

УДК 621.311

Р. Н. Балобанов, Т. В. Лопухова, Ю. Н. Зацаринная

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ИЗОЛЯЦИИ

Ключевые слова: эксплуатация элегазового оборудования, дефекты, отказы.

В статье исследуется влияние времени эксплуатации элегазового оборудования на состояние изоляции. Рассмотрены основные факторы, влияющие на надежность элегазового оборудования в процессе эксплуатации.

Keywords: operation of gas-insulated equipment, defect, failure.

The paper investigates the effect of time of operation of gas-insulated equipment insulation condition. The main factors affecting the reliability of gas-insulated equipment in service.

Применение устройств с элегазовой изоляцией в России началось с 1976 г. Уже в начале 90-х годов в Москве было введено в эксплуатацию 22 КРУЭ, из которых 20 отечественных и 2 зарубежных. К этому же времени в Ленинграде было введено 2 КРУЭ отечественного производства на 110 и 220кВ [1].

Внедрение в электроэнергетику элегазового оборудования позволяет увеличить надежность электроснабжения потребителей.

В России существует опыт эксплуатации элегазового оборудования, однако, не проводились исследования влияния его срока службы на характеристики изоляции. В связи с этим можно выделить две проблемы [3]:

1. С течением времени может ухудшиться герметичность устройств и вовнутрь оболочек может попасть атмосферный воздух. Влажность и корона могут привести к появлению нежелательных примесей в электрооборудовании.

2. Длительность работы под высоким напряжением может привести к тому, что нарушается гладкость внутренних поверхностей элегазовых устройств, возникает вероятность появления (локального) неоднородного электрического поля и как следствие - коронирования.

Специальным конструкторско-технологическим бюро высоковольтной криогенной техники (СКТБ ВКТ) в ходе пуско-наладочных работ и сервисного обслуживания выявлены следующие наиболее характерные отказы на более чем 20 подстанциях с общим количеством до 300 элегазовых ячеек.

По механическим причинам, [3]:

- дефекты фиксирующего устройства выключателя, приводящие к неполнофазному включению;
- отказы воздушно-пусковых клапанов включения и отключения;
- отказы защелок привода выключателя;
- отказы, связанные с протечкой масла через уплотнения масляного демпфера [5].

Единичные отказы, которые можно отнести к производственным дефектам отмечались следующие:

- дефекты в опорном изоляторе;
- дефекты подвижной части дугогасительной системы.

Цикл жизни элегазового оборудования представляет собой замкнутую цепь состоящую из отдельных этапов представленных на рис 1.



Рис. 1 - Цикл жизни элегазового оборудования

На правильность работы в процессе эксплуатацию оборудования влияют все предыдущие этапы цикла жизни оборудования. Наиболее значимые факторы, влияющие на надежность работы элегазового оборудования в процессе эксплуатации, приведены на рис 2.

Имели место отказы в приводах разъединителей.

На начальной стадии эксплуатации КРУЭ наблюдались большие утечки элегаза через резиновые уплотнения.[2]

Это было связано в первую очередь, с низким качеством специальной элегазовой резины НО-68 и в некоторой степени, с низким качеством обработки канавок в соединительных фланцах под круглую резину и с несоблюдением коэффициента заполнения примерно около 0,94.

По мере улучшения технологии изготовления, отработки программ и методик испытаний на заводе-изготовителе, повешения качества изделий, в том числе комплектующих, производственных дефектов становится значительно меньше и они устраняются в процессе доводки в ходе приемосдаточных испытаний с функциональной проверкой работы всего комплекса оборудования. Отказов по вине персонала по мере освоения элегазового оборудования в отечественной энергетике становится все меньше. Об этом свидетельствует опыт эксплуатации КРУЭ в Мосэнерго с сервисным обслуживанием СКТБ ВКТ.



Рис. 2 - Факторы, влияющие на надежность элегазового оборудования в процессе эксплуатации

Отказов по вине персонала по мере освоения элегазового оборудования в отечественной энергетике становится все меньше. Об этом свидетельствует опыт эксплуатации КРУЭ в Мосэнерго с сервисным обслуживанием СКТБ ВКТ.

Этому способствует также обучение персонала подстанций с элегазовым оборудованием на курсах повышения квалификации, в частности, СКТБ ВКТ (Москва), в институтах ПЭИПК, МИПК (г. Санкт-Петербург).

Для оценки эксплуатационной надежности КРУЭ очень важно выделить отказы в период наладки и приработки и отказы в процессе эксплуатации. Из теории надежности известно, что любая сложная система «прирабатывается» некоторый период времени, когда она характеризуется максимальным потоком отказов с явной тенденцией к уменьшению.

Эксплуатационная надежность работы КРУЭ была проверена в условиях длительной эксплуатации в Мосэнерго. Начиная с 1978г., было включено в эксплуатацию в разные годы 25 подстанций с КРУЭ-110кВ и КРУЭ-220кВ. В результате подтвердились общие закономерности изменения эксплуатационных характеристик в течение длительного времени.

По статистике из опыта эксплуатации отечественных КРУЭ можно выделить наиболее характерные отказы:

- отказы коммутационных аппаратов, в первую очередь, выключателей и разъединителей и их приводов;

- отказы измерительных трансформаторов тока и напряжения;
- утечки через уплотнения;
- отказы по вине персонала.

По статистике из опыта эксплуатации выключателей различных групп по напряжению в энергетике США, Канады, Германии и других стран, в том числе и России к основным видам отказов относятся отказы по механическим причинам.

Если исключить отказы по механическим причинам, то первыми по значимости являются отказы, связанные с невыполнением команд на включение и отключение.

Вторым по значимости является произвольное отключение, которое в среднем составляет около 5%, а для выключателей 500 кВ и выше даже более 16%.

Третьим по значимости являются отказы, связанные с разрядом внутренней изоляции в отключенном положении – в среднем 4%, а для выключателей 500 кВ и более – 8,3%. [6]

По причинам, связанным с электрическими цепями управления количество отказов достигает 14 – 19%.

Из отказов по механическим причинам по опросам зарубежных фирм США и Канады значительная доля отказов от 19 до 28,4% приходится на клапаны и другие элементы механизмов, находящихся под рабочим напряжением.

По другим источникам, если исключить отказы по механическим причинам, приводится следующее процентное распределение причин отказов, усредненное для всех групп выключателей [4]:

- дефекты конструкции и производства 45,3%;
- неточные указания инструкций по эксплуатации и уходу 0,7%;
- невыполнение инструкций 1,2%;
- плохое обслуживание 8,1%;
- перегрузки, превышающие номинальные параметры 4,8%; другие внешние причины (попадание животных, птиц и т. п.) 2,3%;
- неустановленные причины 28,3%.

Специальный анализ опыта 33000 выключателей-лет в энергетике США показал, что отказы из-за дефектов конструкции и производства делятся приблизительно поровну между ними.

По данным одной из фирм Германии, проанализировавшей опыт эксплуатации 3000 выключателей на 123кВ общей совокупностью 15000 выключателей-лет, установлено, что из общего числа отказов из-за дефектов конструкции и производства 70% отказов следует отнести за счет дефектов производства и лишь 30% за счет дефектов конструкции.

На подстанциях с КРУЭ-110 кВ, 220 кВ в Мосэнерго за 22 года (1978-2000 гг.) накоплен значительный опыт эксплуатации.

По данным Мосэнерго и других зарубежных фирм эксплуатирующих элегазовое оборудование выявлено что, на состояние изоляции элегазового

оборудования существенное влияние оказывают дефекты, возникшие на этапах производства и наладки оборудования.

В результате анализа научно-технической литературы выявлено, что на надежность работы элегазового оборудования длительность эксплуатации не оказывает существенного влияния. Соблюдение правил технической эксплуатации оборудования обеспечивает его надежную работу.

Литература

1. Кузин П.В., Якобсон И.А. Накладка элегазового оборудования / П.В. Кузин, И.А. Якобсон. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 112 с.
2. Кох Д. «Свойства SF6 и его использование в коммутационном оборудовании среднего и высокого напряжения» / Д. Кох. – Гренобль, 2006.
3. (<http://energetik22.ru/vidy-i-prichiny-otkazov-vyklyuchatelej-krue.html>)
4. (<http://energetik22.ru/opyt-ekspluatacii-vysokovoltnyx-krue-vnedrenie-mikroprocessornyx-sistem-diagnostiki-na-vysokovoltnyx-podstanciyah.html>)
5. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Галимов Ф.М., Гортышов Ю.Ф., Дресвянников Ф.Н., Яновский Л.С. Проблема осадкообразования в энергетических установках многоразового использования на жидких углеводородных горючих и охладителях/ В.А. Алтунин, К.В. Алтунин, Ф.М. Галимов, Ю.Ф. Гортышов, Ф.Н. Дресвянников, Л.С. Яновский // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – №5 – С. 91–96.
6. Макаров В.Г. Выбор трансформатора в трехфазном магнито-транзисторном инверторе/ В.Г. Макаров // Вестник Казанского технологического университета. . – 2011. – №17 – С. 50–54.

© Р. Н. Балобанов – магистр КГЭУ, rassel_ipek@mail.ru; Т. В. Лопухова – канд. пед. наук, проф. каф. электрических станций КГЭУ, loruhovatv@mail.ru; Ю. Н. Зацаринная – канд. тех. наук, доц. каф. автоматических систем сбора и обработки информации КНИТУ, zac_jul@mail.ru.