

Катодная защита объектов с применением программируемых источников питания TDK-Lambda

Евгений Рабинович, инженер TDK-Lambda.

Еще со времен Бронзового века было замечено, что металл- не долговременный материал, если он попадает в такую среду как почва или вода. Позже, в 1824г. британский исследователь Хэмфри Дэйви нашел способ защиты омедненных корпусов кораблей королевского флота от коррозии с помощью брусков цинка. Сегодня, в век массового применения железа, стали и других сплавов, коррозия металлоконструкций, к которым относятся морские сваи, шельфовые нефтяные установки, шлюзовые ворота, подземные нефте- и газопроводы, наносит огромный вред, как в России, так и во всем мире. Расходы на восстановление металлических конструкций, пострадавших от коррозии, иногда превышают их стоимость или затраты на проектирование. Почти треть аварий на трубопроводах случается по причине коррозии. Чтобы бороться с этим явлением, необходимо полное понимание ее опасности и принятие специальных мер на этапах проектирования, строительства и эксплуатации.

Что все это значит и что представляет собой процесс коррозии? Мы вкратце рассмотрим механизм гальванической коррозии (существует еще так называемая электролитическая коррозия, отличающаяся тем, что происходит при наличии внешнего источника разности потенциалов).

Коррозия происходит при:

- наличии в металле двух участков с разными энергетическими уровнями;
- наличии электролитической среды.

Причиной энергетической неоднородности могут служить резьбовые нарезки, сколы, царапины и другие макро- и микронарушения на поверхности металла.

Классическим примером электролита служит почва или морская вода.

Итак, как показано на рис.1, при перечисленных условиях в более активной области высвобождаются электроны и образуются ионы железа:



Электроны перетекают в более пассивную зону, где ионизируют атомы кислорода и при наличии воды образуют гидроксильные ионы:



Затем в активной области происходит следующая рекомбинация (ионов железа и гидроксил-ионов) и образуется гидроксид железа, который и представляет собой ржавчину:

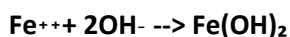


Рис. 1. Механизм гальванической коррозии на поверхности металла.

Процесс коррозии может также происходить (при наличии двух разных металлов с разными энергиями или) при наличии неоднородности в электропроводимости почвы (которая в данном случае служит электролитом), ее влажности или концентрации кислорода.

Чтобы защитить объекты от разрушения используются несколько методов. Мы рассмотрим два из них.

Первый – это так называемая протекторная защита. Он основан на использовании специальных анодов: к защищаемой конструкции присоединяют более электроотрицательный металл- протектор- который, растворяясь в окружающей среде, защищает от разрушения основную конструкцию. После полного растворения протектора или потери контакта с защищаемой конструкцией протектор необходимо заменить.

Протекторными материалами обычно служат цинк, алюминий или магний. Часто для придания протекторам лучших эксплуатационных качеств в их состав вводят легирующие элементы. В состав цинковых протекторов вводят Cd(0.025-0.15 %) или Al (0.1-0.5%), в состав алюминиевых – Zn (до 8 %) и Mg (до 5 %), в состав магниевых - Al (5-7%) и Zn (2-5 %). Из этих материалов изготавливают бруски и закрепляют обычно на защищаемой поверхности, например, корпусе судна (см.рис.2).

Атомы анодного металла (например, цинка) более активно отдают электроны, благодаря чему повышается потенциал поверхности защищаемого образца (корпуса) и на всех его участках протекают только катодные процессы. А анодные процессы - рекомбинация с гидроксид-ионами и образование ржавчины - перенесены на защищающий электрод, который таким образом «жертвует собой». Поэтому иногда такую защиту называют «жертвующей», а сам протектор - «жертвующим».

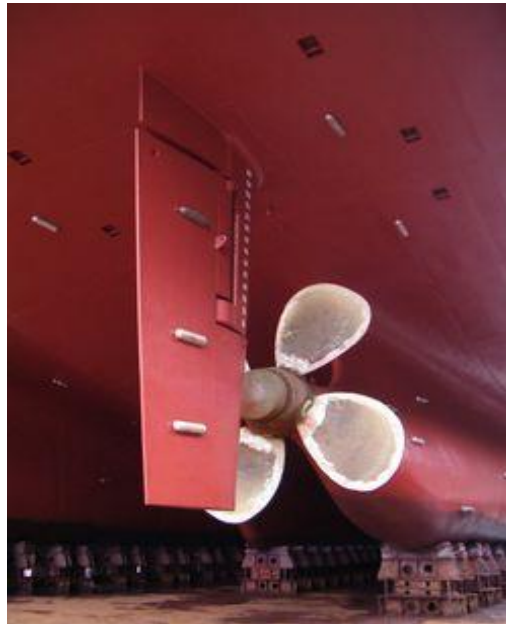


Рис. 2. Протекторные аноды на поверхности судна.

Второй вид защиты обычно называется «защита внешним током» или «защита наложенным током». Его применяют для защиты оборудования из углеродистых, низко- и высоколегированных и высокохромистых сталей, олова, цинка, медных и медноникелевых сплавов, алюминия, свинца, титана и их сплавов. В этом виде случае необходим внешний источник питания. Энергия источника тока идет на перемещение зарядов по цепи, показанной на рис. 3.

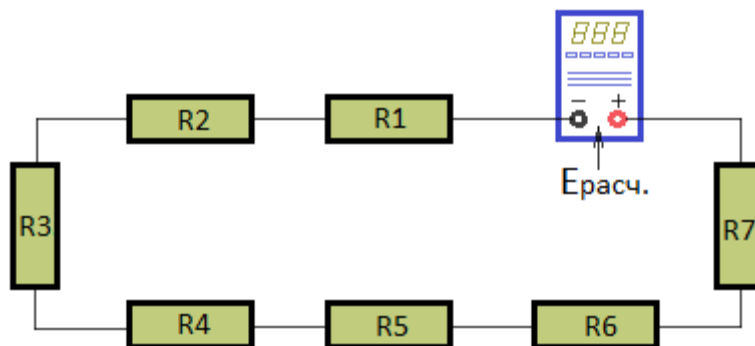


Рис. 3. Электрическая схема катодной защиты внешним током.

Источник постоянного тока дает на зажимах напряжение $E_{расч}$, необходимое для защиты определенного участка трубопровода, Ток (отрицательные заряды) от отрицательного полюса по проводу с сопротивлением $R1$ попадает на защищаемую трубу, сопротивление которой $R2$. Затем следует переходное сопротивление между трубопроводом и грунтом $R3$, которое тем больше, чем в

лучшем состоянии находится изоляция трубопровода. R_4 - сопротивление грунта на пути между трубопроводом и анодным заземлением (в большинстве случаев незначительно). С положительного полюса источника ток (положительные носители) по проводу сопротивлением R_7 попадает на анодное заземление сопротивлением R_6 , которое обычно мало и им пренебрегают. Далее следует сопротивление растеканию тока с заземлителя в окружающий грунт R_5 , которое тем меньше, чем больше сопротивление заземлителя.

Для прекращения коррозии стальной конструкции ее необходимо поляризовать до равновесного потенциала железа в данном электролите. При втекании тока в защищаемый объект его потенциальный уровень повышается. В этой статье мы не будем вдаваться в особенности расчета и оценки защитного потенциала. Практика защиты подземных объектов показала, что для защиты трубопроводов создаваемые на трубе потенциалы, измеренные по медносульфатному электроду (МЭС), должны быть в пределах от $-0,85$ до $-1,2$ В. Например, в СССР по ведомственным инструкциям рекомендовался минимальный защитный потенциал для сталей $-0,87$ В, а в некоторых других странах $-0,85$ В.

При отрицательном потенциале выше $-1,2$ В может наблюдаться **перезащита**. При этом интенсивно происходит катодная реакция, и в результате выделения атомарного водорода на поверхности трубы нарушается адгезия изоляции и происходит охрупчивание или разрушение стали.

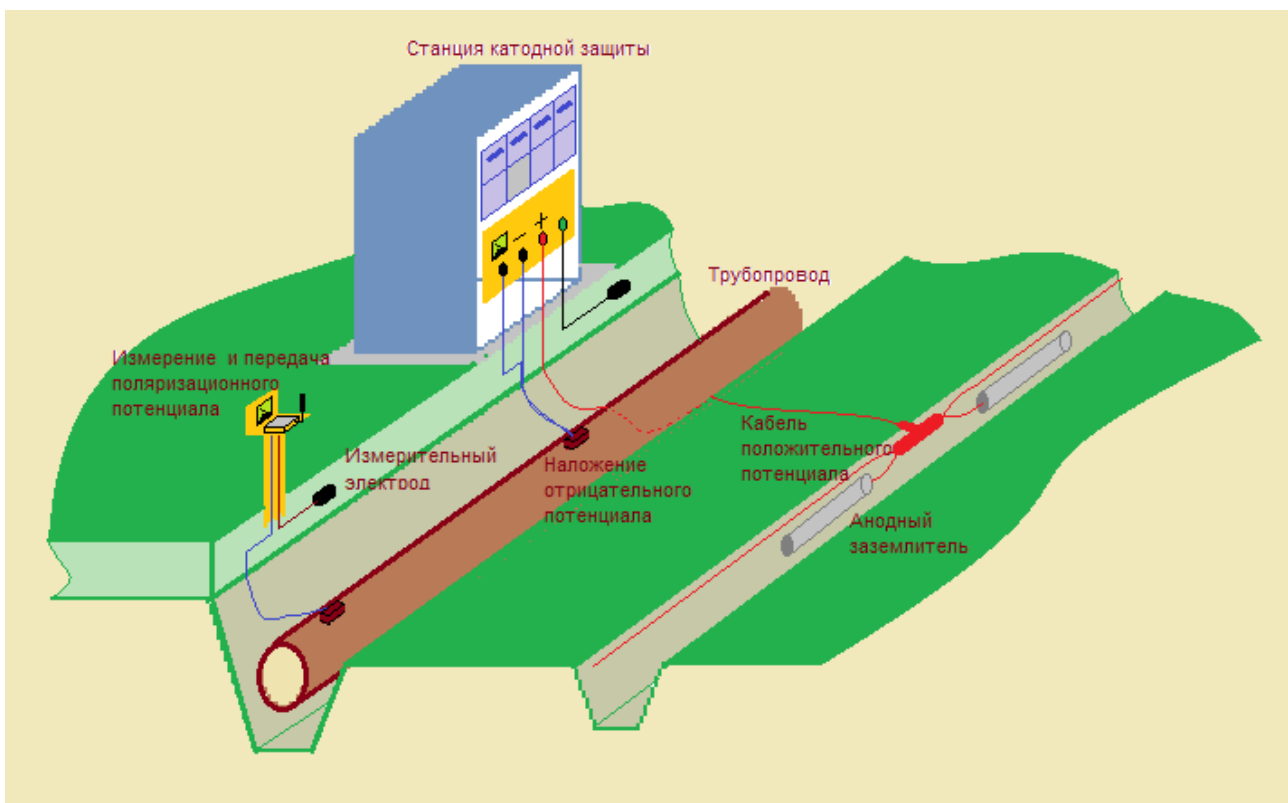


Рис 4. Организация станции катодной защиты.

Материал анода в данном случае другой, в случае морской коррозии - это плакированная платиной медь, сплав серебра с 2% Pb, платинированные титан или ниобий, а также хлорсеребряные электроды. А в случае подземных объектов протекторные аноды м. б. изготовлены из стали, чугуна, графита или графитопластов, ферросилицида, платинированного титана или железокремниевых сплавов (иногда с добавлением хрома).

Для определения эффективности катодной защиты трубопроводов необходимо каким-то образом определять характер и скорость электрохимических процессов. Для этого применяются электроды сравнения. С их помощью измеряется скачок потенциала на границе «защищаемый объект-электролит». Поляризационный потенциал измеряется и передается на станцию катодной защиты или просто измеряется на специально оборудованном контрольно-измерительном пункте (в более традиционном случае). Пример устройства станции катодной защиты показан на рисунке 4.

Среди преимуществ данного метода следует отметить следующие:

- одна установка может защищать конструкцию на протяжении большой длины;
- ток можно регулировать и приспосабливать систему к разным окружающим факторам;
- возможность эффективно защищать даже объекты без защитных покрытий.

Одна из компаний, занимающихся современными системами автоматической катодной защиты является компания Formtest Solutions (Израиль). Эта компания разработала систему CPAC (Cathodic Protection Adaptive Control System).



Рис. 5. Система автоматической катодной защиты CPAC компании Formtest Solutions.

Система состоит из трех основных блоков: блок управления, сенсорный блок и модули питания.

Сенсорный блок подсоединен к измерительным электродам и принимает сигнал о номинале напряжения на них. Каждый модуль способен принять сигнал от 80 электродов, а количество модулей в системе не ограничено, поэтому при помощи одной такой системы можно контролировать процессы защиты от коррозии на очень большом участке. Блок довольно компактен, имеет прочный металлический корпус и способен передавать по LAN интерфейсу через медный либо оптоволоконный кабель.

Блок управления – это компьютеризированный модуль, синхронизирующий работу всей системы. Он получает обработанные сигналы с электродов сравнения, применяет надлежащий для каждого анода алгоритм и подает команду блокам питания.

Каждый модуль питания содержит 32 независимых источника. В данной системе было принято решение использовать программируемые источники TDK-Lambda серии ZUP (Рис.6).



Рис. 6. Программируемые источники питания серии ZUP компании TDK-Lambda.

Серия ZUP (название – это сокращение от Zero Up) включает модели мощностью от 200 до 800 Ватт и выходными напряжениями в диапазонах от [0...6] В до [0...120] В. Они имеют ЖК-индикаторы текущих показаний тока и напряжения, что в данной системе дает возможность контролировать выдаваемое напряжение не только программно, но и визуально через прозрачную панель шкафа модуля питания. Модули ZUP имеют широкий входной диапазон [85...265] В и могут получать задание выходных параметров как непосредственно с передней панели, так и дистанционно через аналоговый, RS-232 или GPIB интерфейс. Модули также имеют целый ряд дополнительных функций, таких как функции защиты, запоминание последних настроек, возможность параллельной работы, внешняя обратная связь и другие. Их размер позволяет установить в стандартной 19-дюймовой

ширине до 6 источников, что делает применение блоков незаменимым в системах, где нужно независимо управлять большим количеством выходов.

Как уже было отмечено, последствия почвенной коррозии могут быть самыми разнообразными: от прямого экономического ущерба, связанного с потерей добываемого продукта, временным выводом из эксплуатации технического средства, затратами на ремонтно-восстановительные работы до крупных техногенных и экологических катастроф. Опыт применения катодной защиты показал, что срок службы трубопроводов и других металлоконструкций, находящихся в коррозионно-сопутствующих средах, можно увеличить в несколько раз. Внедрение высокотехнологичных станций катодной защиты, подобных описанной в этой статье системе СПАС с использованием программируемых выпрямителей ZUP значительно повышает эффективность катодного метода и является экономически и экологически важным и целесообразным.

Литература

1. Рахманкулов Д. Л., Современные системы защиты от электрохимической коррозии подземных коммуникаций – Уфа, Реактив, 1999
2. А. В. Бондаренко, Современные средства катодной защиты подземных трубопроводов от почвенной коррозии - М., ИРЦ Газпром, 2004
3. Семенова И. В., Коррозия и защита от коррозии. - Учеб. Пособие, Физматлит, 2002
4. Улиг Г.Г., Коррозия и борьба с ней. Введ. в корроз. науку и технику- Л. : Химия. Ленингр. отд-ние, 1989.
5. Дик Бакстер и Джим Бриттон., OFFSHORE CATHODIC PROTECTION: WHAT IS IT AND HOW DOES IT WORK? - Deepwater Corrosion Services, 2006