабаритний типу Э-421;
- додатковий опір до вольтметра типу Р-102;
- амперметр малогабаритний типу Э-421;
- трансформатор струму ТШП-0,5т;

- освітлювальний трансформатор ТБС-3;
- запобіжники типу ПР-2.

Комірка автоматичного вимикача має коробку виводів з кабельними муфтами, з яких дві призначені для підмикання силових кабелів, одна – для підмикання освітлення підстанції (одного світильника типу РВЛ-20) та одна для додаткового заземлення.

Для зручності експлуатації коробка виводів дозволяє приєднувати силові кабелі як з боків, так і з торця, для чого необхідно поміняти кабельні муфти з кришками на коробці виводів.

На передній кришці є оглядові вікна для спостереження за показаннями вольтметра, амперметра та кілоомметра, а також кнопка "Перевірка" для перевірки роботи реле витоку. Механічне блокування не допускає відкриття передньої кришки при вмикнутому автоматичному вимикачі, будова якого аналогічна описаному вище (у комірці роз'єднувача).

3.4. Електричне блокування та захист підстанції

Електричне блокування допускає операції вимикання роз'єднувача (вимикача) у РПВН підстанції тільки при вимкнутому положенні вимикача комірки високовольтного комплектного розподільчого пристрою (КРП), що живить підстанцію, та вимкнутому автоматичному вимикачі у РПНН. Вмикання роз'єднувача можливо при вимкнутому положенні комутаційного апарата у комірці КРП, що живить підстанцію.

Для захисту трансформатора від недопустимих перевантажень усередині його кожуха встановлено температурне реле типу ДТР-3М (або більш сучасне), нормально закриті контакти якого повинні бути увімкнуті в коло котушки вимикача високовольтного КРП, який живить підстанцію.

Електричні блокування підстанції серії ТСВП мають два кола (рис. 2). Коло №1 з'єднує послідовно котушку вимикання КВ автоматичного вимикача QF в РПНН з замикаючими блок-контактами РБ1 роз'єднувача QS , що підключені паралельно контактам Р2 реле витоку. Коло №2 з'єднує блок-контакти роз'єднувача РБ2, що розмикають, і контакти теплового реле ДТР-3М з мінімальним захистом вимикача високовольтної комірки КРП. Коло №2 при вимкнутій підстанції знаходиться постійно під струмом, що необхідно для забезпечення надійної роботи блокування. При спрацьовуванні реле ДТР-3М, а

також при обриві контрольного кабелю підстанція вимикається мінімальним захистом високовольтної комірки КРП.

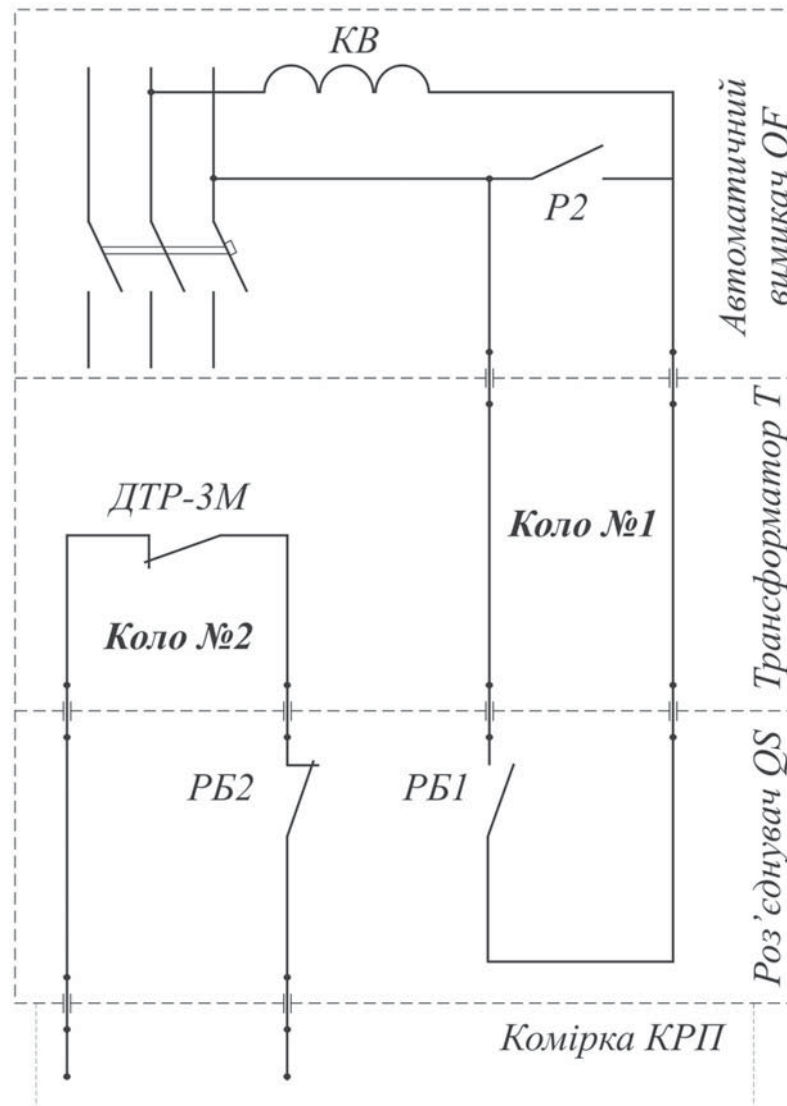


Рис. 2. Електрична схема блокувальних кіл підстанції ТСВП

При повороті ручки блок-контактів у комірці роз'єднувача підстанції в положення "Вимкнуте" блок-контакти РБ1 замикаються, а РБ2 розмикаються. Це спричиняє вимкнення вимикача у високовольтному КРП (наприклад, типу КРУВ-6) та автоматичного вимикача у РПНН підстанції.

При перевантаженні підстанції відбувається розмикання контактів температурного реле ДТР-3М і вимикач високовольтної комірки КРП на розподільчому пункті або центральній підземній підстанції вимикає підстанцію.

Захист від замикань на землю в низьковольтній мережі та контроль стану її ізоляції здійснюється за допомогою реле витоку типу

АЗПБ. При зниженні опору ізоляції низьковольтної мережі нижче допустимого рівня реле витоку спрацює, замикаються контакти P2 і подається напруга на котушку вимикання КВ повітряного автомата QF , який вимикає мережу.

Захист від коротких замикань та недопустимих поштовхів струму в низьковольтній мережі здійснюється максимальними розчеплювачами автомата А3722У.

Приєднання підстанції до загальної заземлювальної шахтної мережі здійснюється жилою кабелю, що заземлює, або свинцевою оболонкою (бронєю) кабелю 6 кВ.

Для приєднання підстанції до місцевого заземлювача на обох боках кожуха трансформатора є болти, що заземлюють, над якими прикріплені таблички з написом "Земля". Варто використовувати болт на тому боці підстанції, що доступний для огляду.

Для приєднання додаткового заземлення реле витоку в коробці виводів РПНН підстанції є затискач з маркуванням "ДЗ", звідки через кабельну муфту провідник заземлення виводиться до додаткового місцевого заземлювача, що встановлюється на відстані не менш 5 м від заземлювача підстанції.

4. Порядок вмикання підстанції

Вмикання підстанції виконується у такій послідовності:

- переконавшись в тому, що фідерний автомат QF у РПНН вимкнений;

- увімкнути рукояткою роз'єднувач QS (вимикач), установивши її в положення "Вмикнуто";

- рукоятку блок-контактів роз'єднувача перевести у положення "Вмикнуто";

- увімкнути вимикач високовольтної комірці КРП типу КРУВ-6. Після чого вольтметр підстанції повинний показувати напругу холостого ходу трансформатора. Підстанція повинна бути освітлена;

- увімкнути автоматичний вимикач QF у РПНН підстанції.

При першому вмиканні підстанції (при вводі її в експлуатацію) необхідно перевірити роботу реле витоку за допомогою кнопки "Перевірка", а також вимкнення вимикачів у комірці КРП та РПНН підстанції при переведенні блокувальної рукоятки роз'єднувача QS у положення "Вимкнуто". При перевірці вмикання автомата QF у РПНН

підстанції блокувальний провід до вимикача високовольтної комірки КРП необхідно тимчасово від'єднати.

Вимкнення підстанції виконується у порядку, зворотному вмиканню:

- вимкнути рукояткою автомат QF у РПНН підстанції;
- рукоятку блок-контактів роз'єднувача QS перевести у положення "Вимкнуте";
- переконатися по вольтметру у вимкненні електричним блокуванням високовольтного вимикача комірки КРП, а при неспрацьовуванні блокування вимкнути вимикач вручну;
- вимкнути рукояткою роз'єднувач QS (вимикач), установивши її в положення "Вимкнуте".

5. Стенд "Вибухобезпечна трансформаторна підстанція"

Конструктивно стенд являє собою імітаційну модель підстанції серії ТСВП. На навчальній панелі стенда розташована мнемосхема ТСВП, що має такі елементи (рис. 3):

- автоматичний вимикач стенду АВ та сигнальні лампи Л1 та Л2;
- кнопка вмикання вимикача КП;
- котушка вмикання ВК;
- вимірювальні трансформатори струму ВТС і напруги ВТН;
- роз'єднувач QS та автоматичний вимикач QF підстанції;
- силовий трансформатор T з виводами додаткових обмоток + 5, 0, – 5% та виводами вторинної обмотки (a, z, b, x, c, y);
- опорі навантаження z_H ;
- амперметр pA для виміру величини струму навантаження вторинної обмотки трансформатора;
- тумблери зміни величини навантаження трансформатора T на 100, 150 і 200%;
- вольтметр $pV1$, що вимірює напругу на боці первинної обмотки трансформатора;
- вольтметр $pV2$, що вимірює напругу на боці вторинної обмотки трансформатора;
- секундомір C ;
- червона кнопка безпеки загального вимкнення всієї лабораторії "Аварійне вмикання".

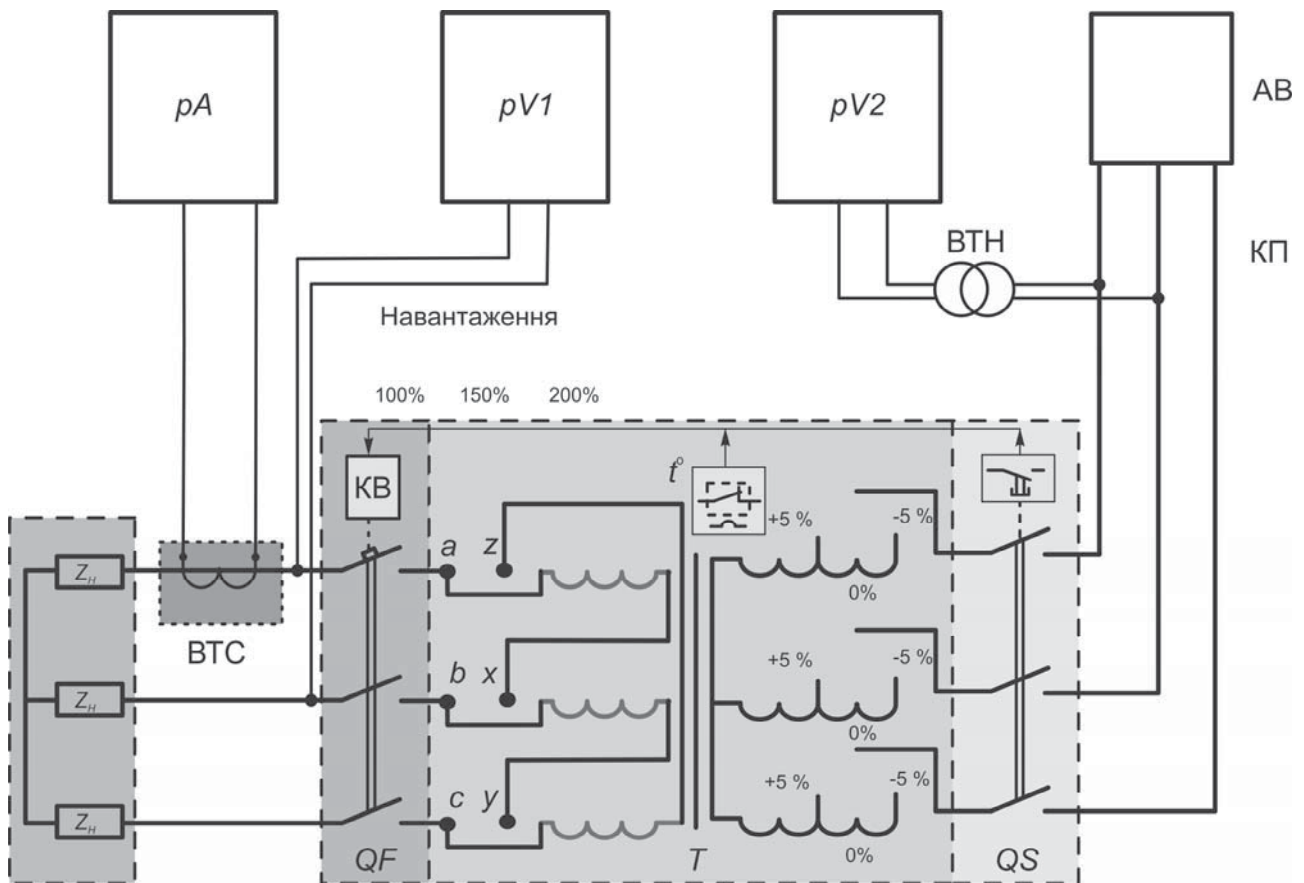


Рис. 3. Схема лабораторного стенду

6. Порядок виконання роботи

6.1. За допомогою навчальних плакатів та макету підстанції ознайомитися з її основними конструктивними елементами.

6.1. Увімкнути автомат стенду АВ.

6.2. Натиснути кнопку КП для подачі напруги на підстанцію, що підтверджується засвічуванням червоної лампочки Л2 (HLR).

6.3. Визначити величину напруги на вольтметрі $pV1$.

6.4. Відповідно до показань вольтметра $pV1$, вимкнувши автомат АВ, виконати приєднання первинної обмотки трансформатора на + 5, 0, – 5%. При цьому при підвищеній нарузі варто приєднати первинну обмотку в положення + 5% і навпаки.

6.5. З'єднати виводи вторинної обмотки трансформатора в "трикутник", для чого з'єднати по горизонталі затискачі трансформатора $a - z$, $b - x$, $c - y$.

6.6. Увімкнути автомат АВ, натиснути кнопку КП, зняти показання вольтметра $pV2$.

6.7. Вимкнути автомат АВ та розібрати схему. З'єднати обмотки трансформатора в "зірку", для чого замкнути вертикальні затискачі $z - x - y$. Визначити величину напруги на вольтметрі $pV2$.

6.8. Дані вимірів занести в табл. 1.

Таблиця 1

Результати вимірів напруги

Показання $pV1$, В	Величина обраної відпайки	Показання $pV2$ при з'єднанні обмоток трансформатора в "трикутник", В	Показання $pV2$ при з'єднанні обмоток трансформатора в "зірку", В

6.9. Залишивши з'єднання обмоток трансформатора в "зірку", увімкнути тумблер навантаження "100 %" та за показниками амперметра pA переконаватися в наявності навантаження.

6.10. При увімкненому тумблері "100 %" увімкнути тумблер "150 %", що відповідає перевантаженню трансформатора на 50 %, зняти час роботи під перевантаженням за секундоміром С.

6.11. Увімкнути тумблер "200 %", що відповідає двократному перевантаженню трансформатора, та зняти час від вмикання до вимикання трансформатора тепловим захистом.

6.12. Результати вимірів занести в табл. 2.

6.13. Усі тумблери перевести в положення "Вимкнуте" та вимкнути стенд за допомогою автомата АВ.

Таблиця 2

Дані захисту від перевантаження

Навантаження, %	150 %	200 %
Струм навантаження, А		
Час до вимикання, с		

7. Домашня підготовка до роботи

7.1. Вивчити дані методичні вказівки до лабораторної роботи.

7.2. Заготовити звіт з лабораторної роботи у вигляді:

- назви та мети роботи;
- принципової електричної схеми пересувної трансформаторної підстанції серії ТСВП-250/6;
- технічних характеристик вивчаємого електрообладнання;

- схеми лабораторного стенду;
- таблиць 1 і 2 для занесення експериментальних спостережень.

7.3. Користуючись літературою, наведеною у списку цих методичних вказівок, теоретично підготуватися до відповідей на питання для самоконтролю.

8. Зміст звіту з лабораторної роботи

Звіт повинен містити:

- стислі відомості про призначення, область застосування, конструкцію та технічні параметри шахтної підстанції типу ТСВП-250/6;
- принципову електричну схему підстанції ТСВП-250/6 та схему лабораторного стенду;
- результати експериментальних досліджень (табл.1 та 2);
- висновки за отриманими результатами.

9. Питання для самоконтролю

1. З яких вузлів складається шахтна пересувна трансформаторна підстанція серії ТСВП?
2. Які механічні й електричні блокування передбачає конструкція підстанції ТСВП?
3. Який апарат забезпечує захист від тривалого перевантаження?
4. Які засоби регулювання напруги передбачає схема підстанції ТСВП та в яких межах?
5. Які види захистів має підстанція?
6. Які апарати та прилади розташовані в РПНН підстанції?
7. Що таке напруга короткого замикання трансформатора підстанції?
8. Що означають втрати холостого ходу та втрати короткого замикання трансформатора?

Список літератури

1. Електропостачання гірничих підприємств: довід. посіб. / Г.Г. Півняк, М.М. Білий, Г.М. Бажін; за ред. акад. НАН України А.К. Шидловського; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Вид. 2-ге, випр. та допов. – Д.: НГУ, 2015. – 633 с.

2. Електрифікація гірничих робіт: Підручник / Г.Г. Півняк, М.М. Білий, Л.П. Ворохов та ін.; За ред. академіка НАН України Г.Г. Півняка. – Д.: Національний гірничий університет, 2005. – 615 с.

3. Справочник по электроустановкам угольных предприятий. Электроустановки угольных шахт / В.Ф. Антонов, Ш.Ш. Ахмедов, С.А. Волотковский и др.; Под общ. ред. В.В. Дегтярева. – М.: Недра, 1988. – 436 с.

4. Электрificazione горных работ: Учеб. для вузов / М.М. Белый, В.Т. Заика, Г.Г. Пивняк и др.; Под ред. Г.Г. Пивняка. – М.: Недра, 1992. – 383 с.

5. Дзюбан В.С., Риман Я.С., Маслий А.К. Справочник энергетика угольной шахты. – М.: Недра, 1983. – 542 с.

Автори:
Геннадій Михайлович Бажін
Ігор Борисович Кольцов
Володимир Миколайович Прокуда
Артем Володимирович Рухлов

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ
дослідницької лабораторної роботи ЕГР-19
«Дослідження шахтної пересувної вибухозахищеної
трансформаторної підстанції»

для студентів спеціальностей
184 «Гірництво»
185 «Нафтогазова інженерія та технології»

Друкується в редакційній обробці упорядників

Електронне видання

НТУ «Дніпровська політехніка»
49027, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.