

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.