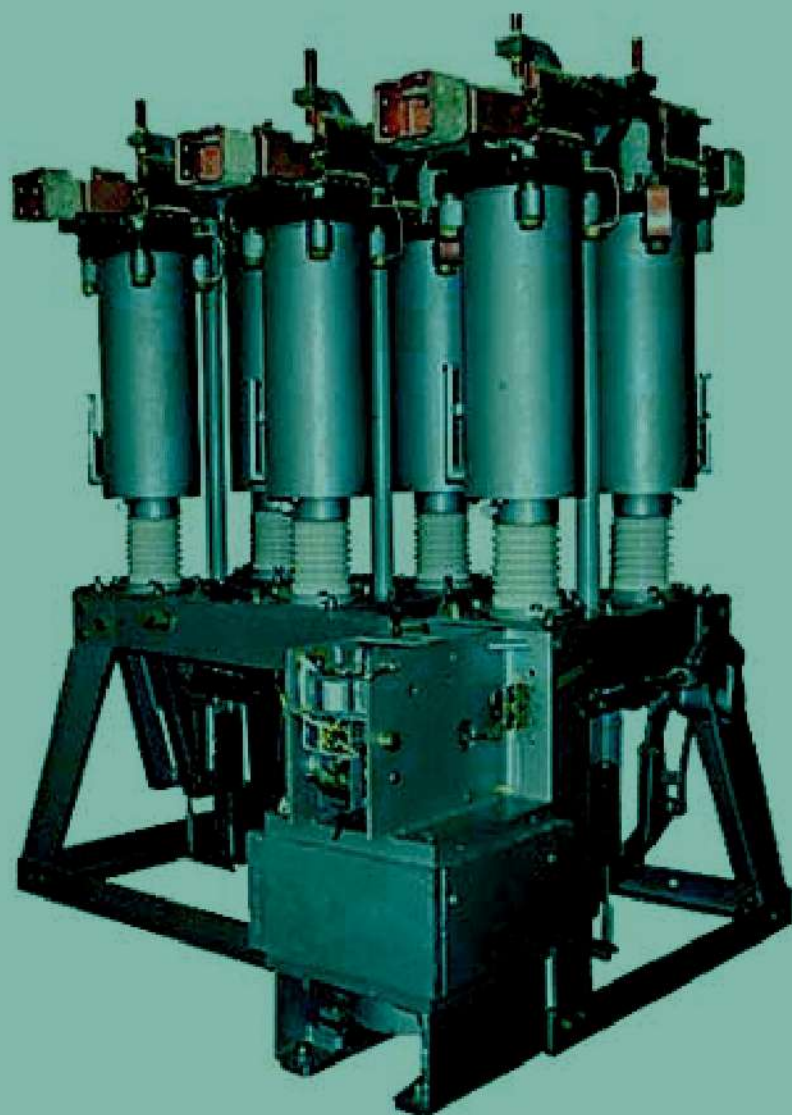


**П. Д. Лежнюк
В. Ц. Зелінський**

ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК



ОЛИВНІ ВИМИКАЧІ

П.Д. Лежнюк, В.Ц. Зелінський

ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК. ОЛИВНІ ВИМИКАЧІ



Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2011

УДК 621.311.18

ББК 31.277.1

Л40

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 11 від 01.09.2009 р.)

Рецензенти:

В. В. Назаров, доктор технічних наук, професор

Б. С. Рогальський, доктор технічних наук, професор

В. М. Кутін, доктор технічних наук, професор

Лежнюк, П. Д.

Л40 Електрообладнання розподільних установок. Оливні вимикачі : навчальний посібник / П. Д. Лежнюк, В. Ц. Зелінський. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 86 с.

В посібнику розглянуто основні способи гасіння електричної дуги в оливі, принципи виконання дугогасильних камер, типи конструкцій бакових оливних та малооливових вимикачів, генераторних і підстанційних вимикачів. Наведено основні технічні параметри та особливості конструкцій оливних вимикачів як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва.

Посібник розроблений відповідно до плану кафедри і програм дисциплін "Електричні апарати" і "Електрообладнання станцій та підстанцій", призначений для студентів бакалаврського напрямку підготовки 6.050701 – "Електротехніка та електротехнології" і може бути корисний для студентів інших енергетичних спеціальностей та інженерів-електриків.

УДК 621.311.18

ББК 31.277.1

© П. Лежнюк, В. Зелінський, 2011

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Дугогасильні системи оливних вимикачів	7
1.1 Загальна характеристика умов гасіння дуги в оливі	7
1.2 Особливості гасіння електричної дуги в оливі	9
1.3 Дугогасильні пристрої оливних вимикачів	11
2 Оливні бакові вимикачі розподільних установок	17
2.1 Бакові вимикачі напругою 10 - 35 кВ	17
2.2 Бакові підстанційні вимикачі напругою 110-220 кВ	20
3 Оливні малооб'ємні вимикачі розподільних установок	
напругою 6-10 кВ	29
3.1 Вимикачі малооливні серії ВПМ	30
3.2 Вимикачі малооливні серії ВММ	33
3.3 Вимикачі малооливні серії ВМП та ВК	44
4 Генераторні та підстанційні малооливні вимикачі	51
4.1 Генераторні малооливні вимикачі	51
4.2 Підстанційні малооливні вимикачі	59
Література	67
Додаток А Технічні параметри вимикачів ВПМ-10	68
Додаток Б Технічні параметри ВМПЕ-10	72
Додаток В Технічні параметри вимикачів ВМГ-10	81
Додаток Д Оливний вимикач серії ВМУЕ-27,5-16/1250	82
Додаток Е Оливний вимикач серії ВМУЕ-35Б-25/1250	83
Додаток Є Оливний вимикач серії С-35М-630-10	84
Додаток Ж Словник основних термінів	85

Вступ

Розвиток енергетичної галузі України, збільшення енергоспоживання потребує активного розвитку енергетичного машинобудування та електроапаратобудування. Характерною рисою розвитку енергетики нашої держави є реалізація концепції з енергозбереження та впровадження у виробництво нових сучасних типів електричного обладнання і апаратів. Електричні апарати відіграють суттєву роль в реалізації енергозберігаючих технологій і мають вплив на ефективність роботи енергетики в цілому на всіх етапах виробництва, розподілу та споживання електричної енергії. Виникає необхідність виробництва не просто більшої кількості електричних апаратів, а апаратів, які забезпечили б більш ефективну роботу електроустановок як в галузях промисловості, так і в побутовій сфері. Актуальною є модернізація існуючих та розробка нових типів електричних апаратів на основі сучасних технологій, підвищення рівня напруг і струмів, зменшення габаритів та маси, підвищення їх надійності, ресурсу і швидкодії. Такі вимоги ставляться тому, що переважна більшість електричних апаратів повинні досить ефективно працювати в сучасних автоматизованих та автоматичних системах керування складними технологічними процесами, агрегатами, машинами і обладнанням на електричних станціях, в електроенергетичних системах та мережах.

Збільшення потужностей на атомних електричних станціях та модернізація обладнання на теплових і гідравлічних електричних станціях потребують більшої кількості електричних апаратів, які задовольняли б нові вимоги щодо енергоємності, надійності та ресурсу. Актуальність цього напрямку підтверджується даними про середній рівень зношення основного електричного обладнання станцій та підстанцій, яке сягає майже 60%. Енергетичні компанії реалізують масштабні проекти з модернізації діючого обладнання та заміни застарілого більш сучасним та якісним. Вітчизняні виробники електрообладнання відчувають потужну конкуренцію з боку зарубіжних енергетичних компаній, які на сьогоднішній день активно пропонують сучасне електротехнічне обладнання. Достатньо стійкі позиції на ринку електроапаратобудування займають **Schneider Electric**, **Siemens**, **ABB**, **AREVA**. Спостерігається потужна експансія також і китайських виробників.

Вітчизняні виробники електротехнічного обладнання поступово відвойовують втрачені позиції. У цьому секторі апаратобудування за співвідношенням "ціна-якість" лідером на українському ринку є Рівненський завод високовольтної апаратури (РЗВА – Електрик). РЗВА є одним з найбільших в СНД підприємством з виробництва комутаційного розподільного обладнання на напруги від 0,4 до 110 кВ. В 50-ті роки на РЗВА випускалися перші високовольтні оливні вимикачі ВММ-10, ВМГ-133 і вимикачі навантаження.

В 60-ті роки налагоджено серійне виробництво наступного покоління оливних вимикачів ВМП-10К з електромагнітним приводом та ВМП-10П з пружинним приводом, оливних вимикачів ВМП-35ТС і ВМП-35П для Асуанської ГЕС у Єгипті.

В 70-ті роки розпочалось виробництво електромагнітних вимикачів типу ВЕ-10 за ліцензією відомої італійської фірми "Sace" та налагодилось виробництво комплектних розподільних установок (КРУ) серії КЭ-10 із такими вимикачами.

В 80-ті роки вперше в СРСР розроблено КРУ в сейсмостійкому виконанні серії КЕ-6С і розпочато серійний їх випуск із вимикачами ВЕС-6. Одним з перших підприємство розпочало серійне виробництво вакуумних вимикачів ВВ-10 і ВВЕ-10 із пружинними й електромагнітними приводами. В 90-ті роки розпочато виробництво вакуумних вимикачів ВБЗП-35, ВБЗЕ-35 і ВБЗО-27,5.

З 1996 року на виробничих площах РЗВА за участю міжнародного концерну АБВ створюється спільне підприємство "АБВ РЗВА", проводиться реконструкція й реструктуризація заводу, вводиться в експлуатацію унікальне передове устаткування, тим самим створюються передумови для виробництва комутаційного обладнання на рівні світових стандартів. Саме в цей час на підприємстві приймається рішення про розробку принципово нової серії вимикачів ВР і освоєння виробництва малогабаритних комплексно-розподільних пристроїв КУ-10Ц з цими вакуумними вимикачами на номінальні струми до 3150 А. В даний час виробнича програма **"РЗВА-Електрик"** складається з вакуумних вимикачів нового покоління типу ВР напругою 6 та 10 кВ, вимикачів ВВЕ, ВБЗО, вакуумних генераторних вимикачів ВГГ-10, роз'єднувачів та іншого обладнання, яке широко застосовується при модернізації та розвитку електроенергетичної галузі держави.

Оскільки суттєвим є зношення основного електротехнічного обладнання в розподільних мережах, коштів на його повну заміну не вистачає, постає задача частого відновлення його працездатності. Одним з ефективних шляхів економії фінансових ресурсів та часу при модернізації РУ 6-10 кВ є створення програми Ретрофіт. Вона передбачає заміну, в першу чергу, комутаційних апаратів, оскільки їх ресурс, у порівнянні з іншими елементами КРУ, майже вичерпано. Перспективи інтенсивного впровадження програми Ретрофіт відкриваються з масовим виробництвом в Україні сучасних якісних вакуумних вимикачів, які за основними характеристиками значно кращі, ніж малооливні та електромагнітні вимикачі.

У зв'язку з пріоритетним розвитком електроенергетичної галузі, впровадженням нових сучасних типів електричного обладнання та апаратів, підвищенням вимог до якості електричних апаратів, їх технічних характеристик та культури експлуатації, постає проблема підготовки висококваліфікованих фахівців, які могли б ефективно експлуатувати як застаріле, так і нове сучасне обладнання. Тому метою написання даного

навчального посібника є узагальнення знань про принцип дії, основні технічні характеристики, типи та конструкції комутаційних апаратів, які експлуатуються в розподільних мережах. Значної реконструкції потребує, в першу чергу, комутаційне та розподільне обладнання напругою 6-10 кВ, значна частина обладнання потребує заміни та модернізації.

В першій частині серії посібників "Електрообладнання розподільних установок" найбільша увага приділяється оливним вимикачам, а саме - аналізу способів гасіння дуги в середовищі оливи, конструкції дугогасильних систем та конструкціям бакових і малооливних вимикачів, що експлуатуються в розподільних мережах електричних станцій та підстанцій.

Посібник написано у відповідності з затвердженою програмою дисциплін "Електричні апарати" і "Електрообладнання станцій та підстанцій", які читаються для студентів усіх фахових спеціалізацій електроенергетичного факультету. Основний матеріал супроводжується розрахунками та ілюстраціями, які роз'яснюють принципи дії та конструкції різних типів оливних вимикачів. В додатках приведено основні технічні характеристики цих комутаційних апаратів.

1 ДУГОГАСИЛЬНІ СИСТЕМИ ОЛИВНИХ ВИМИКАЧІВ

1.1 Загальна характеристика умов гасіння дуги в оливі

Основна проблема при створенні вимикачів високої напруги полягає в забезпеченні їхньої здатності успішно комутувати струми як при нормальних, так і при аварійних режимах роботи електричних мереж. Основне призначення вимикача полягає в тому, щоб в увімкненому стані він мав дуже малий, практично нульовий, опір, а у вимкненому стані повинен мати в ідеалі нескінченно великий опір. При надходженні відповідної керуючої команди, вимикач (**circuit breaker**) повинен змінювати свою провідність від одного рівня до іншого зі швидкостями, регламентованими вимогами до забезпечення задовільної роботи даного кола.

Електричне коло, яке комутується вимикачем при перемиканні, може мати активний, індуктивний або ємнісний опір. Практично у всіх вимикачах таке коло має активний опір. В деяких спеціалізованих комутувальних установках, наприклад, з резонансними колами, він буде реактивним.

Велике значення має швидкість зміни такого опору. Якщо комутувальний орган вимикача має активний (**active**) опір, то його зміна при перемиканні відбувається протягом тривалого часу. При цьому може виділитися велика кількість енергії, яка повинна поглинатись дугасильним середовищем, а потім розсіюватись в навколишній простір. Такий дугогасильний пристрій досить громіздкий і дорогий. Проте зміна опору не повинна бути і занадто швидкою. Оскільки всі реальні електричні кола мають певну індуктивність, то при комутуванні струму там виникають перенапруги, які дорівнюють $L di/dt$. Для того, щоб вони не перевищували визначеного рівня, небезпечного для ізоляції даного кола, швидкість зменшення струму di/dt повинна бути обмежена прийнятним значенням опору [1-4,6].

У колах постійного струму цим фактично встановлюється межа швидкості, з якою опір (**resistance**) вимикача взагалі може зростати. Якщо швидкість буде занадто великою, тобто значення di/dt виявиться надмірним, це призведе до виникнення на індуктивних елементах кола небезпечних перенапруг. Вимикач постійного струму повинен бути побудований так, щоб максимальна швидкість зміни його опору в процесі вимкнення кола була скоординована з обраним рівнем його ізоляції.

Інші умови комутування електричної дуги виникають в колах змінного струму. В цих колах струм двічі за період автоматично переходить через нульове значення, тобто, в якісь миті струму в колі взагалі немає. Теоретично опір при цьому може зрости миттєво від нуля до нескінченності, не викликаючи небезпечних перенапруг за умови, що ця зміна відбувається точно в один з нулів струму. Але, якщо такий перехід відбудеться раніше або пізніше від нуля струму (більше, ніж на кілька мікросекунд), це може

призвести до виникнення в колі перенапруг, здатних пошкодити його ізоляцію.

У колах змінного струму також можуть застосовуватися способи, що забезпечують уповільнене наростання опору. Такий підхід використовується в електромагнітних (**electromagnetic**) вимикачах. Якщо зростання опору сучасного вимикача високої напруги буде недостатньо швидким (тобто перевищувати хоча б 10 мс), то при цьому в дугогасильних камерах виділиться неприпустимо велика кількість енергії. Для таких апаратів швидко ефективно наростання опору має першочергове значення. Таке наростання має бути синхронізоване з моментом переходу струму через нуль [11].

Як же вдається досягти настільки швидкого збільшення опору після переходу струму через нуль? Для цього існують різні засоби впливу на електричну дугу. Опір при цьому буде не просто різко зростати до великих значень, а зросте автоматично і саме в той момент, коли це найбільше потрібно, тобто в інтервал часу, синхронізований з моментом переходу струму, що вимикається, через нульове значення. Аналогічні умови можуть мати місце при протіканні струму через напівпровідниковий перетворювач.

Існують всього два основних способи забезпечення процесу успішного вимкнення вимикача. Це, по-перше, удосконалення методів впливу на дугу з метою підвищення опору її плазменого стовпа відразу ж після переходу струму через нуль, а, по-друге, зниження амплітуди і швидкості наростання відновлюваної напруги, що прикладається з боку кола до дугового проміжку після вимкнення. Завдяки цьому, полегшується вирішення проблеми забезпечення необхідної ізоляційної міцності (**strength**) цього проміжку в перехідному режимі. Перший спосіб застосовується в усіх без винятку вимикачах. У багатьох випадках застосовується і другий спосіб, в залежності від того, яке середовище передбачено для гасіння дуги: олива (**olive tree**), газ (**gas**) або вакуум (**vacuum**). Від ефективності способів, які застосовуються в дугогасильних камерах, у дуже великій мірі залежать параметри вимкнення усіх типів вимикачів. Отже, існування дуги в комутувальному пристрої вимикача є невід'ємною частиною процесу вимкнення електричних ланок.

Разом з тим, дуга має і ряд позитивних характеристик, які певним чином впливають на процес комутування електричних ланок [6]. Плазмовий стовп дуги не має межі за пропускною здатністю струму. Дуга податлива зовнішнім впливам, здатна витягатися на значні відстані і, нарешті, має опір, який можна збільшувати, завдяки подовженню дуги або розтягуванню її в дугогасильній камері. Висока рухомість дуги, яка дозволяє їй уникати деіонізуючих впливів, може бути з вигодою використана при різних способах впливу на плазмовий стовп дуги її власним магнітним полем. Завдяки цьому створюється можливість переміщувати дугу в потрібному напрямку з великою швидкістю, сприяючи успішному її гасінню.

Початок науково-дослідних робіт в галузі розробки дугогасильних камер високовольтних вимикачів можна віднести до 1925 р., коли була створена перша дослідна установка. Вона дозволяла проводити випробування вимикачів у режимі короткого замикання в повітряному середовищі. Згодом почали розробляти більш складні пристрої для гасіння дуги, що використовувались як дугогасильні середовища, стиснене повітря (**air**), трансформаторну оливу, елегаз і вакуум.

1.2 Особливості гасіння електричної дуги в оливі

Вимикачі з оливним дугогасильним середовищем з'явилися наприкінці дев'ятнадцятого століття і довгі роки були єдиним видом комутаційних апаратів у колах високої напруги. Спосіб гасіння електричної дуги (**electric arc**) в середовищі оливи поступово почав широко застосовуватись в конструкціях вимикачів змінного струму напругою 6-10 кВ, а згодом і в конструкціях напругою 35-220 кВ [8].

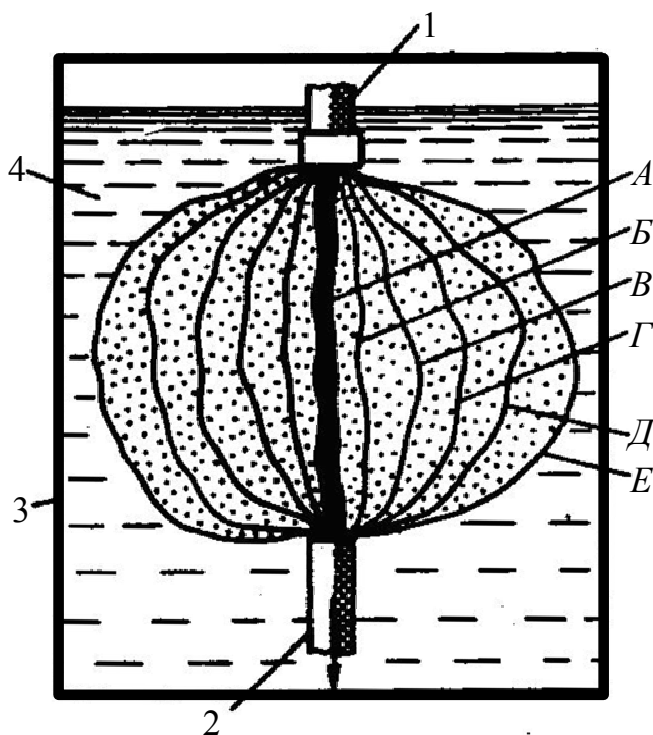


Рисунок 1.1 – Електрична дуга в сфері газового пузиря в оливі: 1 – нерухомий контакт; 2 – рухомий контакт; 3 – стінка бака; 4 – олива; А – стовп дуги; Б – воднева оболонка; В – зона розпаду; Г – зона газу; Д – зона пари; Е – зона випару

Дуга, яка виникає при комутації електричних кіл та розмиканні контактів вимикача, має високу температуру (5000-6000°C), це призводить до дуже інтенсивного випаровування дугогасильного середовища - оливи та дисоціації її парів. Навколо дуги утворюється газовий пузир, заповнений наполовину парами оливи і наполовину продуктами її розпаду (див. рис. 1.1). Останні містять приблизно 70 % водню (причому в сфері дуги і її ореолу утримується атомарний водень (**hydrogen**)), приблизно 17 % ацетилену, 9 % метану й інші газоподібні вуглеводи. У дуже малих кількостях виділяється вільний вуглець, що може осідати на поверхні деталей з ізоляційних матеріалів (в основному горизонта-

льно розташованих). Водень має найбільшу теплопровідність і найменшу в'язкість із усіх газів. Ці властивості водню визначають його високу охолоджувальну здатність і значною мірою пояснюють добру дугогасильну здатність оливи. Крім того, нагріті дугою газу і пари оливи розширюються. Цьому значною мірою перешкоджає інерція навколишнього газового пузиря оливи і стінок бака або дугогасильного пристрою. Газу, що виділяється з величезною швидкістю, проникають безпосередньо в зону стовпа дуги, викликають перемішування холодного та гарячого газу в пазирі, створюють інтенсивне охолодження і деіонізацію дугового проміжку, особливо в момент проходження струму через свій природний нуль. Швидко (вибухове) розкладання оливи призводить до підвищення тиску всередині пузиря, що також сприяє ефективному гасінню дуги [4].

В оливних вимикачах звичайних конструкцій тиск у газовому пазирі підвищується до 0,5-1 МПа, а у вимикачах із дугогасильними камерами – ще більше. Підвищений тиск спричиняє збільшення електричної міцності залишкового стовбура дуги. У дугогасильному пристрої тиск набагато вищий. Слід зазначити, що сам процес розкладання оливи з утворенням газопарової суміші пов'язаний із відбором від дуги великої кількості енергії (30-35 %), що також сприятливо впливає на гасіння дуги.

У випадку, коли дуга горить у газовому пазирі, об'єм якого не обмежується стінками камери, середня температура газопарової суміші знаходиться в межах 800-1000 К, а у випадку горіння дуги у вузькому, обмеженому об'ємі при великих струмах, середня температура (**temperature**) газопарової суміші досягає 2000-2500 К. Тобто, відведення енергії від дуги, в даному випадку, буде значно більшим.

Деякі середні значення поздовжнього градієнта напруги у дузі, що охолоджується в оливі, наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Значення поздовжнього градієнта напруги у дузі, що охолоджується в оливі

Умови охолодження стовбура дуги в оливі	Поздовжній градієнт напруги, В/см
Дуга в газопаровому пазирі при великих значеннях струму	70-100
Дуга в інтенсивному поздовжньому потоці газопарової суміші	200
Дуга в атмосфері водню при малих струмах (не більше 2 А)	400
Дуга в каналах камери з поперечним дуттям при великих струмах, при тиску p , Па	$5,5 \cdot 10^{-4} p$

Процес гасіння (**extinguishing**) в середовищі оливи відбувається тим інтенсивніше, чим більше дотикається дуга з оливою і чим швидше вона рухається відносно дуги. При розриванні дуги в оливі, дуга оточена пузирем, заповненим парами газів, що знаходяться у відносно спокійному стані. Вплив самої оливи на дугу відносно малий, проте він істотно збільшується, якщо дуговий розрив обмежити якимось замкненим ізоляційним пристроєм, так званим, дугогасильним пристроєм (камерою). У дугогасильних камерах створюється більш тісний дотик оливи з дугою, а також інтенсивне обдування дуги потоками газів, парами оливи і самою оливою. В результаті цього значно зростає поздовжній градієнт напруги, пришвидшується процес деіонізації, скорочується час горіння дуги, зменшується хід контактів, у порівнянні з простим розриванням дуги в оливі.

Під час руху контактів довжина дуги і розміри газового пузиря збільшуються. При деякій довжині дуги в один з моментів переходу струму через нуль вона гасне. Значна кількість водню в газовому пузирі і визначає високу дугогасильну здатність трансформаторної оливи. Розглянутий спосіб гасіння дуги в середовищі оливи одержав назву простого розриву в оливі.

У вимикачах з великим об'ємом оливи (бакових) гарячі гази, що виходять з камери, попадають в оливу, у якій конденсуються пари, а гази охолоджуються при проходженні крізь шар оливи над дугогасильним пристроєм. У повітряний простір між поверхнею оливи і кришкою бака попадають вже охолоджені гази. При недостатній висоті оливи в камері, гази (водень, метан (**methane**) і ін.) не встигають охолоджуватися. Надходження ж гарячих газів у повітряний простір може призвести до вибуху оливного вимикача. Неприпустимий вихід гарячих газів і в атмосферу. Тому оливні вимикачі забезпечуються оливовід'єднувачами, в яких конденсуються пари оливи і охолоджуються продукти її розпаду.

1.3 Дугогасильні пристрої оливних вимикачів

Перші оливні вимикачі складалися з бака (резервуара) круглої, овальної або прямокутної форми. Крізь кришку такого бака проходили ізолятори, на нижніх кінцях яких кріпилися нерухомі контакти. Рухомий контакт, який перемикає два нерухомих контакти одного полюса, з'єднувався з приводним механізмом за допомогою ізоляційної тяги. Бак заповнювався трансформаторною оливою до визначеного рівня, але так, щоб контактна система була повністю занурена в оливу. Між поверхнею оливи і кришкою бака знаходилося повітря, яке відповідало атмосферному тиску (повітряна подушка).

У розглянутому вимикачі олива (**olive tree**) служить не тільки дугогасильним середовищем, але й ізоляцією між розімкнутими контактами од-

ного полюса (і контактами сусідніх полюсів, якщо всі полюси знаходяться в одному баку). Бак оливного вимикача може бути заземлений або ізолюваний від землі, наприклад, розміщенням його на ізоляторі. Якщо бак оливного вимикача заземлений, то олива також є ізоляцією між частинами, що знаходяться під напругою і заземленими частинами. Такі вимикачі мають назву бакових або багатооб'ємних оливних вимикачів [13].

Якщо бак оливного вимикача ізолюваний, то олива може бути або тільки дугогасильним середовищем, або одночасно дугогасильним середовищем і ізоляцією між розімкненими контактами одного полюса. Такі вимикачі мають назву вимикача з малим об'ємом оливи (малооб'ємні або малооливні). Олива в цих вимикачах є їх основною класифікаційною ознакою за способом гасіння (**extinguishing**) дуги.

В конструкціях оливних вимикачів застосовують різного роду дугогасильні системи (рис. 1.2). Простий розрив в оливі (рис. 1.2,а) застосовують у вимикачах без дугогасильних камер. Проста гасильна камера - це металевий корпус з ізолюваними стінками або зі спеціальної пластмаси, що має досить велику механічну міцність (рис. 1.2,б). У верхньому дні такого корпусу кріпиться нерухомий (**stationary**) контакт (**contact**), а в нижньому є отвір для рухомого контакту циліндричної форми. Причому кільцевий зазор між рухомих контактом і стінками отвору в дні незначний.

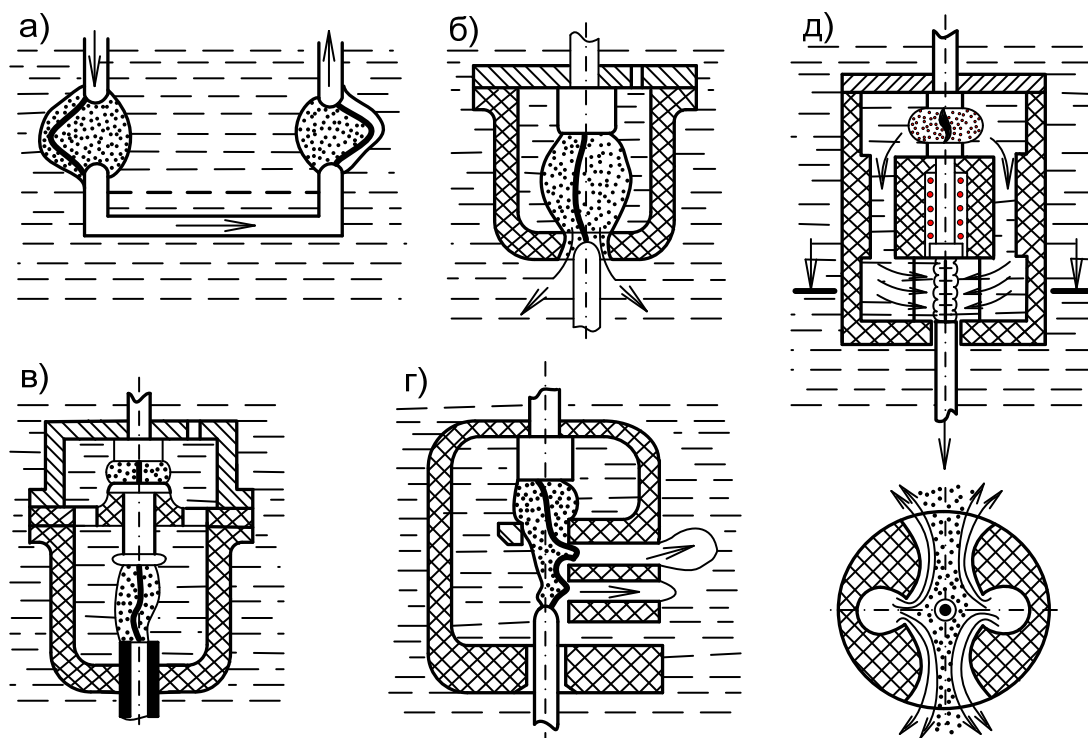


Рисунок 1.2 - Схеми дугогасильних пристроїв оливних вимикачів

При розмиканні нерухомого і рухомого контактів між ними виникає дуга і утворюється газовий пузир. Внаслідок невеликого об'єму дугогасильного пристрою, тиск у газовому пазирі істотно більший, ніж при простому розриві в оливі. При виході рухомого контакту з отвору у дні, слідом за ним з дугогасильного пристрою виринається потік газу і парів оливи, що знаходяться під великим тиском у камері. Цей процес має назву газооливого дуття. Такий момент найбільш сприятливий для гасіння дуги. Але він може і не збігатися з моментом проходження струму через нуль, і тоді ефективність гасіння дуги істотно зменшується. При вимкненні малих струмів тиск у дугогасильному пристрої незначно підвищується і гасіння дуги відбувається так само, як і при простому розриві в оливі.

У дугогасильному пристрої з поздовжнім оливним дуттям (рис. 1.2, в) корпус розділений ізоляційною перегородкою з отворами на дві частини. У центрі перегородки розташований проміжний контакт, що може переміщуватись на невелику відстань. У верхній частині корпуса закріплено нерухомий контакт, а в нижній є отвір для трубчатого рухомого контакту. При увімкненому положенні оливного вимикача нерухомий контакт торкається верхнього кінця проміжного контакту, а нижній – рухомого контакту. При вимкненні починається одночасне переміщення рухомого і проміжного контактів, утворюється проміжок між проміжним та нерухомим контактами і між ними виникає дуга, яка називається генерувальною. Вона створює тиск усередині корпуса. Проміжний контакт проходить відстань 15–20 мм і зупиняється. Тоді між ним і рухомим контактом, що продовжує свій рух, виникає друга дуга, яка називається гасильною. Під дією тиску, створеного генерувальною дугою, олива спрямовується до гасильної дуги, входить у тісне зіткнення з нею і через порожнину трубчатого рухомого контакту виходить у бак вимикача, у якому олива знаходиться під атмосферним тиском. Отже, ефективний вплив газооливової суміші на дугу відбувається усередині дугогасильного пристрою ще до виходу з нього рухомого контакту, що сприяє швидкому гасінню дуги при переході струму через нуль.

У дугогасильному пристрої з поперечним оливним дуттям (рис. 1.2, г) до корпуса приєднано набір ізоляційних пластин з центральними отворами. Частина пластин (через одну) має прорізи (щілини), що виходять назовні. При розімкненні нерухомого і рухомого контактів між ними виникає дуга, що створює підвищений (**increased**) тиск у камері. Вихід оливи з камери через прорізи в пластинах закритий рухомим контактом. Після проходження рухомого контакту першої щілини, відкривається вихід оливи з дугогасильного пристрою. Поперечний струмінь оливи входить у тісне зіткнення з дугою, сприяючи її гасінню. Якщо після відкриття рухомим контактом першої щілини не відбулося гасіння дуги, то відкриється друга щілина і на дугу впливатимуть уже два струмені оливи і т.д.

Дугогасильні пристрої з оливним дуттям дозволили істотно підвищити надійність роботи оливних вимикачів, збільшити їх струми вимкнення і

номінальні напруги. Ефективність роботи дугогасильного пристрою з оливним дуттям істотно залежить від струму вимкнення. При великих струмах вимкнення тиск у дугогасильному пристрої значний і гасіння дуги відбувається успішно. При малих струмах тиск у камері невеликий і ефективність гасіння дуги знижується. Крім того, тиск змінюється і при синусоїдальній зміні струму за період: він більший при максимумі струму і менший при переході струму через нуль. Для успішного гасіння дуги саме при переході струму через нуль необхідно забезпечити більш ефективний вплив оливи на дугу.

Дугогасильні системи (камери) сучасних оливних вимикачів за принципом дії поділяються на три основні групи.

1. *Дугогасильні пристрої з автодуттям*, в яких дуття газопарової суміші і оливи в зону гасіння дуги створюється за рахунок енергії, що виділяється самою дугою.

2. *Дугогасильні пристрої з примусовим оливним дуттям*, в яких олива в зону гасіння дуги (до місця розривання дуги) подається за допомогою спеціальних гідравлічних механізмів за допомогою стороннього джерела енергії.

3. *Дугогасильні пристрої з магнітним гасінням дуги в оливі*, в яких стовп дуги під впливом поперечного магнітного поля переміщується у вузькі, заповнені оливою канали і щілини, утворені стінками з ізоляційного матеріалу.

Найбільш поширеними в конструкціях як бакових, так і малооливних вимикачів є дугогасильні пристрої першої групи, оскільки вони забезпечують велику ефективність гасіння при порівняно нескладних конструкціях камер. Принципові схеми роботи найпростіших дугогасильних камер з автодуттям наведено на рис. 1.3.

Газовий пузир, який утворюється навколо дуги при розмиканні контактів, призводить до істотного підвищення тиску в обмеженому об'ємі камери (стан I). Олива і продукти її розпаду, намагаючись вийти через отвори в камері, створюють інтенсивне поздовжнє обдування дуги потоками газопарової суміші і оливи вздовж дуги (рис. 1.3, а) при виході рухомого контакту з камери (стан II), або поперек дуги (рис. 1.3, б) при наявності вихлопного отвору, розташованого проти місця розриву (стан II). Після гасіння дуги камера наповнюється оливою (стан III).

Сучасні оливні вимикачі обладнуються також більш складними камерами, в яких використовуються показані принципи в різних комбінаціях з одним, двома і більшою кількістю розривів на фазу (**phase**) або мають камери з поздовжньо-поперечним дуттям.

Для деякого вирівнювання тиску при вимкненні різних струмів, а також при зміні струму за півперіод, в конструкціях дугогасильних камер застосовують такі удосконалення:

1. Введення в дугогасильний пристрій повітряної подушки. Для цього у верхній частині корпусу камери передбачається закритий простір. У ньому при заповненні вимикача оливою залишається певний об'єм повітря,

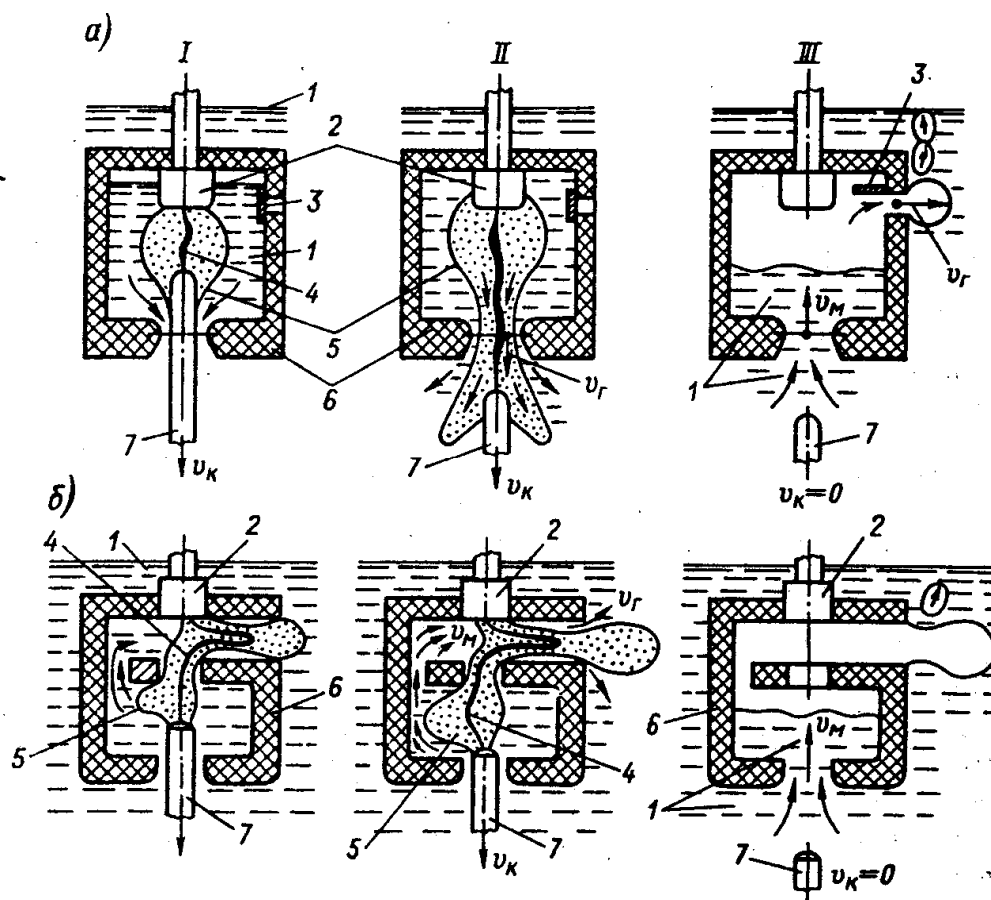


Рисунок 1.3 – Процес гасіння електричної дуги в камерах з автодутьям: а – камера поздовжнього дуття; б – камера поперечного дуття: 1 – олива; 2 – нерухомий контакт; 3 – клапан; 4 – дуга; 5 – газовий пухир; 6 – камера; 7 – рухомий контакт

яке, стискаючись при максимальному струмі вимкнення, зменшує удар в стінки камери. Коли струм переходить через нуль і тиск в околі дуги зменшується, стиснене повітря виштовхує оливу і створює додаткове дуття.

2. Введення повітряної подушки, утвореної пружинно-поршневим механізмом. При підвищенні тиску в дугогасильному пристрої, поршень, стискаючи пружину, піднімається, збільшуючи об'єм дугогасильної камери і, тим самим, зменшуючи тиск у ній. При зменшенні струму, тиск починає зменшуватися, але поршень, опускаючись, підтримує тиск на необхідному рівні.

3. Зміна довжини генерувальної дуги. Для цього нерухомий контакт системою важелів з'єднується з пружинно-поршневим механізмом, який реагує на тиск у дугогасильній камері. При підвищенні тиску в камері понад установлений, поршень, піднімаючись, переміщує нерухомий контакт,

наближаючи його до проміжного так, щоб відстань між цими контактами і довжина дуги зменшувались. При зменшенні тиску поршневий механізм розводить контакти, збільшуючи довжину дуги. У результаті тиск у камері підтримується на необхідному рівні.

4. Створення інтенсивного оливного дуття незалежного від струму. Таке дуття поперек дуги створюється потужним пружинно-поршневим механізмом при розмиканні контактів. Такі вимикачі мають назву імпульсних оливних вимикачів. Але через складність конструкції як самого оливного вимикача, так і привода до нього, імпульсні оливні вимикачі не набули поширення.

5. Застосування дугогасильних камер зустрічно-поперечного оливного дуття (рис. 1.2, д).

Удосконалення конструкції оливного вимикача відбувалось не тільки поліпшенням роботи дугогасильного пристрою, але і поліпшенням ізоляційних конструкцій та інших елементів вимикача. Завдяки простоті конструкції, оливні вимикачі широко застосовуються в розподільних установках станцій та підстанцій, де неможливим є використання інших типів вимикачів, наприклад, – повітряних. Оливні вимикачі виготовляються на напруги від 10 до 220 кВ, номінальні струми від 200 до 11 200 А і струми вимкнення 90 кА.

Контрольні запитання

1. Сформулюйте загальні умови гасіння електричної дуги в оливних вимикачах.
2. Які особливості гасіння електричної дуги в оливі?
3. За рахунок чого гаситься електрична дуга в оливі?
4. Чим відрізняються дугогасильні пристрої з автодуттям і примусовим оливним дуттям?
5. Назвіть основні схеми дугогасильних пристроїв оливних вимикачів.

2 ОЛИВНІ БАКОВІ ВИМИКАЧІ РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК

Баківні оливні вимикачі широко застосовуються в розподільних (**distributive**) мережах напругою 35 кВ та 110-220 кВ завдяки простій конструкції та високій вимикальній здатності. Баківні вимикачі поділяються на однобаківні (коли струмопровідні частини трьох полюсів знаходяться в одному загальному баку) і трьохбаківні (коли струмопровідні частини кожного полюса знаходяться в окремих баках). В оливних баківних вимикачах олива використовується для гасіння дуги і ізоляції струмопровідних частин між собою та від землі. Керування оливними вимикачами виконується за допомогою привода. В приводах використовують різні види енергії, в залежності від цього їх поділяють на ручні, пружинні, електромагнітні, електродвигунові та пневматичні. Найбільш широко застосовують електромагнітні та пружинні приводи.

2.1 Баківні вимикачі напругою 10 - 35 кВ

В розподільних установках напругою 10 кВ, а в деяких мережах і при напрузі 35 кВ, оливний вимикач має один бак, в якому знаходяться контактні системи усіх трьох полюсів (фаз). При напругах 35 кВ частково, а при напругах 110-220 кВ для кожної фази вимикача передбачено свій окремий бак.

На рис. 2.1 схематично показано баківний оливний вимикач без спеціальних пристроїв для гасіння дуги (простий розрив в оливі). Сталевий бак вимикача підвішаний до відлітої чавунної кришки 3 за допомогою болтів.

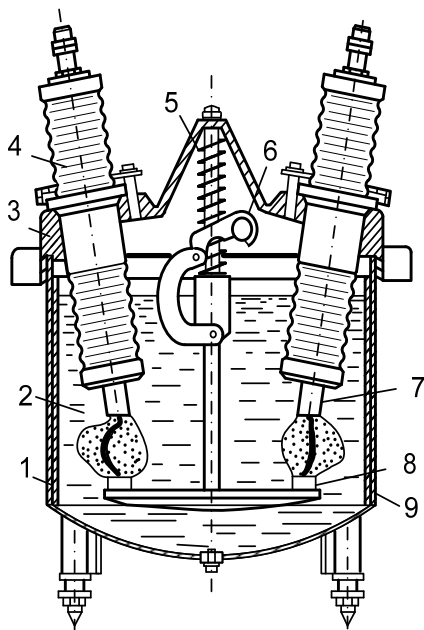


Рисунок 2.1 - Схематичний переріз оливного баківного вимикача

Через кришку проходять шість фарфорових ізоляторів 4, на нижніх кінцях струмопровідних стержнів яких нерухомо закріплено контакти 7. Рухомі контакти 8 знаходяться на контактному містку або траверсі. Рух їм передається за допомогою ізолювальної тяги від приводного механізму, який знаходиться під кришкою вимикача. В увімкненому стані траверса піднята і контактний міст замикає коло між нерухомими контактами. При цьому вимикальна пружина 5 стиснена. Вимикач в увімкненому стані утримується заціп-

кою привода, з яким він зв'язаний валом 6. При вимкненні вимикача автоматично або вручну, звільнюється зачіпка і під дією пружини траверса швидко опускається вниз (швидкість руху сягає 1,5-2,7 м/с), при цьому виникає розрив кола в двох точках на кожному полюсі вимикача. Дуги, які виникають, нагрівають і випаровують оливу 2, виникає газопаровий пузир. Тиск всередині пузиря сягає 0,5–1 МПа, що підвищує деіонізуючу здатність газів. Дуга гасне через 0,08–0,1с. На стінках бака є захисні ізоляційні покриття 9. Як показано на рис. 2.1, олива в бак вимикача заливається не повністю, під кришкою залишається повітряна подушка. Це необхідно для зменшення сили удару в кришку вимикача, зумовлену високим тиском, який виникає в процесі гасіння дуги. Якщо рівень оливи буде неприпустимо низьким, то утворені гази під кришкою матимуть високу температуру, що може викликати вибух суміші водню з повітрям. У вимикачі, зображеному на рис. 2.1, немає ніяких спеціальних пристроїв для гасіння (**extinguishing**) дуги, тому вимикальна здатність його невелика. Вимикачі такої конструкції (ВМБ-10, ВМЕ-6, ВМЕ-10, ВС-10) використовувались в установках напругою 6-10кВ, але тепер вони витісняються малоб'ємними оливними вимикачами та вакуумними [5,10].

Для зовнішніх розподільних установок напругою 35 кВ і вище бакові оливні вимикачі завдяки простоті конструкції використовуються досить широко і в наш час. Вони мають спеціальні пристрої для гасіння дуги – дугогасильні камери.

У баковому оливному вимикачі типу **МКП-35-1000-25/У1** напругою 35 кВ (рис. 2.2) усі три полюси і привод змонтовані на загальному звареному каркасі, причому на кришці кожного полюса змонтовані всі основні вузли вимикача. Баки овальної форми. На дні бака знаходиться пристрій для підігріву оливи. Підйом і опускання бака здійснюються за допомогою лебідки 6. Вимикач обладнаний дугогасильним пристроєм з поперечним оливним дуттям. На кожному введенні можуть бути розміщені по два вбудованих вимірювальних трансформатори струму (ВТС). На рисунку 2.2 в дужках зазначені розміри вимикача із введеннями, що мають ізоляцію (**isolation**) категорії Б. Привод електромагнітний типу ПЭ-31.

Дугогасильні пристрої у вигляді жорстких камер закріплюються на нижньому кінці струмопровідного стержня вводу високої напруги. В деяких вимикачах дугогасильна камера закріплюється на нижній частині штанги. В камері може бути один або декілька розривів в залежності від номінальної напруги вимикача.

Чим вища напруга, тим більше має бути розривів. Для рівномірного розподілу напруги між основними розривами, паралельно до них вмикається шунтувальний опір. Після гасіння дуги на основних розривах, струм, який проходить через шунтувальний опір, гаситься на допоміжних розривах поза камерою.

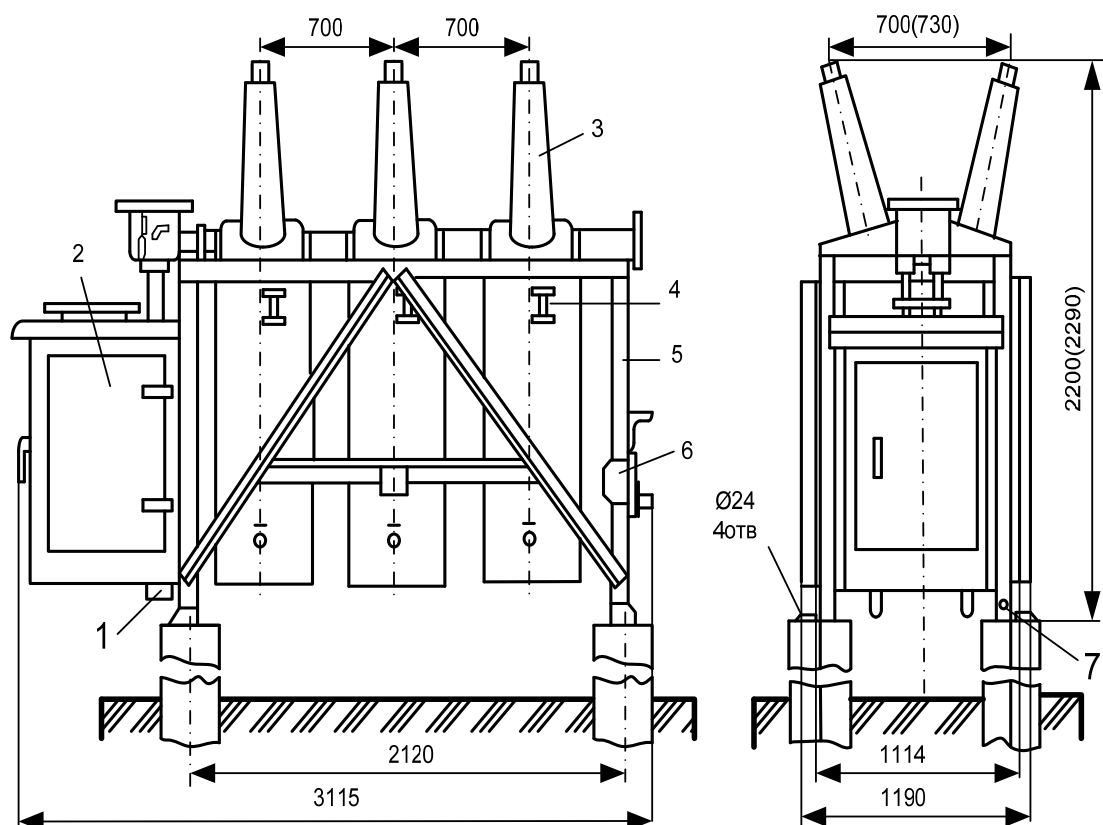


Рисунок 2.2 - Загальний вигляд бакового оливного вимикача **МКП-35**:

1 – муфта для проходу кабелю; 2 – шафа з приводом; 3 – ввід;
4 – оливопоказчик; 5 – каркас; 6 – лебідка; 7 – болт заземлення

В дугогасильних пристроях за допомогою ізоляційних пластин і вихлопних щілин утворюються робочі канали, по яких відбувається рух оливи і газів (дутьтя). В залежності від розміщення каналів, використовуються камери з поперечним, поздовжнім і зустрічно-поперечним дутьтям.

В бакових вимикачах типу **С-35-630-10** (загальний вигляд наведено на рисунку 2.3) на кожному полюсі є одна дворозривна рухома камера. Кожен полюс зібрано на масивній чавунній кришці (рис.2.4,а). До кришки підвішується бак, внутрішні стінки якого ізолювані електрокартоном. Під кришкою встановлено привідний механізм з системою важелів, які забезпечують прямолінійний рух штанги. Механізми всіх трьох полюсів з'єднані тягами між собою і з приводом вимикача. Через отвір в кришках пропущені вводи, на кінцях яких закріплені нерухомі Г-подібні контакти з металокерамічними напайками. На кожному ввіді під кришкою встановлено вимірювальні (**measuring**) трансформатори струму.

До нижньої частини штанги, яка виконана з ізолювального матеріалу, прикріплена дугогасильна камера, що складається з двох корпусів,

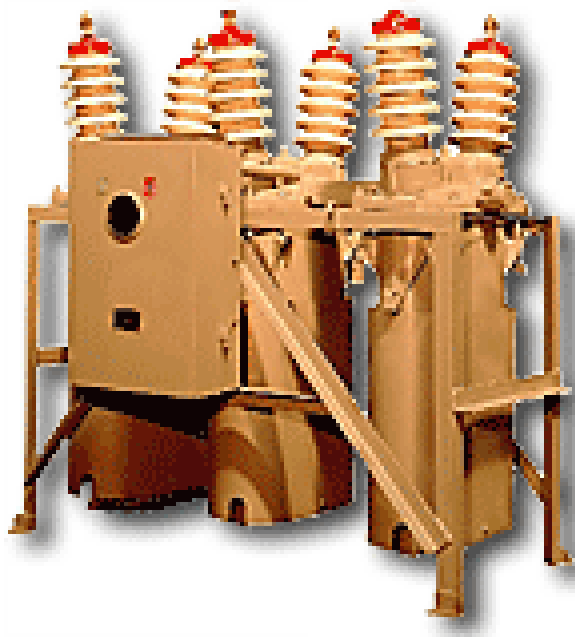


Рисунок. 2.3 - Загальний вигляд вимикача типу С-35

з'єднаних стяжними болтами (рис. 2.4,б). Внутрішня поверхня камери покрита дугостійким ізоляційним матеріалом. В камері встановлено рухомий контакт у вигляді перемички, яка опирається на чотири контактні пружини 7. В місцях дотику до нерухомого контакту 6 напаяні металокерамічні пластинки. При увімкненні штанга 1 опускається вниз разом з камерою 4, в результаті цього виникає два розриви і загоряється дуга в камері. Тиск в камері різко підвищується, і як тільки відкриваються вихлопні отвори 5, виникає поперечне дуття. При вимкненні великих струмів це дуття енергійне, і дуга ефективно гасне.

При вимиканні малих струмів, після виходу нерухомих контактів із камери через вихлопні отвори 5 виникає поздовжнє дуття, яке забезпечує гасіння дуги. В дугогасильному пристрої є повітряна подушка - невелика металева камера 2, яка заповнена повітрям і зв'язана з основним об'ємом дугогасильної камери, заповненої оливою. В поперечному розрізі камери, каналів, по яких здійснюється цей зв'язок, не видно. В перший момент запалення дуги, коли тиск різко підвищується, частина оливи стискає повітря і таким чином трохи зменшує удар в стінки камери. В момент, коли струм в дузі проходить через нуль і тиск в зоні дуги зменшується, стиснене повітря відштовхує оливу і виникає додаткове дуття. Після гасіння дуги продукти розпаду оливи виходять з камери, проходять повз шар оливи в баку, охолоджуються і через спеціальні газовідводи в кришках викидаються назовні. Камера заповнюється оливою і вимикач готовий до наступного циклу операцій увімкнення - вимкнення.

2.2 Бакові підстанційні вимикачі напругою 110-220 кВ

Бакові оливні вимикачі виготовлялись також як підстанційні на напруго 110 кВ і вище. Всі вимикачі є однобаковими і мають, в залежності від виконання, один привод на всі три полюси або пополюсне керування. Габаритні розміри оливного бакового вимикача серії У-110 наведено на рис. 2.5.

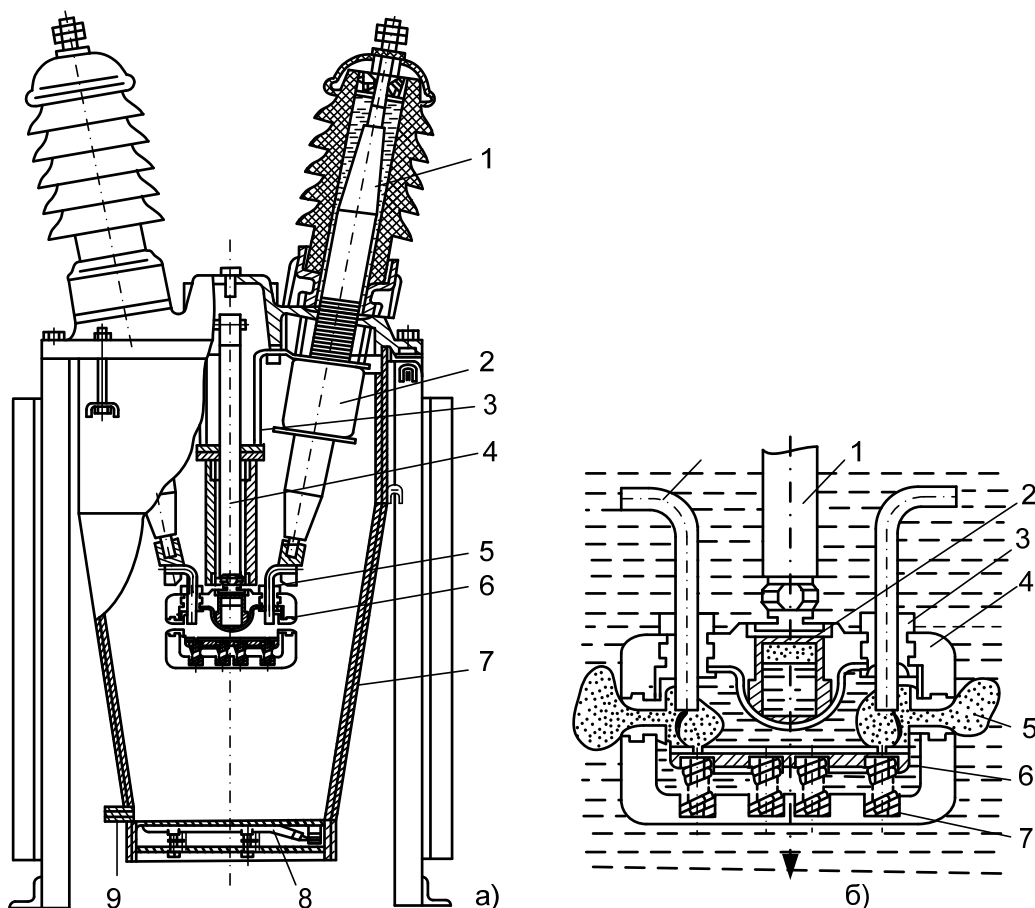


Рисунок 2.4 - Вимикач баковий оливний **С-35-630-10**:

а – переріз полюса: 1 – ввід; 2 – трансформатор струму; 3 – корпус приводного механізму; 4 – штанга; 5 – нерухомий контакт; 6 – дугогасильна камера; 7 – внутрішньо бакова ізоляція; 8 – нагрівальний пристрій; 9 – оливоспускний пристрій;

б – дугогасильна камера в процесі вимкнення: 1 – штанга; 2 – металева камера з повітряною подушкою; 3,5 – вихлопні отвори; 4 – дугогасильна камера; 6 – рухомий контакт; 7 – контактні пружини; 8 – нерухомий контакт

Баковий оливний вимикач напругою 110 кВ типу **У-110-2000-50/У1** (рис. 2.6) має три баки циліндричної форми 1. На кришці бака змонтовані оливонаповнені вводи 2, приводний механізм 3, запобіжний клапан, коробки з вбудованими вимірювальними трансформаторами струму (ВТС) і патрубки для заливу оливи. На кожному баку є лази для доступу усередину бака і до пристрою для підігріву оливи, які розташовані під дном бака.

Зсередини стінки бака в кілька шарів ізолювані електрокартоном 5. На кожному полюсі може бути встановлено до чотирьох вмонтованих ВТС 4. Приводний механізм 3 з'єднаний з ізоляційною тягою 6, що переміщується у вертикальному напрямку, і зі сполучною тягою, що рухається в горизонтальному напрямку. Два дугогасильних пристрої 7 із шунтувальним резистором 8 закріплено на нижніх кінцях вводів 2.

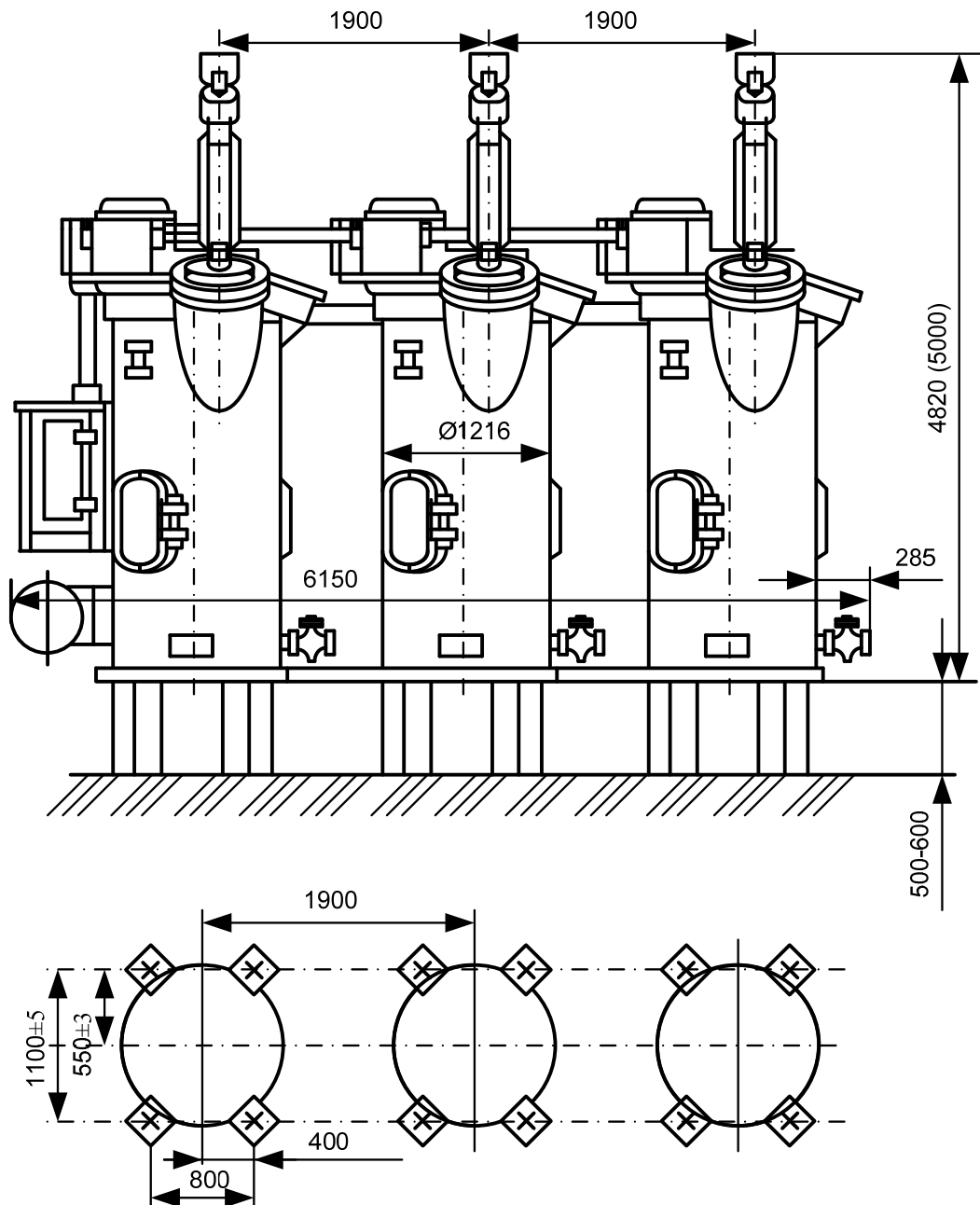


Рисунок. 2.5 - Загальний вигляд вимикача типу **У-110-2000-50/У1**

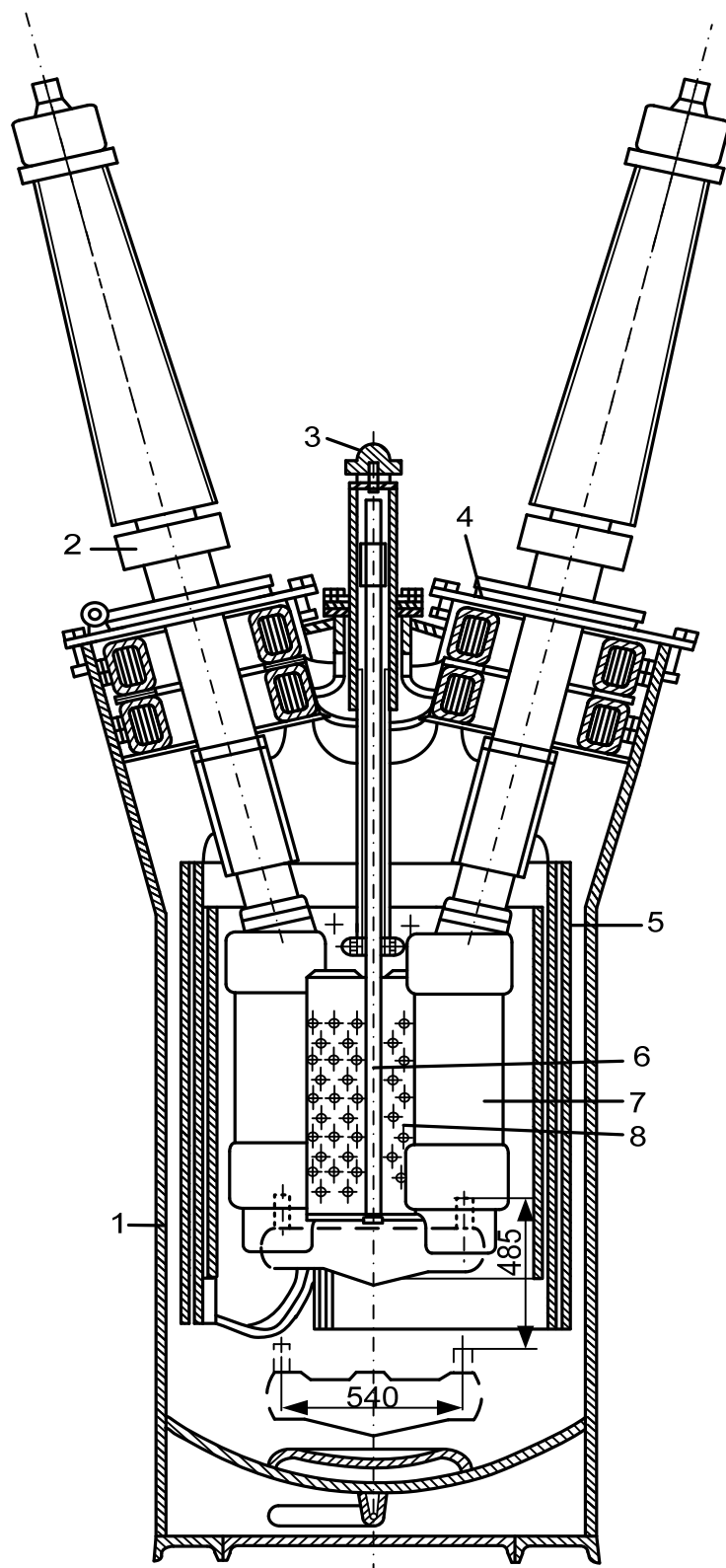


Рисунок 2.6 - Поліус бакового олівного вимикача типу **У-110**:
 1 – бак; 2 – ввід олівонаповнений; 3 – приводний механізм; 4 – вбудовані
 ВТС; 5 – ізоляція бака; 6 – ізоляційна тяга; 7 – дугогасильний пристрій; 8 –
 шунтувальний резистор

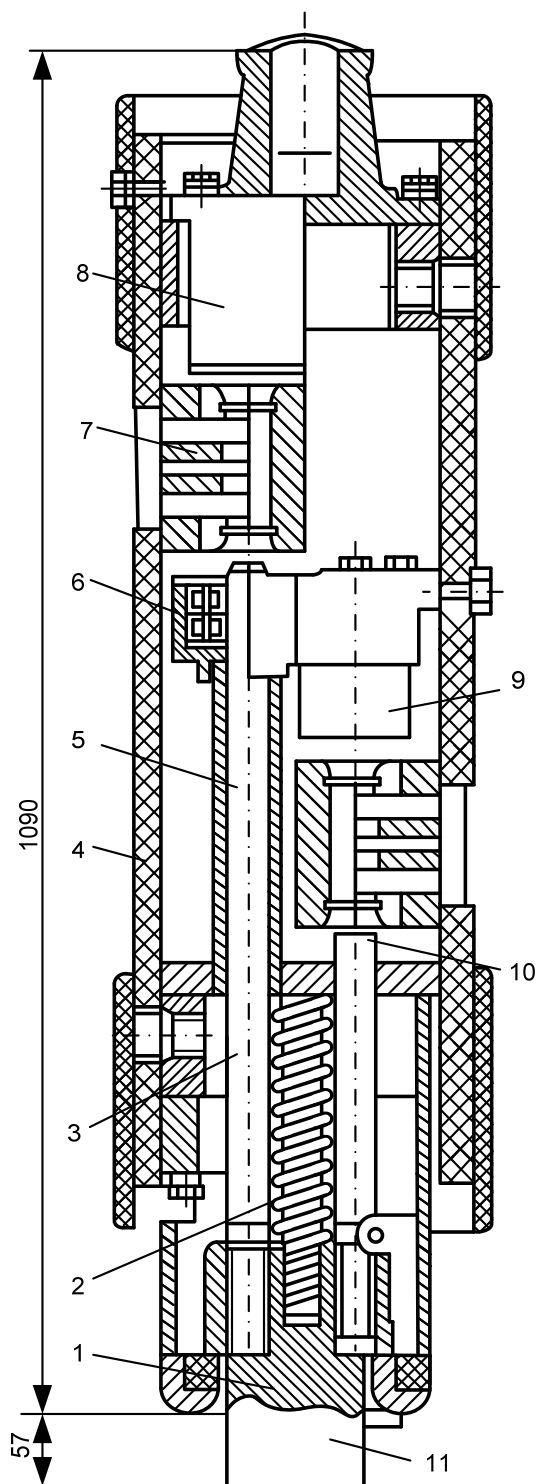


Рисунок. 2.7 - Дугогасильний пристрій поперечного оливного дуття

никнення двох дуг, що гасяться в дугогасильних камерах 7. Переміщенню рухомих контактів сприяє пружина 2.

Гази, які виходять з дугогасильного пристрою, передають шарам оливи, що знаходиться над ними, велику кінетичну енергію. Олива набирає

В ізоляційному корпусі дугогасильного пристрою 4 (рис. 2.7) закріплено по дві камери поперечного оливного дуття 7, з'єднаних послідовно за допомогою перемички 6 з струмознімальними контактами. У корпусі 4 закріплені торцеві нерухомі контакти 8. Рухома контактна система складається з корпусу 1, в який вкручені правий циліндричний рухомий контакт 10 і ізоляційний стрижень 3, у верхній частині якого закріплено лівий рухомий контакт 5. При увімкненні вимикача рухома траверса з двома циліндричними контактами (на рисунку не показано) піднімається і входить у контакт з корпусом 1. При наступному її руху разом з нею піднімаються і рухомі контакти 5 та 10 і входять, відповідно, в нерухомі контакти 8 і 9, замикаючи електричне коло.

При вимкненні вимикача рухома траверса разом з контактами 5 та 10 опускається і відбувається розімкнення рухомих контактів 5 та 10 з нерухомими контактами 8 і 9 і ви-

певної швидкості та вдаряється в кришку бака. Швидкість оливи в момент удару може сягати 10–20 м/с.

Усі три полюси керуються одним електромагнітним або пневматичним приводом типу ПЕ-44, встановленим на першому полюсі. Привод за допомогою тяг з'єднаний з механізмами всіх трьох полюсів. Вимикач типу **У-110-2000-50/У1** має масу без оливи - 10500 кг, у кожному полюсі знаходиться біля 3500 кг оливи.

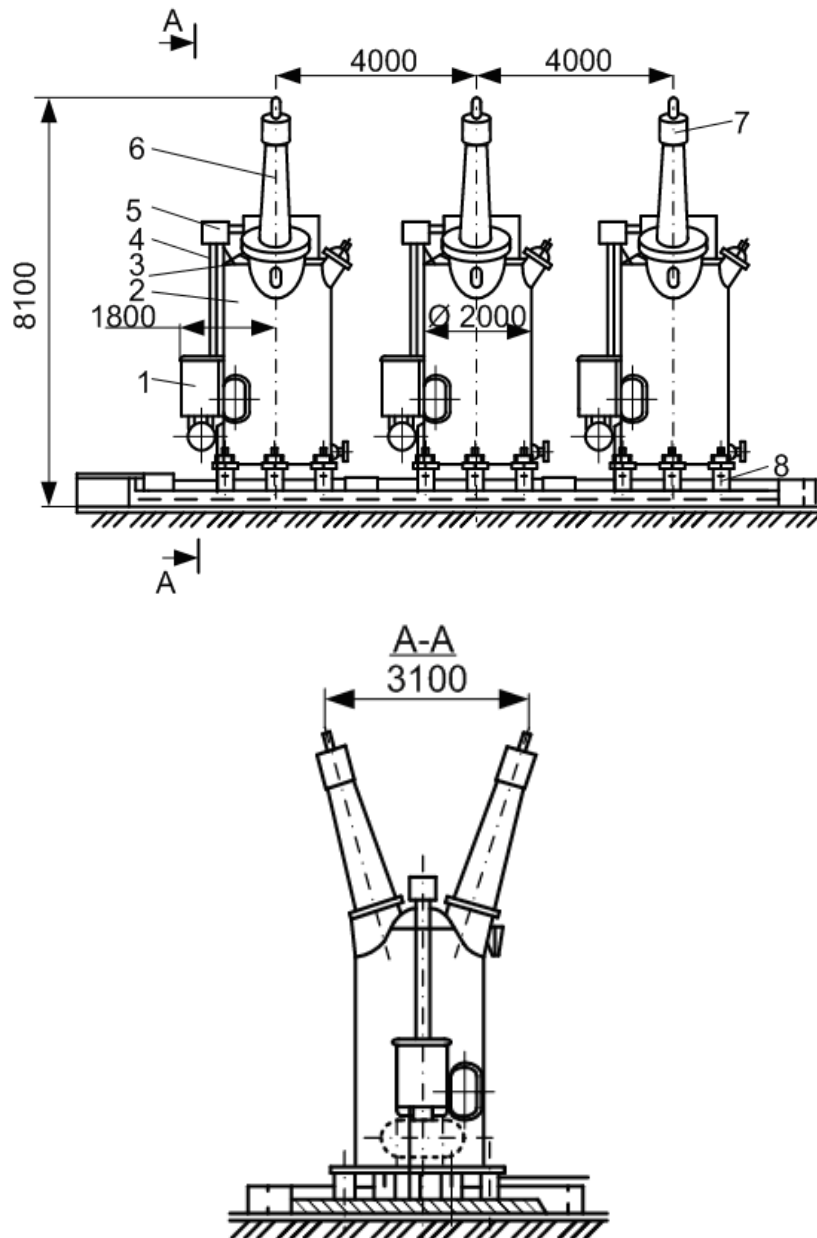


Рисунок 2.8 – Габаритні розміри бакового вимикача серії У-220:

1- пневматичний привод, 2 - бак , 3 – кришки, 4 - тяги для замикання і розмикання контактів, 5 - кутова коробка для з'єднання випрямного механізму, 6 - прохідний ізолятор, 7 - оливонаповнені вводи, 8 - фундаментні стояки

Бакові вимикачі з оливою як дугогасильне середовище виготовляються також і на більш високі напруги для відкритих розподільних установок, а саме - напругою 220 кВ.

Загальний вигляд бакового оливного вимикача У-220 наведено на рис. 2.8, а його габаритні розміри на рис. 2.9.

Розріз та конструкцію полюса оливного бакового вимикача серії У-220-2000-40У1 ($U_{\text{ном}} = 220$ кВ, $I_{\text{ном}} = 2000$ А, $I_{\text{вим.ном}} = 40$ кА) наведено на рис. 2.10. Несучою частиною кожного полюса є бак вимикача 2. На кришках бака змонтовані оливонаповнені введення 9, коробки приводних механізмів 8, коробки з вмонтованими вимірювальними трансформаторами струму 7, запобіжні клапани для захисту бака від поломки в аварійних ситуаціях. Внутрішня сторона бака ізолюється трьома шарами спеціального пластику і фібри 6. В кожному полюсі є два дугогасильних пристрої 4, які є камерами багаторазового розриву.

Всередині ізоляційного циліндра камери знаходяться три комплекти торцевих контактів і рухомі стержневі контакти, покриті вольфрамосрібною металокерамікою. Для рівномірного розподілу напруги по розривах використовуються шунтувальні опори.



Рисунок. 2.9 - Загальний вигляд вимикача типу У-220-2000-50/У1

Вимикач працює за двоступеневим циклом: спочатку розмикаються контакти дугогасильних камер, відбувається гасіння дуг і переривається коло основного струму, далі у відкритому розриві контактів траверси 3 і контактів дугогасильних камер переривається струм, що тече через шунтувальні опори. Траверса 3 приводиться в рух ізолювальною тягою 5, зв'язаною з приводним механізмом 8.

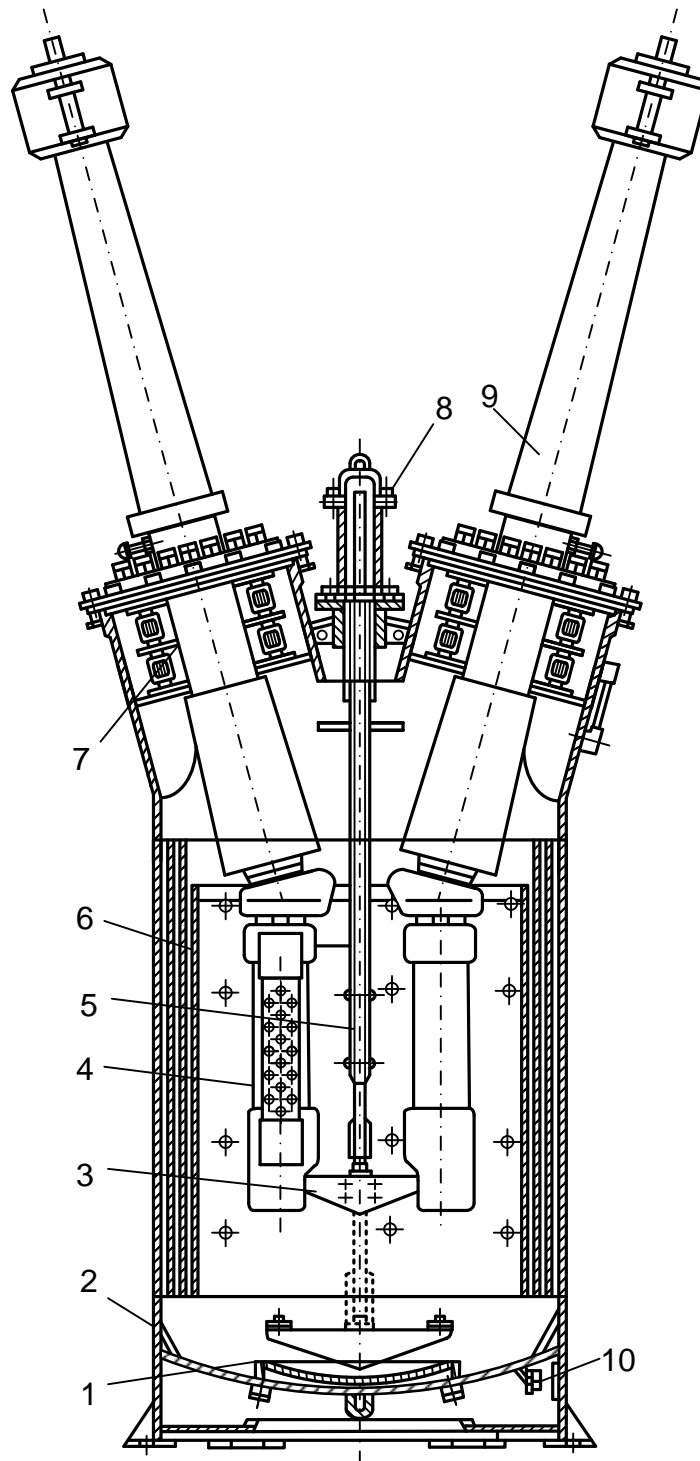


Рисунок 2.10 - Поліус олійного бакового вимикача У-220-2000-40У1

На дні бака встановлено льодоуловлювальний пристрій 1, який запобігає процесу спливання замерзлого конденсату. Для нагрівання оливи при низьких температурах до дна кріпиться пристрій електропідігріву 10, який вмикається при температурі повітря нижчій за мінус 15°C. Це необхідно, щоб не знижувалась швидкість переміщення рухомих частин вимикача при збільшенні в'язкості оливи.

Маса бакового вимикача серії У-220-2000/40-У1 без оливи складає майже 28000 кг, маса оливи на три полюси - 27000 кг.

Основні переваги бакових оливних вимикачів:

- простота та надійність конструкції;
- висока вимикальна здатність;
- придатність для зовнішнього встановлення;
- можливість встановлення вбудованих вимірювальних трансформаторів струму.

Недоліки бакових вимикачів:

- вибухо- і пожежонебезпека;
- необхідність періодичного контролю за станом і рівнем оливи в баку і введеннях;
- великий об'єм оливи, що потребує значного часу на її заміну;
- необхідність великих резервних запасів оливи на підстанції;
- непридатність до розміщення всередині приміщень;
- непридатність для виконання швидкодійного автоматичного повторного вмикання (АПВ);
- великі затрати металу;
- велика маса вимикача;
- незручність транспортування, монтажу та налагодження.

Переважним застосуванням бакових оливних вимикачів є розподільні мережі напругою 35 та 110–220 кВ, де їх поступово витісняють нові типи елегазових вимикачів.

Контрольні запитання

1. Які конструктивні особливості оливних бакових вимикачів?
2. На яку напругу виконуються оливні бакові вимикачі?
3. Де використовуються оливні бакові вимикачі?
4. Які особливості оливних бакових вимикачів напругою 110–220 кВ?
5. Основні переваги і недоліки бакових оливних вимикачів.

3 ОЛИВНІ МАЛООБ'ЄМНІ ВИМИКАЧІ РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК НАПРУГОЮ 6-10 кВ

Оливні малооб'ємні (малооливні) вимикачі широко застосовуються в закритих і відкритих розподільних установках різних класів номінальних напруг. Олива в цих вимикачах в основному є дугогасильним середовищем і тільки частково є ізоляцією між розімкненими контактами. Ізоляція струмопровідних частин між собою і від заземлених конструкцій здійснюється фарфором або іншими твердими ізоляційними матеріалами [8]. Малооб'ємні оливні вимикачі підрозділяються на:

- однорозривні (з одним місцем розриву струму на полюс);
- багаторозривні (з декількома місцями розриву струму на полюс).

Контакти вимикачів внутрішньої установки знаходяться в сталевому баку (горшку), звідки й пішла назва ряду вимикачів як "горшкові". Малооливні вимикачі напругою 35 кВ і вище мають фарфоровий корпус.

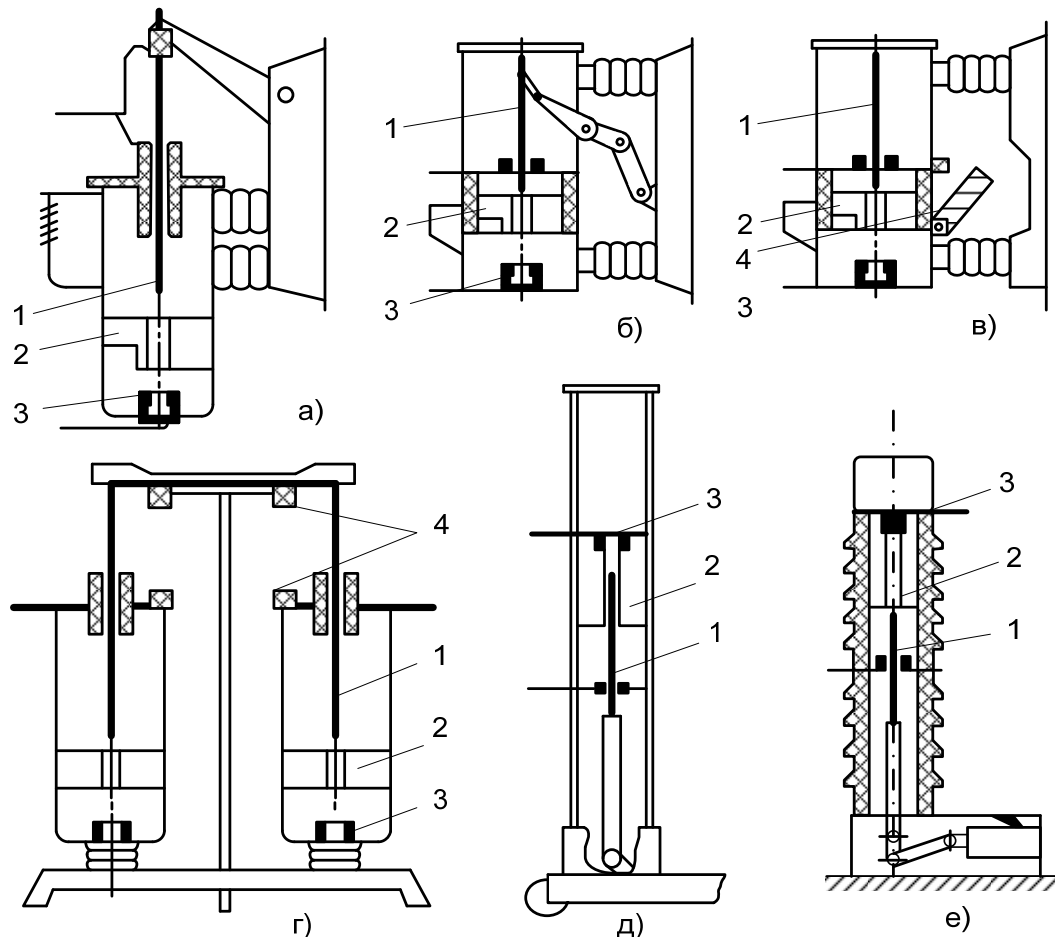


Рисунок 3.1 - Конструкції оливних малооб'ємних вимикачів:
1 – рухомий контакт; 2 – дугогасильна камера; 3 – нерухомий контакт;
4 – робочі контакти

Найбільш широко застосовуються вимикачі напругою 6-10 кВ підвісного типу (рис. 3.1, *а, б*). В цих вимикачах корпус закріплений на фарфорових ізоляторах на загальній рамі для всіх трьох полюсів. В кожному полюсі передбачено один розрив контактів в дугогасильній камері.

За конструктивною схемою, показаною на рис. 3.1 *а*, виготовляють вимикачі типу **ВПМ-10**, **ВМГ-10** (вимикач малооливний горшковий), а раніше виготовлялися вимикачі **ВМГ-133**.

За конструктивною схемою, наведеною на рис. 3.1, *б*, виготовляються вимикачі серії **ВМП** (вимикач малооливний підвісний). При значних номінальних струмах (в першу чергу, це генераторні установки) обійтись однією парою контактів, які виконують роль робочих і дугогасильних, важко, тому передбачено робочі контакти зовні (**from outside**) вимикача, а дугогасильні всередині металевого бачка (рис. 3.1, *в*). При комутації струмів в генераторних установках на кожний полюс передбачено два дугогасильних розриви (рис. 3.1, *г*). За такою схемою виконуються вимикачі серій **ВГМ**, **МГГ** і **МГ** (оливні генераторні) на напругу до 20 кВ включно. Масивні зовнішні робочі контакти 4 дозволяють використовувати вимикач при вимиканні значних номінальних струмів (до 12000 А).

Спеціально для комплектних розподільних установок (КРУ) розроблено колонкові малооливні вимикачі серії **ВК** за схемою, поданою на рис. 3.1, *д*. Для розподільних установок напругою 35 кВ і вище корпус колонкових малооливних вимикачів виконується фарфоровим і заповнюється оливою (рис. 3.1, *е*). У вимикачах напругою 35кВ та 110 кВ передбачено один розрив на фазу, при більш високих напругах — два і більше розривів в одній фазі.

Розглянемо особливості конструкцій та області використання деяких найбільш поширених типів оливних малооб'ємних вимикачів.

3.1 Вимикачі малооливні серії ВПМ

Вимикачі підвісного (**pendulous**) типу серії **ВПМ** (рис. 3.2) призначені для комутації електричних кіл в нормальному режимі роботи в мережах трифазного змінного струму номінальною напругою 10 кВ частотою 50 (60) Гц і для автоматичного вимкнення цих кіл при струмах короткого замикання та перевантаженнях, які виникають при ненормальних і аварійних режимах роботи установок. Вимикачі придатні для роботи при однофазному повторному увімкненні (АПУ).

Тип вимикача визначається типом приводу: для вимикачів типу **ВПМ-10** застосовуються приводи електромагнітні постійного струму типу ПЕ-11 або пружинні приводи типу ПП-67; для вимикачів типу **ВМП-10** застосовуються пружинні приводи ППВ-10. Кожен тип вимикачів має де-

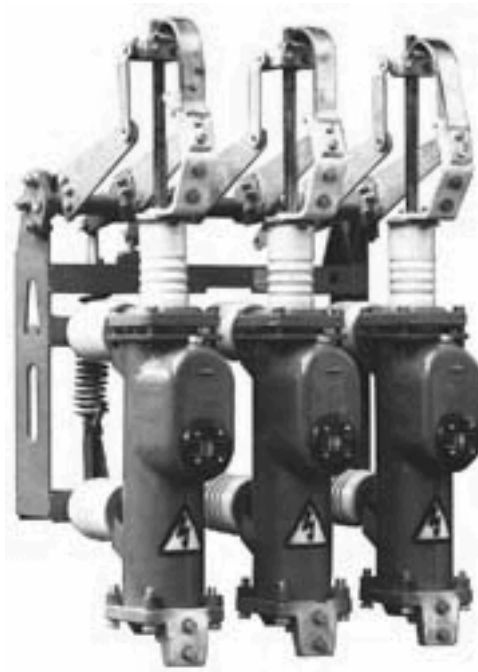


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд вимикача **ВПМ-10**

кілька типів виконань залежно від величини номінального струму та місця приєднання приводу.

Вимикачі випускаються кліматичного виконання типу **У** та категорій розміщення 3 і 2 (вимикачі серії **ВПМ-10**) і категорії розміщення 3 (вимикачі типу **ВПМП-10**).

Вимикачі **ВПМ** призначені для роботи в таких умовах:

- висота над рівнем моря - до 1000 м;
- температура навколишнього повітря - від -25°C до $+40^{\circ}\text{C}$ і $+35^{\circ}\text{C}$, відповідно, для **ВПМ** і **ВПМП**. При нижчій температурі за мінус 25°C необхідні підігрівальні елементи в КРУ або приміщенні РУ, які повинні забезпечувати підігрів повітря не нижче за вищезгадану температуру на весь час роботи вимикачів;
- відносна вологість навколишнього повітря не повинна перевищувати 80% при температурі $+20^{\circ}\text{C}$;
- навколишнє середовище вибухо- і пожежобезпечне, вміст пилу і газів не повинен перевищувати норм для атмосфери типу II за ГОСТ 15150-69. Вимикачі виконуються вбудованими в металеві негерметичні оболонки (камери) комплектних розподільних установок (КРУ).

Термін роботи вимикача 25 років. Загальна порівняльна характеристика технічних параметрів оливних малооб'ємних вимикачів типу **ВПМ-10** наведена в таблиці 3.1, а технічні характеристики в додатку А.

Таблиця 3.1- Технічні характеристики вимикачів типу ВПМ-10

Технічні параметри	ВПМ-10- 20/630У2	ВПМ-10- 20/630У3	ВПМ-10- 20/630У3	ВПМ-10- 20/1000У2	ВПМ-10- 20/1000У3
Номинальна напруга, кВ	10	10	10	10	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12	12	12	12	12
Номинальний струм, А, при 50 Гц	630	630	1000	1000	1000
при 60 Гц	400	400	630	630	630
Номинальний струм вимкнення, кА, при 50 Гц	20	20	20	20	20
при 60 Гц	16	16	16	16	16
Параметри струму увімкнення, кА:					
- найбільший пік, при 50 Гц	52	52	52	52	52
при 60 Гц	41	41	41	41	41
- початкове діюче значення періодичної складової при 50 Гц	20	20	20	20	20
при 60 Гц	16	16	16	16	16
Параметри наскрізного струму короткого замикання, кА:					
- струм електродинамічної стійкості	52	52	52	52	52
- початкове діюче значення періодичної складової	20	20	20	20	20
- струм термічної стійкості (4 с)	20	20	20	20	20
Власний час вимкнення вимикача, с, не більше					
- з приводом ПЕ-11	0,09	---	0,09	0,09	---
- з приводом ПП-67	0,12	---	0,12	0,12	---
- з приводом ППО-10	---	0,12	---	---	0,12
Повний час вимкнення вимикача, с, не більше					
- з приводом ПЕ-11	0,11	---	0,11	0,11	---
- з приводом ПП-67	0,14	---	0,14	0,14	---
- з приводом ППО-10	---	0,14	---	---	0,14
Власний час увімкнення вимикача, с, не більше	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Безструмова пауза при АПУ, с, не менше	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Механічний ресурс, циклів "УВ", не менше	3000	3000	3000	3000	3000
Комутаційна зносостійкість, циклів У, не менше					
- при струмах в діапазоні 60-100% номінального струму вимкнення	10	10	10	10	10
- при струмах в діапазоні 30-60% номінального струму вимкнення	17	17	17	17	17
Середній термін експлуатації до капітального ремонту, років, не менше	8	8	8	8	8
Середній термін експлуатації до списання, років, не менше	25	25	25	25	25
Маса вимикача без оливи, кг	125	122	137	132	127
Маса оливи, кг	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5

3.2 Вимикачі малооливні серії ВММ

Оливні малооб'ємні вимикачі типу **ВММ-10** (рис. 3.3) відносяться до рідинних триполюсних вимикачів з малим об'ємом оливи. Призначені вони для комутації високовольтних ліній трифазного змінного струму в номінальному режимі роботи установки, а також для автоматичного вимкнення цих кіл при коротких замиканнях і перевантаженнях, що виникають при аварійних режимах.

Принцип роботи вимикача базується на гасінні електричної дуги, яка виникає при розімкненні контактів, потоком газооливової суміші, що утворюється в результаті інтенсивного розпаду оливи під дією високої температури дуги. Цей потік спрямовується у спеціальному дугогасильному пристрої, розміщеному в зоні горіння дуги.

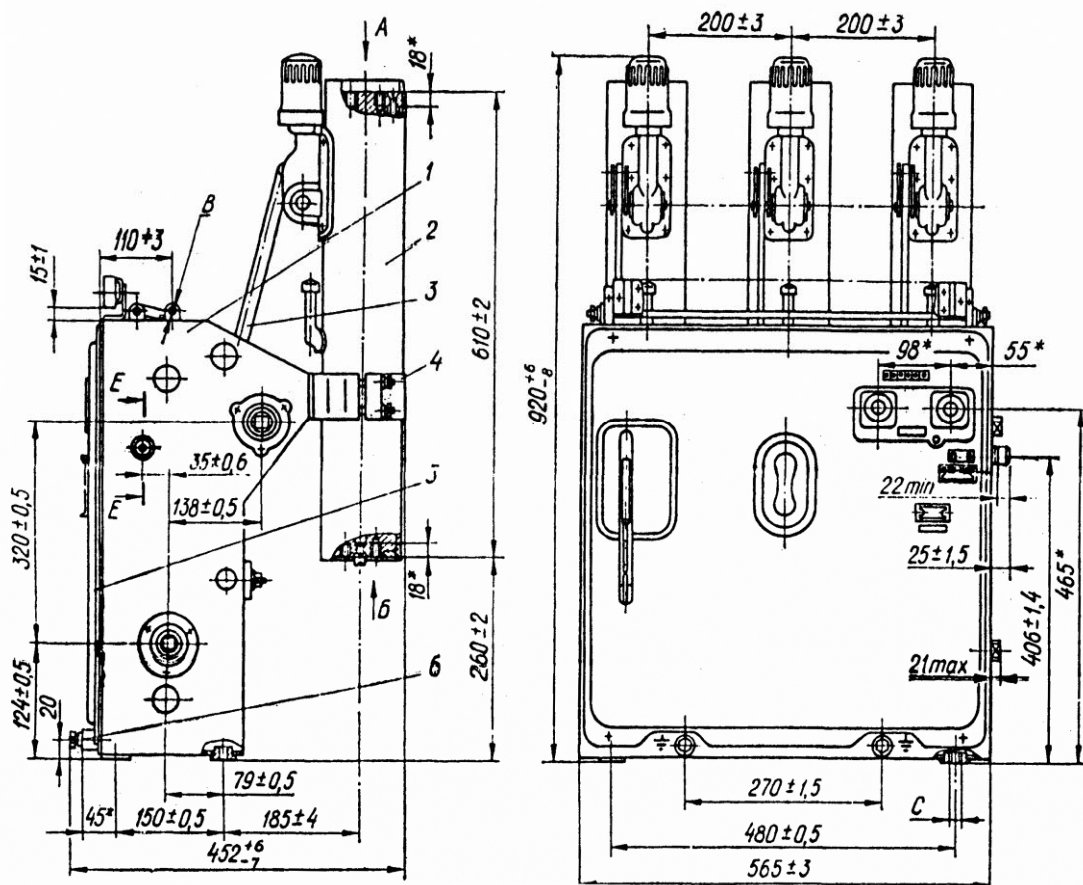


Рисунок 3.3- Габаритні розміри вимикача типу **ВММ-10**:

1-рама з вбудованим пружинним приводом, 2- полюс; 3 - ізоляційна тяга;
4 - фланець; 5 - кришка; 6 - болт заземлення

Керування вимикачем здійснюється вбудованим пружинним приводом. Оперативне увімкнення або вимкнення, а також автоматичне вимкнення при струмах короткого замикання або перевантаженнях виконується

одним енергоносієм (спіральними пружинами), які спрацьовують при впливі електромагнітів увімкнення й вимкнення або захисних реле на запірний пристрій.

Вимикач складається з таких основних частин (рис. 3.3): рами 1 з вбудованим пружинним приводом, що є основою вимикача і має в нижній ча-

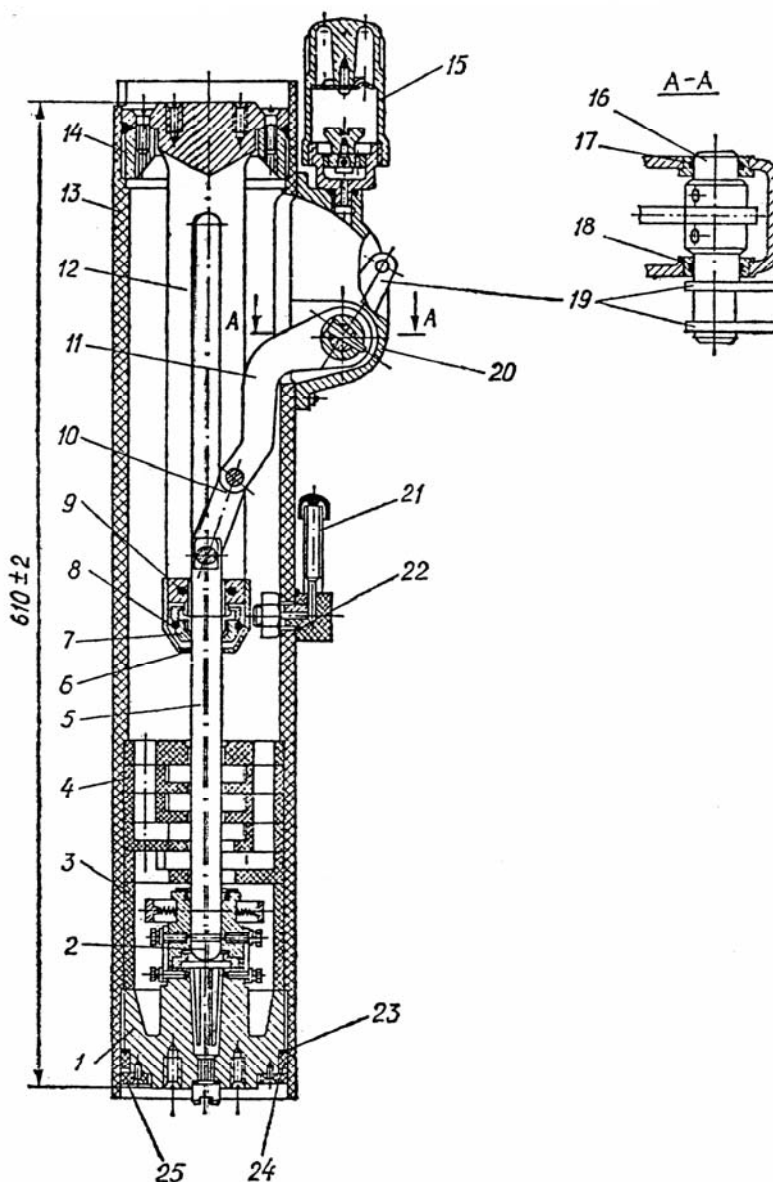


Рисунок 3.4 – Поліус вимикача **ВММ-10** :

1 - основа; 2 - контакт; 3 - розпирний циліндр; 4 - дугогасильна камера; 5 – рухомий контакт; 6 - основа рухомого контакту; 7 – ламелі; 8- пружина; 9 – струмознімальний контакт; 10 – важіль; 11- внутрішній важіль; 12 – стояк; 13- ізоляційний циліндр, 14 – верхня гайка; 15 – оливовловлювач; 16 – вал привода; 19 – зовнішній важіль; 20 – підшипник; 21 – оливопоказчик

стині чотири отвори M12 для кріплення вимикача на візку викатної частини КРУ; трьох полюсів 2 (рис 3.4), кожен з яких кріпиться до рами за допомогою фланця 4; ізоляційних тяг 3, які передають рух від пружинного привода через вал вимикача до механізмів переміщення рухомих стержнів полюсів; двох болтів 6 для приєднання шин заземлення. З боку привода рама закрита металевою кришкою 5, у якій є вікна для:

- пульта ручного керування й показчика положення (**position**) вимикача;
- лічильника кількості операцій вимкнення (**turning off**) ;
- виходу важеля ручного заведення робочих пружин (**spring**);
- показчика положення робочих пружин привода;
- виходу важеля (**lever**) блокувального штиря.

Полюс вимикача (рис. 3.4) складається з ізоляційного циліндра 13, на якому закріплений підшипник 20 з механізмом переміщення рухомого стержня. Механізм переміщення складається з двох важелів - зовнішнього 19 і внутрішнього 11, жорстко закріплених на загальному валу 16. Зовнішній важіль за допомогою ізоляційної тяги з'єднаний з валом вимикача, а внутрішній двома сергами 10 шарнірно з'єднаний з рухомими стержнями 5. Вал 16 механізму встановлений на підшипниках ковзання 18. Для запобігання продувів і викиду масла при вимкненнях, підшипник встановлюється на клей, а вал 16 має ущільнення 17.

При вимкненні вимикача оливогазова суміш, що утворилася, з циліндра через отвори в корпусі клапана під тиском попадає в оливоуловлювач, де відбувається відділення оливи від газів. Гази через отвори в кришці виходять в атмосферу, а олива, що відокремилася, через отвори клапана стікає назад у циліндр полюса оливоуловлювача. Отвір у підшипнику при знятому оливоуловлювачі використовується для заливання трансформаторної оливи в полюси. Конструкцію оливоуловлювача наведено на рис. 3.5.

У верхній частині циліндра 13 (див. рис. 3.4) на загвинчену в нього гайку 14 кріпиться гвинтами стояк 12. На нижньому кінці стояка встановлений струмозні-

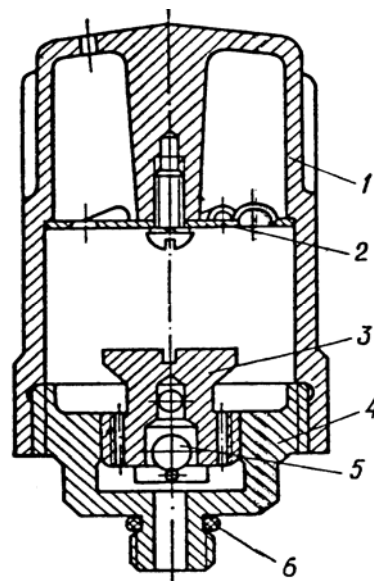


Рисунок 3.5 – Оливоуловлювач вимикача ВММ-10: 1 - кришка; 2 - оливоуловлювач; 3 - корпус клапана; 4 - підставка; 5 - кулька; 6 - ущільнення

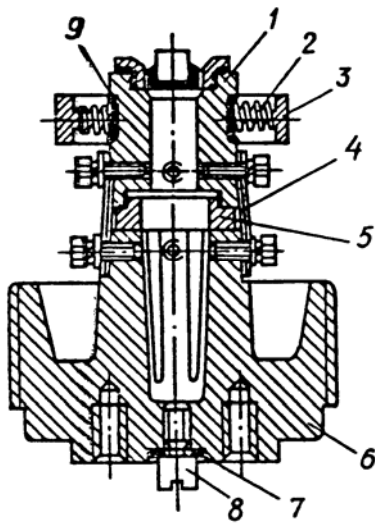


Рисунок 3.6 - Нерухомий контакт розеткового типу: 1 - ламель; 2 - пружина; 3 - кільце; 4 - гнучке з'єднання; 5 - опорне кільце; 6 - підставка; 7 - ущільнювальне кільце; 8 - оливозливна пробка; 9 - ковпачок

пружина 2, що впирається в кільце 3. Внизу ламелей встановлено опорне кільце 5. Всередині циліндра 13 (див. рис. 3.4) над розетковим контактом встановлюється дугогасильна камера 4, яка через розпірний циліндр 3 під-

мальний контакт 9, ламелі 7 якого притиснуті до рухомого стержня 5 пружиною 8 і закриті ковпаком.

На верхній частині стояка є два різьбові отвори для під'єднання струмопровідних шин. Нижній кінець рухомого стержня має контакт 2. Для підвищення стійкості до дії електричної дуги і збільшення терміну експлуатації рухомий контакт має захисну оболонку з дугостійкої метало-кераміки.

У нижню частину циліндра 13 загвинчено основу 1, на якій розташований нерухомий контакт розеткового типу. До граней основи 6 (рис.3.6) на гнучких з'єднаннях 4 кріпляться ламелі 1, верхні торці яких мають покриття з дугостійкої метало-кераміки. Із зовнішньої сторони кожна ламель має гніздо, куди встановлюється ковпачок 9 і

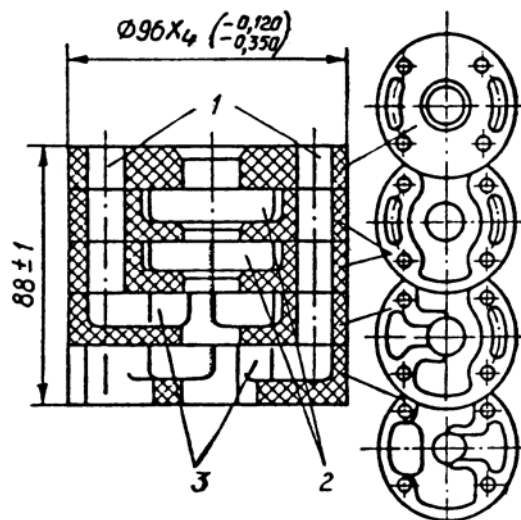


Рисунок 3.7 - Дугогасильна камера вимикача ВММ:

1 - вертикальний канал; 2 – оливова кишенья; 3 - дуттєва щілина

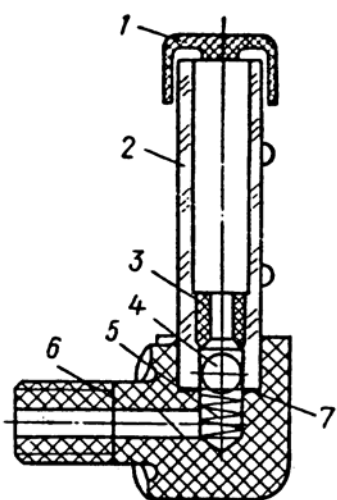


Рисунок 3.8 - Показик рівня оливи

граничними рисками. Верхній кінець трубки прикритий ковпачком. Для запобігання викиду оливи при комутаціях через оливопоказчик, в полюсі встановлено зворотний клапан.

Конструкцію пристрою оливопоказчика наведено на рис. 3.8.

Вбудований пружинний привод вимикача (рис. 3.9) складається з таких основних вузлів:

- рами 1 вала привода 2;
- вала вимикача 4;
- пристрою заведення робочих пружин 5;
- пристрій увімкнення 14 і вимкнення 15;
- блок-контактів положення привода (БКП) 16;
- блок-контактів аварійної сигналізації (БКА) 12;
- блок-контактів положення вимикача (БКВ) 15;
- електромагніта дистанційного вимкнення (ЕВ) 6 і дистанційного увімкнення (ЕУ) 9;
- релейного вала 5;
- пульта ручного керування вимикачем 10;
- блокувального штиря 11, показчика положення вимикача 7 і контактного ряду.

Вал привода (рис. 3.10) складається з таких основних частин:

- вала 10,
- барабана 18,
- важеля 13 з ексцентриком 11,
- диска 9 і обгинної муфти.

Барабан з обгинною муфтою встановлюється на валу на двох шари-копідшипниках 4 і 17. Усередині барабана встановлені дві спіральні робочі

тискається підставою 1 до бурту циліндра.

Дугогасильна камера (**chamber**) поперечного оливного дуття (рис. 3.7) складається з п'яти ізоляційних дисків. Камера має центральний отвір для проходження рухомого стержня. У нижній частині камери ізоляційні диски утворюють дві поперечно розташовані одна над іншою дуттєві щілини 3, що з'єднані двома вертикальними каналами 1 з надкамерним простором. У верхній частині камери є дві оливових кишені 2.

Для спостереження за рівнем оливи в полюсі на зовнішній стороні циліндра встановлений оливопоказчик 21 (див. рис. 3.4, 3.8). Це прозора трубка з двома

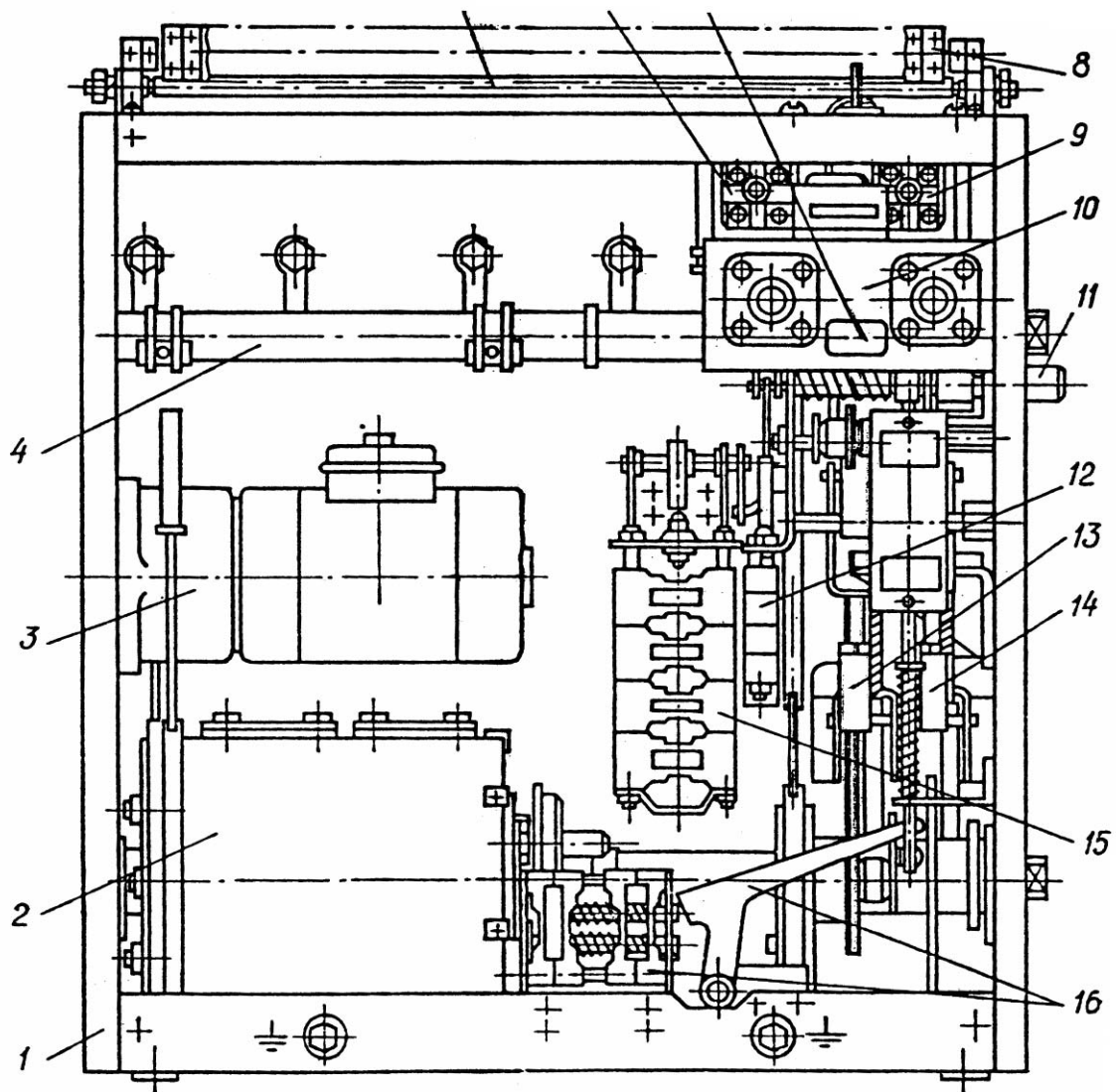


Рисунок 3.9 - Вбудований пружинний привод вимикача **ВММ-10**

пружини 5, які є енергоносіями привода. Один кінець пружин закріплений у пазу вала 10, а інший закріплений на барабані планками 6.

З одного боку до барабана кріпиться внутрішня обойма з обгинною муфтою. На внутрішню обойму насаджені дві зовнішні обойми: обойма 2 - для автоматичного і обойма 3 - для ручного заведення.

З іншого боку барабана на різьбову частину вала нагвинчений диск 9 із двома діаметрально розташованими гвинтами 16, з'єднаними з барабаном через кришку 7 за допомогою трьох напрямних шпильок 8. Диск 9 призначений для попереднього натягу робочих пружин і є датчиком показника їхнього положення, а також перемикачем блок-контактів БКП і механічним блокуванням від перезаведення робочих пружин при заведенні

вручну. На валу 10 встановлено зварний важіль 3, що складається з ступиці, чотирьох важелів і ексцентрика 11.

На ексцентриках та роликах встановлюється важіль 12, що з'єднує вал привода з валом вимикача. Між важелями встановлюються на осях утримуючі ролики 14.

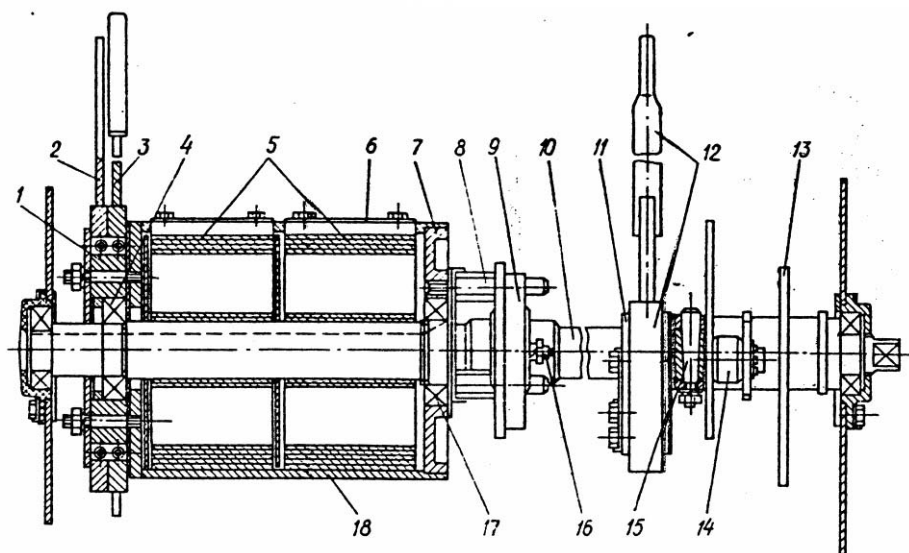


Рисунок 3.10 - Вал привода вимикача **ВММ-10**

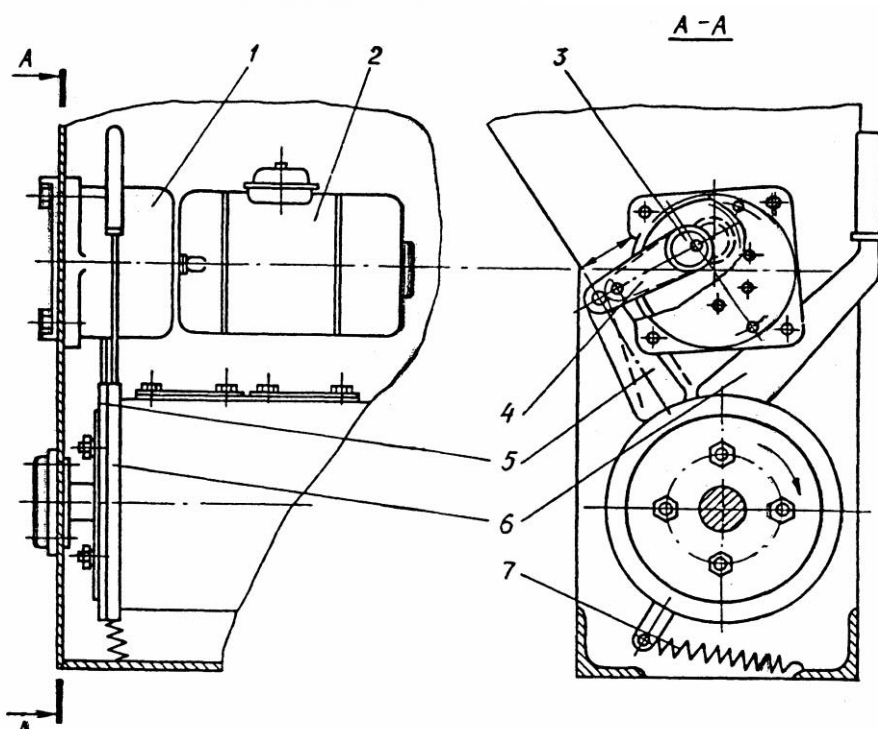


Рисунок 3.11 - Електродвигунний привод вимикача **ВММ-10**:

1 - редуктор; 2- електродвигун; 3 - вихідний вал редуктора; 4 - важіль ексцентрика; 5 і 6 - зовнішні обойми обгинної муфти; 7 – пружина

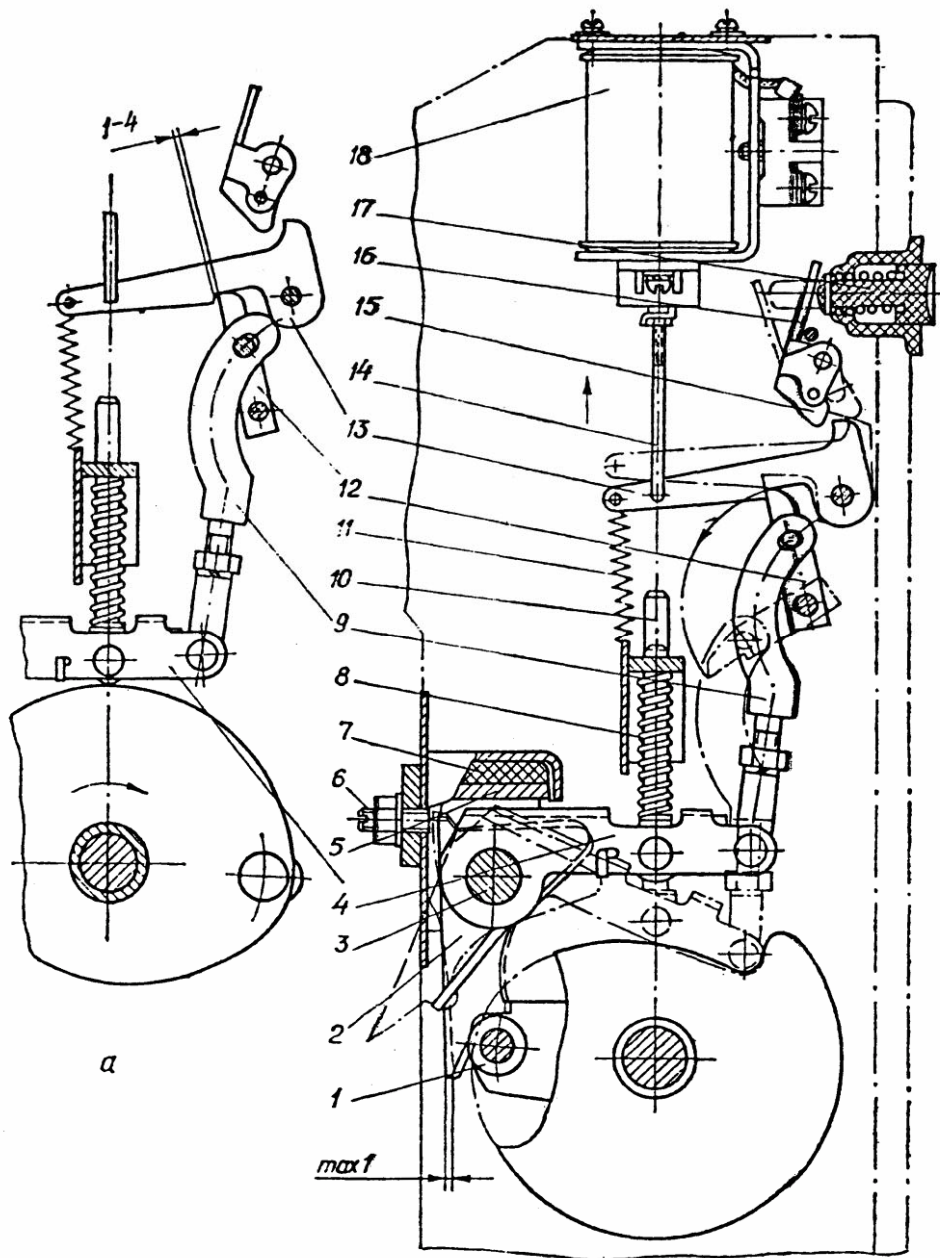


Рисунок 3.12 - Запірний вмикальний пристрій вимикача ВММ-10
в положенні "Увімкнено":

а - положення запірного пристрою при його заведенні; б - вихідне положення запірного пристрою; 1-ролик; 2-защіпка; 3 - вісь; 4-скоба; 5- кронштейн; 6 - регулювальний винт; 7- буфер; 8- пружина; 9-тяги; 10 - штовхальник; 11 - пружина; 12 - засувка; 13 - защіпка; 14 - тяга; 15 - защіпка; 16 - коромисло; 17 - кнопка ручного увімкнення; 18 - електромагніт увімкнення

Вал вимикача 4 (див. рис. 3.9) - це зварений вузол, що складається із вала і важелів, які за допомогою тяг приводять в рух механізми полюсів,

блок-контакти БКА, БКВ, показчики положення вимикача і реле РНВ. Вал привода і вал вимикача встановлюються на шарикопідшипниках.

Заводний пристрій робочих пружин (рис. 3.11) складається з електродвигуна 2 і редуктора 1. На вихідному валу 3 редуктора встановлюється ексцентрик з важелем 4, який з'єднаний із зовнішньою обоймою 5 обгинної муфти вала привода. Увімкнений запірний пристрій (рис. 3.12) призначений для утримання вала привода у вимкненому положенні і звільнення його при виконанні операції увімкнення вимикача. Вимкнений запірний пристрій (рис. 3.13) призначений для утримування вала привода в увімкне-

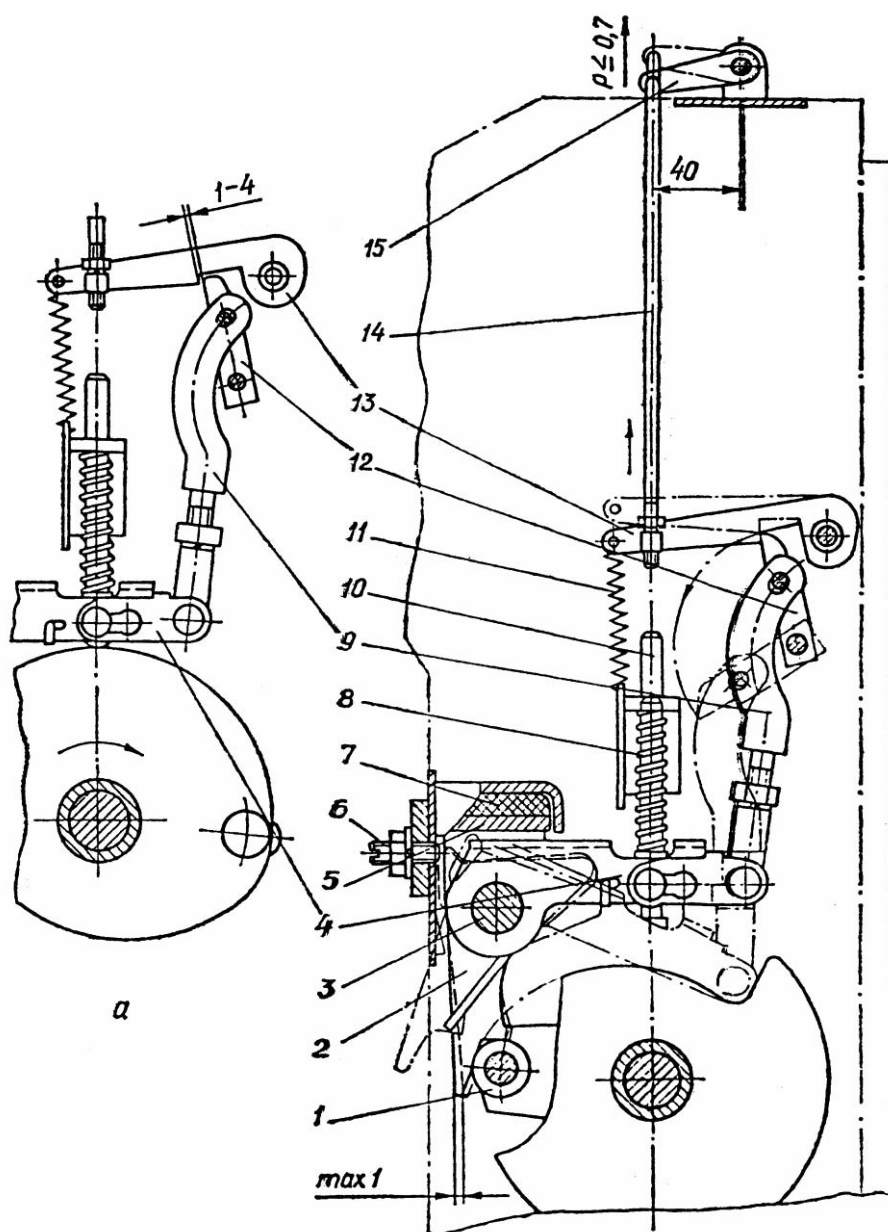


Рисунок 3.13 - Запирний вмикальний пристрій вимикача ВММ в положенні "Вимкнено"

ному положенні і звільнення його при здійсненні операції вимкнення ви-микача. Для пом'якшення ударів при посадці ролика 1 на зачіпку 2 напри-кінці увімкнення або вимкнення використовується гумовий буфер 7, вста-новлений в кронштейні рами.

На задній стінці рами є регулювальні гвинти 6, призначені для встано-влення зачіпок 2 так, щоб були відсутні зазори між їхніми робочими пове-рхнями і роликами.

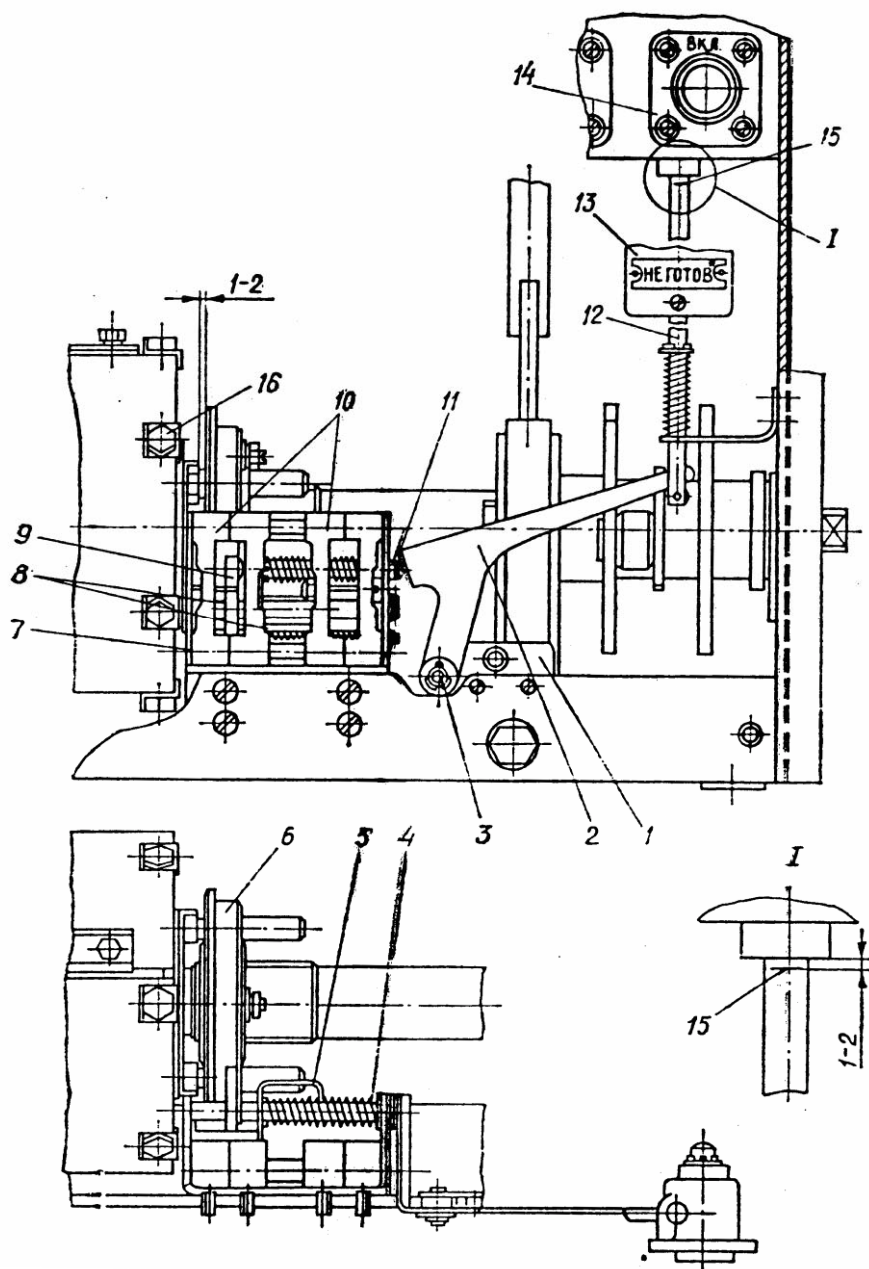


Рисунок 3.14 - Блок-контакт БКП і блокувальний пристрій:

1-регулювальна планка; 2 - важіль; 3 - вісь; 4 - пружина; 5 - скоба; 6 - диск; 7 - кронштейн; 8 - напрямна вісь; 9 - повзун; 10 - контакт БКМ; 11 - штовхальник; 12- блокувальний шток; 13 - показчик; 14 - кнопка увімкнення; 15 - мітка на кронштейні при упорі блокувального штока; 16 – болт

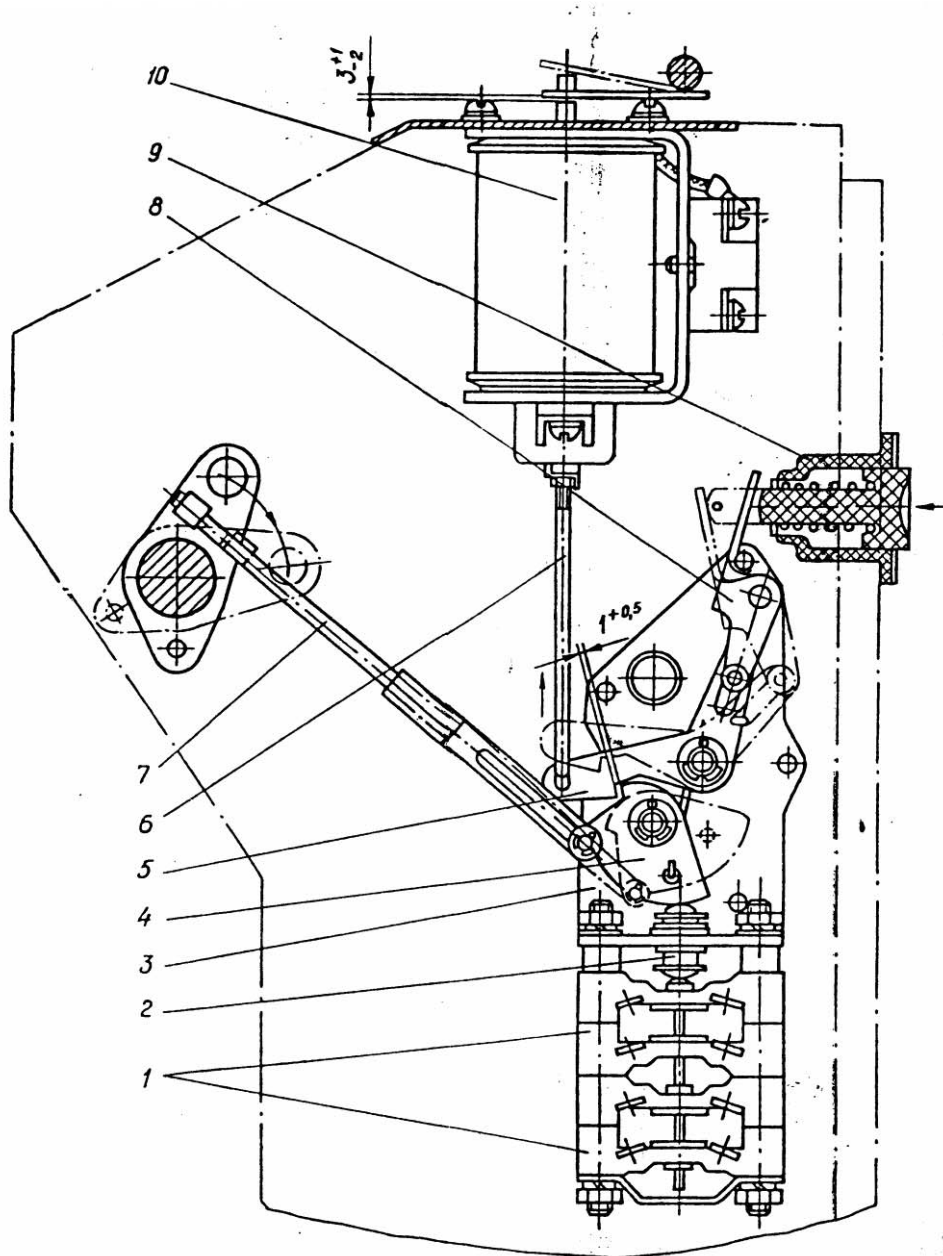


Рисунок 3.15 - Блок-контакти БКА:

1 - контакт БКМ; 2 - штовхальник; 3 - кронштейн; 4 - профільний кулачок; 5 - защіпка; 6 і 7 - тяги; 8 - коромисло; 9 - кнопка ручного вимкнення; 10 - електромагніт вимкнення

Блок-контакти БКП (рис. 3.14) призначені для знеструмлення (електричного блокування) кола живлення котушки ЕВ при заведених пружинах вала привода менше, ніж на дві операції, і розриву кола живлення електродвигуна заведення, при повністю заведених пружинах вала привода на п'ять операцій.

Блок-контакти БКА (рис. 3.15) призначені для забезпечення подачі аварійної сигналізації при вимкненні вимикача від захисних елементів,

встановлених у приводі, і забезпечення електричного блокування при "стрибанні". Блок-контакт БКА складається із кронштейна 3 зі штовхальником 2, профільного кулачка 4, зуб якого входить у зчеплення із защіпкою 5, коромисла 8 і двох контактів БКМ 1.

Профільний кулачок 4 після перемикавання заводиться у вихідне положення за допомогою тяги 7, з'єднаної з валом вимикача.

Зашчіпка 5 через тягу 6 з'єднана із осердям електромагніта вимкнення 10 і через коромисло 8 із кнопкою ручного вимкнення 9.

Блок-контакти БКВ призначені для забезпечення подачі сигналізації про положення вимикача і складаються з кронштейна 5 зі штовхальником 2, вала 4, на якому жорстко закріплений важіль 6 і профільний кулачок 3, та чотирьох контактів. Профільний кулачок 3 приводиться в рух за допомогою тяги 7, з'єднаної з валом вимикача. Кронштейн 5 закріплений чотирма гвинтами на задній стінці рами.

Пульт ручного керування складається із кронштейна, на якому розміщені кнопки ручного увімкнення і вимкнення, лічильника кількості операцій та покажчика положення вимикача, з'єднаного штангою з валом вимикача.

На сьогодні серія вимикачів **ВММ** в розподільних мережах замінена більш сучасними типами вимикачів, а саме, малооливними вимикачами серій **ВМП** підвісного типу та колонковими вимикачами серій **ВК**.

3.3 Вимикачі малооливні серії ВМП та ВК

Вимикачі серії **ВМП** (вимикач малооливний підвісний) широко застосовуються в закритих і комплектних розподільних установках (КРУ) напружкою 6-10 кВ. Вимикачі **ВМП** виготовляються двох типорозмірів:

- для комірок типу КСО і набірних комірок КРУ закритих розподільних установок – ВМП-10, ВМП-10У (У – посилений, для роботи в умовах частих комутацій - до 50000 операцій при номінальних струмах);

- для роботи в КРУ – ВМП-10К, ВМП-10КУ з номінальними струмами 600, 1000, 1600 А, струму вимкнення до 20 кА.

Вимикачі для КРУ мають вбудований пружинний або електромагнітний привод (типи вимикачів ВМПП і ВМПЕ). Вимикачі цих серій розраховані на номінальні струми 630-3150 А і струми вимкнення 20 та 31,5 кА.

На рис. 3.16 показано загальний вигляд вимикача **ВМПЕ-10** розрахованого на номінальні струми 2500 і 3150А. Цей вимикач має два паралельних контури струму – робочий (**working**) та дугогасильний. Робочі контакти 1 знаходяться зовні, дугогасильні – всередині корпусу. Внутрішня будова полюса для вимикачів усієї серії однакова (рис. 3.17).

Кількість оливи в вимикачах розрахованих на струми 630-1600 А - 5,5 кг, у вимикачах на струми до 3150А - 8 кг.

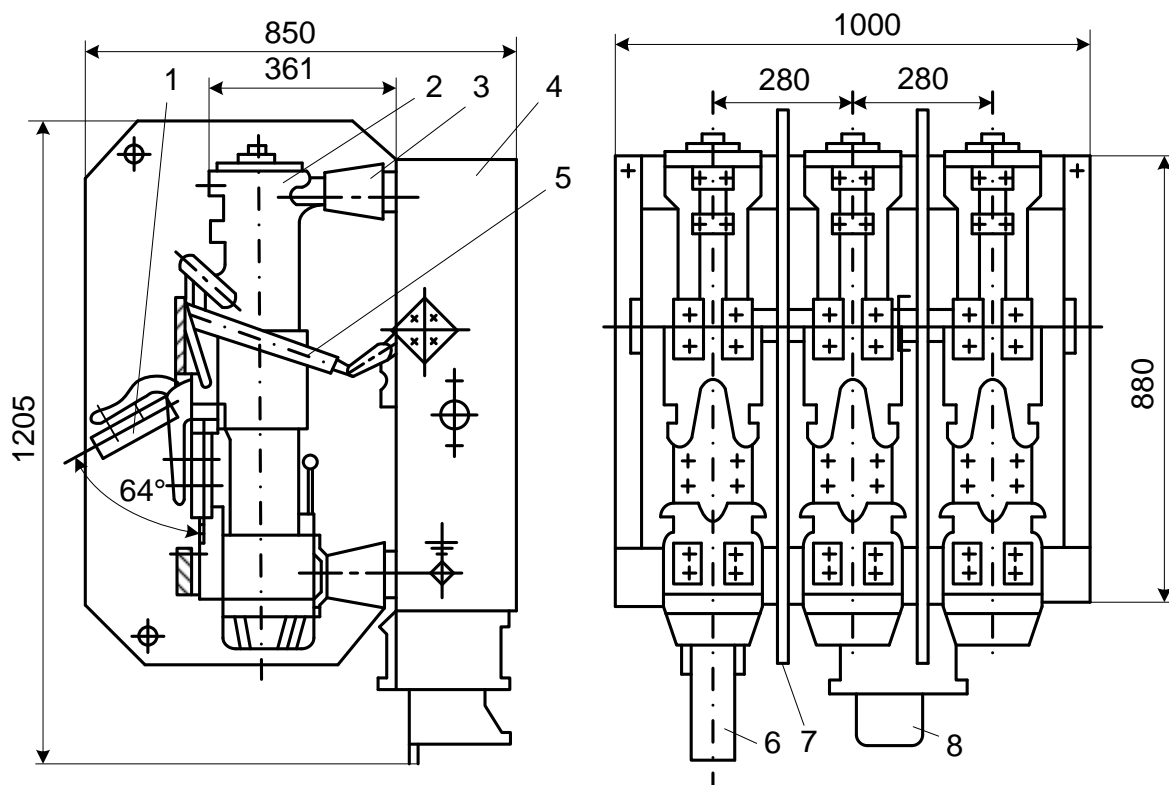


Рисунок 3.16 - Загальний вигляд вимикача **BMPE-10**, розрахованого на номінальні струми 2500 і 3150 А:

1 – робочий рухомий контакт; 2 – корпус вимикача; 3 – ізолятор; 4 – ста-лева рама; 5 – ізоляційна тяга; 6 – контактор; 7 – ізоляційна перегородка; 8 – привод

Найбільша кількість циклів вимкнення – увімкнення (ВУ), які здатний виконати пружинний привод при повністю заведених робочих пружинах привода (без підзаводу) – три. Час заводу робочих пружин привода на три операції при мінімальній напрузі мережі складає не більш 30 с.

Полюс вимикача (рис. 3.17) - це вологостійкий ізоляційний циліндр 5 (склоепоксидний пластик), торці якого армуються металевими фланцями. На верхньому фланці ізоляційного циліндра закріплено корпус з алюмініє-вого сплаву, всередині якого знаходиться приводний випрямний механізм, рухомий контактний стержень, роликовий струмознімальний пристрій і оливовідділювач. Нижній фланець із силуміну закривається кришкою, все-редині якого вмонтований розетковий контакт, а зовні - пробка для зливу оливи. Всередині циліндра над розетковим контактом є гасильна камера, зібрана з ізоляційних пластин з фігурними отворами. Набір пластин ство-рює три поперечних канали і оливні кармани.

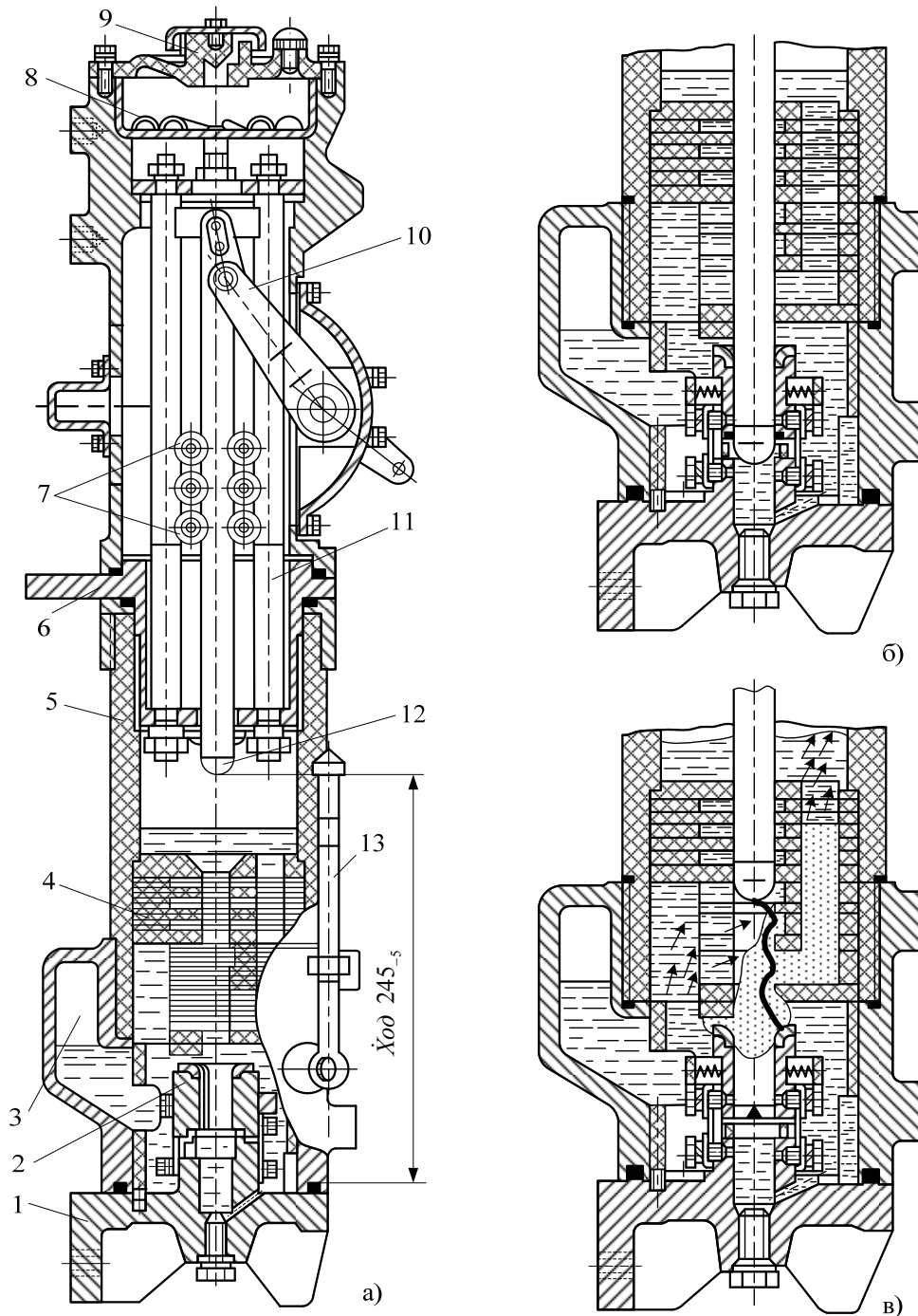


Рисунок 3.17 - Переріз полюса вимикача ВМП-10:

а – положення “**Вимкнено**”; *б* – положення “**Увімкнено**”; *в* – процес вимикання; 1 – нижній вивід і кришка вимикача; 2 – нерухомі контакти; 3 – повітряна подушка; 4 – гасильна камера; 5 – ізоляційний циліндр; 6 – верхній вивід; 7 – роликівий струмознімальний контакт; 8 – оливовідділювальний пристрій; 9 – кришка; 10 – приводний механізм; 11 – напрямний стержень; 12 – рухомий контакт; 13 – оливопоказник

В увімкненому положенні контактний стержень знаходиться в розетковому контакті (рис. 3.17, б). При вимиканні привод звільняє вимикальну пружину, яка знаходиться на рамі (**carriage**) вимикача, і під дією її сили вал вимикача повертається, рух передається ізоляційній тязі, а від неї приводному механізму 10 і контактному стержню, який рухається догори. При розмиканні контактів виникає дуга, яка випаровує і розкладає оливу.

В перші моменти контактний стержень закриває поперечний канал дугогасильної камери, тому тиск різко підвищується, частина оливи заповнює буферний об'єм, стискаючи в ньому повітря. Як тільки стержень відкриває перший поперечний канал, створюється поперечне дуття газами і парами оливи. При переході струму через нуль тиск в газопаровому пузирі знижується і стиснене повітря буферного об'єму, що діє подібно до поршня, витісняє оливу в зону гасіння дуги (рис. 3.17, в).

При вимиканні великих струмів виникає енергійне поперечне дуття, дуга гасне в нижній частині камери. При вимкненні малих струмів дуга тягнеться за стержнем і у верхній частині камери випаровується олива в спеціальних карманах, створюючи зустрічно-радіальне дуття, а при виході стержня із камери — поздовжнє дуття. Час гасіння дуги при вимкненні великих і малих струмів не перевищує 0,015-0,025 с. Для підвищення стійкості контактів до дії електричної дуги і збільшення (**augmentation**) терміну їх роботи знімний наконечник рухомого контакту та верхні торці ламелів



Рисунок 3.18 - Загальний вигляд оливного вимикача **ВКЄ-10**

нерухомого контакту виконуються з дугостійкої металокераміки.

Після гасіння дуги пари і газу, які утворюються в процесі гасіння дуги, потрапляють у верхню частину корпусу вимикача, де пари оливи конденсуються, а газ виходить зовні через отвір в кришці. Коли камера заповниться оливою, вимикач готовий до виконання наступного циклу операцій. Безструмова пауза при АПУ для цих вимикачів досить велика (0,5с).

Контроль за рівнем оливи в циліндрі проводиться за оливопоказчиком. Якість її повинна відповідати звичайним вимогам до ізоляційної оливи. Якщо олива буде надто забруднена, а канали камери обвуглені, то може виникнути перекриття ізоляційної відстані між контактами у вимкненому положенні вимикача.

Подальшим розвитком оливних вимикачів серії ВМП є розробка вимикачів колонкового типу (type) серії **ВК-10** з пружинним приводом і **ВКС-10** з електромагнітним приводом. Вони призначені для роботи в шафах КРУ внутрішнього й зовнішнього встановлення напругою до 10 кВ. Кліматичне виконання **У**, категорія розміщення **2** за ГОСТ 15150-69. Загальний вигляд оливного вимикача ВКС-10 наведено на рис. 3.18.

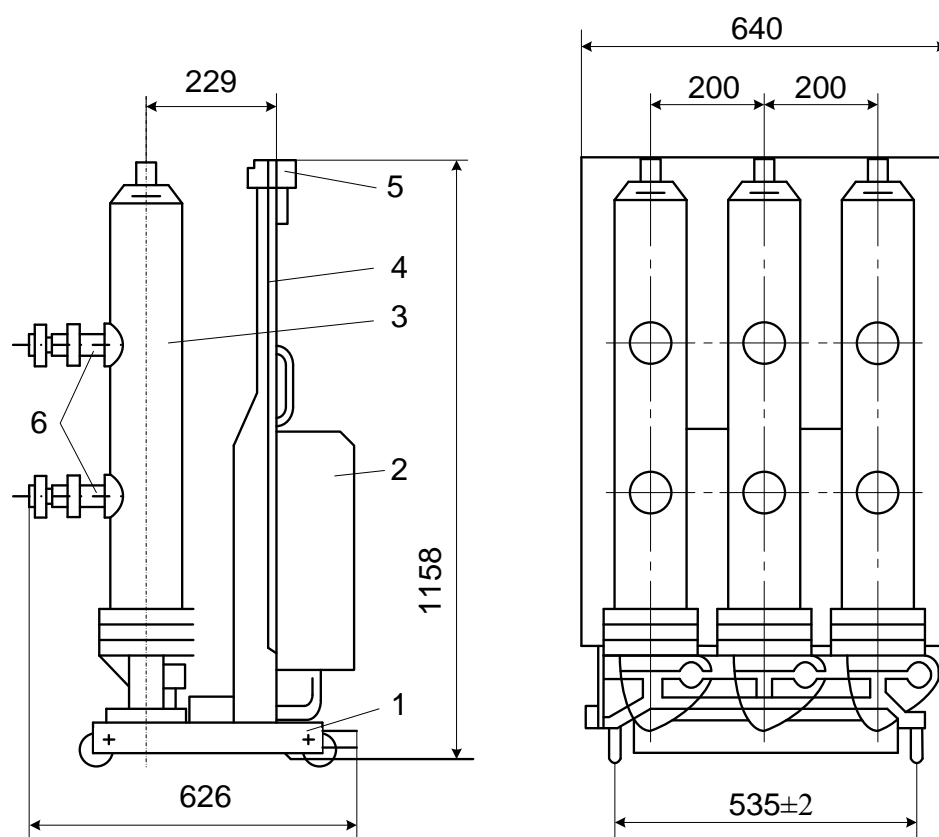


Рисунок 3.19 - Габаритні розміри вимикача ВКС-10

Вимикач ВКС-10 (рис. 3.19) складається зі збірної основи 1, на якій встановлені три полюси 3, привод 2, фасадна перегородка 4, а на вимикачах з номінальним струмом 1250 і 1600 А — ізоляційний кожух на верхній частині вимикача. Основу вимикача встановлюють на колесах. Вона має пристрій для піднімання шторного механізму в КРУ, вкочування та викочування вимикача, його фіксування в крайніх положеннях та стаціонарного заземлення, для встановлення електромагнітних блок-замків та перемикачів блокувальних контактів КРУ. Полюси вимикача мають штирові виводи первинних з'єднань з розетковими контактами. Провідники (**conductor**) кіл керування, сигналізації та блокування розміщені в гнучких металевих рукавах і розпаяні в штепсельні роз'єми 5. Робота (**work**) вимикача ґрунтується на гасінні дуги, яка виникає при розмиканні контактів потоком газооливної суміші, створюваної в результаті інтенсивного розкладання трансформаторної оливи під дією температури дуги. Цей потік має визначений напрямок в спеціальному дугогасильному пристрої, розміщеному в зоні горіння дуги.

Вимикачі призначені для роботи в таких номінальних умовах:

- висота над рівнем моря - до 1000 м;
- температура навколишнього повітря - від - 25 до +40°C. При нижчій температурі необхідні підігрівальні елементи в КРУ або приміщенні РУ, які повинні забезпечувати (**to guarantee**) підігрів (**heating**) повітря до вказаної температури на весь час роботи вимикачів;
- відносна вологість (**humidity**) навколишнього повітря не повинна перевищувати 80% при температурі +20°C, верхнє значення - 100% при температурі +25°C (з конденсацією вологи);
- навколишнє середовище (**surroundings**) вибухо- і пожежобезпечне, вміст пилу й газів не повинен перевищувати норм для атмосфери типу II за ДСТ 15150-69.

Робоче положення в просторі - вертикальне, допускається відхилення від вертикального положення до 5 градусів у будь-яку сторону.

Вимикачі призначені для роботи в циклах операцій увімкнення-вимкнення. В залежності від номінального струму та струму вимкнення, вимикачі мають такі типові виконання:

- ВКЭ-М-10-20/630 У2,
- ВКЭ-М-10-20/1000 У2,
- ВКЭ-М-10-20/1600 У2,
- ВКЭ-М-10-31,5/630 У2,
- ВКЭ-М-10-31,5/1000 У2,
- ВКЭ-М-10-31,5/1600 У2.

Основні технічні характеристики вимикача наведено в таблиці 3.2.

Розглянутий вимикач має менші габарити (**clearance**) і масу, ніж вимикачі серії ВМП на відповідні (**appropriate**) параметри, тому він широко використовується в типових КРУ.

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики вимикача **ВКС-10**

Номинальна напруга, кВ	10
Номинальний струм, А	630; 1000; 1600
Номинальний струм вимкнення, кА	20; 31,5
Параметри струму вимкнення, кА:	
- найбільший пік	52; 80
- початкове діюче значення періодичної складової	20; 31,5
Параметри наскрізного струму короткого замикання, кА:	
- найбільший пік (струм електродинамічної стійкості)	52; 80
- початкове діюче значення періодичної складової	20; 31,5
струм термічної стійкості (3 с)	20; 31,5
Безструмова пауза при АПУ, с, не більше	0,3
Власний час вимкнення вимикача, с, не більше	0,05
Повний час вимкнення вимикача, с, не більше	0,07
Власний час увімкнення вимикача, с, не більше	0,25
Номинальна напруга постійного струму електромагнітів при увімкненні/ при вимкненні, В	110/220
Струм споживання електромагнітів, А, не більше	200
Габаритні розміри, мм	
висота	1158
ширина	640
глибина	626
Маса вимикача без оливи, кг	144 -170
Маса оливи, кг	10...12

Наведені типовиконання мають такі основні конструктивні відмінності:

- полюси вимикачів розраховані на номінальні струми 630 і 1000 А (номінальний струм вимкнення - 20 кА), виконані в суцільному ізоляційному циліндрі;
- полюси вимикачів на номінальний струм 630, 1000 (номінальний струм вимкнення - 31,5 кА) і 1600 А мають у верхній частині металеві ребристі корпуси, а самі вимикачі мають ізоляційні кожухи.

Основні технічні характеристики вимикачів серії **ВМП** наведено в додатках Б.

Контрольні запитання

1. Конструктивні особливості оливних малооб'ємних вимикачів.
2. Де використовуються оливні малооб'ємні вимикачі?
3. Основні переваги і недоліки малооб'ємних оливних вимикачів.

4 ГЕНЕРАТОРНІ ТА ПІДСТАНЦІЙНІ МАЛООЛИВНІ ВИМИКАЧІ

4.1 Генераторні малооливні вимикачі

Малооливні вимикачі для генераторних (**generator**) розподільних установок мають дещо іншу, відмінну від вимикачів **ВМП** та **ВК**, конструкцію, оскільки призначені для комутації значно більших як номінальних, так і струмів вимкнення. Вони призначені для роботи у внутрішніх розподільних установках напругою до 20 кВ. Кліматичне виконання **У**, категорія розміщення 3 за ГОСТ 15150-69. Генераторні малооливні вимикачі виготовляються за схемою зображеною на рис. 3.1, з. Основними серіями генераторних малооливних вимикачів були **МГГ-10**, **ВГМ-15**, **ВГМ-20**, **МГУ-20**.

Генераторні вимикачі цих серій мають два сталевих баки на полюс і по дві пари робочих та дугогасильних контактів. Потужні робочі контакти дозволяють збільшити номінальний (**rated**) струм (**current**) цих вимикачів, а двоступеневий розрив струму і спеціальні камери гасіння приводять до збільшення вимикальної здатності вимикача.

На рис. 4.1 показано конструкцію генераторного вимикача типу **ВГМ-20**. Шість баків цього вимикача кріпляться на ізоляторах до металевій основі 1, всередині якої знаходяться важільний механізм, вимикальні пружини, оливний і пружинні буфери. В кожному бачку є дугогасильні контакти і камера зустрічно-поперечного дуття. Гази і пари оливи, які утворюються в процесі гасіння дуги, поступають в оливовідділювач 4, заповнений фарфоровими кульками. Олива конденсується і потрапляє назад в бачок, а гази через вихлопний кінець газовідводу 12 викидаються назовні. Шини розподільного пристрою через гнучкі компенсатори приєднуються до виводів коробчатого профілю 7. На крайніх фазах встановлені магнітопроводи 5 із електротехнічної сталі, які забезпечують рівномірний струморозподіл по контактних системах. Головні контакти (ножі) знаходяться зовні на траверсі 6 і з'єднані ізоляційною штангою 9 з приводним механізмом.

У вимикачах цієї серії два контури струму: головний (**central**) і дугогасильний. Коли вимикач увімкнений, велика частина струму проходить по головному контуру внаслідок меншого опору кола.

При вимкненні (**contact breaking**) вимикача спочатку розмикаються робочі контакти, але дуга між ними не виникає, тому що струм продовжує проходити в дугогасильному контурі. При умкненні замикаються дугогасильні контакти, а згодом – робочі.

Дугогасильний пристрій (рис. 4.2) складається з трьох відсіків, виконаних з ряду ізоляційних дисків 3 з фасонними вирізами, які закріплені штифтами і шпильками. На рисунку показані розрізи камери у двох взаємно перпендикулярних площинах. Нижній відсік **Н** зібраний з дисків з дво-

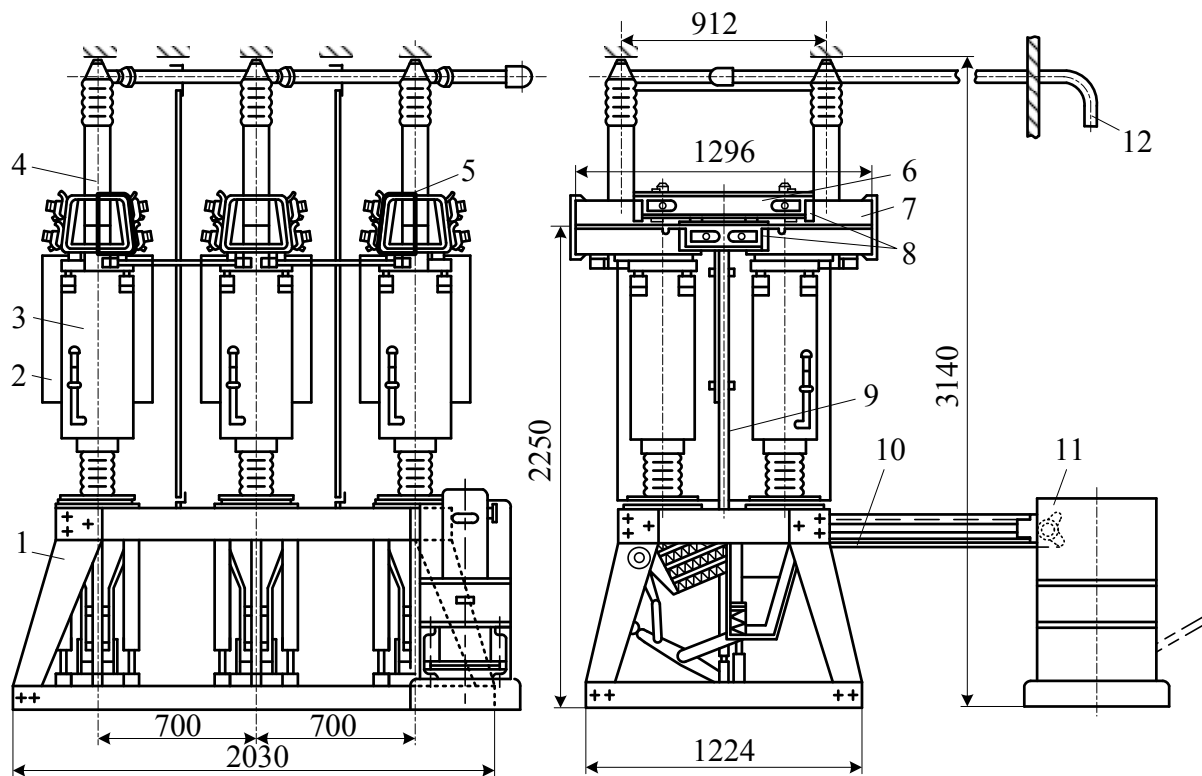


Рисунок 4.1 - Вимикач генераторний **ВГМ—20/11200УЗ**:

1 – основа; 2 – міжполюсна перегородка; 3 – бак; 4 – оливовідділювач; 5 – магнітопровід; 6 – траверса; 7 – вивід для приєднання шин; 8 – ножі головних контактів; 9 – штанга; 10 – тяга до привода; 11 – привод; 12 – вихлопний кінець газовідводу.

ма дуттєвими і вихлопними отворами в формі сопла (розріз А-А). Верхній відсік **В** складається з дисків із вирізами, які утворюють кармани 4, в яких знаходиться значна кількість оливи. Цими дисками створюються буферні об'єми 2 і дуттєві канали. Коли всі диски і перегородки між ними зібрані, то створюється два вертикальних канали 5 і дуттєві канали 6, які видно на перерізі рис. 4.2.

При вимкненні вимикача під дією потужних пружин, зусилля яких передається через ізоляційну тягу траверсі, контактний стержень 7 виходить з розетки нерухомого контакту 1 і рухається вгору. При розмиканні створюється дуга спочатку в нижньому відсіку, а потім у середньому. Тиск газопарової суміші навколо дуги в середньому відсіку вищий, тому що переріз вихлопних каналів менший. При цьому створюється оливне дуття з середнього відсіку в нижній по каналах 9 (рис. 4.2, б). Одночасно газопарова суміш нижнього відсіку створює дуття у вихлопний канал 8 (рис. 4.2 а).

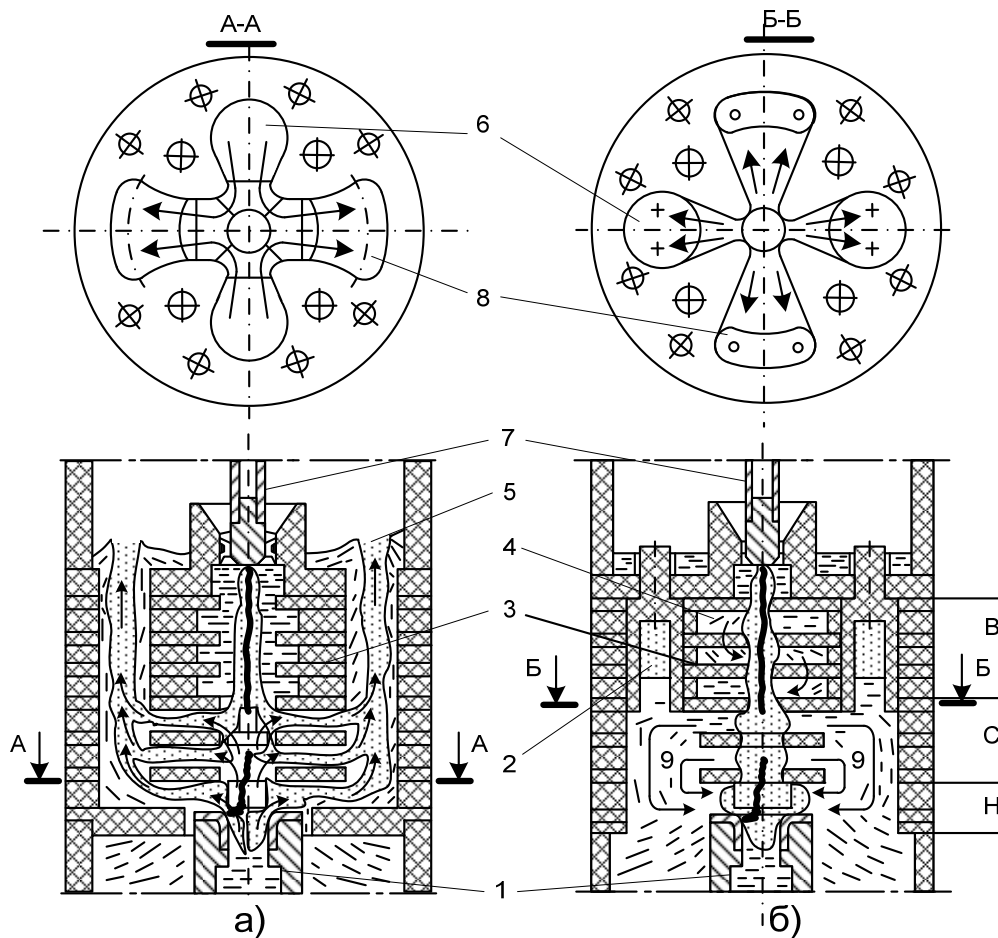


Рисунок 4.2 – Конструкція дугогасильної камери генераторних вимикачів

Отже, напрям дуття оливи в камері зустрічний і поперек стовбура дуги. В місці горіння дуги створюється тиск до 8 МПа, що сприяє інтенсивному дуттю. Для зменшення тиску при вимкненні великих струмів у верхньому відсіку є буферні об'єми 2. При великих і середніх значеннях струмів вимкнення гасіння дуги здійснюється в нижньому і середньому відсіках. При малих струмах гасіння (**extinguishing**) дуги здійснюється в оливних карманах верхнього відсіку. Час горіння дуги в таких вимикачах 0,02-0,05с. Камера зустрічно-поперечного дуття дозволяє вимикати струми короткого замикання до 105кА.

Генераторний малооливний вимикач серії **МГГ-10-4500-63/У3** (рис. 4.3) з електромагнітним приводом постійного струму типу ПЕ-21 призначений для комутації електричних кіл у нормальному й аварійному (**disabled**) режимах роботи у внутрішніх установках змінного струму напругою до 10 кВ частотою 50/60 Гц.

Вимикачі МГГ призначені для роботи при таких номінальних умовах:
 - висота над рівнем моря - до 1000 м;

- температура навколишнього повітря для районів з помірним кліматом (виконання УЗ) - від -25 до $+40^{\circ}\text{C}$;



Рисунок 4.3 – Загальний вигляд вимикача серії **МГТ-10**

- температура навколишнього повітря для районів із тропічним кліматом (виконання ТЗ) - від -10 до $+40^{\circ}\text{C}$;

- температура навколишнього повітря для районів із тропічним кліматом при установці в шафах КРУ (виконання КТЗ) - від -10°C до $+45^{\circ}\text{C}$.

Допускається експлуатація (**exploitation**) вимикача і привода при температурі нижче мінус 25°C при підігріванні приміщення (або КРУ), що забезпечує температуру повітря всередині нього не нижче мінус 25°C .

Відносна вологість повітря не повинна перевищувати для виконання УЗ - 80% при температурі $+20^{\circ}\text{C}$; для виконання ТЗ і КТЗ - 80% при температурі $+27^{\circ}\text{C}$. Навколишнє середовище вибухо- і пожежобезпечні, без агресивних газів і парів у концентраціях, що руйнують метал (**metal**) та ізоляцію, не насичене струмопровідним пилом і водними парами.

Вимикачі залежно від умов експлуатації й роду установки мають тип виконання:

- МГТ-10-45 УЗ - для районів з помірним кліматом;
- МГТ-10-45 ТЗ - для районів із тропічним кліматом;

- МГГ-10-45 КТЗ - для районів із тропічним кліматом при установці в шафах КРУ.

За номінальним струмом вимикачі мають такі типи виконання:

- МГГ-10-3150-45 УЗ;
- МГГ-10-4000-45 УЗ;
- МГГ-10-5000-45 УЗ;
- МГГ-10-3150-45 ТЗ;
- МГГ-10-4000-45 ТЗ.

Структура умовної позначки вимикачів (на прикладі вимикача **МГГ-10-2000-45 КТЗ**: М - малооливний; Г - генераторний; Г - горшковий; 10 - номінальна напруга, кВ; 2000 - номінальний струм, А; 45 - номінальний струм вимкнення, кА; К - для установки в шафах КРУ; Т - для районів із тропічним кліматом; 3 - категорія розміщення (для роботи в закритих приміщеннях із природною вентиляцією).



Рисунок 4.4 – Загальний вигляд вимикача серії **ВГМ-15**

Структура умовної позначки приводів (на прикладі ПЕ-21 УЗ): П - привод; Е - електромагнітний; 21 - характеристика за габаритами магнітної системи; У - для районів з помірним кліматом; 3 - категорія розміщення. Для керування вимикачами серії **МГ**, **МГГ** та **ВГМ** використовуються також електромагнітні приводи типів ПС-31, ПЕ-2, ПЕ-21.

Основні технічні характеристики оливних генераторних вимикачів серії **МГ** та **МГГ** наведено в таблиці 4.1.

Генераторний малооливний вимикач серії **ВГМ-15-11200/90 УЗ** (рис. 4.4) номінальною напругою 15 кВ призначений для комутації кіл генераторів в нормальному і аварійному режимах роботи (із застосуванням відсічки за струмом вимкнення). Вимикач призначений для роботи в таких номінальних умовах:

- висота над рівнем моря - до 1000 м,;
- температура навколишнього повітря - від -25°C до +40°C, без встановлення вентиляторів;
- відносна вологість навколишнього повітря не повинна перевищувати 95% при температурі +35°C (без конденсації вологи);

- навколишнє середовище - вибухобезпечне, не містить пилу в концентраціях, що знижують параметри роботи вимикача в неприпустимих межах.

Вимикач встановлюється у вентиляційній камері. Продування має здійснюватися сухим повітрям при вологості не більше 50% і температурі нижчій на 2°C, ніж температура поверхонь ізоляторів та ізоляційних деталей вимикача.

Технічні характеристики вимикача серії **ВГМ-15**:

- номінальна напруга, кВ - 15;
- номінальний струм (при 50/60 Гц), А - 11200/10000;
- номінальний струм вимкнення (при 50/60 Гц), кА - 90/71;
- параметри наскрізного струму короткого замикання, кА:
найбільший пік - 320/290,
струм термічної стійкості (час протікання 3 с) - 105/95;
- власний час вимкнення вимикача, с, не більше - 0,15 ;
- повний час вимкнення вимикача, с, не більше - 0,2;
- власний час увімкнення вимикача, с, не більше - 0,7 ;
- номінальна напруга постійного струму електромагнітів керування 220 В;
- струм споживання електромагнітів керування А, не більше:
увімкнення – 410,
вимкнення – 2,5;
- електричний опір дугогасильного контура, мкОм, не більше - 300.

Малооливний вимикач серії **МГУ-20-6300/90** (рис. 4.5) напругою класу 20 кВ призначений для комутації кіл генераторів в нормальному і аварійному режимах роботи. Вимикач призначений для роботи в мережах як з ізолюваною, так і з заземленою нейтраллю в таких номінальних умовах:

- висота над рівнем моря - до 1000 м,
- температура навколишнього повітря - від - 25 до +40°C,
- відносна вологість навколишнього повітря не повинна перевищувати 80% при температурі +20°C,
- навколишнє середовище - вибухобезпечне, не містить пилу в концентраціях, що знижують параметри вимикача в неприпустимих межах.

Технічні характеристики:

- номінальна напруга, кВ - 20;
- номінальний струм (при 50/60 Гц), А - 6300/5700* ;
- номінальний струм вимкнення (при 50/60 Гц), кА - 90/75*;
- параметри наскрізного струму короткого замикання, кА:
найбільший пік - 300/270,
струм термічної стійкості (час протікання 3 с) - 105/95;
- власний час вимкнення вимикача, с, не більше - 0,15;

- повний час вимкнення вимикача, с, не більше - 0,2;
- власний час увімкнення вимикача, с, не більше - 0,8;



Рисунок 4.5 – Загальний вигляд вимикача серії **МГУ-20**

- номінальна напруга постійного струму електромагнітів керування 220 В;
- струм споживання електромагнітів керування, А, не більше:
 увімкнення – 210,
 вимкнення - 2,5;
- електричний опір дугогасильного контура не більше – 300 мкОм.

Примітка:

* при застосуванні примусового повітряного охолодження головного кола за допомогою вентиляторів найбільший допустимий струм в тривалому режимі - 9500/8600 А;

** при номінальній напрузі до 13,8 кВ струм вимкнення - 105 кА.

Таблиця 4.1 - Технічні характеристики вимикачів серії МГ, МГГ

Параметри	МГГ-10-2500-45 УЗ	МГГ-10-3150-45 УЗ	МГГ-10-4000-45 УЗ	МГГ-10-5000-45 УЗ	МГГ-10-2000-45 ТЗ	МГГ-10-3150-45 ТЗ	МГГ-10-4000-45 ТЗ
Номінальна напруга, кВ	10	10	10	10	10	10	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12	12	12	12	12	12	12
Номінальний струм, А: - при 50 Гц	3150	4000	5600	2000	3150	4000	2000
- при 60 Гц	2500	3150	5000	1600	2500	3150	1600
Номінальний струм вимкнення, кА	45	45	45	45	45	45	45
Ном. відносний вміст аперіодичної складової, %	15	15	15	15	15	15	15
Мінімальна безструмова пауза при АПУ, с, не більше	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Струм увімкнення, кА:							
- амплітудне значення	120	120	120	120	120	120	120
- початкове діюче значення періодичної складової	45	45	45	45	45	45	45
Наскрізний струм короткого замикання, кА:							
- амплітудне значення	120	120	120	120	120	120	120
- початкове діюче значення періодичної складової	45	45	45	45	45	45	45
- струм термічної стійкості	45	45	45	45	45	45	45
Власний час вимкнення, с, не більше	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Власний час увімкнення, с, не більше	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Повний час вимкнення до згасання дуги, с, не більше	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Маса оливи, кг	40	40	40	40	40	40	40
Виконання привода ПЕ-21	УЗ	УЗ	УЗ	ТЗ	ТЗ	ТЗ	ТЗ

4.2 Підстанційні малооливні вимикачі

Підстанційні малооливні вимикачі, маючи ряд суттєвих переваг перед баковими вимикачами, застосовуються в відкритих розподільних установках напругою 110 та 220 кВ. Тривалий час знаходились в експлуатації вимикачі серії **МГ-110**, конструктивною особливістю яких є дві дугогасильні камери, розташованих на одній опорній колоні під кутом 120 градусів. Загальний вигляд малооливого вимикача **МГ-110** з номінальним струмом 500 А наведено на рис. 4.6.



Рисунок 4.6 – Загальний вигляд вимикача **МГ-110**

На сьогодні в експлуатації в розподільних мережах напругою 110 і 220 кВ широко застосовуються вимикачі серій **ВМК** та **ВМТ** (рис. 4.7), які мають номінальні струми 1000-2000 А.

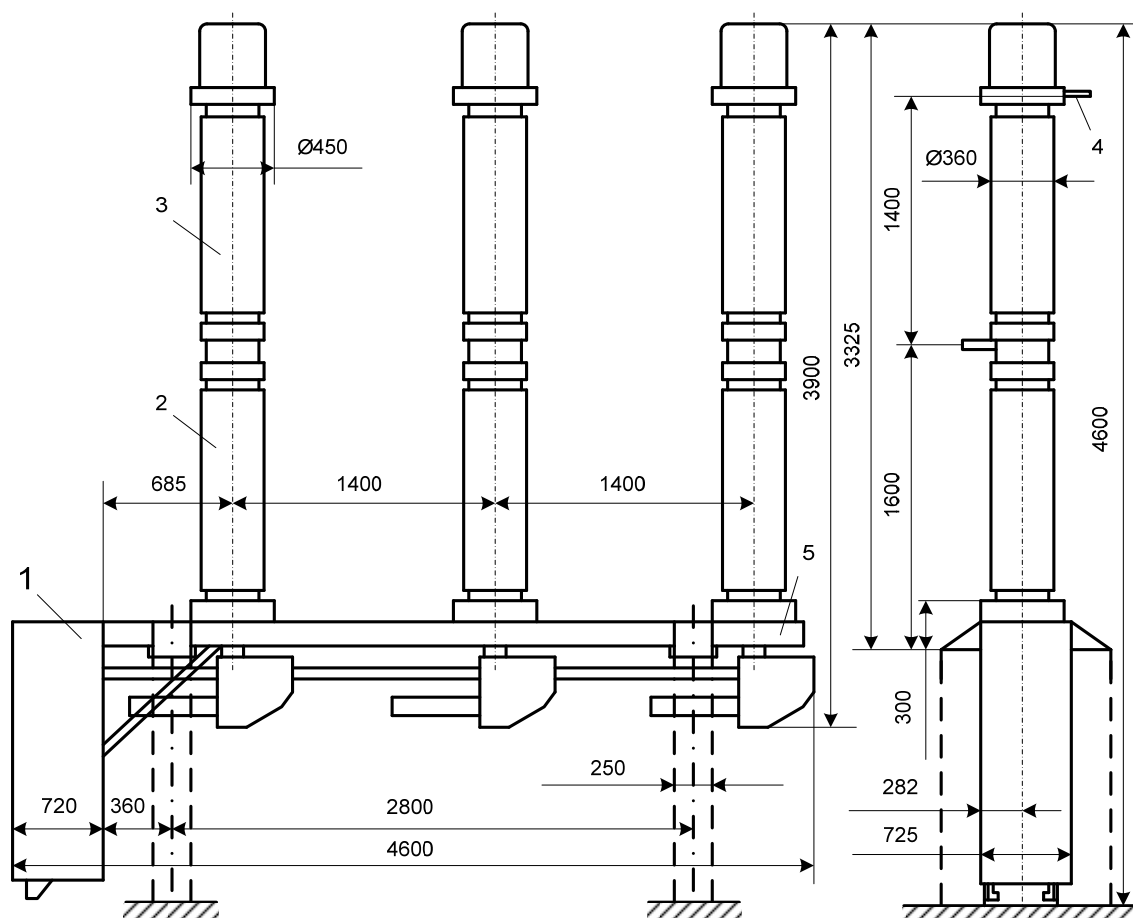


Рисунок 4.7 – Габаритні розміри вимикача **ВМТ-110**:

1 – привод ППК-2300; 2 – ізолятор опорний; 3 – дугогасильний пристрій;
4 – вивід; 5 – рама

Три полюси вимикача **ВМТ-110** встановлені на загальній основі 5 і керуються пружинним приводом 1. Полюс вимикача це оливонаповнена колона, яка складається з опорного ізолятора 2, дугогасильного пристрою 3, ввідів 4, механізму керування і електронагрівальних пристроїв.

Нерухомий контакт однорозривного дугогасильного модуля, розташованого в камерному ізоляторі, жорстко закріплений на верхньому фланці з виводом 4. На нерухомому контакті закріплена камера зустрічно-поперечного дуття. Камерний ізолятор закритий зверху ковпаком. У середині камерного ізолятора встановлено склопоксидний циліндр, який приймає на себе механічне навантаження при роботі вимикача. Полюси вимикача заливаються трансформаторною оливою за ГОСТ 982–80 або арктичною трансформаторною оливою за ТУ33 101169–79. При встановленні

в районах з холодним кліматом – тільки арктичною трансформаторною оливою.

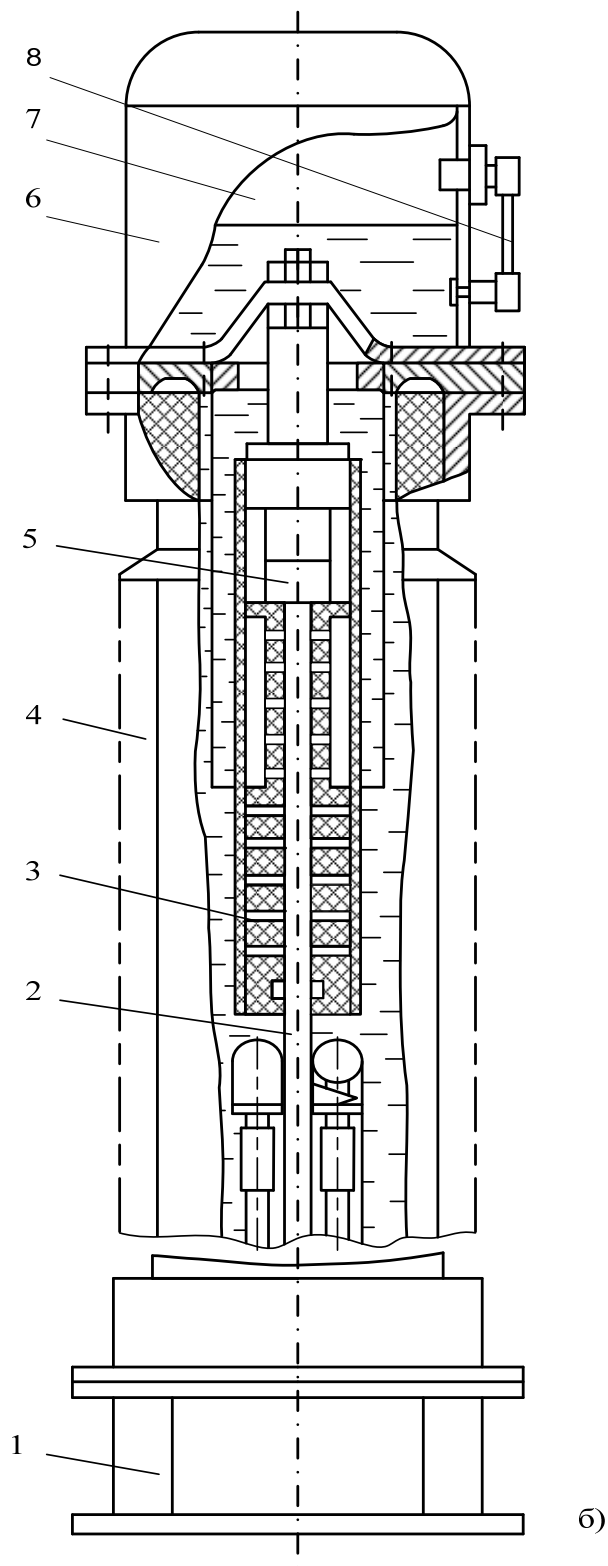


Рисунок 4.8 – Дугогасильний модуль вимикача **ВМТ-110**

Дугогасильний модуль вимикача **ВМТ-110** (рис. 4.8) складається із струмовідводу 1, з'єднаного через струмознімальні пристрої з рухомим контактом 2, дугогасильної камери 3 зустрічно-поперечного дуття, нерухомого контакту 5. Всі ці елементи знаходяться в пустотілому фарфоровому ізоляторі 4, заповненому трансформаторною оливою і закритому зверху ковпаком 6. Ковпак має манометр для контролю залишкового тиску в дугогасильному пристрої, пристрій для заповнення стисненим газом, випускний автоматичний клапан, показчик рівня оливи 8. В процесі гасіння дуги рівень оливи піднімається, займаючи частково об'єм 7. Всередині опорного ізолятора 2 (рис. 4.8) розміщені ізоляційні тяги, які з'єднують рухомий контакт з механізмом керування. Вимикач комплектується потужним пружинним приводом.



Рисунок 4.9 – Загальний вигляд малооливого вимикача **ВМТ-220**

Оливонаповнені колони герметизовані і знаходяться під залишковим тиском газу (азоту або повітря). Залишковий тиск підтримує високу електричну стійкість (**stability**) міжконтактного проміжку (**interval**) (це важливо при роботі вимикача в циклах АПУ), підвищує зносостійкість контактів, забезпечує високий рівень внутрішньої ізоляції, незалежно від зміни атмосферних умов, забезпечує надійне вимкнення як струмів короткого зами-

кання, так і ємнісних струмів ненавантажених ЛЕП. Залишковий тиск створюється стисненням газом, який подається від балонів або компресора перед вводом вимикача в експлуатацію і зберігається без поновлення до чергової ревізії.

Вимикач колонковий малооливний напругою 220 кВ типу **ВМТ-220Б** складається з трьох окремих полюсів, встановлених на різних рамах. Кожний полюс керується пружинним приводом. Полюс вимикача має оливнонаповнені колони, на яких встановлені два дугогасильні модулі тієї ж конструкції, що і вимикачі **ВМТ-110**. Окремі деталі **ВМТ-220Б** максимально уніфіковані з вимикачем **ВМТ-110**, це дозволяє взаємозамінювати змінні частини. Загальний вигляд малооливого вимикача напругою 220 кВ наведено на рис. 4.9

Конструкції (**construction**) малооливних вимикачів напругою 35 кВ і вище продовжують вдосконалювати з метою збільшення величини номінальних струмів і їх вимикальної здатності, але значну конкуренцію їм в сьогоденні створюють елегазові вимикачі. В світовій практиці малооливні вимикачі виготовляються на напруги до 420 кВ.

Переваги малооливних вимикачів :

- невелика кількість оливи, в порівнянні з баковими вимикачами;
- відносно мала маса і габарити;
- зручніший, ніж у бакових, доступ до дугогасильних контактів;
- можливість створення серії вимикачів на різні напруги з застосуванням уніфікованих вузлів.

Недоліки:

- вибухо- і пожежонебезпека, що є значно нижчі, ніж в бакових оливних вимикачах, але вищі, ніж в повітряних та елегазових;
- неможливість здійснення швидкодійного АПУ;
- необхідність періодичного контролю та заміни оливи в дугогасильних камерах;
- труднощі при встановленні вбудованих вимірювальних трансформаторів струму.

Переважне застосування малооливних вимикачів - закриті розподільні установки електростанцій і підстанцій напругою 6, 10, 35, 110 кВ, комплектні розподільні установки напругою 6, 10 і 35 кВ та відкриті розподільні установки напругою 35, 110, 220 кВ.

Основні технічні характеристики оливних вимикачів, що виготовлялись в СНД, і експлуатуються в розподільних мережах до тепер, наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Основні технічні характеристики оливних вимикачів

Тип вимикача	Номінальна напру- га, кВ	Номінальний струм, А	Номінальний струм вимкнення, кА	Електродинамічна стійкість, кА	Термічна стійкість, кА	Час, с			Маса, кг		Привод
						увімкнення	вимкнення		Вимикача з при- водом	оливи	
							без привода	з приводом			
Оливні багатооб'ємні (бакові)											
ВМЕ-6-200	6	200	4	10	4	-	-	0,14	64	16	ПМ-300
МКП-35-1000-25	35	1000	25	64	25	0,4	0,05	0,8	2580	800	ПШЕ-31
ВТД-35-630-12,5	35	630	12,5	31	12,5	-	$\left(\frac{0,06}{0,12}\right)^*$	$\left(\frac{0,09}{0,15}\right)^*$	866	300	$\frac{\text{ПШЕ-11}}{\text{ПП-67}}$
У-35-2000-40	35	2000	40	102	40	0,4	0,05	0,08	3000	900	ШПЕ-36
С-35М-630-10	35	630	10	26	10	$\left(\frac{0,34}{0,4}\right)^*$	0,05	0,08	896 (953)	230	$\frac{\text{ПШЕ-12}}{\text{ПП-67}}$
С-35-2000-50	35	2000	50	127	50	0,7	0,055	0,08	4140	1040	ШПЕ-38
С-35-3200-50	35	3200	50	127	50	0,7	0,055	0,08	4140	1040	ШПЕ-38
МКП-110Б-630-20	110	630	20	52	20	0,6	0,05	0,055-0,08	8400	8000	ШПЕ-33
МКП-110Б-1000-20	110	1000	20	52	20	0,6	0,05	0,055-0,08	8400	8000	ШПЕ-33
У110-2000-40	110	2000	40	102	40	0,8	0,06	0,08	10700	8000	ШПЕ-44
У-110-2000-50	110	2000	50	135	50	$\left(\frac{0,3}{0,7}\right)^*$	0,05	0,08	9500	5700	$\frac{\text{ШПВ-47}}{\text{ШПЕ-46}}$
У-220-1000/2000-25	220	1000; 2000	25	64	25	$\left(\frac{0,45}{0,8}\right)^*$	0,05	0,08	28000	27000	$\frac{\text{ШПВ-45П}}{\text{ШПЕ-44}}$

Продовження таблиці 4.2

Тип вимикача	Номинальна на- пруга, кВ	Номинальний струм, А	Номинальний струм вимкнення, кА	Електродинамічна стійкість, кА	Термічна стій- кість, кА	Час, с			Маса, кг		Привод
						увімкнення	вимкнення		Вимикача з приводом	оливи	
							без привода	з приводом			
Оливні малооб'ємні											
ВМГ-10-630-20 ВМГ-10-1000-20	10	630 1000	20	52	20	0,3	-	0,1/0,12	145	4,5	ПЕ-11 ПП-67
ВМГП-10-630-20 ВМГП-10-1000-20	10	630 1000	20	52	20	0,3	-	0,12	140	4,5	ППВ-10
ВМПП-10-630-20 ВМПП-10-1000-20 ВМПП-10-1600-20	10	630 1000 1600	20	52	20	0,2	0,0-	0,1	225	5,5	Пружинний
ВМПП-10-630-31,5 ВМПП-10-1000-31,5 ВМПП-10-1000-31,5	10	630 1000 1600	31,5	80	31,5	0,2	0,09	0,1	225	5,5	Пружинний
ВМПЕ-10-630-20 ВМПЕ-10-1000-20 ВМПЕ-10-1600-20	10	630 1000 1600	20	52	20	0,3	0,07	0,095	220	5,5	Електромаг- нітний вбу- дований
ВМПЕ-10-630-31,5 ВМПЕ-10-1000-31,5 ВМПЕ-10-1000-31,5	10	630 1000 1600	31,5	80	31,5	0,3	0,07	0,095	220	5,5	Електромаг- нітний вбу- дований
ВММ-10, ВММ-10А	10	400	10	25	10	0,2	0,1	0,12	90	3,5	Пружинний вбудований
ВК-10-630-20 ВК-10-1000-20 ВК-10-1600-20	10	630 1000 1600	20	52	20	0,075	0,05	0,07	160 160 190	12 12 12	Пружинний

Продовження таблиці 4.2

Тип вимикача	Номінальна на- пруга, кВ	Номінальний струм, А	Номінальний струм вимкнен- ня, кА	Електродина- мічна стійкість, кА	Термічна стій- кість, кА	Час, с			Маса, кг		Привод
						увімкнення	ВИМКНЕННЯ		Вимикача з приводом	оливи	
							без при- вода	з приво- дом			
ВК-10-630-31,5 ВК-10-1000-31,5 ВК-10-1600-31,5	10	630 1000 1600	31,5	80	31,5	0,075	0,05	0,07	160 160 190	12 12 12	Пружинний
МГГ-10-3200-45 МГГ-10-4000-45 МГГ-10-5000-45 МГГ-10-5000-63	10 10 10 10	3200 4000 5600 5000	45 45 45 63/58	120 120 120 170	45 45 45 64	0,4 0,4 0,4 0,4	0,12 0,12 0,12 0,12	0,14 0,14 0,14 0,14	900	25	ПЕ-21
МГУ-20-6300 ВГМ-20-90/11200 ВМК-27,5П-1000/10 ВМК-27,5Е-1000/15 ВМК-35В-1000 ВМК-35Е-1000 ВМТ-110Б-1000 ВМТ-220Б-1000	20 20 27,5 27,5 35 35 110 220	6300 11200 1000 1000 1000 1000 1000 1000	90 90 10 15 16 16 20 20	300 320 27 40 45 45 52 52	90 105 10 (5с) 15 (5с) 16,5 16,5 20 20	0,8 0,7 0,09 0,24 0,11 0,24 0,2 0,2	0,15 0,15 0,055 0,07 0,05 0,08 -	0,02 0,02 0,095 0,1 0,08 0,11 0,08 0,08	2950 3100 435 740 710 710 200 6300	55 60 30 40 100 100 260 840	ПС-31 ПС-31 Пружинний ПЕ-31 Пневматичний ПЕ-31 ППК-2300 ППК-1800
Примітка. Тривалість струму термічної стійкості для апаратів на 3 – 35 кВ - 4 с, для апаратів на 110 кВ і вище – 3 с. * Час спрацювання залежить від типу привода, вказаного в останньому стовпчику											

Контрольні запитання

1. Конструктивні особливості генераторних оливних малооб'ємних вимикачів. Чим вони зумовлені?
2. Переваги та недоліки малооливних вимикачів.
3. Які особливості застосування малооливних вимикачів у відкритих розподільних установках?

Література

1. Таев И. С. Электрические аппараты, общая теория. – М.: Энергия, 1977. – 270 с.
2. Основы теории электрических аппаратов: Учеб. для вузов / И. С. Таев, Б. К. Буль, А. Г. Годжелло и др. /Под ред. И. С. Таева. – М.: Высшая школа, 1987. – 352 с.
3. Залесский А. М., Кукеков Г. А. Тепловые расчеты электрических аппаратов. Л. – : Энергия, 1967. – 380 с.
4. Евдокимов Ф. Е. Теоретические основы электротехники. – М.: Высшая школа, 1974. – 544 с.
5. Аронов И. З., Иофин А. А., Уткин А. И. Маломаслянные выключатели наружной установки на 110 и 220 кВ серии ВМТ. – Электротехника. – 1980. – № 5. – С. 42–44.
6. Чунихин А. А. Электрические аппараты. – М.: Энергия, 1975. – 567 с.
7. Зелінський В. Ц. Фізичні основи електричних апаратів. Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2001. – 134 с.
8. Электрическая часть станций и подстанций / Под ред. А. А. Васильева. – М.: Энергия, 1980. – 608 с.
9. К. Регаллер, Р. Рейхарт. Физика дуги и переходные процессы в сетях / Под ред. К. Регаллера. – М.: Энергоиздат, 1981. – 345 с.
10. Ульянов С. А. Электрические переходные процессы в электрических системах. – М.: Энергия, 1970. – 350 с.
11. Электрическая часть станций и подстанций: Учебник для вузов / А. А. Васильев, И. П. Крючков, Е. Ф. Наяшкова и др. ; Под ред. А. А. Васильева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 567 с.
12. Родштейн Л. А. Электрические аппараты. 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 304 с.
13. Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
14. Чунихин А. А., Жаворонков М. А. Аппараты высокого напряжения. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 432 с.
15. Рожкова Л. Д., Карнеева Л. К., Чиркова Т. В. Электрооборудование электрических станций и подстанций. – М.: Издательский центр "Академия", 2005. – 448 с.

Додаток А

Технічні параметри вимикачів ВПМ-10

Таблиця А1 - Технічні параметри **ВПМ-10-630-20У2**

Номінальні параметри	Значення
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А:	
- при 50 Гц	630
- при 60 Гц	400
Номінальний струм вимкнення, кА:	
- при 50 Гц	20
- при 60 Гц	16
Параметри наскрізного струму короткого замикання, кА:	
- найбільший пік	52
- струм термічної стійкості (час протікання 4 с)	20
Мінімальна безструмова пауза при АПУ, не більше	0,5
Власний час вимкнення вимикача, с, не більше:	
- з приводом ПЕ-11	0,09
- з приводом ПП-67	0,12
- з приводом ППО-10	-
Повний час вимкнення вимикача, с, не більше	
- з приводом ПЕ-11	0,11
- з приводом ПП-67	0,14
- з приводом ППО-10	-
Власний час увімкнення вимикача, с, не більше	0,3
Механічний ресурс циклів "увімкнення-пауза-вимкнення", не менше	3000
Комутаційна зносостійкість циклів вимкнення, не менше:	
- 60-100% номінального струму вимкнення	10
- 30-60% номінального струму вимкнення	17
Середній термін експлуатації до капітального ремонту, років, не менше	8
Середній термін експлуатації до списання, років, не менше	25
Маса вимикача без оливи, кг	132
Маса оливи, кг	4,5

Таблиця А2 - Технічні параметри **ВІМ-10-630-20УЗ**

Номінальні параметри	Значення
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А:	
- при 50 Гц	630
- при 60 Гц	400
Номінальний струм вимкнення, кА:	
- при 50 Гц	20
- при 60 Гц	16
Параметри наскрізного струму короткого замикання, кА:	
- найбільший пік	52
- струм термічної стійкості (час протікання 4 с)	20
Мінімальна безструмова пауза при АПУ, не більше	0,5
Власний час вимкнення вимикача, с, не більше:	
- з приводом ПЕ-11	0,09
- з приводом ПП-67	0,12
- з приводом ППО-10	-
Повний час вимкнення вимикача, с, не більше	
- з приводом ПЕ-11	0,11
- з приводом ПП-67	0,14
- з приводом ППО-10	-
Власний час увімкнення вимикача, с, не більше	0,3
Механічний ресурс циклів "увімкнення-пауза-вимкнення", не менше	3000
Комутаційна зносостійкість циклів вимкнення, не менше:	
- 60-100% номінального струму вимкнення	10
- 30-60% номінального струму вимкнення	17
Середній термін експлуатації до капітального ремонту, років, не менше	8
Середній термін експлуатації до списання, років, не менше	25
Маса вимикача без оливи, кг	125
Маса оливи, кг	4,5

Таблиця А3 - Технічні параметри **ВІМ-10-1000-20У2**

Номинальні параметри	Значення
Номинальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номинальний струм, А:	
- при 50 Гц	630
- при 60 Гц	400
Номинальний струм вимкнення, кА:	
- при 50 Гц	20
- при 60 Гц	16
Параметри наскрізного струму короткого замикання, кА:	
- найбільший пік	52
- струм термічної стійкості (час протікання 4 с)	20
Мінімальна безструмова пауза при АПУ, не більше	0,5
Власний час вимкнення вимикача, с, не більше	
- з приводом ПЕ-11	0,09
- з приводом ПП-67	0,12
- з приводом ППО-10	-
Повний час вимкнення вимикача, с, не більше	
- з приводом ПЕ-11	0,11
- з приводом ПП-67	0,14
- з приводом ППО-10	-
Власний час увімкнення вимикача, с, не більше	0,3
Механічний ресурс циклів "увімкнення-пауза-вимкнення", не менше	3000
Комутаційна зносостійкість циклів вимкнення, не менше:	
- 60-100% номінального струму вимкнення	10
- 30-60% номінального струму вимкнення	17
Середній термін експлуатації до капітального ремонту, років, не менше	8
Середній термін експлуатації до списання, років, не менше	25
Маса вимикача без оливи, кг	137
Маса оливи, кг	4,5

Таблиця А4 - Технічні параметри ВПМ-10-1000-20УЗ

Номинальні параметри	Значення
Номинальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номинальний струм, А:	
- при 50 Гц	630
- при 60 Гц	400
Номинальний струм вимкнення, кА:	
- при 50 Гц	20
- при 60 Гц	16
Параметри наскрізного струму короткого замикання, кА:	
- найбільший пік	52
- струм термічної стійкості (час протікання 4 с)	20
Мінімальна безструмова пауза при АПУ, не більше	0,5
Власний час вимкнення вимикача, с, не більше	
- з приводом ПЕ-11	0,09
- з приводом ПП-67	0,12
- з приводом ППО-10	-
Повний час вимкнення вимикача, с, не більше	
- з приводом ПЕ-11	0,11
- з приводом ПП-67	0,14
- з приводом ППО-10	-
Власний час увімкнення вимикача, с, не більше	0,3
Механічний ресурс циклів "увімкнення-пауза-вимкнення", не менше	3000
Комутаційна зносостійкість циклів вимкнення, не менше:	
- 60-100% номінального струму вимкнення	10
- 30-60% номінального струму вимкнення	17
Середній термін експлуатації до капітального ремонту, років, не менше	8
Середній термін експлуатації до списання, років, не менше	25
Маса вимикача без оливи, кг	132
Маса оливи, кг	4,5

Додаток Б

Технічні параметри вимикачів ВМПЕ - 10

Таблиця Б1 - Технічні параметри **ВМПЕ-10-20/1000 У2**

Номінальні параметри	Значення
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	1000
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Струм термічної стійкості, кА/с:	20(4)
Власний час вимкнення, мс	0,09
Повний час вимкнення, мс	0,11
Власний час увімкнення, мс	0,3
Маса, кг	200
Маса оливи , кг	5,5±0,5

Таблиця Б1.1 - Параметри вимкнення

Граничні наскрізні струми:	
- початкове ефектне значення періодичної складової, кА	20
- амплітудне значення, кА	52
Мінімальна безструмова пауза при автоматичному повторному вмиканні (АПВ)	0,4

Таблиця Б1.2 - Номінальні характеристики привода вимикача

Номінальна напруга постійного струму електромагнітів увімкнення і вимкнення, В	110 220
Діапазон оперативної роботи привода за напругою на затискачах його обмоток (у відсотках від номінальної напруги):	
- електромагніту вимкнення	65-120
- електромагніту увімкнення	85-110
Споживаний струм обмоток електромагнітів не більше, А	
- вимкнення при напрузі: 110 В 220 В	5 2,5
- увімкнення, кА, при напрузі В	20-110-180 20-220- 90 31,5-110-200 31,5-220- 100

Таблиця Б 2 - Технічні параметри **ВМПЕ-10-20/1250 ТЗ**

Номінальні параметри	Значення
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	1000
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Струм термічної стійкості, кА/с:	20(4)
Власний час вимкнення, мс	0,09
Повний час вимкнення, мс	0,11
Власний час увімкнення, мс	0,3
Маса, кг	200
Маса оливи, кг	5,5±0,5

Таблиця Б2.1 - Параметри вимкнення

Граничні наскрізні струми:	
- початкове ефектне значення періодичної складової, кА	20
- амплітудне значення, кА	52
Мінімальна безструмова пауза при АПУ:	0,4

Таблиця Б2.2 - Номінальні характеристики привода вимикача

Номінальна напруга постійного струму електромагнітів увімкнення і вимкнення, В	110 або 220
Діапазон оперативної роботи привода за напругою на затискачах його обмоток (у відсотках від номінальної напруги):	
- електромагніту вимкнення	65-120
- електромагніту увімкнення	85-110
Споживаний струм обмоток електромагнітів не більше, А	
- вимкнення при напрузі 110 В 220 В	5 2,5
- увімкнення, кА, при напрузі В	20-110-180 20-220- 90 31,5-110-200 31,5-220- 100

Таблиця Б3 - Технічні параметри **ВМПЕ-10-20/1600 У2**

Номінальні параметри	Значення
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	1600
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Струм термічної стійкості, кА/с:	20(4)
Власний час вимкнення, мс	0,09
Повний час вимкнення, мс	0,11
Власний час увімкнення, мс	0,3
Маса, кг	200

Таблиця Б3.1 - Параметри вимкнення

Граничні наскрізні струми:	
- початкове ефектне значення періодичної складової, кА	20
- амплітудне значення, кА	52
Мінімальна безструмова пауза при автоматичному повторному увімкненні (АПУ)	0,4

Таблиця Б3.2 Номінальні характеристики привода вимикача

Номінальна напруга постійного струму електромагнітів увімкнення і вимкнення, В	110 або 220
Діапазон оперативної роботи привода за напругою на затискачах його обмоток (у відсотках від номінальної напруги):	
- електромагніту вимкнення	65-120
- електромагніту увімкнення	85-110
Споживаний струм обмоток електромагнітів, А, не більше	
- вимкнення, при напрузі, В	5 - 110 2,5 - 220
- увімкнення, кА, при напрузі В	20-110-180 20-220- 90 31,5-110-200 31,5-220- 100

Таблиця Б4 - Технічні параметри **ВМПЕ-10-20/630 У2**

Номінальні параметри	Значення
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	630
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Струм термічної стійкості, кА/с:	20(4)
Власний час вимкнення, мс	0,09
Повний час вимкнення, мс	0,11
Власний час увімкнення, мс	0,3
Маса, кг	200
Маса оливи, кг	5,5±0,5

Таблиця Б4.1 - Параметри вимкнення

Граничні наскрізні струми:	
- початкове ефектне значення періодичної складової, кА	20
- амплітудне значення, кА	52
Мінімальна безструмова пауза при автоматичному повторному увімкненні (АПУ)	0,4

Таблиця Б4.2 - Номінальні характеристики привода вимикача

Номінальна напруга постійного струму електромагнітів увімкнення і вимкнення, В	110 або 220
Діапазон оперативної роботи привода за напругою на затискачах його обмоток (у відсотках від номінальної напруги):	
- електромагніту вимкнення	65-120
- електромагніту увімкнення	85-110
Споживаний струм обмоток електромагнітів, А, не більше	
- вимкнення, при напрузі, В	5 - 110 2,5 - 220
- увімкнення, кА, при напрузі В	20-110-180 20-220- 90 31,5-110-200 31,5-220- 100

Таблиця Б5 - Технічні параметри **ВМПЕ-10-31,5/1000 У2**

Номінальні параметри	Значення
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	1000
Номінальний струм вимкнення, кА	31,5
Струм термічної стійкості, кА/с:	31,5(4)
Власний час вимкнення, мс	0,09
Повний час вимкнення, мс	0,11
Власний час увімкнення, мс	0,3
Маса, кг	200
Маса оливи, кг	5,5±0,5

Таблиця Б5.1 - Параметри вимкнення

Граничні наскрізні струми:	
- початкове ефектне значення періодичної складової, кА	31,5
- амплітудне значення, кА	80
Мінімальна безструмова пауза при АПУ	0,4

Таблиця Б5.2 - Номінальні характеристики привода вимикача

Номінальна напруга постійного струму електромагнітів увімкнення і вимкнення, В	110 або 220
Діапазон оперативної роботи привода за напругою на затискачах його обмоток (у відсотках від номінальної напруги):	
- електромагніту вимкнення	65-120
- електромагніту увімкнення	85-110
Споживаний струм обмоток електромагнітів, А, не більше	
- вимкнення, при напрузі, В	5 - 110 2,5 - 220
- увімкнення, кА, при напрузі В	20-110-180 20-220- 90 31,5-110-200 31,5-220- 100

Таблиця Б6 - Технічні параметри **ВМПЕ-10-31,5/1250 Т3**

Номінальні параметри	Значення
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	1250
Номінальний струм вимкнення, кА	31,5
Струм термічної стійкості, кА/с:	31,5(4)
Власний час вимкнення, мс	0,09
Повний час вимкнення, мс	0,11
Власний час увімкнення, мс	0,3
Маса, кг	200
Маса оливи, кг	5,5±0,5

Таблиця Б6.1 - Параметри вимкнення

Граничні наскрізні струми:	
- початкове ефектне значення періодичної складової, кА	31,5
- амплітудне значення, кА	80
Мінімальна безструмова пауза при АПУ	0,4

Таблиця Б6.2 - Номінальні характеристики привода вимикача

Номінальна напруга постійного струму електромагнітів увімкнення і вимкнення, В	110 або 220
Діапазон оперативної роботи привода за напругою на затискачах його обмоток (у відсотках від номінальної напруги):	
- електромагніту вимкнення	65-120
- електромагніту увімкнення	85-110
Споживаний струм обмоток електромагнітів, А, не більше	
- вимкнення, при напрузі, В	5 - 110 2,5 - 220
- увімкнення, кА, при напрузі В	20-110-180 20-220- 90 31,5-110-200 31,5-220- 100

Таблиця Б7 - Технічні параметри **ВМПЕ-10-31,5/1600 У2**

Номінальні параметри	Значення
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	1600
Номінальний струм вимкнення, кА	31,5
Струм термічної стійкості, кА/с:	31,5(4)
Власний час вимкнення, мс	0,09
Повний час вимкнення, мс	0,11
Власний час увімкнення, мс	0,3
Маса, кг	200
Маса оливи, кг	5,5±0,5

Таблиця Б7.1 - Параметри вимкнення

Граничні наскрізні струми:	
- початкове ефектне значення періодичної складової, кА	31,5
- амплітудне значення, кА	80
Мінімальна безструмова пауза при АПУ	0,4

Таблиця Б7.2 - Номінальні характеристики привода вимикача

Номінальна напруга постійного струму електромагнітів увімкнення і вимкнення, В	110 або 220
Діапазон оперативної роботи привода за напругою на затискачах його обмоток (у відсотках від номінальної напруги):	
- електромагніту вимкнення	65-120
- електромагніту увімкнення	85-110
Споживаний струм обмоток електромагнітів, А, не більше	
- вимкнення, при напрузі, В	5 - 110 2,5 - 220
- увімкнення, кА, при напрузі В	20-110-180 20-220 - 90 31,5-110 -200 31,5-220 - 100

Таблиця Б8 - Технічні параметри **ВМПЕ-10-31,5/630 ТЗ**

Номінальні параметри	Значення
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	630
Номінальний струм вимкнення, кА	31,5
Струм термічної стійкості, кА/с:	31,5(4)
Власний час вимкнення, мс	0,09
Повний час вимкнення, мс	0,11
Власний час увімкнення, мс	0,3
Маса, кг	200
Маса оливи, кг	5,5±0,5

Таблиця Б8.1 - Параметри вимкнення

Граничні наскрізні струми:	
- початкове ефектне значення періодичної складової, кА	31,5
- амплітудне значення, кА	80
Мінімальна безструмова пауза при АПУ	0,4

Таблиця Б8.2 - Номінальні характеристики привода вимикача

Номінальна напруга постійного струму електромагнітів увімкнення і вимкнення, В	110 або 220
Діапазон оперативної роботи привода за напругою на затискачах його обмоток (у відсотках від номінальної напруги):	
- електромагніту вимкнення	65-120
- електромагніту увімкнення	85-110
Споживаний струм обмоток електромагнітів, А, не більше	
- вимкнення, при напрузі, В	5 - 110 2,5 - 220
- увімкнення, кА, при напрузі В	20-110-180 20-220 - 90 31,5-110 -200 31,5-220 - 100

Таблиця Б9 - Технічні параметри **ВМПЕ-10-31,5/630 У2**

Номінальні параметри	Значення
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	630
Номінальний струм вимкнення, кА	31,5
Струм термічної стійкості, кА/с:	31,5(4)
Власний час вимкнення, мс	0,09
Повний час вимкнення, мс	0,11
Власний час увімкнення, мс	0,3
Маса, кг	200
Маса оливи, кг	5,5±0,5

Таблиця Б9.1 - Параметри вимкнення

Граничні наскрізні струми:	
- початкове ефектне значення періодичної складової, кА	31,5
- амплітудне значення, кА	80
Мінімальна безструмова пауза при АПУ	0,4

Таблиця Б9.2 - Номінальні характеристики привода вимикача

Номінальна напруга постійного струму електромагнітів увімкнення і вимкнення, В	110 або 220
Діапазон оперативної роботи привода за напругою на затискачах його обмоток (у відсотках від номінальної напруги):	
- електромагніту вимкнення	65-120
- електромагніту увімкнення	85-110
Споживаний струм обмоток електромагнітів, А, не більше	
- вимкнення, при напрузі, В	5 - 110 2,5 - 220
- увімкнення, кА, при напрузі В	20-110 -180 20-220 - 90 31,5-110 -200 31,5-220 - 100

Додаток В
Технічні параметри вимикачів ВМГ-10

Таблиця В1 - Технічні параметри **ВМГ-10-630-20/УЗ**

Номінальні параметри	Значення
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	630
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Граничний наскрізний струм, кА:	
- амплітудне значення	52
- початкове ефектне значення періодичної складової	20
Граничний струм термічної стійкості для проміжку часу 4 с, кА	20
Номінальний струм увімкнення, кА:	
- ефективне значення періодичної складової	20
- амплітудне значення	52
Власний час вимкнення з приводом ПЕ-11(ПП-67), с, не більше	0,10 (0,12)
Час вимкнення з приводом ПЕ-11(ПП-67), с, не більше	0,12 (0,14)
Маса вимикача без оливи, кг	140

Таблиця В2 - Технічні параметри **ВМГ-10-1000-20/УЗ**

Номінальні параметри	Значення
Номінальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номінальний струм, А	1000
Номінальний струм вимкнення, кА	20
Граничний наскрізний струм, кА:	
- амплітудне значення	52
- початкове ефектне значення періодичної складової	20
Граничний струм термічної стійкості для проміжку часу 4 с, кА	20
Номінальний струм увімкнення, кА:	
- ефективне значення періодичної складової	20
- амплітудне значення	52
Власний час вимкнення з приводом ПЕ-11(ПП-67), с, не більше	0,10 (0,12)
Час вимкнення з приводом ПЕ-11(ПП-67), с, не більше	0,12 (0,14)
Маса вимикача без оливи, кг	145

Додаток Д

Оливний вимикач серії ВМУЕ-27,5-16/1250

Вимикач **ВМУЕ-27,5-16/1250** - однополюсний оливний вимикач для тягових підстанцій електрифікованих залізниць, постів секціонування і пунктів паралельного з'єднання контактної мережі, комутації електричних кіл при нормальних і аварійних режимах в мережах однофазного змінного струму частотою 50 (60) Гц. Вимикач забезпечується електромагнітним приводом ПЕМУ-200. Кліматичні умови експлуатації вимикача: температура від +40 до -60°C, висота установки не більше 1000 м над рівнем моря. Механічний ресурс-3000 циклів увімкнення-вимкнення.



Рисунок Д1 - Загальний вигляд вимикача

Таблиця Д1 - Технічні параметри

Номінальні параметри	Значення
Номінальна напруга, кВ	27,5
Номінальний струм, А	1250
Номінальний струм вимкнення, кА	16
Циклів вимкнення, при номінальному струмі	300
Циклів вимкнення, при струмі КЗ	14
Електродинамічна стійкість, кА	41
Струм термічної стійкості, кА/с	16
Власний час вимкнення, мс	50
Повний час вимкнення, мс	80
Власний час увімкнення, мс	400
Маса, кг	330
Габарити вимикача, мм	730 x 510 x2500

Додаток Е

Оливний вимикач серії ВМУЕ-35Б-25/1250

Вимикачі **ВМУЕ-35Б-25/1250** можуть бути встановлені в районах помірного, холодного і тропічного клімату, на висоті не більше 1000 м над рівнем моря, з температурою навколишнього повітря від +40 до -60°C. Вимикач складається з рами, полюсів і електромагнітного привода ПЕМУ-800.

Високовольтний оливний триполюсний вимикач призначений для встановлення у відкритих і закритих розподільних установках та комутації електричних кіл при нормальних і аварійних режимах в мережах трифазного змінного струму частоти 50 (60) Гц.

Механічний ресурс - 3000 циклів увімкнення-вимкнення.



Рисунок Е1 - Загальний вигляд вимикача

Таблиця Е1 - Технічні параметри

Номінальні параметри	Значення
Номінальна напруга, кВ	35
Номінальний струм, А	1250
Номінальний струм вимкнення, кА	25
Циклів вимкнення, при номінальному струмі	300
Циклів вимкнення, при струмі КЗ	10
Електродинамічна стійкість, кА	64
Струм термічної стійкості, кА/с	25
Власний час вимкнення, мс	50
Повний час вимкнення, мс	75
Власний час увімкнення, мс	300
Маса, кг	780
Габарити вимикача, мм	1790 x 500 x 2500

Додаток Є

Оливний вимикач серії С-35м-630-10

Кліматичні умови експлуатації вимикача:

- температура від +40 до -60°C,
- висота встановлення не більше 1000 м над рівнем моря.

Вимикач комплектується вбудованими трансформаторами струму ТБ-35.

Забезпечується електромагнітним приводом ПЕМУ-500 або пружинним ПП-67.

Повний час вимкнення вимикача з пружинним приводом 120 мс.



Рисунок Є1 - Загальний вигляд вимикача **С-35м-630-10**

Таблиця Є1 - Технічні параметри

Номінальні параметри	Значення
Номінальна напруга, кВ	35
Номінальний струм, А	630
Номінальний струм вимкнення, кА	10
Струм термічної стійкості, кА/с	10
Повний час вимкнення, мс	80
Габарити вимикача:	
- для категорії А, мм	1910 x 1200 x 1940
- для категорії Б, мм	1910 x 1200 x 2030

Додаток Ж

Словник основних термінів

аварійний	disabled	нерухомий	stationary
активний	active	нижній	unde
бак	cistern	нормальний	norma
важіль	lever	олива	olive tree
вакуум	vacuum	опір	resistance
вал	shaft	параметр	parameter
вимикач	circuit breaker	підвісний	pendulous
вимкнення	turning off	підігрів	heating
вимірювальні	measuring	положення	position
вихлопний	exhaust	повітря	air
вигляд	appearance	приміщенні	lodging
відстань	distance	пружина	spring
відповідний	appropriate	пристрій	device
вологість	humidity	процес	extinguishing
вуглець	heat conductivity	продування	blowing through
всередині	inside	проміжок	interval
габарит	clearance	рама	carriage
газ	gas	робочий	working
гасіння	extinguishing	роликовий	roller
горіння	burning	середовище	surroundings
головний	central	спосіб	method
електромагнітний	electromagnetic	стійкість	stability
електрична дуга	hydrogen	струм	current
експлуатація	exploitation	тип	type
зовні	from outside	тиск	temperature
ізоляція	isolation	трансформатор	transformer
індуктивність	inductance	удар	blow
камера	chamber		
комутація	commutation		
контакт	contact		
метал	metal		
метан	methane		
мінімальний	minimum		
момент	moment		
міцність	strength		
навколишнє	surroundings		
середовище			

Навчальне видання

Петро Дем'янович Лежнюк
Віктор Цезарович Зелінський

ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ РОЗПОДІЛЬНИХ УСТАНОВОК. ОЛИВНІ ВИМИКАЧІ

Навчальний посібник

Редактор В. Дружиніна
Коректор Ю. Франко

Оригінал-макет підготовлено **В. Зелінським**

Підписано до друку
Формат 29,7x42 ¼ . Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк.
Наклад прим. Зам №

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432) 59-87-36.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-81-59.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.