

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОММУТАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Бузунов К.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Куликовский В.С.

*Сибирский федеральный университет*

С начала 80-х годов прошедшего века произошел качественный скачок в технологии выпускаемых высоковольтных коммутационных аппаратов. Началось массовое внедрение аппаратов с использованием в качестве изоляционной и дугогасящей среды вакуума или элегаза. Диаграмма представленная на **Рис.1** показывает устойчивый рост применения в мире вакуумной и элегазовой коммутационной аппаратуры.

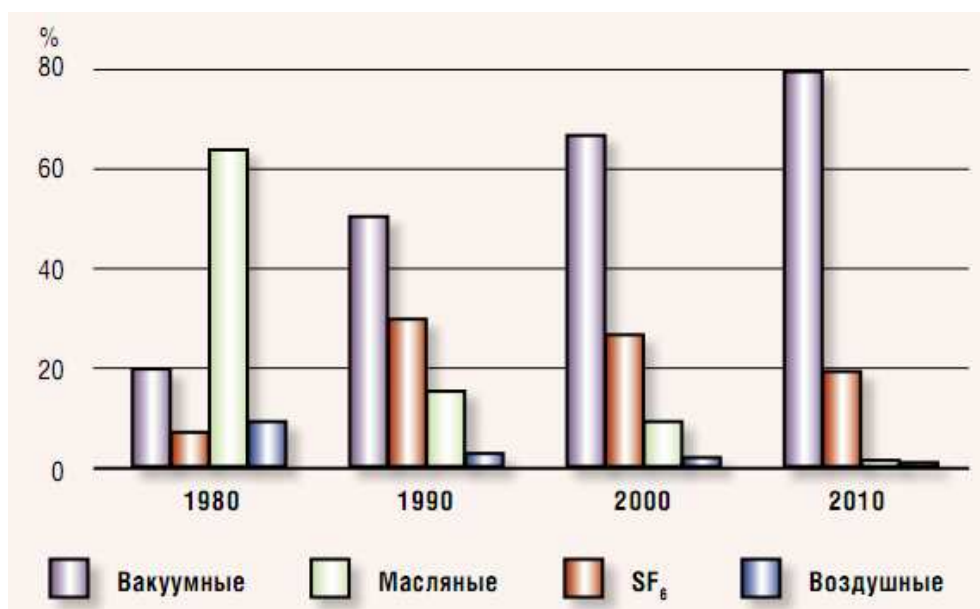


Рис. 1. Рост применения вакуумных и элегазовых выключателей

Следует отметить, что существуют две крупные проблемы, связанные с развитием коммутационной аппаратуры высокого напряжения: создание новых более совершенных конструкций и определение судьбы находящихся длительное время в эксплуатации (и часто устаревших) аппаратов.

Вакуумные аппараты характеризуются максимальными значениями электрической прочности промежутков (при их длинах до 10-15 мм), максимальной скоростью восстановления электрической прочности при отключении токов, минимальной массой подвижных частей и энергией привода, минимальными габаритами и массой аппарата в целом, максимальным коммутационным ресурсом.

Каждый вид оборудования обладает своими преимуществами. Если вакуумные аппараты требуют менее мощные приводы и имеют, как правило, более высокий коммутационный ресурс, то элегазовые выключатели при коммутациях создают

меньшие перенапряжения и, соответственно, облегчают работу изоляции другого энергетического оборудования.

Для снижения перенапряжения из-за среза тока при его отключении в вакуумных выключателях иногда применяются специальные ограничители перенапряжений.

Элегазовому оборудованию среднего напряжения традиционно отдают предпочтение во Франции, Италии, странах Скандинавии, Испании, а вакуумному - в Германии, Великобритании, Японии.

При выборе элегазовой или вакуумной аппаратуры решающее значение могут иметь условия, в которых работают аппараты. Например, элегазовые аппараты предпочтительнее при использовании в цепях электродвигателей ограниченной мощности при сравнительно небольших длинах соединительных кабелей, в качестве выключателей нагрузки. Вакуумные выключатели особенно эффективны там, где необходимы частые коммутации и большой ресурс.

Кроме ограничения области применения вакуумных выключателей по номинальному напряжению других серьезных причин ограничений нет.

Все фирмы, работающие в области коммутационной аппаратуры, периодически обновляют номенклатуру своих изделий, разрабатывают аппараты новых поколений с целью повышения их надежности и ресурса, уменьшения габаритов и материалоемкости.

Ресурс лучших вакуумных выключателей достигает в настоящее время 40000-50000 операций при коммутации номинального тока и 100 операций при коммутации номинального тока отключения. При этом габариты и материалоемкость аппаратов уменьшаются при сохранении основных параметров и повышении надежности. Это можно проиллюстрировать графиком изменения диаметра и массы самой распространенной вакуумной дугогасительной камеры (ВДК) на напряжение 10 кВ с током отключения 20 кА разработки Всероссийского электротехнического института (ВЭИ) им. В.И.Ленина (Рис.2).

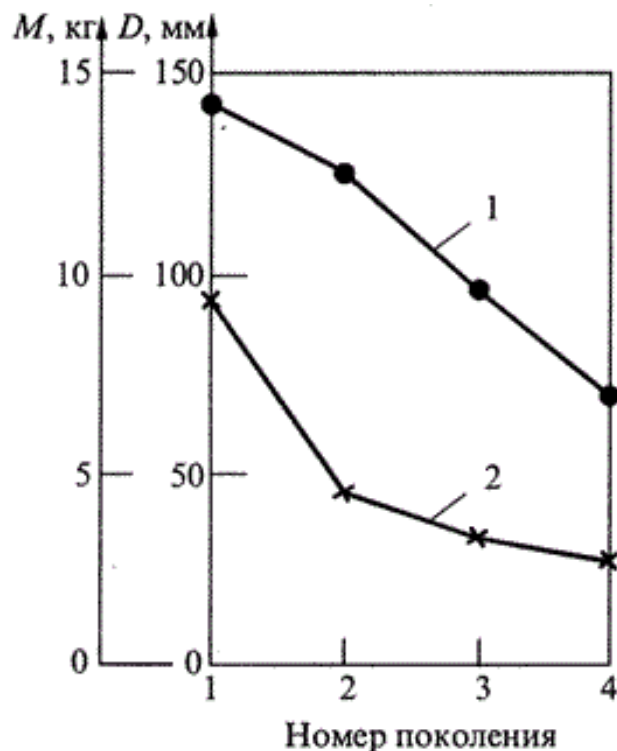


Рис.2. Диаметр (1) и масса (2) ВДК (на напряжение 10 кВ с током отключения 20 кА) различных поколений

В результате совершенствования конструкции контактной системы удалось уменьшить диаметр камеры в 2,5 раза, а массу в 3 раза. ВДК 4-го поколения по своим характеристикам соответствует лучшим зарубежным образцам.

В последние годы особое внимание вызывала возможная экологическая опасность элегаза. В этой связи следует отметить, что несмотря на принадлежность к ряду фторидов, элегаз не включен в перечень веществ, которые подлежат запрету или ограничению в применении. Кроме того, общий вклад элегаза в "парниковый" эффект атмосферы составляет не более 0,2% (а доля элегаза электротехнического оборудования в этом вкладе значительно меньше).

Хотя преимущества вакуумных и элегазовых аппаратов очевидны, полный переход на их использование занимает не один год и не одно десятилетие. При постоянно растущей доле современной аппаратуры в эксплуатации остается еще немало устаревших аппаратов.

Лучше в стране ситуация с развитием и внедрением вакуумной коммутационной аппаратуры. Вакуумная аппаратура имеет развитую производственную базу и стабильный серийный выпуск уже много лет.

Большой вклад в развитие и освоение вакуумной аппаратуры внес родоначальник этого направления – ВЭИ (Всероссийский электротехнический институт) им.В.И.Ленина. Разработана и выпускается вся гамма аппаратов средних напряжений. Серийный выпуск вакуумной аппаратуры начался еще в 70-е годы, когда был построен и запущен Минусинский завод вакуумных выключателей (МЗВВ). В настоящее время несколько заводов серийно выпускают ВДК и более десятка заводов - вакуумные выключатели.

Производством вакуумной коммутационной аппаратуры занимаются Научно-производственные предприятия «Модуль» г. Екатеринбург и «Контакт» г. Саратов, а так же ОАО «Электрокомплекс» и многие другие.

Наличие в эксплуатации морально и физически устаревших выключателей создает множество проблем для тех, кто их эксплуатирует.

Устаревшие выключатели по своим параметрам могут не соответствовать изменившимся за время эксплуатации условиям работы (могут измениться номинальный ток и ток КЗ и требования к времени срабатывания).

Для поддержания надежности энергоснабжения на должном уровне необходимо в ближайшие годы обновить, по крайней мере, 35% существующего парка высоковольтных коммутационных аппаратов.

Устаревшие выключатели расточительны из-за высоких эксплуатационных расходов самих выключателей и систем их обеспечения (компрессорных установок, систем воздухоподготовки, маслохозяйств и др.). Эта проблема особенно актуальна для энергосистем, где используются практически только масляные и воздушные выключатели, например, энергосистемы РАО ЕЭС.

Эксплуатация устаревших выключателей связана с повышенным риском, высокой аварийностью, возникновением экологических и других проблем.

При наличии остаточного срока службы аппарат следует оставлять в эксплуатации только тогда, когда выгода от этого решения заметно превосходит все возможные неприятные последствия.

Таким образом, несмотря на постепенную замену устаревших типов аппаратов в мире (и особенно в России) в эксплуатации остается большое количество выключателей, срок службы которых превысил 20 и даже 30 лет. Поэтому разработка

методов определения остаточного срока службы, обобщение опыта эксплуатации, определение целесообразности дальнейшей эксплуатации аппаратов также является в настоящее время актуальной задачей.

Тот факт, что на мировом рынке до настоящего времени не видно серьезной альтернативы элегазовым и вакуумным выключателям, не означает прекращения работ по совершенствованию коммутационной аппаратуры.

Улучшаются дугогасительные устройства, применяются новые решения по повышению эффективности дугогашения.

Проводятся работы по дальнейшему совершенствованию контактных систем ВДК, поиску оптимального распределения магнитного поля для эффективного гашения вакуумной дуги и уменьшения диаметра камер.

Разрабатываются вакуумные выключатели нагрузки, способные конкурировать с аналогичными выключателями с воздушной и элегазовой изоляцией.

В таких выключателях вакуумная дугогасительная камера выполняет только функцию гашения дуги, а требования по пропусканию номинального тока и обеспечения электрической прочности в разомкнутом состоянии выполняются за счет других элементов выключателя. Если учесть очень высокий коммутационный ресурс вакуумных камер, применение вакуумного выключателя нагрузки становится экономически оправданным.

Вакуумная аппаратура начинает использоваться при низком напряжении, причем не только в виде контакторов, но и выключателей, аппаратов управления.

Все чаще разрабатываются вакуумные аппараты специального назначения переменного и постоянного тока - выключатели для подвижного состава городского и железнодорожного транспорта, для судов и кораблей, генераторных цепей, коммутации накопителей энергии и защиты оборудования от перегрузок и перенапряжений (управляемые вакуумные разрядники) и других целей.

Продолжают проводиться работы по замене элегаза на смеси элегаза с другими газами, а также использованию в коммутационных аппаратах других газов.

Если говорить об уровне развития коммутационной аппаратуры в мире, то уровень разработок элегазового и вакуумного коммутационного оборудования достиг определенного совершенства и, в основном, удовлетворяет всем основным требованиям, предъявляемым потребителями. Однако постоянное стремление обеспечить еще более высокие технико-экономические требования, до минимума уменьшить воздействие коммутационных аппаратов на окружающую среду приводит к поиску новых решений.

Из проведенного анализа можно сделать вывод, что направления развития коммутационной аппаратуры в России во многом совпадают с мировыми тенденциями развития. Проводятся работы по созданию современных видов аппаратуры, расширяются области применения современной аппаратуры, периодически разрабатываются аппараты новых поколений.

Вместе с тем темпы роста количества новых аппаратов в эксплуатации сильно отстают от аналогичных показателей развитых стран. Это объясняется несколькими причинами. Среди них и недостаток финансовых средств, вынуждающий потребителей эксплуатировать давно устаревшие аппараты, и сокращение строительства новых подстанций, и отсутствие промышленного выпуска всей гаммы коммутационной аппаратуры, применяемой за рубежом, и консерватизм потребителей коммутационной аппаратуры высокого напряжения.

Российским производителям аппаратов все труднее конкурировать с зарубежными из-за технологической отсталости и отсутствия средств на техническое перевооружение.

Без комплексных мер, объединяющих усилия разработчиков, производителей и пользователей коммутационной аппаратуры, отсталость парка находящегося в эксплуатации аппаратов может стать необратимой.