

Міністерство освіти і науки України
Національний гірничий університет



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання дослідницької лабораторної роботи ЕП – 13

"Дослідження конструкції і принципу дії вакуумних вимикачів та вимикачів навантаження"

з дисципліни "Електричні апарати"
для студентів напрямів підготовки:
6.050701 "Електротехніка та електротехнології",
6.050702 "Електромеханіка"

Дніпропетровськ
2010

Міністерство освіти і науки України
Національний гірничий університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання дослідницької лабораторної роботи ЕП – 13

"Дослідження конструкції і принципу дії вакуумних вимикачів та вимикачів навантаження"

з дисципліни "Електричні апарати"
для студентів напрямів підготовки:
6.050701 "Електротехніка та електротехнології",
6.050702 "Електромеханіка"

Дніпропетровськ
НГУ
2010

Методичні вказівки до виконання дослідницької лабораторної роботи ЕП – 13 "Дослідження конструкції і принципу дії вакуумних вимикачів та вимикачів навантаження" з дисципліни "Електричні апарати" для студентів напрямів підготовки: 6.050701 "Електротехніка та електротехнології", 6.050702 "Електромеханіка" / Уклад.: М.В. Рогоза, Л.П. Ворохов, Ю.А. Папаїка, О.Г. Лисенко. - Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2010.- 17 с.

Укладачі:

М.В. Рогоза, професор.

Л.П. Ворохов, доцент.

Ю.А. Папаїка, асистент.

О.Г. Лисенко, асистент.

Відповідальний за випуск заступник завідувача кафедри СЕП
С.І. Випанасенко, д-р техн. наук, проф.

I. МЕТА РОБОТИ

Дослідити конструкцію і принцип дії, призначення та область застосування, дугогасильних пристроїв вимикача навантаження та вакуумного вимикача.

ВИМИКАЧІ НАВАНТАЖЕННЯ

II. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Вимикачі навантаження — це апарати, призначені для вмикання та вимикання струмів навантажень ланцюгів, аж до номінальних струмів апаратів. В енергосистемах застосовуються вимикачі навантаження на напругу 3-10 кВ типів ВН (вимикач навантаження) і ВНП (вимикач навантаження із запобіжником).

Вимикачі навантаження є найпростішими вимикачами. Вони розраховані на вимикання робочого струму і не здатні вимкнути струм **коротких замикань**. Вимикачі навантаження використовують для приєднання до мережі знижувальних трансформаторів. Для захисту останніх від коротких замикань передбачають плавкі запобіжники. Номінальний струм вимикачів навантаження рівний їх номінальному тривалому струму. У відключеному положенні вимикач навантаження забезпечує видимий розрив ланцюга, як роз'єднувач. Для управління вимикачем навантаження звичайно застосовують, як і для роз'єднувача, ручний привід важеля без вільного розчіплення.

Вимикачі навантаження з твердою газогенеруючою речовиною (органічним склом) типу ВН-16 виготовляють на номінальну напругу 6 і 10 кВ і на номінальні тривалі струми відповідно 400 і 200 А.

Вимикач навантаження здатний вимкнути при робочій напрузі 6 або 10 кВ окремі ділянки електроустановки як за наявності, так і за відсутності струму навантаження. В останньому випадку вимикач навантаження працюватиме як роз'єднувач.

Для захисту мереж від струмів короткого замикання до рами вимикача можуть бути приєднані високовольтні запобіжники типу ПК, які вмикаються послідовно кожній фазі вимикача навантаження. Вимикач навантаження, забезпечений комплектом запобіжників, має типові позначення ВНП-16. Конструкція вимикача ВН-16 допускає установку запобіжники над вимикачем або під ним.

Досконалішим є вимикач навантаження типу ВНП-17, що складається з вимикача навантаження типу ВН-16, запобіжників типу ПК і пристрою для подачі команди на електромагніт, що вимикає привід при перегоранні плавкої вставки будь-якого з трьох запобіжників. Цей пристрій складається - з системи важеля, на яку діє покажчик спрацьовування запобіжника, що викидається при перегоранні плавкої вставки. При цьому звільняється клямка, що утримує

заведено при вмиканні вимикача пружину блок-контакту, що замикає ланцюг катушки електромагніту, що вимикає.

Вимикачі з заземлюючими ножами позначаються ВНЗ-16, а при установці послідовно з вимикачем запобіжників ВНП-16. Вимикачі навантаження типів ВН-16, ВНП-16, ВНЗ-16 і ВНП-17 застосовуються в закритих електроустановках напругою 6 і 10 кВ.

III. ПРИНЦИП РОБОТИ ВИМИКАЧА НАВАНТАЖЕННЯ ТИПУ ВН-16

Вимикач ВН-16 (рис. 1) складається з нерухомих головних 2 і дугогасительных 12 контактів і рухливих головних 9 і дугогасительных 7 контактів. Дугогасительная камера 3 з нерухомими контактами прикріплена до опорних ізоляторів 5, розміщених на загальній рамі 4. При включенні ручного чи електромагнітного привода зусилля передається на приводний вал 6, зв'язаний з рухливими контактами ізоляційними тягами 8.

Для вмикання вимикача служать пружини 1. Першими вимикаються контакти 9, а потім контакти 7, поміщені усередині дугогасительной камери 13, виконаної з двох пластмасових щік. Усередині камери мається порожнина 10, у яку закладені вкладиші 11 з органічного скла. При розмиканні ланцюга утворюється електрична дуга 14, що викликає інтенсивне виділення газів зі стінок вкладишів. При розмиканні кінець дугогасительного ножа проходить в каналі шлях близько 160 мм В цей час вихід газам утруднений, завдяки чому тиск усередині камери підвищується. Потоки газів, що знаходяться під тиском, слідуючи уподовж по дузі (в просторі між дугогасительним контактним ножом і стінками вкладишів камери), інтенсивно охолоджують і деіонізують дуговий проміжок, що сприяє гасінню дуги за соті частки секунди.

Вмикання контактів відбувається в порядку, зворотному вмиканню, тобто спочатку замикаються дугогасительні контакти, а потім головні.

У вимкненому стані приварені до валу важелі з тягою стають в "мертве положення", що сприяє зменшенню швидкості до кінця відключення.

Кут повороту валу при вмиканні обмежений буферними гумовими шайбами, надітими на виступаючі нижче за опорні полиці кінці направляючих стрижнів вимикаючих пружин. Гумові шайби спираються на сталеву шайбу і дві гайки, що нагвинчують на кінці направляючих стрижнів. В кінці вмикання стрижень, що рухається догори, притискує гумові шайби до нижньої частини опорної планки. Вільні кінці вала вимикача навантаження виступають з обох боків і мають довжину яка дозволяє встановити приводний важіль, отже й привод з будь якої сторони вимикача.

Без заміни вкладишів вимикач навантаження може вимкнути номінальний струм 200 А при напрузі 10 кВ 75 разів.

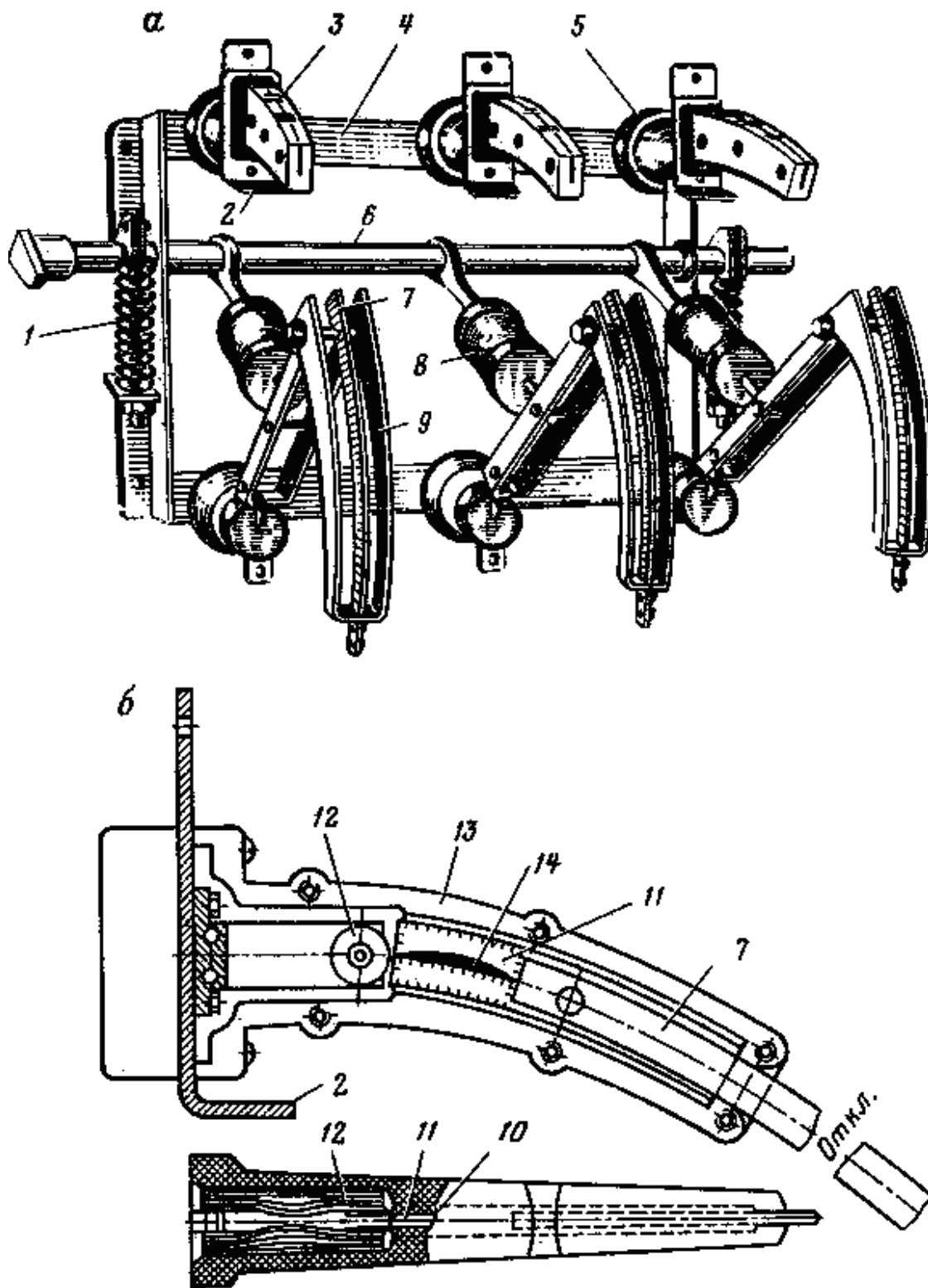


Рис. 1. Вимикач навантаження на 10 кВ
 а - вимикач навантаження ВН-16;
 б - дугогасильна камера;

ВАКУУМНІ ВИМИКАЧІ

IV ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Електрична міцність вакууму значно вище міцності інших середовищ, застосовуваних у вимикачах. Пояснюється це збільшенням довжини середнього вільного пробігу електронів, атомів, іонів і молекул при зменшенні тиску. У вакуумі довжина вільного пробігу часток перевищує розміри вакуумної камери. У цих умовах удари часток об стінки камери відбуваються значно частіше, чим зіткнення між частками. При настільки високій електричній міцності відстань між контактами може бути дуже мала (2 — 2,5 мм), тому розміри камери можуть бути також відносно невеликими.

Процес відновлення електричної міцності проміжку між контактами при відключенні струму протікає у вакуумі значно швидше, ніж у газах, що обумовлює високу ефективність вакууму, як дугогасильного середовища.

Переваги вакуумних вимикачів:

- відсутність необхідності в заміні і поповненні дугогасильного середовища;
- висока зносостійкість при комутації номінальних струмів і струмів КЗ;
- мінімум обслуговування, зниження експлуатаційних витрат;
- швидке відновлення електричної міцності $(10\div 50)\cdot 10^3$ В/мкс;
- повна вибухо- і пожежобезпечність;
- надійна робота у випадку, коли в процесі відключення малого струму в ланцюзі виникає струм КЗ (ДП масляних вимикачів можуть вибухнути);
- широкий діапазон температур навколишнього середовища, у якому можлива робота ВДК (від -70 до $+200^\circ\text{C}$);
- підвищена стійкість до ударних і вібраційних навантажень;
- довільне робоче положення вакуумного ДП;
- безшумність, чистота, зручність обслуговування, обумовлені малим виділенням енергії в дузі і відсутністю зовнішніх ефектів при вимиканні КЗ;
- відсутність забруднення навколишнього середовища;
- висока швидкодія.

V. ПРИНЦИП РОБОТИ ВАКУУМНОГО ВИМИКАЧА

Пристрій вакуумної камери показаний на рис. 3. Вона складається з наступних частин: стеклокерамічної оболонки 1, сталевих торцевих фланців 2, мідних контактних стрижнів — нерухомого 3 і рухомого 4, електродів 5, сталевого ребристого сильфона 6, привареного до рухомого контактного

стрижня 4, екранів 7, 8, 9.

Тиск у камері складає близько $1,3 \cdot 10^{-5}$ Па. Метали, використовувані для контактів, повинні мати механічну міцність, високою провідністю, стійкістю щодо ерозії і зварювання. Застосування одержали бінарні сплави Cu—Bi, Cu—Te, Ag—Bi та ін.

У положенні «увімкнено» електроди притиснуті друг до друга пружиною привода із силою близько 3000 Н. У процесі вимикання контакти розмикаються. Швидкість руху контактів складає близько 1,5 м/с. При цьому струм проходить через невеликі площадки торкання в яких опір швидко збільшується, що веде до виділення великої кількості тепла і плавленню металу електродів. Утворюється рідкий металевий місток, який під дією високої температури нагрівається і випаровується. Загоряється так звана вакуумна дуга, що фактично горить у середовищі пар металу електродів. Іони, що утворюються під дією високої температури, рухаються до електродів, створюючи поблизу їх відповідні об'ємні заряди.

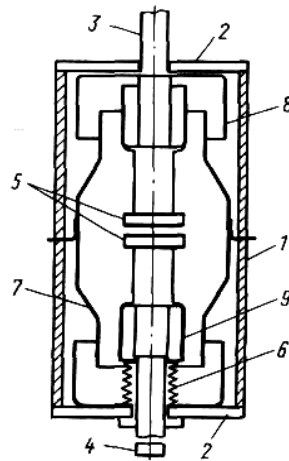


Рис 3. Вакуумная дугогасильная камера

Потік електронів направляється до анода і робить його бомбардування. Вивільнювані з анода позитивні іони рухаються до катода і руйнують його. Мала щільність газу в колбі обумовлює дуже швидко дифузію зарядів через велику різницю щільностей часток у дузі і вакуумі. Швидка дифузія часток, висока електрична міцність вакууму дозволяє ефективно гасити дугу у вакуумному вимикачі. Коли струм підходить до нульовому значенню, дуга вгасає і пароутворення припиняється. Якщо швидкість електричної міцності проміжку, що відновлюється, перевищує швидкість повторного відновлення напруги, ланцюг виявляється розімкнутою. При змінному струмі після проходження струму через нуль унаслідок дифузії відбувається швидке зменшення кількості зарядів і через 10 мкс між контактами відновлюється електрична міцність вакууму.

Для того, щоб зменшити кількість зарядів у дузі, що утворилася, як матеріал для електродів застосовують вольфрам, що має високу температуру плавлення і велику роботу виходу електронів, крім того, контакти з вольфраму

стійкі проти зварювання.

Для роботи вакуумного вимикача має велике значення дегазація контактів, тому що газ, адсорбований контактами, при розігріві електродів виділяються і погіршують вакуум вимикача. З метою видалення газових включень з контактів їх нагрівають на протязі декількох годин до червоного розжарювання.

При роботі вимикача розпилені матеріали контактів осаджуються на поверхню ізоляційного циліндра, що створює можливість перекриття ізоляції апарата. Для захисту циліндра від часток металу електроди захищаються спеціальними металевими екранами.

Контактна система вакуумного вимикача працює в тяжких умовах. Наявність вакууму, що оточує контакти, погіршує охолодження, яке відбувається в основному за рахунок теплопровідності тіла контактів і випромінювання. За рахунок удосконалювання конструкції камери і застосування нових контактних матеріалів струм вимикання вакуумних камер доведений до 40 кА при напрузі 15 кВ.

В даний час основними виробниками вакуумних вимикачів є фірми Siemens, Tawrida Electric, РЗВА та АВВ.

Вакуумні вимикачі ВВ/ТЕ (надалі - вимикачі) призначені для роботи в комплектних розподільних пристроях (КРП) і камерах стаціонарних однобічного обслуговування (КСО) внутрішньої і зовнішньої установки класу напруги до 20 кВ трифазного змінного струму 50 Гц для систем з ізолюваною і заземленою нейтралі. В основі конструктивного рішення вимикача лежить використання пофазних електромагнітних приводів з «магнітною засувкою», механічно зв'язаних загальним валом-синхронізатором. Паралельно з'єднані котушки електромагнітних приводів фаз вимикача при виконанні команд підключаються до попередньо заряджених конденсаторів у блоках керування. Така конструкція дозволила досягти наступних відмінних рис у порівнянні з традиційними вакуумними вимикачами (ВВ):

- високий механічний і комутаційний ресурс;
- мале енергоспоживання по шинах оперативної напруги;
- малі габарити і вага;
- легкість і простота адаптації в будь-які типи КРП, КСО;
- можливість використання в широкому діапазоні оперативної напруги живлення вторинних ланцюгів;
- необслуговування протягом усього терміну експлуатації.
- низька трудомісткість виробництва і, як наслідок, помірна ціна.

Технічні характеристики вакуумних вимикачів ВВ/ТЕЛ приведені в таблиці 1.

Технічні характеристики вимикачів ВВ/TEL

Найменування показника	Значення
Номінальна напруга, кВ	10; 20
Найбільша робоча напруга, кВ	12; 24
Номінальний струм, А	630; 1000; 1600
Номінальний струм вимикання, кА	12,5; 20
Тік термічної стійкості, кА	12,5; 20
Наскрізний струм короткого замикання, кА	32; 52; 81
Час протікання струму термічної стійкості, с	3
Повний час вимикання, с	0,09
Власний час вимикання вимикача, с	0,015
Власний час вмикання, с	0,07
Повний час вмикання, с	0,1
Неодночасність замикання і розмикання контактів, с	0,004
Номінальна напруга котушок електромагнітів, В	220
Механічний ресурс, циклів	50000
Термін служби до списання, років	25

На відміну від більшості існуючих вимикачів, в основу пристрою ВВ/ТЕ закладений принцип роздільного керування контактами вакуумних дугогасильних камер фаз апарата. Даний принцип дозволив істотно зменшити кількість частин привода, що рухаються.

Вакуумні дугогасильні камери встановлені усередині порожніх опорних ізоляторів, закріплених на загальній підставі. Рухомі контакти дугогасильних камер жорстко з'єднані зі своїми приводами за допомогою ізоляційних тяг, що також розташовуються усередині опорних ізоляторів. Таким чином, всі елементи конструкції полюса мають загальну вісь симетрії, уздовж якого роблять зворотно-поступальний рух деталі механізму. Це дозволяє істотно

спростити кінематичну схему ВВ/TEL, відмовитися від застосування навантажених шарнірних і підйомних ланок, що, у свою чергу, дає можливість створення комутаційного апарата з високим механічним ресурсом, не потребуючого обслуговування і регулювання протягом усього терміну служби. Приводи фаз розташовуються усередині основи вимикача. Вони механічно з'єднані між собою за допомогою загального вала, що виконує наступні функції:

- забезпечує синхронізацію фаз, охороняючи від неповнофазних режимів роботи;
- пускає в хід допоміжні контакти вимикача;
- забезпечує механічне блокування роботи РП, у якому установлений ВВ/TEL;
- керує візуальними індикаторами положення ВВ/TEL.
- У додатку 1, 2 представлений приклад конструкції вимикача з номінальним струмом 1000 А.

VI. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити призначення, область застосування і принцип дії вакуумних вимикачів та вимикачів навантаження з автогазовим дуттям;
2. Дослідити конструкцію і принцип дії вимикача ВН-16.
3. Дослідити призначення, область застосування і принцип дії вакуумних вимикачів ВВ/TEL.
- 4.

VII. ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт повинен містити:

- опис принципу дії вимикача навантаження з твердою газогенеруючою речовиною та вакуумного вимикача, їх основні технічні характеристики;
- короткий опис конструкцій вимикача навантаження та дугогасильних приладів, а також ескіз вимикача ВН-16 та дугогасильної камери;
- короткий опис конструкцій вакуумного вимикача та його дугогасильних приладів, а також ескіз вимикача та вакуумної дугогасильної камери.

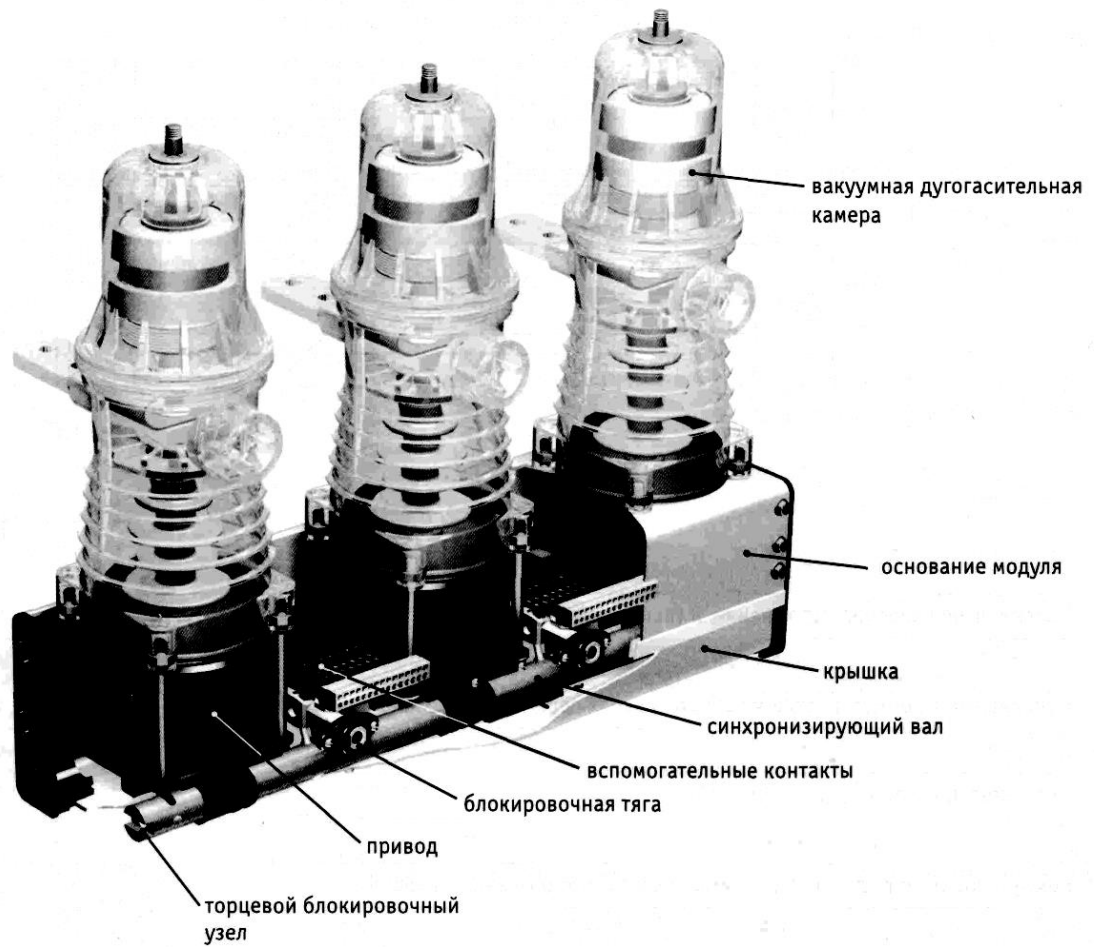
VIII. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Область застосування вимикачів навантаження.
2. Основні технічні данні вимикача ВН-16.
3. Принцип дії дугогасильної камери з твердою газогенеруючою речовиною.
4. Різниця між вимикачами ВВП-17 та ВВП-16.
5. Недоліки вимикачів типу ВВП-16.
6. Принцип дії вакуумної дугогасильної камери.
7. Переваги вакуумних дугогасильних пристроїв.
8. Як відбувається гасіння дуги постійного струму у вакуумному вимикачі.
9. Призначення екранів ДП у вакуумному вимикачі.
10. Вимоги до матеріалу електродів вакуумного вимикача.
11. Гасіння дуги змінного струму у вакуумному вимикачі.
12. Переваги вакуумних вимикачів.

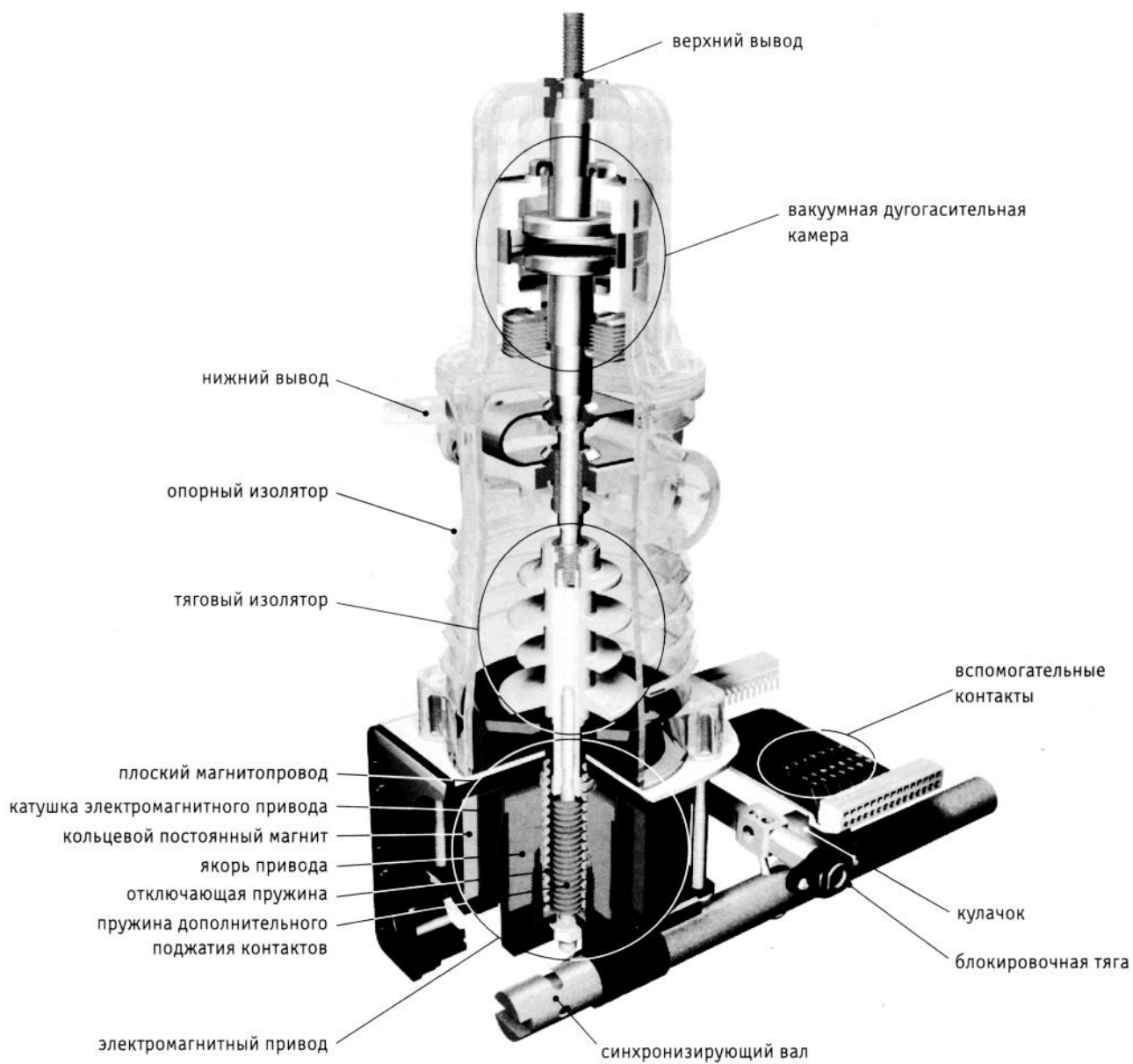
IX. ЛІТЕРАТУРА

1. Чунихин А.А., Жаворонков М.А. Аппараты высокого напряжения –М.: Энергоиздат, 1985.-432 с., ил.
2. Рожкова Я.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. –М.: Энергоиздат, 1987. –648 с. ил.
3. Справочник по электрическим аппаратам высокого напряжения. : Под ред. В.В. Афанасьева.-Л.: Энергоатомиздат. 1987.-544 с. ил.

Модуль вакуумного вимикача ВВ/TEL у зборі



Розріз однієї фази вимикача ВВ/TEL



Укладачі:
Рогоза Михайло Валентинович
Ворохов Леонід Петрович
Папаїка Юрій Анатолійович
Лисенко Олександра Геннадіївна

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання дослідницької лабораторної роботи ЕП – 13

"Дослідження конструкції і принципу дії вакуумних вимикачів та вимикачів навантаження"

з дисципліни "Електричні апарати"
для студентів напрямів підготовки:
6.050701 "Електротехніка та електротехнології",
6.050702 "Електромеханіка"

Редакційно – видавничий комплекс
Редактор

Підписано до друку . .2010. Формат 30x42/4.
Папір Captain. Ризографія. Умовн. друк. арк. , .
Обліково-видавн. арк. , . Тираж 50 прим. Зам. №

НГУ
49027, м. Дніпропетровськ - 27, просп. К.Маркса,19.

