

- в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2022. – Ч. 2. – С. 29–33.
4. Крышнеў, Ю. В. Блок сілкавання кіраванага пераўтваральніка частаты для асінхронных рухавікоў / Ю. В. Крышнеў, А. Я. Запольскі // Современные проблемы машиноведения : сб. науч. тр. : в 2 ч. Ч. 1 / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, ПАО «ОАК» ОКБ Сухого, Таиз. ун-т (Йемен. Респ.) ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2023. – С. 211–214.

**СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКОГО  
РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ЗАЩИТНЫХ  
ПОТЕНЦИАЛОВ В ЗАДАННЫХ ТОЧКАХ  
ПОДЗЕМНОГО НЕФТЕПРОВОДА**

**М. В. Дравица**

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

Научный руководитель Ю. В. Крышнев

*Рассмотрены вопросы формирования и автоматического регулирования электрохимических защитных потенциалов подземного нефтепровода. Представлены базовая схема катодной защиты и схема дистанционного автоматического регулирования защитных потенциалов.*

**Ключевые слова:** нефтепровод, электрохимическая защита, коррозия, поляризация, катодная станция защиты, защитный потенциал, дистанционное регулирование, диспетчерский пульт.

В настоящее время нефтепроводы являются основным средством транспортировки нефти и нефтепродуктов, и их надежность и безопасность имеют критическое значение для экономики и экологии. Подземные нефтепроводы находятся в постоянном контакте с окружающей средой, что может привести к возникновению коррозии и, как следствие, – к авариям, утечкам или простоям.

Коррозия – процесс и результат физико-химического взаимодействия материала со средой. Коррозия приводит к изменению свойств как самого металла (в основном – к ухудшению свойств конструкционного материала), так и среды или технической системы, частью которой этот материал является. Исходя из механизма реакции взаимодействия металла со средой различают химическую и электрохимическую коррозию. Химическая коррозия происходит в соответствии с законами химической кинетики гетерогенных реакций, и не сопровождается формированием или протеканием электрического тока. Электрохимическая коррозия образовывается из-за окисления металла в электропроводных средах и сопровождается возникновением и протеканием электрического тока. При этом происходит дифференциация корродирующей поверхности на катодные и анодные зоны, причем продукты коррозии образуются в основном на анодных участках, а скорость коррозии зависит от сопряженных катодных и анодных процессов.

Электрохимическая защита является одним из наиболее эффективных методов защиты металлических конструкций, в том числе и подземных нефтепроводов, от коррозии. Этот метод основан на использовании электрического тока для создания определенного защитного потенциала на поверхности металла, который предотвращает процессы коррозии. Защитным называется потенциал, при котором скорость коррозии металла в определенных условиях окружающей среды принимает самое низкое, насколько это

возможно, значение. Сущность электрохимической защиты заключается в подавлении анодного процесса за счет искусственной поляризации (анодной или катодной) металла защищаемой конструкции от внешнего источника. Поляризация – это отклонение потенциала электрода от его равновесного значения при протекании через систему электрического тока. В результате поляризации потенциал анодных участков смещается в сторону положительных значений (анодная поляризация), а катодных – в сторону отрицательных (катодная поляризация). При катодной электрохимической защите потенциал защищаемой конструкции принудительно смещают в сторону отрицательных значений, т. е. усиливают катодную поляризацию. На рис. 1 представлена схема катодной защиты трубопровода.

Катодная поляризация поверхности трубопровода осуществляется за счет наложения тока от внешнего источника питания – станции катодной защиты 1. Отрицательный полюс этого источника подсоединяют к защищаемому трубопроводу 2, превращая его таким образом в катод всей системы. Положительный полюс подсоединяют к электроду (анодному заземлению), который превращают в анод. Внешней цепью системы, по которой осуществляется перенос электронов, служат соединительные провода 4. Внутренней цепью системы является грунтовый электролит 5.

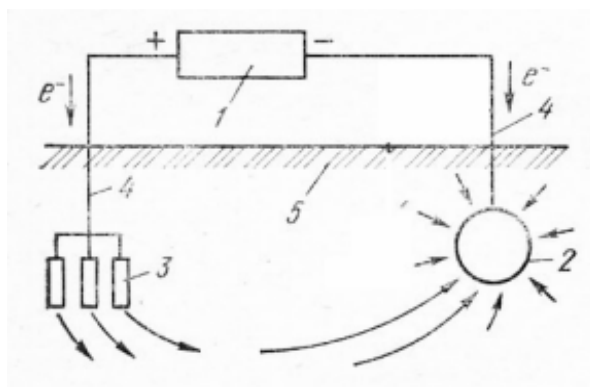


Рис. 1. Схема катодной защиты трубопровода наложенным током:  
1 – станция катодной защиты; 2 – защищаемый трубопровод;  
3 – анодные заземления; 4 – соединительные провода; 5 – грунт

Катодные станции, используемые как источник постоянного тока для обеспечения катодной защиты, как правило, питаются от сети переменного тока (катодные сетевые станции – КСС). Они представляют собой систему выпрямителей и трансформаторов, которая обязательно оснащена ручным или автоматическим устройством для регулирования выходного напряжения.

Для построения эффективной системы автоматического регулирования необходим непрерывный контроль величины защитного потенциала в контрольных точках нефтепровода. Из этого следует, что необходима разработка системы формирования и автоматического регулирования электрохимических защитных потенциалов нефтепровода. Структурная схема системы дистанционного регулирования электрохимических защитных потенциалов в заданных точках подземного нефтепровода дана на рис. 2. Управляющий контроллер занимается сбором и архивированием измеряемых параметров, а также их подготовкой для передачи по каналам связи. Кроме того, он отвечает за управление работой передающего устройства. Когда накоплен достаточный объем данных, контроллер передает их на передающее устройство, которое

предназначено для отправки данных со станции катодной защиты (СКЗ) по радиоканалу на центральный сервер.

Центральный сервер принимает данные от передающего устройства с СКЗ, обрабатывает их, сохраняет и выводит информацию на диспетчерские пульты.

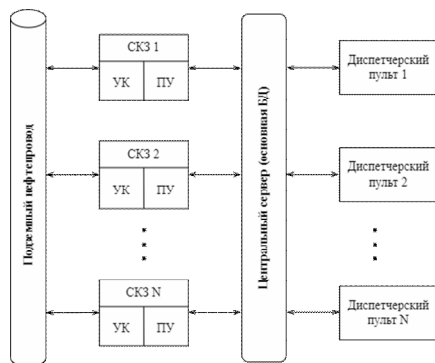


Рис. 2. Структурная схема системы дистанционного регулирования:  
СКЗ – станция катодной защиты; УК – управляющий контроллер;  
ПУ – передающее устройство

Диспетчерский пульт – это компьютерное настольное приложение для инженера электрохимической защиты эксплуатирующей организации. Число диспетчерских пультов управления в системе может изменяться и зависит от конкретных условий и задач. Информация на диспетчерских пультах представлена в виде таблиц, которые можно группировать, сортировать, выбирать столбцы и изменять порядок их расположения, а также фильтровать данные. Диспетчерский пульт также предоставляет возможность отображения станций катодной защиты и их связей на географической карте, которую можно масштабировать, а маркеры объектов окрашены в различные цвета, отображающие их состояние. Также имеется возможность просматривать архивные данные в виде графиков за определенный период времени, такой, как сутки, неделя, месяц или произвольное количество дней. Для доступа к диспетчерскому пульту необходима авторизация, при которой пользователь должен ввести свой логин и пароль. Кроме того, существует возможность временно или полностью заблокировать доступ пользователя к системе, не удаляя его учетную запись, или ограничить доступ пользователя к системе только с одного компьютера.

Передающее устройство предназначено для передачи информации об измеряемых параметрах на поверхности нефтепроводной трубы на сервер. На рис. 3 приведена структурная схема устройства беспроводной передачи данных.

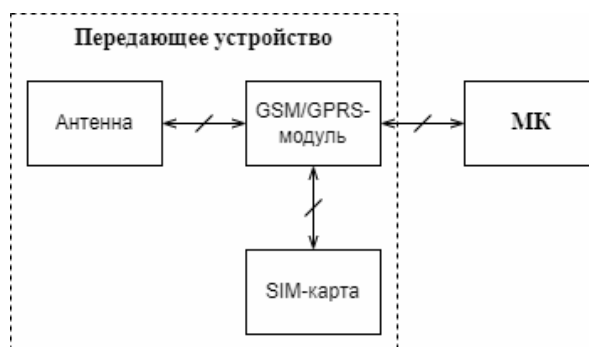


Рис. 3. Структурная схема передающего устройства

Литература

1. Клышко, И. Н. Системы электрохимической защиты объектов трубопроводного транспорта : учеб.-метод. комплекс / И. Н. Клышко, А. Г. Кульбей ; под общ. ред. А. Г. Кульбея. – Новополоцк : ПГУ, 2006. – 192 с.
2. ГОСТ Р 51164–2001. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии. – Введ. 01.07.02. – Минск : Госстандарт Респ. Беларусь, 2002. – 58 с.
3. Ткаченко, В. Н. Электрохимическая защита трубопроводных сетей : учеб. пособие / В. Н. Ткаченко. – М. : Стройиздат, 2004. – 320 с.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОК КОНТРОЛЯ РАСХОДА ХОЛОДНОЙ ВОДЫ  
В СТАЛЕПРОВОЛОЧНОМ ЦЕХУ**

**А. С. Ловецкий**

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

Научный руководитель О. М. Ростокينا

*Рассмотрена разработка электронного блока контроля расхода холодной воды в сталепроволочном цеху, проанализированы основные технологии передачи данных в подобных системах, представлена структурная схема разрабатываемого блока контроля.*

**Ключевые слова:** электронный блок контроля, расходомер, сталепроволочный цех, LPWAN, LoRa, LoRaWan, Semtech.

В современных условиях специализированные организации проводят водоподготовку и подачу воды на предприятия и в дома. Системы учета и контроля расхода воды устанавливаются в государственных и частных домовладениях и предприятиях.

Основа современной коммерческой системы учета – это средства измерения объемов воды (природной, питьевой и сточной). На сегодняшний день основными средствами измерения объемов воды, используемыми на узлах, являются тахометрические (механические) водосчетчики, ультразвуковые, электромагнитные, вихревые расходомеры-счетчики и расходомеры переменного перепада давления. Для передачи информации от средств измерения применяются проводные и беспроводные решения [1].

Технологии LPWAN представляют собой узкополосные радиотехнологии, имеющие низкую мощность излучения и расширенную зону действия с радиусом до нескольких километров.

Не все стандарты LPWAN равны между собой, некоторые имеют больше преимуществ, чем другие. В настоящее время использование радиочастотного спектра технологиями LPWAN происходит следующим образом:

– для лицензионного спектра частот разработаны технологии LTE-M, NB-IoT и EC-GSM-IoT и т. д., продвигаемые операторами сотовой связи из ассоциации GSM и организациями, входящими в консорциум 3GPP, а также технология NB-Fi (NarrowBand Fidelity), претендующая на звание национального стандарта России;

– для нелицензионного спектра частот предназначены технологии LoRa, Sigfox, «Стриж» и др.

Среди сотовых стандартов LPWAN одним из самых популярных является стандарт LTE-M, который работает поверх существующей инфраструктуры сотовых сетей. Среди несотовых лидирует LoRa, работающий в ISM-диапазоне 868 и 921 МГц [2].