

Член-корреспондент АН СССР Г. В. АКИМОВ

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ

Известно, что электрохимическая защита конструкций может быть осуществлена двумя способами. В первом — к защищаемой конструкции присоединяется электрод, обладающий в условиях эксплуатации (вода, почва) более электроотрицательным потенциалом и играющий, таким образом, в паре с конструкцией роль анода. Этот вид электрохимической защиты носит название протекторной защиты. Во втором — с помощью электрода и источника тока между электродом и конструкцией создается разность потенциалов и конструкция становится катодом. Этот вид защиты называют теперь катодной защитой.

Как в случае протекторной, так и в случае катодной защиты, дело сводится к катодной поляризации конструкции или с помощью анода (протектора) или с помощью наложенной разности потенциалов (1). Принципиальная схема протекторной и катодной защиты изображена на рис. 1.

Рассмотреть общие закономерности электрохимической защиты можно на основе современной теории многоэлектродных систем, так как в настоящее время эта теория позволяет разбирать случаи сложных электрохимических систем, включающих и омические сопротивления и поляризацию электродов (2-7), а электрохимическая защита относится к такого рода системам.

Уже из рассмотрения рис. 1 ясно, что в самом простейшем случае протекторная и катодная защита представляют случаи трехэлектродных систем.

На рис. 2а изображена коррозионная поляризационная диаграмма для случаев электрохимической защиты конструкций; в одинаковой степени эта диаграмма относится и к протекторной и к катодной защите. Пусть коррозию конструкции в незащищенном состоянии определяют поляризационные кривые E_{A1+R_a} и E_{K1+R_b} ; при этом сила коррозионного тока будет I_1 и общий потенциал $E_{\text{общ. 1}}$. Как следует из обозначений, наклон кривых определяется не только поляризацией, но и омическими сопротивлениями этой первичной системы, каков бы ни был ее характер (2, 3). Чтобы электрохимически защитить конструкцию и сделать ток коррозии равным нулю ($I_1 = 0$), необходимо катодно поляризовать нашу двухэлектродную систему А1 — К1 до общего потенциала, равного E° (4). Это возможно, если ток поляри-

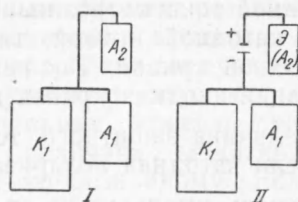


Рис. 1. I — схема протекторной защиты, II — схема катодной защиты

зации, как это следует из построения, станет равным по крайней мере I_3 . Эта величина определяется пересечением линии E_{K1+Rk} с уровнем, отвечающим E_{A1}° . Ток поляризации I_3 , при котором конструкция перестает корродировать ($I_1 = 0$), можно назвать защитным током.

Из чертежа следует, что чем меньше поляризация и омическое сопротивление катодной части цепи, т. е. чем меньше крутизна кривой E_{K1+Rk} , тем больше должна быть величина защитного тока. Очень важно отметить, что величина защитного тока не связана прямо с вели-

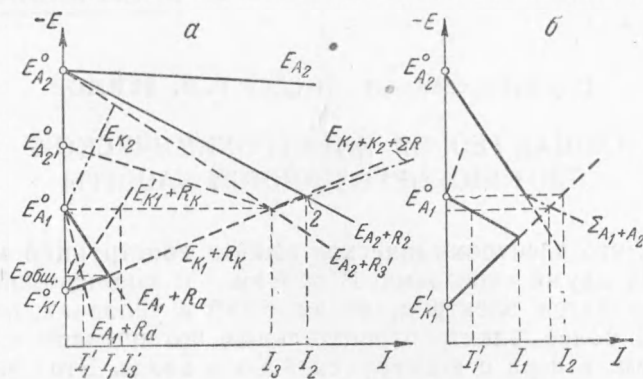


Рис. 2. *a* — коррозионная диаграмма, объясняющая действие электрохимической защиты. А1 — К1 — коррозионные пары, определяющие коррозионное разрушение конструкции; E_{A1+R_a} , E_{K1+R_k} — поляризационные кривые (включаящие и фактор омических сопротивлений); А2 — протектор или анод катодной защиты. *б* — коррозионная диаграмма, поясняющая частичную защиту

чиной тока коррозии. Последний определяется крутизной и анодной и катодной кривой, тогда как защитный ток — только крутизной катодной кривой. Так например, если за счет большей анодной поляризации анодная кривая пойдет по E'_{A1+R_a} и ток коррозии снизится до I'_1 , величина защитного тока попрежнему останется равной I_3 . Обратно, если катодная поляризация усилится (кривая E'_{K1+R_k}), то защитный ток теперь уменьшится до I'_3 . Если мы поляризуем нашу коррозионную систему А1 — К1 катодно, мы можем это делать либо за счет присоединения к ней анода более отрицательного, чем А1, либо за счет присоединения электрода, соединенного с положительным полюсом источника постоянного тока.

Очевидно, что каково бы ни было значение начального потенциала присоединяемого анода А2 при условии, конечно, что $E_{A2}^{\circ} < E_{A1}^{\circ}$, для полной защиты необходимо, чтобы луч из точки E_{A2}° (суммарная анодная кривая E_{A2+R_2} , учитывающая и поляризацию и омические сопротивления) попал по крайней мере в точку З (или правее ее). На рис. 2 показано, что анодная кривая (E_{A2+R_2}) протектора или второго электрода катодной защиты пересекает суммарную катодную кривую (начальный катод К1 и бывший анод А1, превращенный после присоединения А2 в катод, и соответственные омические сопротивления) в точке 2, что отвечает току I_2 . Этот ток, как мы видим, несколько превышает необходимую минимальную величину защитного тока I_3 . Если пересечение анодной кривой протектора или анода при катодной защите с уровнем E_{A1}° произойдет левее точки З, то хотя коррозионный ток и несколько снизится, но полной защиты не про-

изоидет (рис. 2 б). Из построения очевидно, что протектор тем сильнее, чем более отрицателен его электродный потенциал ($E_{A_2}^{\circ}$), чем слабее его анодная поляризация и чем ниже омические сопротивления на пути от протектора к защищаемой конструкции.

Вопрос о дальности действия протектора решается следующим образом. Рассмотрим элемент конструкции (например, труба) в агрессивной среде (например, почве) достаточной длины с присоединенным протектором. В нижней части рис. 3а изображена отвечающая этому случаю коррозионная диаграмма. Здесь I_1 — коррозионный ток. По мере удаления от протектора и удлинения путей тока сопротивление от протектора к конструкции возрастает. Поэтому анодные кривые протектора делаются для все более и более удаленных участков более крутыми. На схеме показано, что лучи 1, 2, 3, 4 пересекают уровень $E_{A_1}^{\circ}$ еще так, что обеспечивается необходимый защитный ток I_3 ; луч 5 оказывает еще частичную защиту, а луч 6 уже мало что убавляет в величине коррозионного тока. Тогда луч 4 и соответственное сопротивление для путей тока определяют величину L — дальность действия протектора.

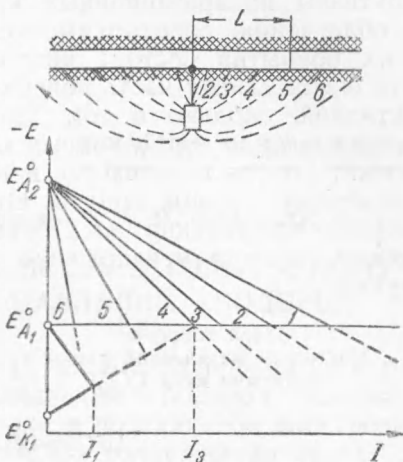


Рис. 3. Схема и коррозионная диаграмма, объясняющая расчет дальности действия протектора (L)

Для простоты и ясности мы пользовались выше линейными соотношениями взамен логарифмических и более сложных. Ничего принципиально не изменится, если мы на графиках перейдем к сложным формам реальных поляризационных кривых.

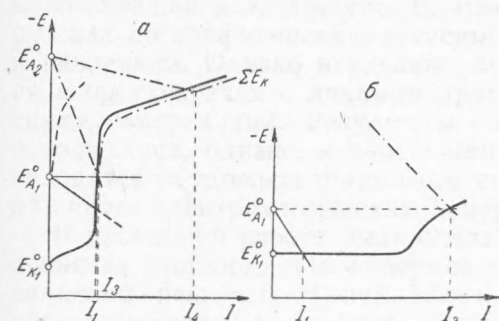


Рис. 4. а — коррозионная диаграмма, показывающая, что при весьма крутом ходе катодной кривой (диффузионный порог) защитный ток I_3 может быть почти равен току коррозии I_1 . б — коррозионная диаграмма, поясняющая влияние горизонтального участка катодной кривой

(при сильно отрицательном значении $E_{A_2}^{\circ}$ может быть иногда даже вреден. Анодная кривая протектора может в этом случае пересекать суммарную катодную кривую в области сильно отрицательных значений потенциала, отвечающих деполяризации с выделением водорода на катоде, т. е. на защищаемой конструкции. Если конструкция имеет лако-красочные слои, то это может повести к отрыву покрытия и ухудшению изоляции конструкции.

Если катодная кривая на значительном протяжении имеет почти горизонтальный ход, то могут возникнуть большие затруднения при осуществлении электрохимической защиты, так как защитный ток оказы-

вается весьма большим (см. рис. 4б). Если представить себе катод коррозионной пары неполяризующимся, то систему с таким катодом совсем нельзя было бы защищать электрохимически.

Из всего изложенного выше следует, что увеличение омических сопротивлений коррозионной пары и соответственное увеличение крутизны поляризационных кривых (в том числе и катодной) ведет к облегчению электрохимической защиты. Поэтому роль изолирующих покрытий состоит не только и может быть не столько в том, что значительная часть поверхности становится электрохимически неактивной, сколько в том, что значительно увеличивается омическое сопротивление коррозионных элементов и уменьшаются силы тока коррозии; отсюда повышается и возможность его погашения с помощью электрохимической защиты. Отсюда понятно, что рациональное и экономное применение электрохимической защиты должно предусматривать вообще и наложение хороших изолирующих слоев на конструкцию.

Отдел коррозии
Института физической химии
Академии наук СССР

Поступило
23 I 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. В. Акимов, Основы учения о коррозии и защите металлов, 1946, стр. 343.
² Г. В. Акимов и Г. Б. Кларк, ДАН, 58, № 5 (1947). ³ И. А. Левин, Г. В. Акимов и Г. Б. Кларк, ДАН, 58, № 7 (1947). ⁴ Г. В. Акимов и Г. Б. Кларк, ДАН, 58, № 8 (1947). ⁵ Г. Б. Кларк и Г. В. Акимов, ДАН, 58, № 9 (1947). ⁶ И. А. Левин, Г. Б. Кларк и Г. В. Акимов, ДАН, 58, № 4 (1948).
⁷ Г. Б. Кларк, Г. В. Акимов и И. А. Левин, ДАН, 59, № 1 (1948).