



ЭКСПЛУАТАЦИЯ, МОНТАЖ И НАЛАДКА

Исследование состояния и разработка новых экономичных сильноточных контактных систем электролизеров химической промышленности

Шалагинов А. А., инж.

ООО "НИИ Морских Систем", Санкт-Петербург

В электролизных цехах предприятий химической промышленности через электролизеры, соединенные друг с другом и с цеховыми шинными токопроводами с помощью сильноточных контактных систем (СКС), представляющих собой совокупность медных или алюминиевых контактов жесткого, гибкого или комбинированного исполнения, протекает постоянный ток, составляющий десятки и сотни тысяч ампер при напряжении 440–500 В [1, 2]. В отраслевом стандарте ОСТ 6-01-39-83 [3] приведены допустимые значения падения напряжения на контактах при номинальном токе. В частности, на контактах СКС межванной ошиновки электролизеров типа БГК-100 при номинальном токе 100 кА падение напряжения не должно превышать 33 мВ, а на контактах электролизеров типа БГК-50/25 при номинальном токе 50 кА — 23 мВ. Однако результаты комплексного обследования химических предприятий в 1988–1991 гг. показали несоответствие реальных значений этой величины требованиям отраслевого стандарта. Так, из полученных в ПО "Капролактам" (г. Дзержинск), ПО "Химпром" (г. Волгоград) и ПО "Хлорвинил" (г. Калуж) диаграмм падений напряжений ΔU на СКС N параллельных межванных ошиновок электролизеров типа БГК-50/25 (рис. 1, а–в) видно, что контактные системы находятся в неудовлетворительном состоянии, поскольку падения напряжения во много раз превышают установленный норматив (23 мВ). В связи с этим было принято решение о разработке новых экономичных СКС для электролизеров нескольких типов, включая БГК-100, БГК-50/25, КБ.10.86 и ВЕ.15.105.

Настоящая статья посвящена исследованию проблемы и выработке рекомендаций по сни-

жению падения напряжения в СКС указанные электролизеры до значений, соответствующих отраслевым нормам, определению зависимостей электрического сопротивления СКС от длительности эксплуатации, а также получению экспериментальных зависимостей, позволяющих аналитически найти значение электрического сопротивления СКС в заданном интервале времени. Эксперименты проводились в 1989–1990 гг. на СКС электролизера

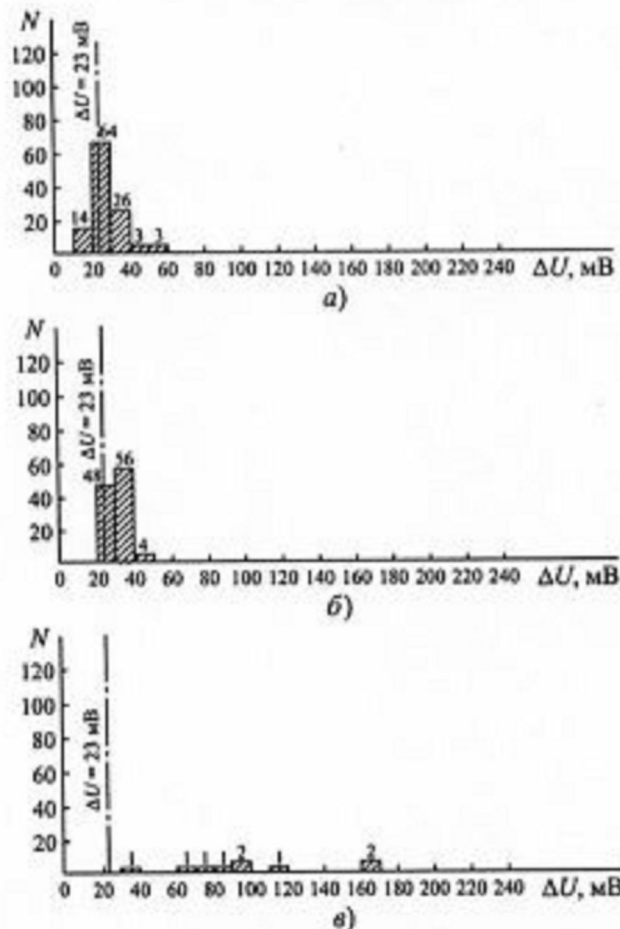


Рис. 1. Диаграммы (а–в) падения напряжения параллельных межванных ошиновок N электролизеров типа БГК-50/25 на разных предприятиях химической промышленности

БГК-100 ПО "Хлорвинил" и СКС электролизеров четырех вышеуказанных типов ПО "Химпром" [4–6].

При исследовании электрического сопротивления СКС для уменьшения и стабилизации его во времени была использована электропроводящая смазка (ЭПС), представляющая собой смесь нейтральных смазочных материалов с мелкодисперсным металлическим порошком. Эта смазка термостабильна — выдерживает длительный нагрев до температуры 160 °С и кратковременный нагрев до 250–320 °С в зависимости от температуры плавления нейтральной смазки, имеет достаточно низкое удельное сопротивление (0,18 Ом·см) и повышенный срок службы (0,5–5 лет в зависимости от состояния контактных поверхностей и материала контактов). В результате ее применения электрическое сопротивление СКС снижается на 10–50%, его стабильность во времени повышается, токораспределение в параллельных ветвях СКС становится более равномерным, а контактные поверхности оказываются защищенными от окисления. Помимо указанного увеличивается надежность силовых контактов благодаря герметизирующему свойству пасты и повышению их термо- и электростабильности. Последнее обусловлено следующими факторами: достаточная текучесть композиции обеспечивает ее выдавливание в зоне контактирования; введение металлического порошка в нейтральную смазку приводит к заполнению микровпадин контактных поверхностей электропроводящим порошком и увеличению площади контакта (несмотря на более высокое удельное сопротивление ЭПС, чем у основных проводниковых материалов — меди, алюминия), а также к сближению значений коэффициентов линейного расширения контактных материалов и смазки.

Технология изготовления ЭПС достаточно проста и состоит в тщательном перемешивании компонентов. При этом в случае необходимости рекомендуется подогревать ЭПС до температуры 50–60 °С. Контактные поверхности СКС при использовании ЭПС обрабатывают в следующей последовательности:

смаывают бензином, ацетоном или уайт-спиритом грязь и смазку;

удаляют ржавчину и очищают пленку стальной щеткой, диском с кардолентой, драчевым напильником и т. п.; поверхности, имеющие защитные металлические покрытия, перед

сборкой промывают органическими растворителями;

наносит шпателем ЭПС на обе контактные поверхности СКС;

осуществляют сборку СКС согласно существующей технологии;

затягивают болты (для этого рекомендуется использовать моментальные индикаторные ключи типа ДК-25 в соответствии с ГОСТ 10434-82).

Значение крутящего момента при затяжке болта М12 должно составлять 60 ÷ 70 Н·м, М16 — 90 ÷ 100, М20 — 120 ÷ 130, М24 — 200 ÷ 220, М30 — 300 ÷ 340, М36 — 360 ÷ 380 Н·м. Качество затяжки болтов контролируют путем измерения напряжения, которое должно соответствовать требованиям ОСТ 6-01-39-83 [3] после сборки СКС и в процессе ее эксплуатации.

Для исследования электрического сопротивления СКС электролизеров и определения эффективности использования ЭПС были выбраны четыре группы контактных систем электролизеров различных типов, рассчитанных на разное количество шин, сечение и материалы. Согласно отраслевым нормам падение напряжения измеряли регулярно (1 раз в месяц) с помощью милливольтметра типа М2007 (класс точности — 0,2, предел измерения — 75 мВ), защищенного от воздействия электромагнитного поля специальным экраном. Значение номинального тока определяли по амперметрам в щитовой выпрямительной подстанции.

Первая группа СКС монополярных хлорных диафрагменных электролизеров типа БГК-100 с номинальным током 100 кА представляла собой конструкцию из 20 пар стандартных медных шин длиной 1070 мм и сечением 120 × 15 мм² каждая, длина контактной поверхности равнялась 260 мм. При этом переходное сопротивление контакта анодного вывода 12 электролизера, плакированного медью, определяется как сумма сопротивлений анодного вывода общим сечением более 2400 × 40 мм² и 20 пар медных шин общим сечением более 2400 × 30 мм² (рис. 2). Основным недостатком данного контактного узла является разнородность материалов, соединяющихся в результате медной плакировки, которая в процессе эксплуатации электролизеров в химически активных средах отслаивается на значительных площадях контактных поверхно-

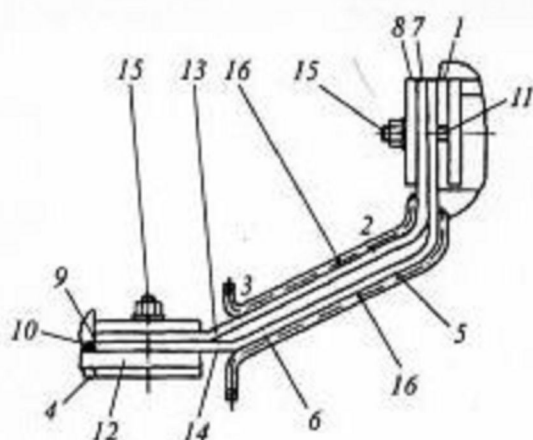


Рис. 2. Сильноточная контактная система межважной ошиновки электролизеров типа БГК-100:

1-7, 1-8, 7-8, 2-3, 5-6, 3-4, 6-4, 9-10 — точки измерения; 11, 12 — катодный и анодный выводы электролизера; 13, 14 — верхняя и нижняя шины межважной ошиновки; 15 — болтовое контактное соединение; 16 — трубка для водяного охлаждения

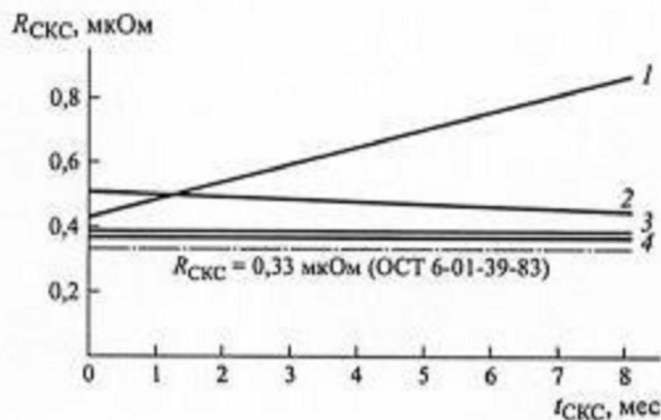


Рис. 3. Зависимости электрического сопротивления $R_{СКС}$ межважной ошиновки электролизеров типа БГК-100 от времени эксплуатации $t_{СКС}$ полученные без использования ЭПС (1), с применением нестандартной конструкции СКС в виде 20 одиночных медных шин длиной 1070 мм, сечением $120 \times 25 \text{ мм}^2$ с использованием ЭПС (2), конструкции СКС в виде 20 пар медных шин с ЭПС (3), а также для стандартной конструкции анодного вывода 12, выполненного без медной плакировки, с использованием ЭПС (4)

стей, образуя “воздушные подушки”, обнаруживаемые только опытным путем. Вследствие этого электрическое сопротивление контакта и температура нагрева превышают допустимые ОСТ значения. Электрическое сопротивление контакта катодного вывода 11 электролизера определяется как сумма электрических сопротивлений катодного медного вывода сечением более $2400 \times 20 \text{ мм}^2$ и 20 пар медных шин общим сечением $2400 \times 30 \text{ мм}^2$. Данный контактный узел состоит из однородных материалов, поэтому его зависимости $R(t)$ соответ-

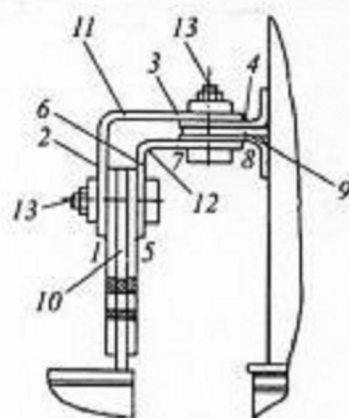


Рис. 4. Сильноточная контактная система межважной ошиновки электролизеров типа БГК-50/25:

1-2, 2-3, 3-4, 5-6, 6-7, 7-8 — точки измерения; 9, 10 — катодный и анодный выводы электролизера; 11, 12 — верхняя и нижняя шины межважной ошиновки; 13 — болтовое контактное соединение

вуют указанным в ОСТ. Зависимости переходного электрического сопротивления $R_{СКС}$ межважной ошиновки электролизеров типа БГК-100 от времени t приведены на рис. 3.

Вторая группа СКС монополярных хлорных диафрагменных электролизеров типа БГК-50/25 с номинальным током 50 кА (рис. 4) представляла собой конструкцию из 8 пар стандартных шин длиной более 650 мм и сечением $120 \times 18 \text{ мм}^2$ каждая, длина контактной поверхности равнялась 150 мм. Электрическое сопротивление СКС анодного 10 и катодного 9 выводов этого электролизера определяется так же, как сопротивление СКС выводов электролизера типа БГК-100, с той лишь разницей, что конструкция выводов электролизера типа БГК-50/25 значительно сложнее, так как выполнена на много лет раньше. При этом анодный вывод 10 электролизера типа БГК-50/25 — составной и имеет общее сечение более $1540 \times 70 \text{ мм}^2$, а катодный вывод 9 — более $1540 \times 50 \text{ мм}^2$.

Зависимости электрического сопротивления $R_{СКС}$ межважной ошиновки электролизеров типа БГК-50/25 от времени $t_{СКС}$ приведены на рис. 5.

Третья группа СКС представляла собой конструкцию из 16 пар стандартных медных шин комбинированного исполнения или 8 пар нестандартных алюминиевых жестких шин увеличенного сечения биполярных хлоратных бездиафрагменных электролизеров типов КБ.10.86 и ВЕ.15.105 с номинальным током 25 кА. Зависимости электрического сопротив-

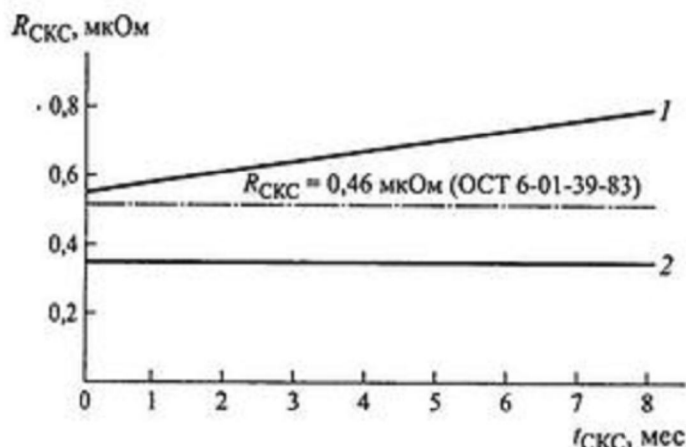


Рис. 5. Зависимости электрического сопротивления $R_{СКС}$ межванной ошиновки электролизеров типа БГК-50/25 от времени $t_{СКС}$ для стандартной конструкции без и с использованием ЭПС (1 и 2)

ления $R_{СКС}$ межванной ошиновки этих электролизеров от времени $t_{СКС}$ приведены на рис. 6.

Четвертая группа СКС представляла собой конструкцию угловой системы шин, предназначенной для подсоединения электролизеров типа БГК-50/25 с номинальным током 50 кА к шинному цеховому токопроводу. Она состояла из 8 пар стандартных алюминиевых шин длиной от 1640 до 1790 мм, сечением 250×35 мм² каждая, длина контактной поверхности составляла 160–360 мм. При этом электрическое сопротивление СКС определяется так же, как сопротивление СКС первой группы. Разница состоит в том, что для анодного узла электролизера типа БГК-50/25 вместо медной стандартной СКС применена алюминиевая. Зависимости электрического сопротивления $R_{СКС}$ угловой ошиновки электролизеров типа БГК-50/25 от времени $t_{СКС}$ приведены на рис. 7.

Из рис. 3, 5–7 видно, что электрическое сопротивление контакта в СКС с использованием ЭПС значительно меньше и более стабильно в течение длительного времени, чем без нее.

После обработки экспериментальных данных методом наименьших квадратов были получены зависимости электрического сопротивления контакта от времени эксплуатации (см. таблицу), с помощью которых можно определить закономерности изменения сопротивления контактов R в заданном интервале времени t . Эти зависимости (см. рис. 3, 5–7) хорошо согласуются с данными [7].

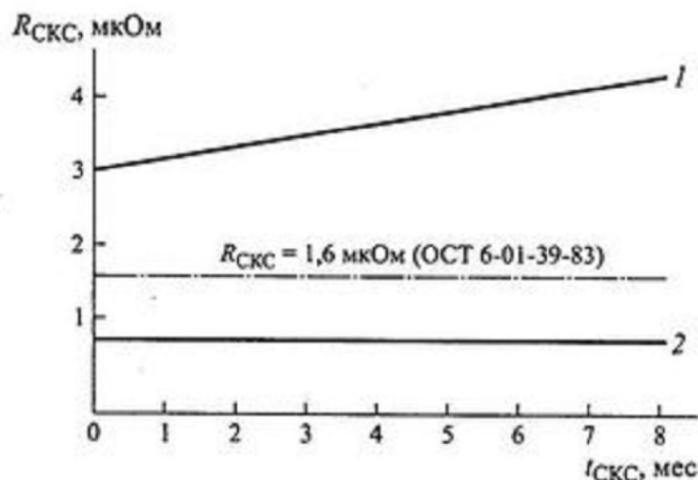


Рис. 6. Зависимости электрического сопротивления $R_{СКС}$ межванной ошиновки электролизеров типов КБ.10.86 и ВЕ.15.105 от времени $t_{СКС}$ для стандартной конструкции без и с использованием ЭПС (1 и 2)

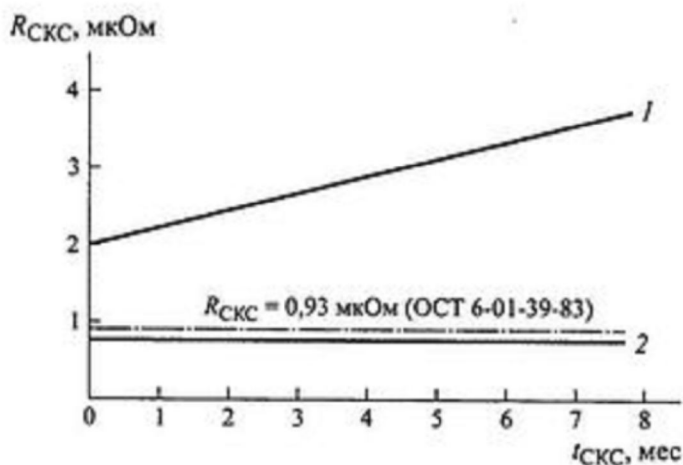


Рис. 7. Зависимости электрического сопротивления $R_{СКС}$ межванной ошиновки электролизеров типа БГК-50/25 от времени $t_{СКС}$ для стандартной конструкции без и с использованием ЭПС (1 и 2)

Выводы

1. Состояние СКС межванных ошиновок электролизеров типов БГК-100 и БГК-50/25 следует признать неудовлетворительным, поскольку падение напряжения на контактах превышает значения отраслевого стандарта ОСТ 6-01-39-83 более чем в 2 раза.

2. При использовании ЭПС в СКС электролизеров типов БГК-100, БГК-50/25, КБ.10.86 и ВЕ.15.105 можно снизить на 10–50% электрическое сопротивление контактов (в зависимости от состояния контактных поверхностей) и стабилизировать его в течение 3 мес и более.

3. Приведенные экспериментальные зависимости позволяют определить электрическое

СКС, тип электролизера	Экспериментальная зависимость	Коэффициент детерминации, %
СКС межванной ошиновки электролизера БГК-100	$R = 0,423 + 0,049t$	81,5
	$R = 0,507 + 0,0089t$	94,5
	$R = 0,379 + 0,00414t$	89,9
	$R = 0,359 + 0,00271t$	94,8
БГК-50/25	$R = 0,483 + 0,042t$	83,3
	$R = 0,351 + 0,00075t$	87,1
КБ.10.86; ВЕ.15.105	$R = 2,963 + 0,163t$	86,3
	$R = 0,757 + 0,0075t$	87,1
СКС угловой ошиновки электролизера БГК-50/25	$R = 2,05 + 0,188t$	93,8
	$R = 0,757 + 0,0075t$	87,1

сопротивление СКС в заданный промежуток времени.

Список литературы

1. Якименко Л. М. Производство хлора, каустической соды и неорганических хлорпродуктов. — М.: Химия, 1974.
2. Способ экономии электроэнергии в электролизных цехах предприятий / В. Л. Беляев, Н. Н. Дзекцер, А. А. Шалагинов и др. — Отраслевой информационный сборник, 1990, вып. 4 (28).
3. ОСТ 6-01-39-83. Соединения контактные электрические ошиновок электролизеров химической промышленности.
4. Шалагинов А. А. Перспективы развития силовых шунтирующих выключателей в химической промышленности. — Химическая промышленность, 1991, № 10.
5. Шалагинов А. А. Исследование и определение электрического сопротивления силовых контактных систем электролизеров в химической промышленности. — Химическая промышленность, 1993, № 10.
6. Исследование проблем экономии электроэнергии в силовых контактных системах электролизеров предприятий химической промышленности / Ю. Е. Ичанова, А. А. Лыско, А. И. Шалагинова, А. А. Шалагинов. — Промышленная энергетика, 2002, № 1.
7. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем: искусство и наука. — М.: Мир, 1978.

ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ!

Редакция информирует о подписке на II полугодие 2007 г.

Подписные данные о журнале опубликованы в объединенном каталоге "Пресса России".

Индекс — 70734.