

3. Roberge, P. R. Handbook of Corrosion Engineering / P. R. Roberge. – New York : McGraw-Hill, 1999. – 1128 p.
4. Stears, C. D. Use of Coupons to Monitor Cathodic Protection of an Underground Pipeline / C. D. Stears, O. C. Moghissi, L. Bone III // Materials Performance. – 1998. – № 37 (2). – P. 23–31.
5. Thomas, J. G. N. The Mechanism of Corrosion/Corrosion Control / J. G. N. Thomas. – Oxford : Butterworths Heinemann, 1994. – P. 17:40–17:65.
6. Хижняков, В. И. Выбор режимов электрохимической защиты подземных трубопроводов, исключаящих электролитическое наводороживание / В. И. Хижняков // Физико-химические аспекты технологии наноматериалов, их свойства и применение : сб. тез. Всерос. конф. – М., 2009. – 132 с.
7. Грилихес, М. С. Взаимодействие водорода с металлами при электрохимических процессах в растворах электролитов / М. С. Грилихес // Журн. приклад. химии. – 1995. – № 3. – С. 353–365.
8. Медведева, М. Л. Коррозия и защита атмосферной колонны при повышении агрессивности перерабатывающей нефти / М. Л. Медведева, А. А. Горелик // Защита металлов. – 2002. – Т. 38, № 5. – С. 557.
9. Мустафин, Ф. М. Обзор методов защиты трубопроводов от коррозии изоляционными покрытиями / Ф. М. Мустафин // Нефтегазовое дело. – 2003. – Режим доступа: <http://www.Ogbus.ru>.
10. Гоник, А. А. Предотвращение сульфидно-коррозионного растрескивания отремонтированных стальных резервуаров / А. А. Гоник // Защита металлов. – 2004. – Т. 40, № 3. – С. 325.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАТОДНЫХ ЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ

А. Е. Запольский, М. В. Дравица, Р. С. Бондаренко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научные руководители: Ю. В. Крышнев, Л. А. Захаренко

Проводимые энергетические обследования предприятий, занимающихся транспортировкой природного и нефтяного попутного газов, позволяют говорить о высокой доле в их сводном энергетическом балансе расходов электрической энергии, связанных с необходимостью защиты газопроводов от коррозии [1]. Обследования показывают, что 30 % от их общего электропотребления приходится на долю станций катодной защиты. Поэтому снижение прямых и косвенных затрат при эксплуатации станций катодной защиты является одной из актуальных задач энергосбережения.

В настоящее время наиболее широко используются выпрямительные, тиристорные и инверторные станции катодной защиты (СКЗ).

Рассмотрим тиристорные станции катодной защиты.

К достоинствам тиристорных СКЗ можно отнести:

- простоту конструкции;
- сравнительно высокую надежность (при соответствии режима эксплуатации номинальному);
- возможность организации ремонта эксплуатирующей организацией на местах силами специалистов службы ЭХЗ.

К недостаткам относятся:

- невысокий коэффициент полезного действия (КПД) (60–80 % на номинальной мощности);
- большой вес и габариты станции;
- высокие пульсации выходного тока (без применения фильтра);
- отсутствие корректоров мощности;
- критичность короткого замыкания на выходе.

Все станции катодной защиты должны удовлетворять требованиям ГОСТ Р 51164–2001. Среди важнейших показателей определены следующие:

- КПД в номинальном режиме должен быть не менее 70 %;
- коэффициент мощности в номинальном режиме должен быть не менее 0,8;
- уровень шума, создаваемый средствами катодной защиты, не должен превышать 60 дБ;
- автоматическое поддержание потенциалов трубопроводов или токов защиты должно обеспечиваться с погрешностью, не превышающей 2,5 % от заданного значения;
- неавтоматические преобразователи должны иметь ручное плавное или ступенчатое регулирование выходных параметров по напряжению и току от 5 до 100 % от номинального значения;
- пульсация тока на выходе катодных станций допускается не более 3 % на всех режимах;
- технический ресурс преобразователей должен быть не менее 50000 ч.

Номинальная выходная мощность – это мощность, которую может отдавать станция при номинальной нагрузке. Обычно принимают, что эта нагрузка составляет 1 Ом. КПД определяется как отношение номинальной выходной мощности к активной мощности, потребляемой станцией в номинальном режиме. В этом режиме КПД – самый высокий для любой станции. Однако большинство СКЗ работают в режимах, сильно отличающихся от номинальных. Коэффициент загрузки по мощности колеблется от 0,3 до 1,0. В этом случае реальный КПД для большинства выпускаемых сегодня станций будет существенно падать при снижении выходной мощности. Особенно это заметно для трансформаторных СКЗ с применением тиристорov в качестве регулирующего элемента. Для инверторных (бестрансформаторных) СКЗ падение КПД при уменьшении выходной мощности существенно меньше [2]. Общий вид изменения КПД для СКЗ разного исполнения представлен на рис. 1. Как видно из рис. 1, КПД растет с переходом от преобразователя без фильтра к преобразователю с фильтром.

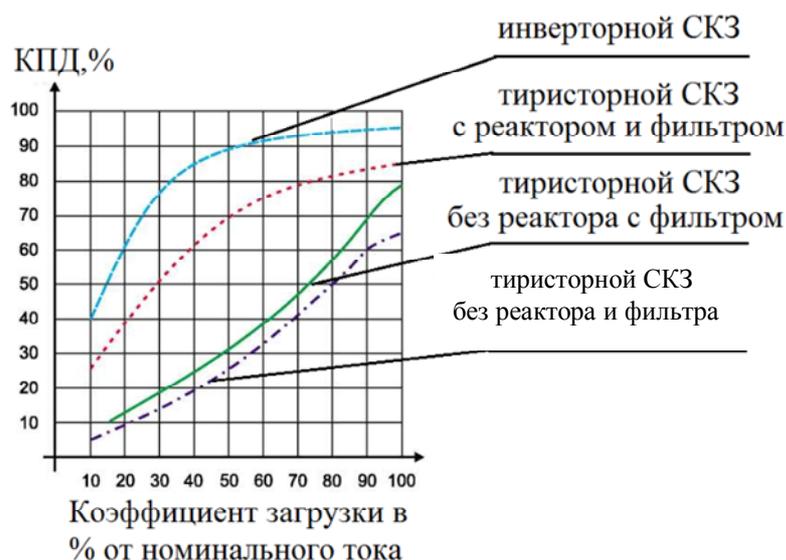


Рис. 1. Зависимость КПД от коэффициента загрузки для станций катодной защиты разного исполнения

Мощность станции катодной защиты напрямую зависит от состояния оборудования противокоррозионной защиты на участке, сезонных изменений удельного электрического сопротивления грунтов и определяется по формуле (1).

$$P = I^2(Z_{\text{вх.СКЗ}_i}(t) + R_{\text{пр}} + R_{\text{аз}}), \text{Вт},$$

где I – сила тока СКЗ; $Z_{\text{вх.СКЗ}_i}(t)$ – характеристическое входное сопротивление трубопровода, складывающееся из продольного сопротивления трубопровода, сопротивления изоляции и сопротивления грунта; $R_{\text{пр}}$ – сопротивление соединительных проводов; $R_{\text{аз}}$ – сопротивление анодных заземлителей.

Отечественные производители выпускают в основном трансформаторные станции с тиристорными преобразователями. Широкое распространение в Беларуси получили станции катодной защиты КЗУ-Х-АМ, выпускаемые ООО «Белстройремналадка». Станции имеют 8 типоразмеров с номинальной выходной мощностью от 0,12 до 5 кВт [3].

Катодное защитное устройство способно осуществлять электрохимическую защиту подземных сооружений, используя следующие режимы:

- стабилизации защитного потенциала (данный режим возможен только при подключенном исправном электроде сравнения);
- стабилизации выходного напряжения;
- стабилизации выходного тока;
- ручной установки выходного напряжения.

Помимо предельного значения КПД для такого рода преобразователей, не превышающих сегодня 86 %, имеет место проблема, связанная с тем, что подобные преобразователи становятся привлекательными для осуществления противоправных действий в отношении них из-за наличия трансформатора промышленной частоты и сглаживающего фильтра.

В настоящее время все больший объем выпуска СКЗ начинают занимать инверторные станции. Практически все зарубежные производители, выпускавшие тиристорные преобразователи, предлагают модели инверторных преобразователей.

К достоинствам данного типа станций можно отнести:

- более высокий КПД (до 92–93 % на номинальной мощности);
- небольшие габаритные размеры и вес;
- широкий диапазон питающих напряжений (160–260 В);
- способность работы на низкоомные нагрузки вплоть до короткого замыкания;
- высокий коэффициент мощности (при наличии корректора);
- небольшие пульсации выходного тока.

К недостаткам относятся:

- сложны схемотехнически, что затрудняет ремонт силами эксплуатирующей организации;
- наличие неустранимых для данного типа СКЗ механизма потерь энергии динамических потерь при переключении транзисторов;
- более низкая по сравнению с тиристорными надежность станции, определяемая существенно большей сложностью, большим количеством компонентов и чувствительностью ряда из них к скачкам напряжения во время грозы и при автономной системе электроснабжения.

Для достижения наибольшей энергетической эффективности станций режим эксплуатации тиристорных станций должен приближаться к 100 % по нагрузке. Имеются данные, что фактически установленная мощность обследованных станций

в 8–10 раз превышает нормативную, необходимую для поддержания заданного режима защиты газопроводов. Фактическая загрузка оборудования не превышает 10–20 %, а значение КПД станций – соответственно ~ 30 %. Выявленное несоответствие установленной мощности нормативной величине явилось следствием как неправильного подбора оборудования, так и выполнения требований действующей нормативной документации, которая обязывает предусматривать при проектировании систем электрохимической защиты запас мощности для обеспечения возможности поддержания заданного потенциала на протяжении всего срока службы трубопровода. Эта проблема еще более обостряется с применением изоляции из экструдированного полиэтилена. В этом случае коэффициент загрузки станций снижается до 0,1–0,3 %.

Применение инверторных станций позволяет существенно повысить КПД при загрузке оборудования в 10–20 %. Еще одним рациональным решением повышения КПД является модульность станций катодной защиты с возможностью подключения силовых модулей по мере возникновения необходимости.

Потери на активном сопротивлении обмоток трансформаторов (омические потери) свойственны всем станциям, однако для инверторного типа имеют существенно меньшее значение из-за высокой частоты преобразования и, как следствие, малого числа витков обмоток. Уменьшение омических потерь в небольших пределах возможно за счет увеличения сечения проводов.

Потери в сердечниках трансформаторов определяются правильностью выбора материала сердечника и габаритной мощности на этапе проектирования станции.

Потери на p - n -переходах полупроводниковых элементов: рассеиваемая мощность $P = \Delta U \cdot I$, где ΔU – падение напряжения на переходе, а I – сила тока. Возможный способ уменьшения потерь – применение диодов Шоттки с малым падением напряжения и синхронного выпрямления с использованием MOSFET-транзисторов, что применимо ко всем типам станций.

Динамические потери в наибольшей степени характерны для инверторных станций. Некоторое уменьшение возможно при применении высокоскоростных драйверов транзисторов и использовании транзисторов с минимальным временем переключения.

В заключение отметим, что непрерывное совершенствование преобразователей катодной защиты с целью повышения энергетической эффективности охватывает смежные проблемы, такие, как минимизация человеческого участия в технологических процессах, повышение уровня надежности оборудования и всего технологического процесса в целом. Поэтому сегодня приходится говорить не о преобразователях, как отдельных элементах, а о системах, выполняющих ряд задач по эксплуатации и диагностике, с возможностью реализации в них различных алгоритмов принимаемых решений.

Литература

1. Егоров, Ю. Б. Повышение энергоэффективности и надежности станций катодной защиты / Ю. Б. Егоров, О. Л. Луньков // КОРРОЗИЯ. Территория нефтегаз. – 2012. – № 3 (23). – С. 42.
2. Семенов, А. Г. Что такое электрохимическая защита и как выбрать катодную станцию / А. Г. Семенов, Л. П. Сыса // Новости теплоснабжения. – 2004. – № 10. – С. 34–38.
3. ООО «Белстройремналадка» // Катодное защитное устройство. – Режим доступа: <https://belnaladka.com/catalog/katodnoe-zashhitnoe-ustrojstvo/>.