

Создание выключателей переменного тока высокого напряжения

Ю.В. Черников

(Окончание. Начало см. ЭП, № 9 – 12, 2008 г.)

Над проблемой улучшения простой гасительной камеры масляного выключателя в Англии работала фирма «Метрополитен-Виккерс». Эта фирма в 1932 г. разработала масляный выключатель с гасительной камерой поперечного дутья (рис. 1) [1], которая впоследствии нашла широкое применение в масляных выключателях. В баковом выключателе с большим объемом масла гасительная камера 2, выполненная из изолирующего материала, устанавливалась на нижнем конце проходного изолятора 1. При отключении выключателя траверса 3 опускалась вниз, и между контактами 4 и 5 возникала электрическая дуга. Масло и газы из полости А через отверстие 6 устремлялись в пространство Б, а затем через щели 7 – в бак масляного выключателя, создавая тем самым поперечное дутье, которое деионизировало дуговое пространство. При очередном переключении напряжения через нулевое значение происходило гашение электрической дуги.

Следует отметить, что в 1928 г., т.е. за 4 года до изобретения в Англии гасительной камеры поперечного дутья советский инженер В.И. Ильченко разработал конструкцию выключателя (рис. 2), который можно рассматривать как прототип масляного выключателя с камерой поперечного дутья. На этот выключатель было выдано авторское свидетельство СССР № 30334. В баке 1 на вводе 2 установлена гасительная камера 3, снабженная соплом 4. Подвижный контакт 5, входящий в гасительную камеру 3, был выполнен более длинным, чем второй подвиж-

ный контакт 7. При отключении вначале образовывалась электрическая дуга между контактами 5 и 6 в гасительной камере 3. Под термическим воздействием дуги масло и газы из сопла 4 гасительной камеры 3 устремлялись к месту горения второй дуги между контактами 7 и 8 и гасили эту дугу.

Одновременно с введением гасительных камер с продольным масляным дутьем фирма GE стала снабжать свои горшковые выключатели гасительными камерами с поперечным масляным дутьем (рис. 3) [2]. При включении подвижный контакт 1 заходил в горловину 2, раскрывал подпружиненные заслонки 3 и входил в неподвижный розеточный контакт 4. При отключении подвижный контакт 1 выходил из розеточного контакта 4 и между ними образовывалась дуга. Давление в камере повышалось, так как выход для масла был закрыт подвижным контактом 1. При дальнейшем движении подвижного контакта 1 заслонки 3 закрывались, и дуга разделялась на две части, из которых первая – горела между розеточным контактом 4 и заслонками 3 и являлась гасящей, а вторая – гасимая – горела между заслонками 3 и подвижным контактом 1 (рис. 3, б). При дальнейшем движении подвижного контакта открывался поперечный канал 5, и масло из нижней части гасительной камеры устремлялось по каналу 5, пересекало и охлаждало дугу, деионизируя пространство, где горела дуга, и осуществляло ее гашение. Такие гасительные камеры поперечного дутья применялись в масляных выключателях с малым объемом масла.

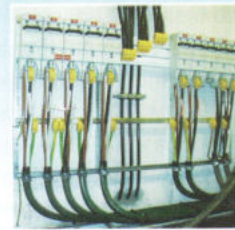
В 1930 г. фирма «Вестингауз» предложила выключатель (рис. 4), снабженный гасительной камерой с



61057, г.Харьков, ул. Гоголя 9Б
тел./факс: 8 (057) 719-41-10, 700-41-70

e-mail: ukrteh@vl.kharkov.ua

www.ukrteh.com.ua



Kabeldon IP-system



Электрофурнитура и автоматические выключатели



Трансформаторные вводы и ОПГВ



Газовые выключатели

Schneider Electric



Кабельные лотки и шинопроводы



Электрофурнитура и автоматические выключатели

Tyco Electronics Raychem



Кабельные муфты



Арматура для СИП



Термоусаживаемая трубка



Ограничитель перенапряжения

узкой щелью, помещенной в баке с маслом [3]. На концах вводов 1 устанавливались гасительные камеры 2 с узкой щелью. Такие камеры собирались из нескольких отдельных элементов, каждый из которых состоял из одной стальной 3 и нескольких изоляционных пластин 4. Пластины были соединены между собой болтами из изолирующего материала. Гасительная камера имела узкую прорезь 5, заполненную маслом. В прорезях гасительных камер перемещались плоские подвижные контакты выключателя. При расхождении контактов 6 и 7 и образовании между ними дуги вокруг нее возникало магнитное поле, которое проходило по подковообразным стальным пластинам гасительной камеры и через масло в зазоре между концами этих пластин. Под действием этого поля появлялось одностороннее давление на горящую дугу, стремящееся переместить дугу в закрытый конец щели гасительной камеры. Дуга приводилась в тесное соприкосновение с маслом, разлагала его и образовывавшиеся деионизированные газы прорывались через ствол дуги к открытому концу щели. При этом они охлаждали дугу, деионизировали дуговое пространство и гасили дугу. Этот выключатель получил наименование «деионного в масле». Такие выключатели были испытаны при напряжениях от 38 до 220 кВ и при различных отключаемых мощностях. Контактная система выключателей работала надежно. При напряжении 220 кВ время отключения составило от 2 до 4,5 периода.

В 1935 г. фирма Вестингауз изготовила и установила на подстанциях мощного гидроузла «Болдер-Дэм» масляный выключатель с гасительной камерой, снабженной узкой щелью

и десятикратным разрывом цепи тока. Выключатель был выполнен на напряжение 287 кВ и на ток 1000 А с мощностью отключения 2500 МВА. Он имел три бака диаметром около 3 м каждый и содержанием масла в одном баке 30 тонн. Полная высота выключателя составляла 8,8 м.

Немецкая фирма «Сименс-Шуккерт» в 1929 г. предложила новый выключатель (т. наз. экспансионный или расширительный). Изобретателем этого выключателя был инженер Ф. Кессельринг. Особенно эффективной оказалась конструкция расширительного выключателя, снабженного эластичной камерой (рис. 5) [4]. Корпус гасительной камеры 1 выполнен из изоляционного материала и установлен на фарфоровом изоляторе 2. Подпружиненный неподвижный торцевой контакт 3 установлен на дне гасительной камеры. Подвижный контакт 4 во включенном состоянии упирался в торцевой контакт 3. Внутри корпуса была установлена расширительная гасительная камера, состоящая из двух половин 5 и 6. Нижняя половина 5 заполнялась жидкостью (экспансин, вода или трансформаторное масло). Экспансин представляет собой смесь дистиллированной воды и глицерина, а наиболее важной характеристикой экспансина является его хорошая электропроводимость, что способствует отключению малых токов без перенапряжений, так как разрыв тока в этом случае происходит при его нулевом значении. Верхняя половина 6 выполнена из нескольких изоляционных дисков 7, центрированных при помощи шпилек 8. Диски 7 удерживаются в сжатом состоянии пружинами 9, упирающимися одним концом в крышку 10, а вторым – во фланец подвижной втулки 11. При отключении выключателя между контактами 3 и

4 возникала электрическая дуга. Под действием высокой температуры дуги экспансин, масло или вода испарялись и разлагались. При достижении определенной величины давления в верхней половине 6 преодолевалось сопротивление пружины 9, и диски 7 раздвигались, образуя кольцевые щели для выхода газов и паров разложившейся и испарившейся жидкости. Давление в расширительной камере быстро падало по направлению от ствола дуги к выхлопным щелям. Под действием разности давлений и температур газы от центра ствола дуги получали ускорение в стороны выхлопных щелей. Ионизированные газы разбрасывались в радиальном направлении, благодаря чему возникало бурное перемешивание ионизированных и неионизированных газов, что способствовало их быстрой деионизации и приводило к гашению дуги. Для напряжения 100 кВ и выше фирма «Сименс-Шуккерт» применяла в расширительных выключателях масло. Исследования Кессельринга показали, что оптимальное давление в расширительной камере не должно превышать 20-30 атм.

Кессельринг предложил свою теорию действия расширительного выключателя, однако исследования, проведенные во Всесоюзном электротехническом институте д.т.н., профессором Анатолием Яковлевичем Буйловым, не подтвердили эту теорию, и Буйлов предложил более правильное пояснение принципа действия расширительного выключателя [5]. Это пояснение и было представлено выше при описании функционирования выключателя с эластичной расширительной камерой. Впоследствии Кессельринг от своих первоначальных взглядов на процесс гашения дуги в расшири-

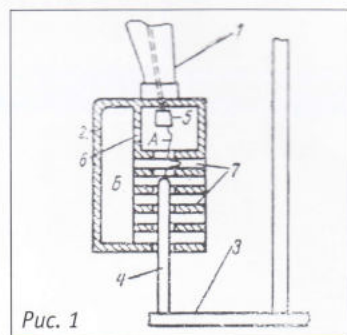


Рис. 1

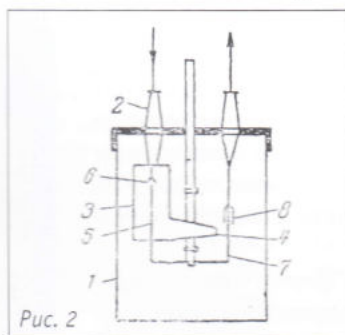


Рис. 2

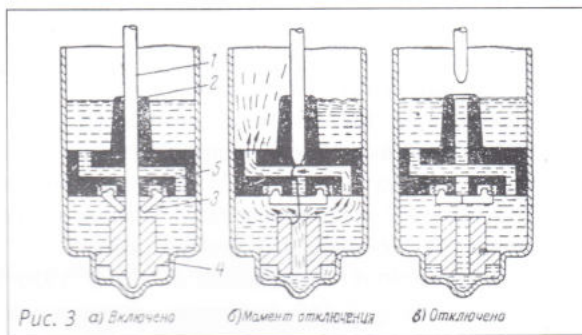


Рис. 3 а) Включено б) Момент отключения в) Отключено



тельных выключателях полностью отказался [6].

Расширительный выключатель получил в Европе широкое распространение. По данным фирмы «Сименс-Шуккерт» за период с 1930 по 1940 гг. было изготовлено свыше 35000 таких выключателей для открытых и закрытых распределительных устройств. Качество расширительных выключателей с эластичной камерой оказалось настолько хорошим, что при постройке Днепрогэса именно фирме «Сименс-Шуккерт» были заказаны расширительные выключатели на напряжение 154 кВ.

В России во время гражданской войны 1918 – 1920 гг. производство аппаратуры высокого напряжения было полностью прекращено. В начале 1921 г. был принят к реализации план ГОЭЛРО, предусматривающий строительство районных электрических станций. Начавшееся восстановление народного хозяйства потребовало поставок аппаратуры высокого напряжения, и в первую очередь – масляных выключателей [7]. Из-за отсутствия отечественного производства приходилось прибегать к импорту.

В 1921 г. на заводе «Электросила» в Петрограде был создан отдел по разработке новых типов аппаратуры высокого напряжения, который в 1922 – 1923 гг. разработал конструкцию баковых масляных выключателей типа МВ-5 и МВ-12 для напряжений до 6 кВ, а также МВ-18 для напряжений до 3 кВ. Производство этих выключателей было передано на завод «Электроаппарат» в Ленинграде, который в 1925 г. приступил к их изготовлению. Первые конструкции масляных выключателей для напряжений до 35 кВ были разработаны советскими конструкторами во главе с Л.Б. Броуде.

С целью быстрее освоения на отечественных заводах производства наиболее совершенных типов выключателей высокого напряжения в 1929 г. был заключен договор с американской фирмой GE. По этому договору от фирмы были получены рабочие чертежи и остальная документация по масляным выключателям для напряжений до 220 кВ с мощностью

отключения до 2500 МВА. Процесс освоения американских конструкций сопровождался значительными переделками американских чертежей. Американский тип горшкового мало-масляного выключателя был заменен советской модификацией этой конструкции, а именно – маломасляными горшковыми выключателями типов МГГ-229 и МГГ-223.

До 1937 г. завод «Электроаппарат» являлся единственным заводом в СССР, который изготавливал масляные выключатели. В 1931 г. началось строительство на Урале второго аппаратного завода «Уралэлектроаппарат», на котором вначале было организовано производство разъединителей, а в 1937 г. – маломасляных выключателей для напряжений 6 и 10 кВ с одним разрывом цепи тока на полюс.

Вследствие блокады Ленинграда в 1941 г. производство аппаратуры высокого напряжения было прекращено. Технический персонал и полуфабрикаты были вывезены на завод «Уралэлектроаппарат», где и было налажено изготовление мощных баковых выключателей типа МКП по чертежам завода «Электроаппарат». После разгрома советскими войсками северной группировки немецких войск было начато восстановление производства аппаратуры высокого напряжения на заводе «Электроаппарат». В 1950 г. на заводе приступили к выпуску быстродействующих масляных колонковых выключателей типа МГ-35 для напряжения до 35 кВ с мощностью отключения 400 МВА. В 1952 г. там же был

освоен маломасляный выключатель типа МГ-110 на напряжение 110 кВ и мощность отключения 2500 МВА.

Завод «Уралэлектроаппарат» после окончания войны полностью переконструировал и освоил производство баковых масляных выключателей для напряжений 35, 110 и 220 кВ.

Разработка новых типов и модернизация изготавливавшихся ранее масляных выключателей выполнялись заводами при участии Всесоюзного электротехнического и Ленинградского политехнического институтов.

Параллельно с описанными выше масляными выключателями начали развиваться выключатели, с гашением дуги струей масла под действием энергии, подводимой со стороны. Это, в частности, воздушные, вакуумные, а затем и элегазовые выключатели. Но это – тема отдельной статьи.

Литература:

1. Буйлов А.Я. *Выключатели переменного тока высокого напряжения*. – М.-Л.: ОНТИ, 1936.
2. Гусев С.А. *Очерки по истории развития выключателей переменного тока*. – М – Л.: ГЭИ, 1958. – С. 110 – 112.
3. Там же, с. 157 – 161.
4. Германский патент № 609387, выданный 16.02.35 г. фирме «Сименс-Шуккерт» по заявке от 20.06.31 г.
5. Там же, где и 2. – С. 128.
6. Кессельринг Ф. *Теоретические основы расчета коммутационных аппаратов*. – М.-Л.: ГЭИ, 1949.
7. Там же, где и 2. – С. 254 – 259.

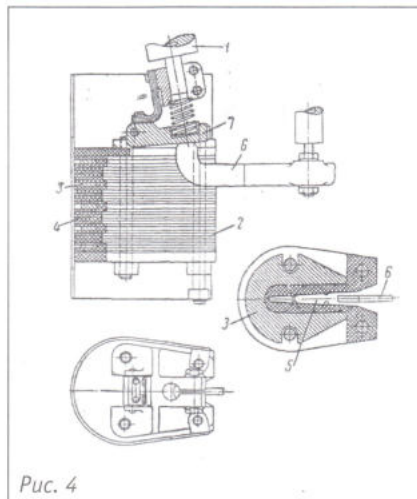


Рис. 4

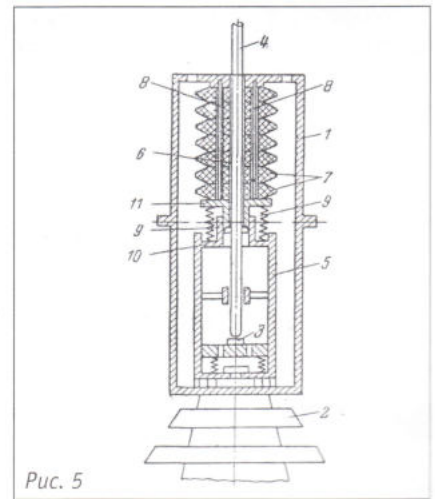


Рис. 5