



## ЭКСПЛУАТАЦИЯ, МОНТАЖ И НАЛАДКА

### Сильноточный выключатель с композиционными жидкометаллическими контактами на номинальный ток 50 кА

Богач Е. В., Заяц П. Т., Левенберг Н. Н., Прасолов Ю. К., инженеры  
Волгоградское ОА "Химпром"

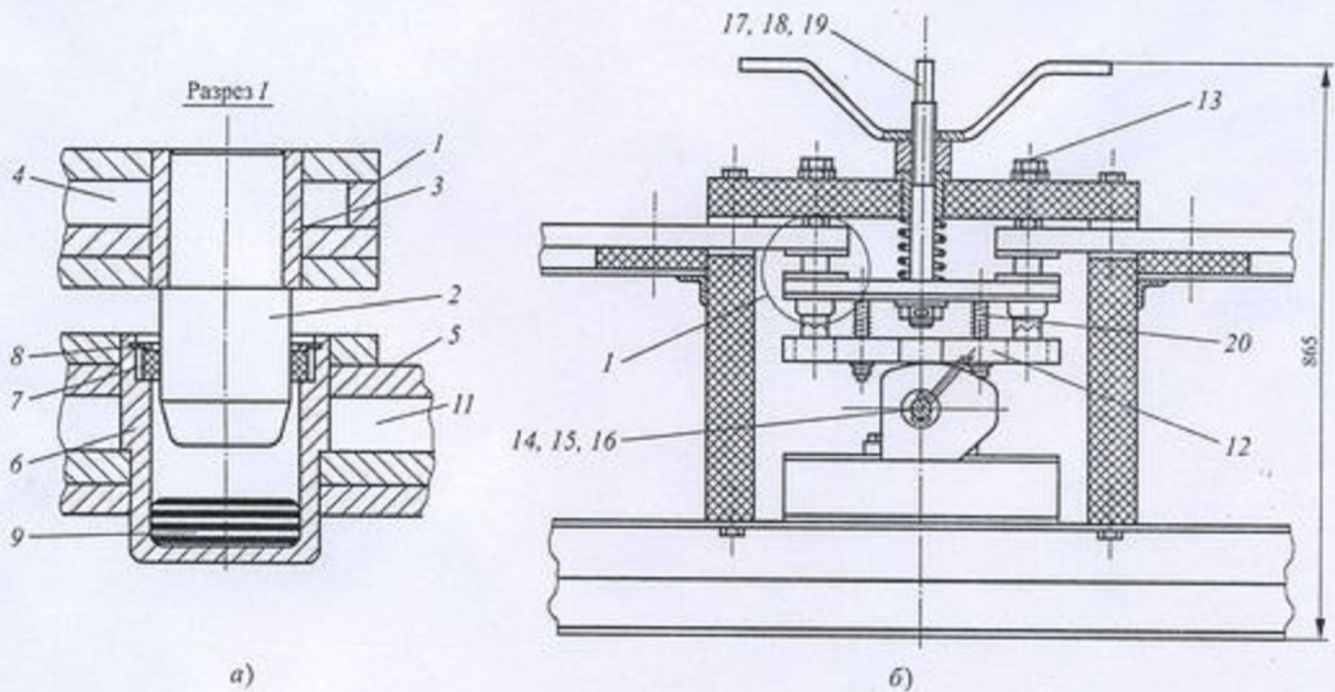
Грачев И. М., Качанова Ю. Е., Лыско А. А., Шалагинова А. И.,  
Шалагинов А. А., инженеры

ООО "НИИ Морских Систем", Санкт-Петербург

В настоящее время в электролизных цехах химических предприятий используются серийные выключатели В-61 (производства Ульяновского завода "Контактор") с системой водяного охлаждения, серебряными роликовыми контактами, масляной защитой от агрессивной среды, выполненные на номинальный ток 63 кА. Они применяются для проведения ремонтно-профилактических работ в цехах, а также для вывода из эксплуатации последовательно соединенных друг с другом электролизеров типов БГК-50/25 и ДМ-62,5 (на номинальные токи 50 и 62,5 кА) путем параллельного подключения их к межбанной ошиновке. Однако эти выключатели имеют ряд недостатков: использование дефицитного и дорогого серебра в контактах, громоздкую конструкцию, высокое переходное электрическое сопротивление контактов, низкую надежность, ограниченный срок эксплуатации, отсутствие систем защиты [1–4]. Кроме того, серийные электрические аппараты, работая в номинальных режимах, нередко выходят из строя из-за неравномерного распределения электрического тока между 24 серебряными роликовыми контактами, перегорания ненадежных гибких токопроводов или самопроизвольного отключения вследствие отсутствия стопорного механизма, их сгорания в течение 10–15 мин при отказе подачи воды по причине отсутствия элементарных систем защиты и контроля. Зарубежное же оборудование подобного класса чрезвычайно дорого, поэтому разработка сильноточного электрического аппарата с контактами без серебросо-

держающих материалов является особенно актуальной.

В связи с указанным на ряде предприятий химической промышленности были созданы аналогичные электрические аппараты. В частности, в волгоградском ПО "Химпром" в течение уже более 10 лет используется шунтирующий выключатель с сильноточной контактной системой (СКС) в виде медных твердометаллических контактов с принудительным водяным охлаждением, 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 водяного охлаждения позволяет увеличить пропускную способность СКС по току в 5–7 раз, можно сделать вывод о степени надежности данного электрического аппарата [1]. Но несмотря на это, он наряду с такими же недостатками, как у выключателя В-61 (большое переходное электрическое сопротивление, отсутствие элементарных средств защиты и контроля), имеет и ряд других [5]: большие площади контактных поверхностей; отсутствие большого усилия, необходимого для лучшего прижатия стопорным механизмом твердометаллических медных контактных поверхностей; естественную шероховатость медных контактных поверхностей; значительно меньшую проводимость контактных площадок; ограниченное количество коммутационных процессов включения-отключения (В-О); наличие электродинамических сил отброса контактов в мо-



Сильноточный выключатель с композиционными жидкометаллическими контактами типа ШаГ-500 на номинальный ток 50 кА

менты В-О вследствие явно выраженного эффекта сужений линий тока.

В НИИ сильноточных контактных систем АО "АЛЕКС"<sup>1</sup> в 1993 г. была разработана усовершенствованная конструкция СКС электрического аппарата на базе волгоградского выключателя и собственных разработок в данной области [6–7]. Этот сильноточный выключатель имеет систему охлаждения подвижного и неподвижных контактов, стопорный винтовой механизм, композиционные металлические контакты (КЖМК) в виде эластичных прокладок, пропитанных жидким металлом, систему контроля основных параметров (температуры нагрева контактов, падения напряжения на их переходе) [6–8].

Благодаря использованию в данной СКС системы водяного охлаждения было достигнуто снижение температуры нагрева контактных частей выключателя в течение всего цикла работы, определяемого количеством коммутаций В-О. Применение КЖМК на основе сплава галлия позволило добиться уменьшения переходного электрического сопротивления путем использования площади контактирования всей поверхности (при этом действительная площадь контактирования равна мнимой и сужения линий тока не происхо-

дит) и тем самым свести практически до нуля электродинамические силы отброса, исключить такие явления, как сваривание и вибрация контактов, стабилизировать значение электрического сопротивления КЖМК при длительном нагреве до 150 °С включительно [9]. Благодаря использованию в конструкции СКС последних разработок НИИ СКС была достигнута стабилизация электрического сопротивления в течение длительного времени [6–8].

Конструкция СКС, представленная на рисунке, а и б, 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), диэлектрического материала 7, стопорной шайбы 8, эластичных прокладок 9, пропитанных жидким металлом, колец 10, водоохлаждаемого канала 11, траверсы 12. Траверса перемещается по направляющим 13 с помощью приводного механизма, состоящего из вала 14, кулачка 15, рычага 16, винтового стопорного механизма 17–19. Начальное нажатие на контакты осуществляется контактными пружинами 20.

Выключатель работает следующим образом: включение происходит в результате поворота рычага 16, который закреплен на валу 14. При этом траверса 12 с расположенным на

<sup>1</sup> С июля 2000 г. — ООО "НИИ Морских Систем".

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 эластичными, пропитанными жидким металлом 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 жесткая фиксация во включенном положении с помощью винта 17 и втулки 18.

Водяное принудительное охлаждение выполняется следующим образом: охлаждающая вода поступает в водоохлаждаемый канал 4 неподвижного контакта 1 одного из полюсов выключателя, затем по резиновому шлангу попадает в водоохлаждаемый канал 11 подвижного мостикового контакта 5, вытекает из него и далее по шлангу подается в водоохлаждаемый канал неподвижного контакта другого полюса выключателя.

Технико-экономический эффект предлагаемого технического решения состоит в снижении стоимости выключателя, упрощении его конструкции, уменьшении переходного электрического сопротивления, повышении надежности и увеличении срока службы. Снижение стоимости достигается за счет отказа от серебра и масла, а упрощение конструкции по сравнению с прототипом — благодаря следующим факторам:

1) шины неподвижных контактов имеют прямоугольную форму, а не полумесяца (последние более сложны в изготовлении);

2) шины вводов выключателя и неподвижных контактов выполнены едиными, а не в виде двух отдельных элементов, соединенных между собой при помощи большого количества болтов;

3) в системе водяного охлаждения меньше переходов водоохлаждаемый канал — резиновый шланг;

4) данная конструкция представляет собой совокупность шунтирующего устройства и выключателя, а не две отдельные конструкции.

Переходное электрическое сопротивление уменьшается, во-первых, потому, что действительная площадь контактирования элемента неподвижных контактов равна мнимой площади контактирования в стакане подвижного мостикового контакта в результате использования эластичных прокладок 9. Это происходит вследствие того, что в момент включения контактная поверхность контактирующего элемента всей своей площадью соприкасается с прокладками. Усилия нажатия при этом практически не требуются, сужений линий тока не происходит. Во-вторых, нижняя часть контактирующего элемента имеет форму полушара, что существенно увеличивает площадь контактирования с эластичными прокладками, особенно при увеличении контактного нажатия с помощью стопорного механизма 17–19, при этом контактирующий элемент всей своей нижней частью — полушаром полностью входит в эластичные прокладки.

Более высокая надежность разработанного выключателя по сравнению с прототипом обусловлена следующими причинами:

не используется масляная защита контактов, следовательно, устраняется пожароопасность из-за возможного перегрева масла;

конструкция привода содержит меньшее количество деталей;

стопорный механизм 17–19 обеспечивает жесткую фиксацию контактов во включенном положении, т.е. исключается возможность самопроизвольного отключения аппарата;

благодаря меньшему количеству переходов водоохлаждаемый канал — резиновый шланг в системе водяного охлаждения уменьшается вероятность электрического пробоя;

единство конструкции выключателя и шунтирующего устройства исключает наличие контактных соединений.

Увеличение срока эксплуатации происходит благодаря:

использованию для контактирования эластичных прокладок, пропитанных жидким металлом, в стакане, защищенном от внешней среды диэлектрическим материалом, что позволяет увеличить количество операций В-О более чем на 1000;

применению диэлектрического материала, фиксируемого с помощью стопорных шайб, что предотвращает разбрызгивание жидкого металла в моменты коммутации и его окисление из-за работы аппарата в агрессивной среде электролизных цехов;

отсутствию электродинамических сил отброса, вследствие чего снижается возможность поломки аппарата.

При разработке сильноточного шунтирующего выключателя были использованы пакеты прикладных программ [10] для расчета зависимостей температуры нагрева контактов и электродинамических усилий от номинального тока [4].

Полученные в результате эксплуатации данные свидетельствуют о надежной работе описанного аппарата.

### Список литературы

1. Брон О. Б. Электрические аппараты с водяным охлаждением. — Л.: Энергия, 1967.
2. Якименко Л. М. Производство хлора, каустической соды и неорганических хлорпродуктов. — М.: Химия, 1974.
3. Файнштейн С. Я. Производство хлора методом диафрагменного электролиза. — М.-Л.: Химия, 1964.
4. Шалагинов А. А. Исследование возможности увеличения номинального тока сильноточных шунтирующих выключателей в химической промышленности с помощью ЭВМ. — Химическая промышленность, 1992, № 1.
5. Шалагинов А. А. Перспективы развития сильноточных шунтирующих выключателей в химической промышленности. — Химическая промышленность, 1991, № 10.
6. Пат. 1795524. Сильноточная контактная система № 2 Шалагинова / А. А. Шалагинов. — Оpubл. в Б. И., 1993, № 6.
7. Пат. 1805509. Сильноточная контактная система № 1 Шалагинова / А. А. Шалагинов. — Оpubл. в Б. И., 1993, № 12.
8. Модернизированный сильноточный шунтирующий выключатель на номинальный ток 50 кА / А. А. Шалагинов, И. М. Грачев, Е. А. Лыско, Л. В. Дырнаева. — Международный симпозиум "Автономная энергетика сегодня и завтра". Сб. докладов. Ч. 1. С.-Петербург, 1993.
9. Брон О. Б., Беляев В. Л., Мясникова Н. Г. Композиционные контакты на основе галлия. — Тезисы докладов к Всесоюзному научно-техническому совещанию "Пути повышения качества и надежности электрических контактов". Л., 1978.
10. Шалагинов А. А., Лыско А. А. Моделирование сильноточных контактных систем электрических аппаратов на БК-0010. — Международный симпозиум "Автономная энергетика сегодня и завтра". Сб. докладов. Ч. 1. С.-Петербург, 1993.

**ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ ЕЖЕНЕДЕЛЬНИК**

# ПО ВСЕЙ СТРАНЕ

**ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОДУКЦИЯ РОССИИ**

Оборудование, техника, инструмент, оснастка, сырье и материалы для различных отраслей промышленности, строительства и коммунального хозяйства, транспорта, сельского хозяйства.

Перспективные отечественные разработки и технологии.

Предложения о деловом партнерстве, совместных проектах.

Запросы на поставку продукции, предложения бартера.

Перспективы и проблемы отечественной промышленности.

Журнал «По всей стране» издается с 1995 года. Распространяется в 70 регионах России и СНГ, участвует в специализированных международных и национальных выставках, проводимых в 40 городах России.

Подписной индекс 41957 в Объединенном каталоге "Порталка 2000". Тираж 75 тыс. экземпляров, формат А4.

Адрес редакции: 107066, г. Москва, ул. Доброслободская, 7/1, стр. 3  
Тел./факс: (095) 261-89-56  
<http://www.russproduct.nm.ru>  
<http://www.pvs.all.ru>  
E-mail: [pvs@pvs.all.ru](mailto:pvs@pvs.all.ru)