

НАДІЙНІСТЬ СИЛОВИХ ВИМИКАЧІВ КЛАСУ 10 кВ

Матесенко Ю.П., к.т.н., доцент, Петрівський М.М., магістрант
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. На сьогоднішній день ринок електросилового обладнання випускає великий спектр комутаційних апаратів від роз'єднувачів різного типу до вимикачів. Вони відрізняються як матеріалом виготовлення, так і експлуатаційною надійністю. Основні зміни в розвитку енергообладнання зазнали силові комутаційні вимикачі - за рахунок зміни середовища дугогасіння. Основним завданням силових вимикачів є відключення струму короткого замикання. Силові вимикачі призначені для здійснення комутації як в нормальних режимах роботи, так і в аварійних. Надійність електропостачання впливає як безпеку експлуатації технологічного обладнання, так і на економічну ефективність всього підприємства, так як простої у виробництві тягнуть значні фінансові збитки. Важливу роль в цьому напрямку несуть силові вимикачі.

Основним показником надійності роботи електрообладнання є експлуатаційна надійність, яка визначається як середній час напрацювання до відмови обладнання або частота відмов обладнання.

Мета роботи. Комплексний порівняльний аналіз надійності для елегазових, масляних і вакуумних вимикачів 10 кВ.

Матеріали і результати досліджень. Для визначення надійності комутаційного обладнання необхідне проведення аналізу технічних характеристик вимикачів. Для проведення аналізу обрані вимикачі на номінальну напругу 10 кВ і номінальний струм 1600 А.

Технічні характеристики вимикачів наведені в Таблицях 1, 2, 3.

Таблиця 1 – Технічні характеристики масляного вимикача ВМП-10-1600А

Технічна характеристика	значення
1. Номінальна напруга, кВ	6-10
2. Найбільша робоча напруга, кВ	12
3. Номінальний струм, А	1600
4. Номінальний струм відключення, кА	20
5. Граничний наскрізний струм, кА:	
а) початкове ефективне значення періодичної складовою	20
б) амплітудне значення	52
6. Граничний струм термічної стійкості для проміжку часу 4 с, кА	20
7. Власний час відключення вимикача з приводом, з, не більше	0,1
8. Час відключення (до згасання дуги) вимикача з приводом, з, не більше	0,12
9. Власний час включення вимикача з приводом, з	0,3
10. Мінімальна безструмової пауза при автоматичному повторному включенні (АПВ), з	0,5
11. Маса вимикача (без масла) (без елемента викочування), кг	130 ... 145
12. Маса масла, кг	4,5

Таблиця 2 – Технічні характеристики вакуумного вимикача ВВ / TEL

параметр	ВВ / TEL -10-1600
Номинальна напруга, кВ	10
Найбільша робоча напруга, кВ	12
Номинальний струм, А	1600
Номинальний струм відключення, кА	25
Струм термічної стійкості (3 с), кА	25
Наскрізний струм КЗ, кА:	
найбільший пік	64
періодична складова	25
Нормоване зміст аперіодичної складової, %	30
Комутаційний ресурс:	50
при номінальному струмі відключення, циклів ВО	30
при номінальному струмі, циклів ВО	30 000
Механічний ресурс, циклів ВО	30 000
Час протікання струму КЗ, мс, не менше	120
різночасність замикання	4
Номинальна напруга електромагнітів приводу (постійний струм), В	220
1600 А	25
Маса комутаційного модуля, кг, не більше,	40
Термін служби, років	25

Таблиця 3 – Технічні характеристики елегазового вимикача серії LF 10 кВ

Технічна характеристика	значення
1. Номинальна напруга, кВ	10
2. Найбільша робоча напруга, кВ	16
3. Номинальний струм, А	1600
4. Номинальний струм відключення, кА	25-31,5
5. Граничний наскрізний струм, кА:	
а) початкове ефективне значення періодичної складовою	25
б) амплітудне значення	64
6. Граничний струм термічної стійкості для проміжку часу 4 с, кА	25
7. Власний час відключення вимикача з приводом, мс, не більше	48
8. Час відключення (до згасання дуги) вимикача мс приводом, мс, не більше	70
9. Власний час включення вимикача з приводом, мс	65
10. Мінімальна безструмової пауза при автоматичному повторному включенні (АПВ), з	0,3
11. Маса вимикача (без елемента викочування), кг	30 ... 605

Для визначення надійності необхідно проведення комплексного порівняльного аналізу для елегазових, масляних і вакуумних вимикачів, кожен тип вимикача незалежно від призначення мають різну конструкцію і різне середовище гасіння дуги (таблиця 4).

В результаті проведеного порівняльного аналізу було з'ясовано, що вакуумні вимикачі мають менше число складових і рухомих частин, що в свою чергу полегшує здійснення обслуговування та ремонту.

Таблиця 4 – Число складових частин комутаційної камери силових вимикачів

	вакуумний	елегазовий	маломасляний
Число складових частин комутаційної камери	22	52	43
Число рухомих частин	9	24	18
Число рухомих частин дугогасної камери	2	24	17

Силові вимикачі повинні мати тривалий термін експлуатації і досить високий комутаційний ресурс. Технічне обслуговування вакуумного силового вимикача, як видно з наведеної нижче таблиці 5, є найбільш оптимальним і не вимагає додаткових витрат.

Таблиця 5 – Трудомісткість технічного обслуговування силових вимикачів

	вакуумний	елегазовий	маломасляний
Число комутацій в аварійному режимі (режим КЗ)	30-400	10-50	Після 3 відключень струмів КЗ поточний ремонт
Число комутацій агрегату в нормальному режимі	До 30 000	До 10 000	До 2 000
Період техобслуговування (років)	10-15	5-10	щорічно
техобслуговування приводу	просте	просте	складне
техобслуговування полюсів	Не потрібно	складне	складне

На сьогоднішній день на промислових підприємствах ремонт електрообладнання проводиться відповідно до графіка планово-попереджувальних робіт (далі по тексту ППР), або виходячи з фактичного стану обладнання. Графіки ППР затверджуються щорічно і ремонт електрообладнання здійснюється разово, незалежно від фактичної експлуатації електрообладнання. Такий ремонт може негативно вплинути на технічний стан даного обладнання. Ремонт обладнання виходячи з його фактичного стану вимагає вкладення додаткових коштів у вигляді закупівлі приладів аналітичного характеру, які є дорогими.

Існують різні методи визначення надійності вимикачів середнього класу напруги: експериментальний, коефіцієнтний і аналітичний. Для розрахунку надійності вимикачів середньої напруги в металургійній промисловості застосовувався аналітичний метод розрахунку.

Таблиця 6 – Періодичність ремонту силових вимикачів 10 кВ від типу експлуатації

вимикачі	періодичність, місяць	Періодичність, років
Вимикачі масляні Вступні секційні	36	6-8
Вимикачі масляні що відходять фідерів	12	6-8
Вимикачі масляні Електродвигунів насосів	1 раз на рік	6
вакуумних вимикачів	1 раз в 2 роки або кожні 10 000 операцій	10
елегазові	12	4-8

Розрахунок надійності вимикачів середнього класу напруги проводився за показником середнього часу безвідмовної роботи вимикача. Обробка експлуатаційної інформації про надійність роботи вимикачів середнього класу напруги на підприємствах металургії проводилася за наступною схемою: напрацювання вихідних даних для моделювання, складання вибірок, підбір показників надійності, розрахунок надійності, підсумковий аналіз показників надійності.

Висновки. Порівняльний аналіз надійності силових вимикачів 10 кВ за показником середнього часу безвідмовної роботи вимикача показав:

1. Механічна довговічність, обумовлена числом комутаційних циклів значно вище у вакуумних вимикачів в порівнянні з елегазовими і олійними вимикачами.

2. Експлуатаційна довговічність, обумовлена трудомісткістю технічного обслуговування і ремонту, у вакуумних вимикачів вище, ніж у масляних і елегазових вимикачів.

3. Для металургійних підприємств характерно відключення силових вимикачем значних навантажень, що найбільш ефективно забезпечують вакуумні вимикачі.

Звідси випливає, що вакуумні вимикачі в усіх напрямках випереджають інші типи вимикачів.

Перелік посилань

1. Калявіна В.П. Надійність і діагностика елементів електроустановок: навч. посібник для вузів / В.П. Калявіна, Л.М. Рибаків. - СПб.: Елмор, 2009. - 331 с.

2. Э.М. Аббасова, Ю.М. Голоднов, В.А. Зильберман, А.Г. Мурзаков; Под ред. Ю.М. Голоднова. Собственные нужды тепловых электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1991.

3. Журахівський А.В. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух. – Київ.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 456 с.

4. Калявіна В.П. Надійність і діагностика елементів електроустановок: навч. посібник для вузів / В.П. Калявіна, Л.М. Рибаків. - СПб.: Елмор, 2009. - 331 с.