

ISSN 0033-1155

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА

2015

INDUSTRIAL POWER ENGINEERING





ЭКСПЛУАТАЦИЯ, МОНТАЖ И НАЛАДКА

Развитие энергоэффективных конструкций сильноточных контактных систем шунтирующего выключателя с композиционными жидкометаллическими контактами и системой принудительного водяного охлаждения на номинальный ток 50 кА

Шалагинов А. А., инж.

ООО «НИИ Морских Систем», Санкт-Петербург

Приведены сведения о современных энергоэффективных конструкциях сильноточных контактных систем шунтирующего выключателя с композиционными жидкометаллическими контактами и системой принудительного водяного охлаждения на номинальный ток 50 кА, разработанных на базе шунтирующего выключателя с медными твердоталлическими контактами.

Ключевые слова: сильноточный шунтирующий выключатель, композиционные жидкометаллические контакты, система принудительного водяного охлаждения, номинальный ток, электролизная установка, каустическая сода.

В связи с необходимостью постоянного увеличения выпуска каустической соды и хлора, полученных диафрагменным методом, происходит непрерывный рост потребляемых мощностей промышленных предприятий. Для многих электрических установок это обуславливает увеличение номинального тока. Так, в современных электролизных цехах предприятий химической промышленности через последовательно включенные электролизеры протекает постоянный ток, измеряемый десятками и сотнями тысяч ампер при напряжении 440 – 550 В [1, 2]. Для периодического осмотра и ремонта каждого электролизера без нарушения работы остальных используются сильноточные шунтирующие выключатели (СШВ), подключаемые параллельно электролизерам.

В качестве основного СШВ в электролизных цехах уже более 25 лет применяется серийный шунтирующий выключатель В-61 на номинальный ток 63 кА, выпускаемый ульяновским заводом «Контактор». Он имеет принудительное водяное охлаждение (ПВО) и сильноточную контактную систему (СКС), состоящую из главной контактной системы (ГКС) с 24 серебряными роликовыми контактами и дугогасительной контактной системы (ДКС) с гибкими токопроводами. Для защиты от агрессивной среды электролизных цехов СКС помещают в бак с маслом [2]. К

основным недостаткам СШВ типа В-61 следует отнести:

использование дефицитного и дорогого серебра, экономически затратного при большом количестве СШВ, а ролики из него не поддаются восстановлению в заводских условиях даже после кратковременной эксплуатации;

наличие гибких токопроводов в ДКС, периодически выходящих из строя вследствие перегорания;

отсутствие стопорного устройства, не позволяющего выключателю самопроизвольно отключаться;

ограниченный ресурс работы: не более 20 – 30 операций включений-отключений (В-О);

отсутствие элементарных систем защиты и контроля основных параметров СШВ (температур нагрева контактов и охлаждающей жидкости на входе и выходе);

отсутствие защитных экранов от воздействия на человека сильного магнитного поля.

Зарубежное оборудование подобного класса чрезвычайно дорого, поэтому разработка сильноточного электрического аппарата с контактами без серебросодержащих материалов особенно актуальна.

На ряде отечественных предприятий химической промышленности были созданы аналогичные электрические аппараты. В частности,

на химическом предприятии в Волгограде уже более 25 лет используется шунтирующий выключатель с СКС в виде медных твердо-металлических контактов с системой ПВО, собственным стопорным механизмом, обеспечивающим надежный (“мертвый”) контакт и безукоризненную работу даже в аварийном режиме — при потере подачи воды в систему водяного охлаждения. Учитывая, что применение системы ПВО позволяет увеличить пропускную способность СКС по току в 5–7 раз, можно сделать вывод о степени надежности данного электрического аппарата. Но он наряду с такими же недостатками, как у серийного выключателя В-61 (большое переходное сопротивление, отсутствие элементарных средств защиты и контроля), имеет и ряд других [1]: значительные площади контактных поверхностей; недостаточно большое усилие для надежного прижатия стопорным механизмом твердометаллических медных контактных поверхностей; естественную шероховатость медных контактных поверхностей; значительно меньшую проводимость контактных площадок; ограниченное число коммутационных процессов В-О; наличие электродинамических сил отброса контактов в моменты В-О вследствие явно выраженного эффекта сужений линий тока; наличие всего одной ветви ПВО СКС выключателя в виде “левый токопровод — подвижный контакт — правый токопровод и обратно”, что может привести к электрическому замыканию по воде (пробой по воде) и аварии на производстве.

Поэтому в НИИ сильноточных контактных систем АО “АЛЕКС” (начиная с 1993 г.) и в ООО “НИИ Морских Систем” (с 2000 г.) разрабатывалась серия усовершенствованных энергоэффективных конструкций СКС с композиционными жидкометаллическими контактами (КЖМК) для СШВ на базе волгоградского выключателя и собственных аппаратов [3–6]. Этот СШВ имеет систему независимого ПВО неподвижных и подвижных контактов, стопорный винтовой механизм КЖМК в виде эластичных прокладок, пропитанных жидким металлом на основе эвтектики галлий-индий-олово, систему контроля основных параметров (температуры нагрева контактов, температуры нагрева воды на входе и выходе для каждой ветви охлаждения, падения напряжения) и защитные ферромагнитные экраны для снижения магнитного поля неподвижных и подвижных контактов [5–9].

Благодаря использованию в СКС с КЖМК системы независимого ПВО было достигнуто снижение температуры нагрева контактных частей выключателя в течение всего цикла работы, определяемого числом коммутаций В-О. Применение КЖМК на основе эвтектики галлий-индий-олово позволило уменьшить переходное сопротивление (сопротивление стягивания) путем использования площади контактирования всей поверхности (при этом действительная площадь контактирования равна мнимой и сужений линий тока не происходит). В результате сведены практически до нуля электродинамические силы отброса, исключены такие явления, как сваривание, вибрация и залипание контактов, стабилизировано значение электрического сопротивления КЖМК при длительном нагреве до 150 °С включительно [6–9].

Конструкция сильноточного выключателя с КЖМК показана на рис. 1. Он состоит из неподвижных контактов 1 (имеющих контактирующий элемент 2, втулки 3 и водоохлаждаемый канал 4), подвижного мостикового контакта 5 (с углублением в виде стакана 6), диэлектрической перегородки 7, стопорной шайбы 8, эластичных прокладок 9, пропитанных жидким металлом 10, водоохлаждаемого канала 11 и траверсы 12. Траверса 12 перемещается по направляющим 13 с помощью стопорного механизма 17–19. Начальное нажатие на контакты осуществляется контактными пружинами 20. Для подогрева жидкого металла, размещенного в стаканах 6, имеется устройство 21. С целью уменьшения магнитного поля на двух неподвижных контактах 1 имеются защитные ферромагнитные экраны 22, а для повышения надежности работы и увеличения срока эксплуатации выключатель имеет приборы учета и контроля 23 и три независимые ветви принудительного водяного охлаждения 24–26 (рис. 2). Первая ветвь 24 — принудительное водяное охлаждение одного полюса неподвижного контакта 1, вторая ветвь 25 — принудительное водяное охлаждение подвижного мостикового контакта 5, третья ветвь 26 — принудительное водяное охлаждение другого полюса неподвижного контакта 1.

Выключатель работает следующим образом. Сначала включается устройство 21 для подогрева жидкого металла в эластичных прокладках 9 и таким образом обеспечивается стабильная температура его нагрева. Затем поворачивается рычаг 16, который закреплен на валу 14. При этом траверса 12 с располо-

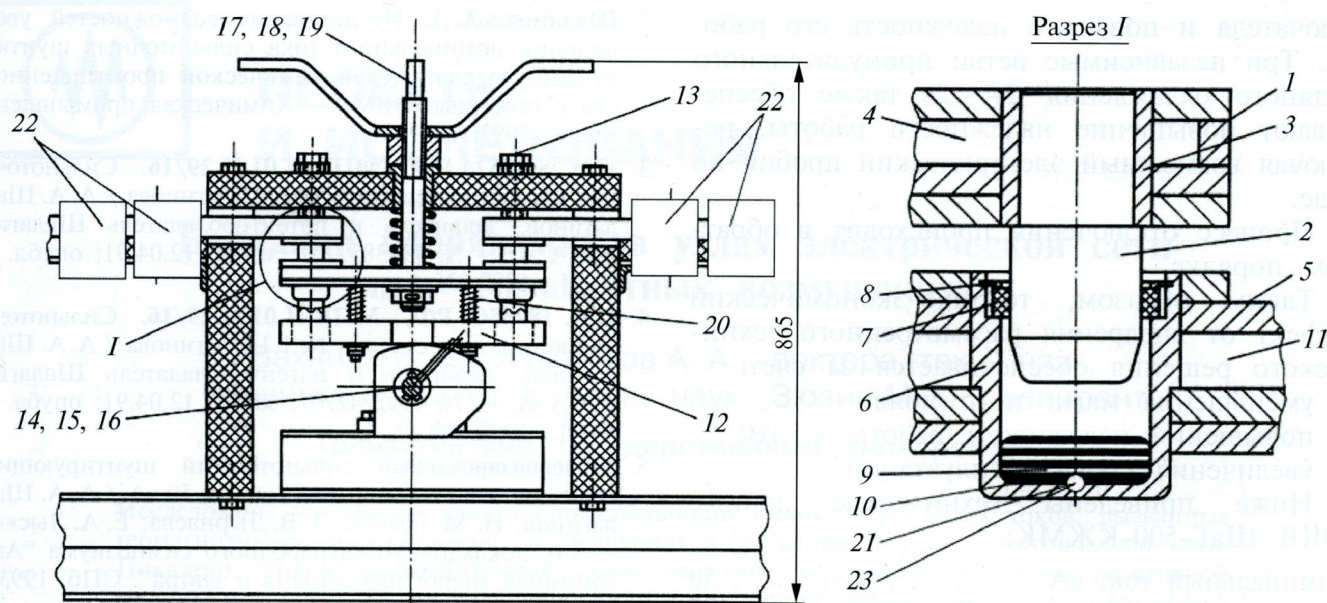


Рис. 1. Сильноточный шунтирующий выключатель с композиционными жидкометаллическими контактами и системой принудительного водяного охлаждения ШаГ-500-КЖМК на номинальный ток 50 кА

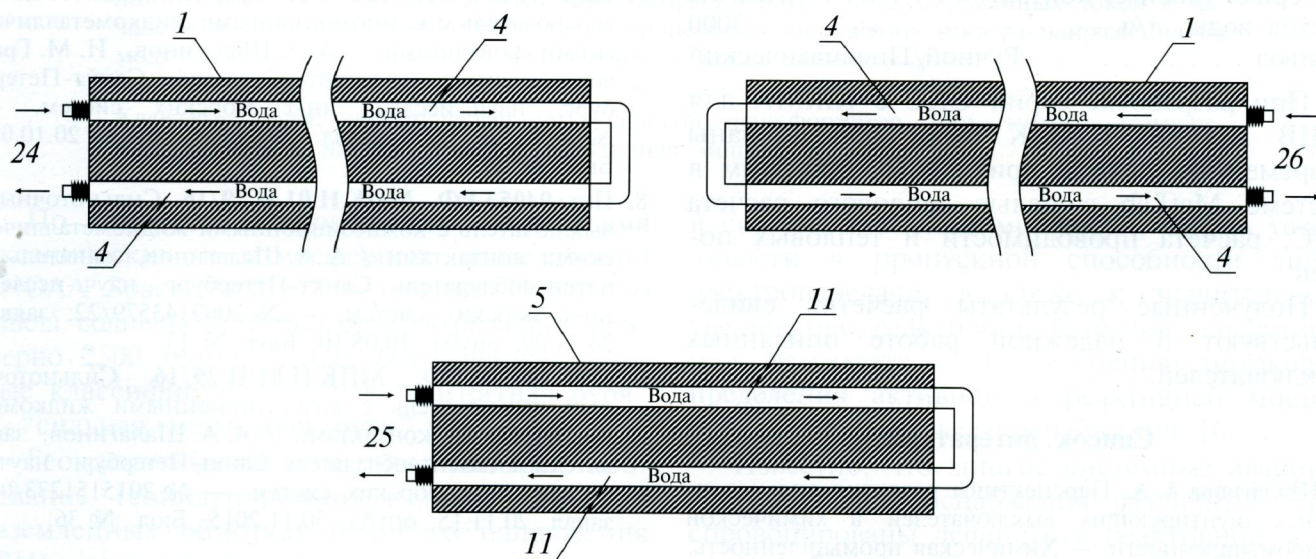


Рис. 2. Схема независимого принудительного водяного охлаждения сильноточной контактной системы шунтирующего выключателя ШаГ-500-КЖМК с композиционными жидкометаллическими контактами и системой принудительного водяного охлаждения на номинальный ток 50 кА

женным на ней подвижным мостиковым контактом 5 перемещается в вертикальном направлении по направляющим 13 под действием кулачка 15, закрепленного на валу 14. В начальный момент касания контактное нажатие создают контактные пружины 20, при этом контактирующий элемент 2 неподвижных контактов 1 входит в стакан 6 (с размещенными на дне и уже подогретыми до рабочей температуры жидкого металла эластичными прокладками 9) подвижного мостикового контакта 5.

В канале хода подвижного мостикового контакта 5 винтовой механизм 17 входит в

зацепление со смазкой втулки 18. При повороте рычага 16 по часовой стрелке осуществляются дополнительное поджатие контактирующего элемента 2 неподвижных контактов 1, эластичных прокладок 9 и их жидкая фиксация во включенном положении с помощью винта 17 и втулки 18.

Наличие защитных экранов 22 на двух неподвижных контактах 1 позволяет уменьшить магнитное поле и сделать работу сильноточного выключателя более безопасной для здоровья обслуживающего персонала. С помощью приборов учета и контроля 23 можно контролировать необходимые параметры вы-

ключателя и повысить надежность его работы. Три независимые ветви принудительного водяного охлаждения 24–26 также обеспечивают повышение надежности работы, исключая возможный электрический пробой по воде.

Процесс отключения происходит в обратном порядке.

Таким образом, технико-экономический эффект от внедрения рассмотренного технического решения обеспечивается за счет:

- уменьшения магнитного поля;
- повышения надежности работы СШВ;
- увеличения срока эксплуатации.

Ниже приведены технические данные СШВ ШаГ-500-КЖМК:

Номинальный ток, кА	50
Номинальное напряжение, В	100
Номинальное напряжение относительно земли, В	400
Число В-О до ремонта	100
Материал главных контактов	КЖМК
Расход воды, л/ч	3000
Привод	Ручной/Пневматический

При разработке серии СКС с КЖМК для СШВ ШаГ-500-КЖМК были использованы современные пакеты прикладных программ в системе MatLab с целью теплового расчета ГКС, расчета проводимости и тепловых потерь.

Полученные результаты расчетов свидетельствуют о надежной работе описанных выключателей.

Список литературы

1. Шалагинов А. А. Перспективы развития сильноточных шунтирующих выключателей в химической промышленности. — Химическая промышленность, 1991, № 10.

2. Шалагинов А. А. Исследование возможностей увеличения номинального тока сильноточных шунтирующих выключателей химической промышленности с помощью ЭВМ. — Химическая промышленность, 1992, № 1.
3. Пат. 1795524 РФ, МПК Н 01 Н 29/16. Сильноточная контактная система № 2 Шалагинова / А. А. Шалагинов, заявитель и патентообладатель Шалагинов А. А. — № 4943852/07; заявл. 12.04.91; опубл. в Б. И., 1993, № 6.
4. Пат. 1805509 РФ, МПК Н 01 Н 29/16. Сильноточная контактная система № 1 Шалагинова / А. А. Шалагинов, заявитель и патентообладатель Шалагинов А. А. — № 4942742/07; заявл. 12.04.91; опубл. в Б. И., 1993, № 12.
5. Модернизированный сильноточный шунтирующий выключатель на номинальный ток 50 кА / А. А. Шалагинов, И. М. Грачев, Л. В. Дырнаева, Е. А. Лыско. — Сб. докладов Международного симпозиума “Автономная энергетика сегодня и завтра”. СПб, 1993.
6. Сильноточный выключатель с композиционными жидкометаллическими контактами на номинальный ток 50 кА / А. А. Шалагинов, Е. В. Богач, П. Т. Заяц и др. — Промышленная энергетика, 2001, № 2.
7. Пат. 77501 РФ, МПК Н 01 Н 29/16. Сильноточный выключатель с композиционными жидкометаллическими контактами / А. А. Шалагинов, И. М. Грачев, заявитель и патентообладатель Санкт-Петербург. науч.-исслед. ин-т морских систем. — № 2008117037/22; заявл. 29.04.08; опубл. 20.10.08, Бюл. № 29.
8. Пат. 94053 РФ, МПК Н 01 Н 29/16. Сильноточный выключатель с композиционными жидкометаллическими контактами / А. А. Шалагинов, заявитель и патентообладатель Санкт-Петербург. науч.-исслед. ин-т морских систем. — № 2009143579/22; заявл. 24.11.09; опубл. 10.05.10, Бюл. № 13.
9. Пат. 167204 РФ, МПК Н 01 Н 29/16. Сильноточный выключатель с композиционными жидкометаллическими контактами / А. А. Шалагинов, заявитель и патентообладатель Санкт-Петербург. науч.-исслед. ин-т морских систем. — № 2015151233/07, заявл. 20.11.15; опубл. 30.11.2015, Бюл. № 36.

rimsinc@mail.ru

Development of energy-efficient designs of heavy-current contact systems of shunting switches with composite liquid-metal contacts and a system of forced water cooling for a rated current of 50 kA

Shalaginov A. A.

We present information regarding modern energy-efficient designs of heavy-current contact systems of shunting switches with composite liquid-metal contacts and a system of forced water cooling for a rated current of 50 kA developed on the based on a shunting switch with copper solid-metal contacts.

Keywords: high-current shunting switch, composite liquid-metal contacts, system of forced water cooling, rated current, electrolysis plant, caustic soda.