



Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій і систем

«ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕГАЗОВИХ ВИМИКАЧІВ»



Виконав: ст. гр. ЕС-18м
Ковальчук В.Л.

Керівник: к.т.н., ст. викладач кафедри ЕСС
Гуцько І.О.

Актуальність теми: Впровадження елегазових вимикачів в електроенергетиці дає можливість споживачу отримати надійне електропостачання. Вимикач відіграє важливу роль в постачанні енергії та являється одним з основних пристроїв в електричних установках. В залежності від режиму роботи вимикач виконує функцію як відключення, так і включення ланцюгу живлення: тривале навантаження, перевантаження, коротке замикання, холостий хід. Вимикач з елегазовою ізоляцією швидко і надійно виконує операцію відключення струмів при короткому замиканні. Отже дослідження систем елегазового вимикача є актуальним.

Мета і задачі дослідження. *Метою магістерської роботи* є вдосконалення методів та засобів експлуатації елегазових вимикачів.

Задачі досліджень:

- дослідити конструктивні особливості елегазових вимикачів;
- аналіз існуючих методів експлуатації;
- провести дослідження особливостей елегазу та елегазового обладнання;
- дослідити особливості ремонту високовольтних вимикачів;
- визначення економічних показників впровадження нового елегазового обладнання, в порівнянні з його старими варіантам;
- дослідження якості елегазу в електрообладнанні.

АНАЛІЗ ПАРКУ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВИМИКАЧІВ В СВІТІ ТА УКРАЇНІ

3

В сучасних енергосистемах відбувається поступове введення високовольтного обладнання з елегазовим ізоляційним середовищем та заміна електричного устаткування на основі масляної та повітряної ізоляції на новий, більш вигідний і актуальний варіант.

Впровадження елегазового обладнання в енергосистемах високих класів напруги (від 110 кВ до 1150 кВ) обумовлене тим, що жодне інше дугогасильне середовище не здатне забезпечити більш ефективно відключення аварійних режимів (табл. 3.1). Наприклад, в США і європейських країнах дане ізоляційне середовище практично витіснило всі інші типи.

Таблиця 3.1 – Динаміка заміни вимикачів в світі

| Рік | Кількість, шт. | Доля в % від кількості встановлених вимикачів |
|-----------|----------------|---|
| 2001-2005 | 9017 | 34,4 |
| 2006-2010 | 3659 | 13,9 |
| 2011-2015 | 2742 | 10,4 |
| До 2015 | 15418 | 58,7 |

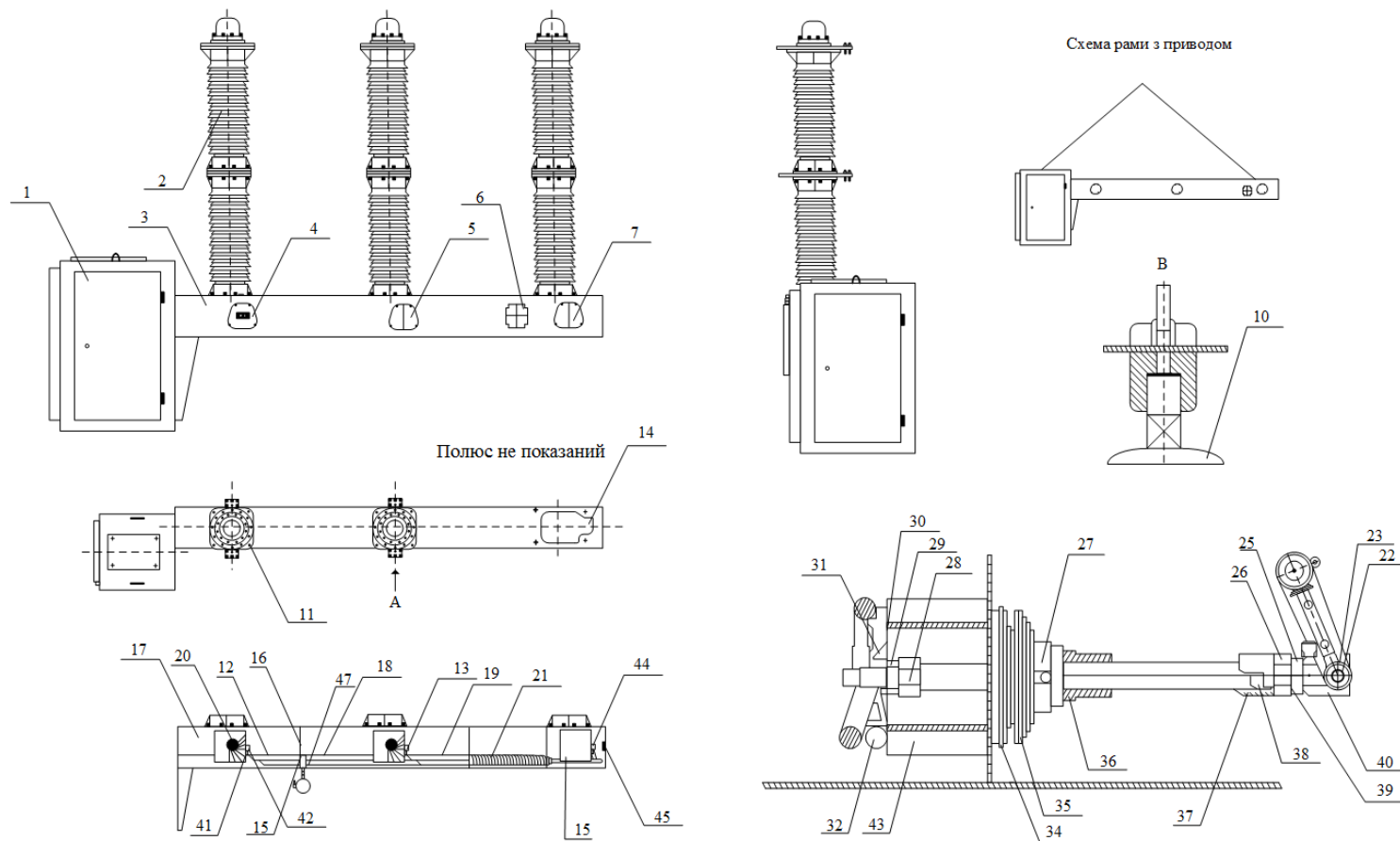


Рисунок 4.1 – Загальний вид ВГТ-110

На рисунку 4.1 зображено: 1 – привід, 2 – полюс, 3 – рама, 4,5,6,7 – кришки, 10 – сигналізатор (датчик) щільності, 11 – гвинт, 12,13,14 – трубки, 15 – кабель, 16 – корпус, 17, 18, 19 – тяга, 20 – важелі, 21 – пружина відключення, 22- вісь, 23 – фіксатор, 24 – планка стоопорна, 25, 26, 28, 29 – гайки, 27 – колпачок, 30 – кільце, 31, 39 – шайби, 32 – диск, 33 – опора буфера, 34 – шайба, 35 – пружина тарілкоподібна, 36, 37 – втулки, 38, 46 – кільце резинове, 40, 42 – серезки, 41 – вилка, 43 – скоба транспортна, 44 – заглушка, 45 – пробка, 47 – газопровідний стакан.

Рама вимикача являє собою зварену конструкцію, що складається з сталевого листового і профільного матеріалів. Усередині рами розміщуються відключаюча пружина, передавальний механізм, буферний пристрій, трубки системи заправки вимикача елегазом або газовою сумішшю, покажчик положення контактів вимикача. Також на рамі розташовуються сигналізатор щільності елегазу або газової суміші і болт заземлення з відповідною табличкою.

Полюс вимикача є заповненою елегазом або газовою сумішшю колону, що складається з двох покришок з фланцями, дугогасильного пристрою з контактними виводами, фільтра - вологопоглинача, мембранного запобіжного клапана, поворотного механізму і ізоляційної тяги.

Фільтр - вологопоглинач являє собою кожух у вигляді циліндричної ємності з перфорованої кришкою, в який поміщений мішок з активованим адсорбентом (синтетичний цеоліт). Фільтр призначений для поглинання вологи і продуктів розкладання (під дією дуги) газової суміші.

Принцип роботи вимикача полягає в гасінні електричної дуги потоком елегазу або газової суміші, яка виникє в процесі розмикання контактів (під дією пружини відключення вимикачу), як за рахунок зменшення об'єму однієї з порожнин поршневого пристрою, так і за рахунок теплового розширення газу під дією самої електричної дуги (тобто за рахунок автогенерації).

Підготовка вимикача до заповнення елегазом представляє собою комбінацію вакуумування і промивки його інертним газом з ціллю зниження концентрації домішок. Це стосується як зниження концентрації домішок кисню і води для забезпечення відповідних параметрів якості елегазу.

Концентрація кисню в повітрі (до вакуумування вимикача) складає

$$C = \rho_{O_2} (C_{O_2} / 100), \quad (6.1)$$

де $\rho_{O_2} = 1,29 \text{ кг / м}^3$

C_{O_2} - масова концентрація кисню в повітрі (23%).

Після вакуумування до залишкового тиску, концентрація кисню складе

$$C = 1,29(23 / 100)(\rho'_{зал} / 1000). \quad (6.2)$$

Промивання вимикача азотом з заповненням до тиску ρ_{N_2} і наступним вакуумуванням до $\rho''_{зал}$ призведе до значення концентрації

$$C = 1,29(23 / 100)(\rho'_{зал} / 1000)[\rho''_{зал} / (\rho_{N_2} - \rho'_{зал})]. \quad (5.3)$$

Після заповнення апарату елегазом до щільності ρ_{SF_6} концентрація кисню складе:

$$C = C_{0_2}^{SF_6} + 1,29(23 / 100)(\rho'_{зал} / 1000)[\rho''_{зал} / (\rho_{N_2} - \rho'_{зал})](10^6 / \rho_{SF_6}), \quad (5.4)$$

Концентрація повітря може бути розрахована по аналогічному рівнянні:

$$C_{нов} = C_{нов}^{SF_6} - 0,129(\rho'_{зал} \rho''_{зал}) / [(\rho_{N_2} - \rho'_{зал})](\rho_{SF_6}), \quad (5.5)$$

де $C_{нов}^{SF_6}$ - концентрація повітря в самому елегазі, % - мас.

Концентрація елегазу може бути розрахована по аналогічному рівнянні:

$$C_{SF_6} = C_{SF_6}^{SF_6} - 0,129(\rho'_{зал} \rho''_{зал}) / [(\rho_{N_2} - \rho'_{зал})](\rho_{SF_6}), \quad (5.6)$$

де $C_{SF_6}^{SF_6}$ - концентрація шестифтористої сірки в самому елегазі, % - мас.

Якщо концентрація води визначена в вагових одиницях, г/кг, то маса води, г, може бути визначена як:

$$Q = C_{H_2O} V \rho_{SF_6}, \quad (6.1)$$

де V - об'єм апарату; ρ_{SF_6} - густина елегазу в апараті.

Маса води в ізоляційному матеріалі за умови його повного насичення може бути підрахована як добуток маси ізоляційного матеріалу на його граничний вологовміст.

$$Q = (q_k - a_k^0 / 100) 1000 = 10 q_k a_k^0. \quad (6.2)$$

Таблиця 6.1 – Вологовміст ізоляційних матеріалів

| Ізоляційний матеріал | Вологовміст, % від маси |
|--|-------------------------|
| Компаунд КЕ-3 (наповнювач SiO ₂) | 0,35 |
| Компаунд КФ-1 (наповнювач CaF ₂) | 0,42 |
| Компаунд КФ-4 (наповнювач Al ₂ O ₃) | 0,46 |
| Склотекстоліт | 0,02 |
| Лавсан-текстоліт | 0,03 |
| Фторопласт-4 | 0,006 |

Рівняння, яке дозволяє визначити час розподілу вологи в матеріалі та товщини шару ізоляційного матеріалу

$$t = \chi d^2 / \pi D. \quad (7.1)$$

Визначимо час рівномірного розподілу води в шарі ізолятора, товщиною 2 см:

$$\text{для } 2d=2 \text{ см } t = [10(2 / 2)^2] / [\pi \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365] = 50 \text{ років.} \quad (7.2)$$

Визначимо відносну інтегральну адсорбцію ізоляційного матеріалу товщиною 2 см (коефіцієнт дифузії $D = 2 \cdot 10^{-9}$) за 10 років:

$$\chi = \pi \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 10 / (2 / 2)^2 = 1,98; \quad (7.3)$$

Оскільки $\chi = 1,98$, то відношення відносної інтегральної адсорбції до адсорбції при повному насиченні 0,85.

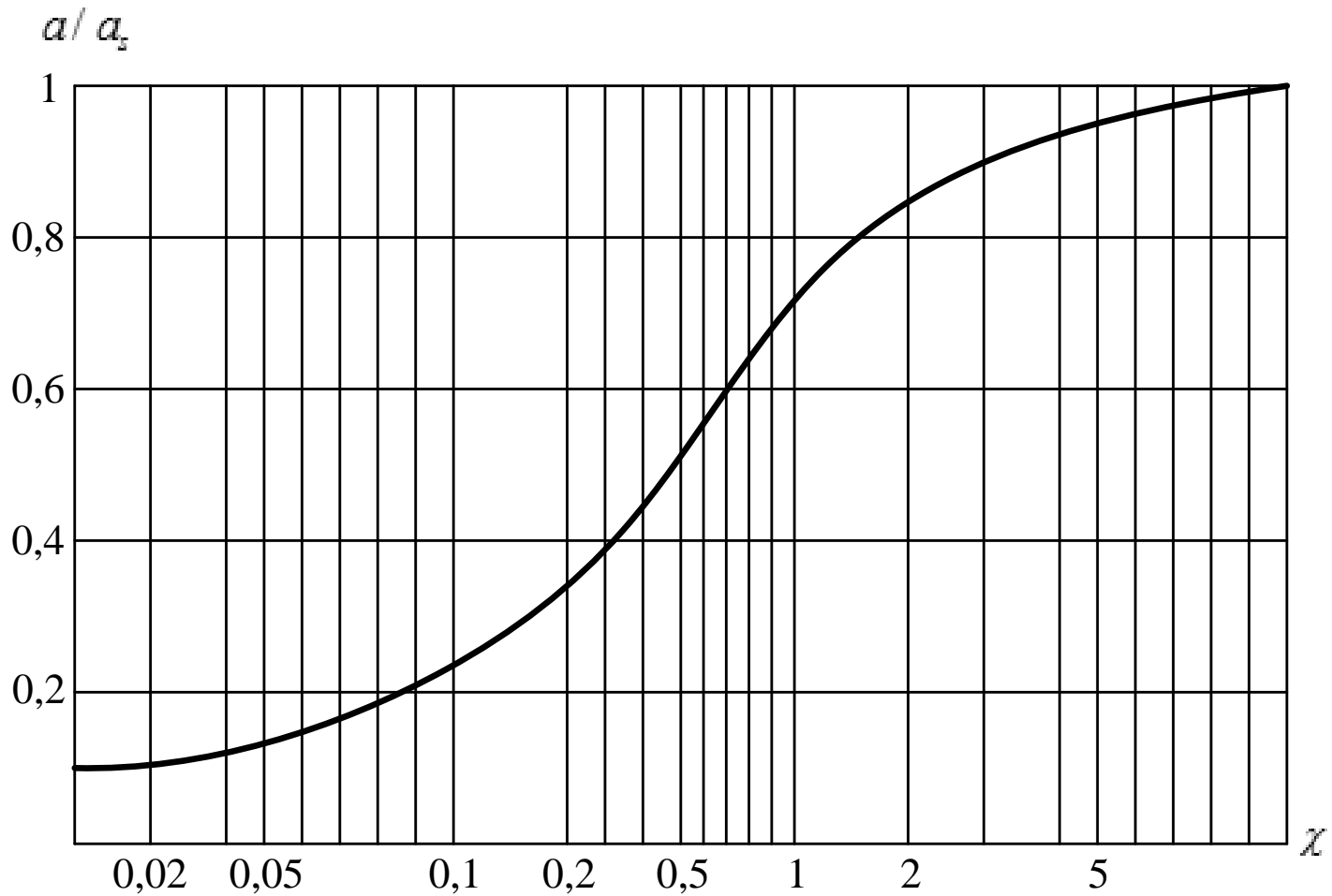


Рисунок 9.1 – Залежність відношення відносної інтегральної адсорбції до адсорбції при повному насиченні від нормалізованого часу

Визначимо вологовміст ізоляторів з КФ-4 товщиною 0,5, 1, 2 і 4 см при зберіганні їх протягом 6 місяців на складі з відносною вологістю 40%.

Розрахуємо χ і за графіком 8.1 визначимо a / a_s

$$\text{для } 0,5 \text{ см } \chi = 0,46 \cdot 0,4 \cdot a / a_s = 0,46 \cdot 0,4 \cdot 0,7 = 0,129, \quad a / a_s = 0,7; \quad (10.1)$$

$$\text{для } 1 \text{ см } \chi = 0,4; \quad a / a_s = 0,4;$$

$$\text{для } 2 \text{ см } \chi = 0,1; \quad a / a_s = 0,2;$$

$$\text{для } 4 \text{ см } \chi = 0,025; \quad a / a_s = 0,1;$$

Граничний вологовміст КФ-4 складає 0,46 г води на 100 г компаунду (табл.6.1). При 40% відносній вологості рівномірний вологовміст складав би 0,46 0,4 г води на 100 г компаунду. З урахуванням нерівномірного розподілення вологовміст ізоляторів буде рівний

$$0,46 \cdot 0,4 \cdot a / a_s = 0,46 \cdot 0,4 \cdot 0,7 = 0,129 \text{ г води на } 100 \text{ г компаунду при його товщині } 0,5 \text{ см}$$

$$\text{при товщині } 1 \text{ см} - 0,074;$$

$$\text{при товщині } 2 \text{ см} - 0,037;$$

$$\text{при товщині } 4 \text{ см} - 0,018.$$

Розрахунок дифузійної втрати елегазу за 1 рік

Тиск в вимикачі при щільності $30 \text{ кг} / \text{м}^3$, складає близько 0,48 МПа за температури 20°C.

$$Q_D = 10^{-8} \cdot 0,48 \cdot 1 \cdot 3,1557 \cdot 10^7 \cdot 150 \cdot 146 / 22400 = 0,15 \text{ г} \quad (10.2)$$

або $0,15 / 9000 \cdot 100 = 1,6 \cdot 10^{-3} \%$ від загальної маси.

Визначення тиску в вимикачеві для нижньої і верхньої границь температури навколишнього середовища 11.1 **навколишнього середовища**

Проведемо розрахунок визначення тиску в вимикачеві для нижньої і верхньої границь температури навколишнього середовища.

Припустимо, що вимикач був заповнений елегазом при температурі 20°C до абсолютного тиску 0,25 МПа. Знаходимо відповідну точку на рис.11.1

Лінія постійного об'єму (ізохора), що приходить в цю точку, дозволяє визначити питомий об'єм елегазу $\nu = 65 \text{ дм}^3 / \text{кг}$ і густину, що являється його оберненою величиною,

$$\rho = 1 / \nu = 1 / 65 = 15,4 \text{ кг / м}^3. \quad (11.1)$$

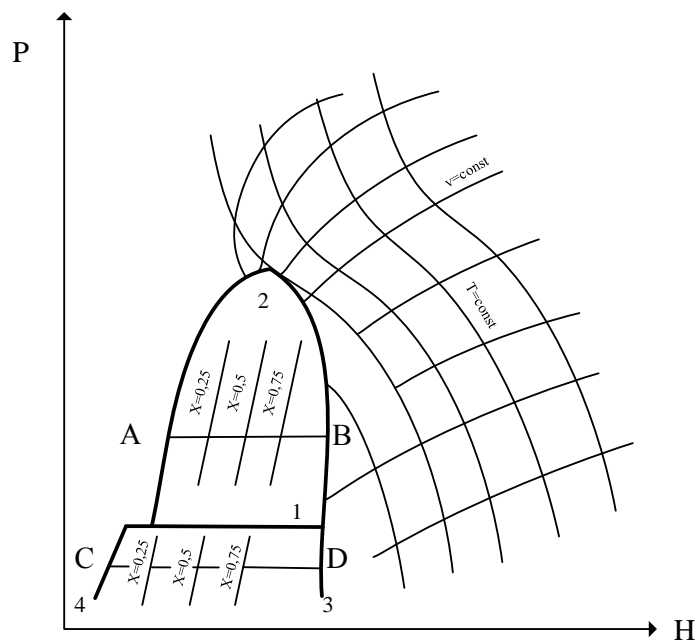


Рисунок 11.1 – p,H – діаграма стану речовини

Визначення тиску в вимикачеві для нижньої і верхньої границь температури навколишнього середовища 11.2

Якщо вимикач не має витoku, то зміни температури апарата і відповідно тиск елегазу в ньому буде проходити при постійному об'ємі, тобто по ізохорі. Переміщуючись по ізохорі

$\nu = 65 \text{ дм}^3 / \text{кг}$ вправо і вліво від початкової точки, визначимо інтервал тиску в апараті. Так для мінімальної робочої температури -40°C (ліворуч по ізохорі до $t=-40^\circ\text{C}$) абсолютний тиск впаде до 0,193 МПа, а для максимальної робочої температури 80°C (праворуч по ізохорі до $t=80^\circ\text{C}$) підніметься до 0,3 МПа.

Розрахунок густини елегазу при частинній конденсації або сублімації буде наступним: апарат призначений для використання до температури -60°C . По лінії насичення від температури -44°C опускаємося до значення -60°C і розраховуємо відповідне цій точці значення питомого об'єму, що рівне $\nu = 89 \text{ дм}^3 / \text{кг}$. Відповідно густина складає

$$\rho = 1000 / 89 = 11,2 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Необхідно врахувати ту обставину, що номінальна щільність елегазу буде зберігатися тільки до температури -44°C , а далі буде знижуватися за рахунок конденсації. Нижче температури $-50,8^\circ\text{C}$ рідина затвердіє і щільність елегазу буде знижуватись за рахунок сублімації.

Номінальна щільність вибирається з умов електричної міцності. Але вона повинна відповідати умовам роботи апарату. Якщо задана нижня межа робочої температури і зниження щільності заборонено, то пошук номінальної щільності здійснюється по кривій насичення. Наприклад, нижня межа робочої температури рівна -40°C . Відповідна ізохора

$\nu = 34 \text{ дм}^3 / \text{кг}$ тобто номінальна щільність не може бути вибрана більше ніж $29,4 \text{ кг} / \text{м}^3$

Дослідження ізоляційних матеріалів для дугогасильної камери

Головний продукт розкладу шестифтористої сірки – чотирьохфториста сірка – досить агресивне хімічне з'єднання, що являється сильним фторуєчим агентом, легко взаємодіє з окиснями, а при гідролізі продукує плавикову кислоту.

Зазвичай застосовується компаунд, наповнений кварцевим борошном. Цей матеріал виявився непридатним для виготовлення твердих ізоляторів в елегазовому вимикачі: чотирьохфториста сірка легко реагує з окиснем кремнію, видозмінюючи поверхність ізолятора:



Головним і найбільш агресивним компонентом серед продуктів розкладу являється чотирьохфториста сірка, то перш за все оцінка стійкості матеріалів повинна виконуватися по цьому компоненту.

При випробуваннях конструкційних металічних матеріалів зверталась увага на зовнішній вигляд і питомі вагові характеристики, по яким розраховувалась швидкість корозії і глибина проникнення хімічного впливу.

Випробування металів, сплавів і їх покриття показали, що дія корозії не спостерігається на нікель і нержавіючу сталь, а також на сталі марок Ст-3КП, Ст-20, Ст-10ХК і Ст-60С2, хоча адсорбція продуктів розкладу на їх поверхні може досягати величини 0,45 мг/см.

В магістерській кваліфікаційній роботі досліджено методи та засоби експлуатації елегазових вимикачів.

1. Проведені дослідження програми технічного переозброєння і реконструкції електроенергетичних систем та енергокомпаній, яка передбачає заміну вимикачів (напругою понад 110 кВ), що відпрацювали свій паспортний ресурс. В першу чергу при заміні повинні використовуватися елегазові вимикачі, так як елегазове ізоляційне середовище є найбільш ефективним, у порівнянні з іншими варіантами ізоляції.

2. Результати експлуатації елегазових вимикачів свідчать про те, що найбільш часто місцями витоку елегазу є ущільнення кришок, газорозподільні трубки і зварні шви фланців.

3. Однією з найбільш розповсюджених несправностей є збільшення електричного опору головного кола струмопроводу. Причиною цього може бути окислення поверхонь контактних з'єднань. Через неякісний адсорбент фільтрів може виникнути висока вологість елегазу або газової суміші в полюсах по показникам гігрометра. Тому потрібно вчасно заміювати адсорбент.

4. За результатами аналізу різних видів твердої ізоляції для елегазового обладнання з'ясовано, що фторопласт 4 і склотекстоліт є найбільш доцільними для використання, тому що їх вологовміст при повному і рівномірному насиченні і температурі 20°C є найменшим – 0,006 і 0,02 відповідно (що забезпечує кращі показники елегазу в дугогасильних камерах під час експлуатації).

ВИСНОВКИ (продовження)

5. Проведено порівняння показників застосування масляних і елегазових вимикачів. Наведені витрати на застосування масляного вимикача складають 8357,32 грн/рік, а витрати на застосування елегазового вимикача становлять 7482,673 грн/рік. Хоч і вартість елегазового вимикача складає 456000 грн, що на порядок більше вартості масляного (342000 грн), за іншими економічними показниками елегазовий вимикач простіший і дешевший в експлуатації. Для впровадження на підстанці виберемо сучасне, надійне і більш просте в експлуатації елегазове обладнання - вимикач ВГТ-110 У1.

Дякую за увагу!
Доповідь завершена!