

Эти блуждающие ТОКИ

Н. ПАРАВЯН

ЕДЕТ ПО ГОРОДУ трамвай. Едет, деловито погромыхая на стрелках и рельсовых стыках. Такая простая, обыденная картина... Но вот на участок дороги, что проходит рядом с трамвайными путями, пришли муниципальные рабочие, вырыли яму, и оказалось, что пролегающий под землей водопровод в нескольких местах сильно поврежден коррозией.

Вообще говоря, коррозия — явление весьма неприятное и вредное. И что она повредила водопровод, конечно, очень плохо. Но как это произошло? Оказывается, виновником стал... трамвайный путь! Попробуем разобраться.

На трамвайные рельсы подается отрицательный потенциал источника постоянного тока, а на контактный провод, подвешенный над путями, — положительный. В том месте, где на стыке рельсов нарушен контакт, а сами рельсы плохо изолированы от почвы, ток, найдя под землей наименьшее электрическое сопротивление в виде подземного водо- или газопровода, труб канализации, оболочки кабеля и т.п., частично ответвляется в землю и блуждает в ней по различным подземным металлическим сооружениям. В другом месте такой ток, называемый *блуждающим*, снова возвращается в рельс. При этом рельсы разрушаются в местах выхода тока в землю, а подземные коммуникации — в местах возвращения тока в рельс. Эти участки называются анодными зонами (рис. 1). Блуж-

дающие токи могут достигать десятков ампер и причинять серьезные разрушения. Например, ток в один ампер, протекающий по металлическому сооружению в течение года, разрушает в анодной зоне примерно 9 кг железа, 36 кг свинца и т.д.

Возможно, вы не очень-то поверили в блуждающие токи: дескать, сказки все это. Что ж, вы можете проверить наличие блуждающих токов экспериментально.

Опыт 1. Соберите установку, изображенную на рисунке 2. Для этого согните кусок толстого зачищенного от эмалевой оболочки медного провода в виде буквы «П», соедините его последовательно с реостатом и через амперметр подключите к любому источнику постоянного электрического тока. В цилиндрический стеклянный (или полиэтиленовый) сосуд с низкими бортиками (кристаллизатор или большое фарфоровое блюдечко) налейте 150 мл индикаторного раствора, о приготовлении которого скажем чуть позже. На дно сосуда положите два кусочка стеклянной трубочки, а на них, как на подставку, уложите полоску обычной углеродистой стали, например кусок проволоки или большой железный гвоздь, так, чтобы она была параллельна медному контуру и находилась на небольшом расстоянии от него.

Включите ток в цепи. Пока сопротивление контура — медный провод плюс участок реостата — небольшое, весь ток течет по нему. Теперь увеличьте сопротивление контура, медленно и плавно введя ползунок реостата, — амперметр покажет уменьшение силы тока в цепи. При этом, как оказывается, часть тока пойдет по пути меньшего сопротивления, т.е. по железу (стали). Это можно увидеть невооруженным глазом. А именно, в том месте

железной пластинки, откуда ток возвращается в медный провод, в растворе появляется синее окрашивание. Оно показывает, что здесь произошло ра-

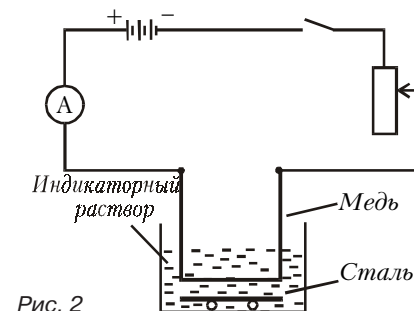
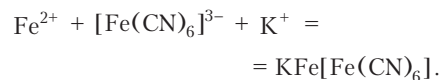


Рис. 2

створение железа: $Fe^0 - 2e \rightarrow Fe^{2+}$, а образовавшиеся ионы железа тут же взаимодействовали с красной кровяной солью (она входит в состав индикаторного раствора) и образовали взвесь турбуллевой сини (синего цвета):



В том же месте, где ток вошел в железную пластинку, т.е. вышел из медного провода, индикаторный раствор порозовел, так как здесь образовался избыток отрицательных ионов гидроксила: $H_2O + \frac{1}{2} O_2 + 2e \rightarrow 2OH^-$, из-за которых и окрасился фенолфталеин, также входящий в состав индикаторного раствора.

А индикаторный раствор для этого опыта надо готовить так. Растворите в 100 мл горячей воды 2 г желатина и в еще теплую жидкость добавьте 4 г поваренной соли и 2 г красной кровяной соли, долейте еще 100 мл теплой воды и 10–15 капель спиртового раствора фенолфталеина, хорошо перемешайте раствор и теплым залейте в стеклянный сосуд установки. (Все нужные химикаты можно взять в кабинете химии, где они обычно имеются.) Когда индикаторный раствор окончательно остынет, он превратится в студнеобразную массу. Кстати, желатин нужен для того, чтобы синяя и малиново-розовая окраска не расплылась по всей массе (из-за диффузии), а фиксировались именно в тех местах студня, где образовались катодная и анодная зоны.

Как же бороться с блуждающими токами, этим истинным злом подземных металлических коммуникаций? Для защиты используют так называемый электродренаж, для чего ток от подземных коммуникаций отводят по специально проведенным проводам на

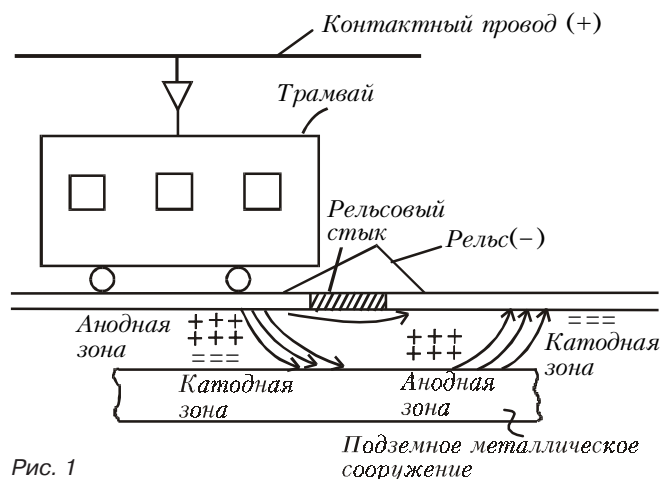


Рис. 1

отрицательный полюс тяговой трамвайной подстанции. При этом рельсы и другие токонесущие конструкции тщательно электроизолируют от почвы, подземные трубопроводы оборачивают бумагой, которую, в свою очередь, пропитывают водонепроницаемым битумом, а в подземных кабелях их внутреннюю, джутовую, обмотку также пропитывают битумом.

Однако под влиянием почвы в изоляции возникают разные дефекты, которые наиболее уязвимы для блуждающих токов. Так что приходится использовать и другие методы защиты. Например, метод катодной защиты, или, как ее еще называют, электрозащиты. Ее суть заключается в следующем. Рядом с корродирующей системой закапывают изолированный от нее кусок старого ненужного железа. Подключив защищаемую систему (кабель, трубопровод) к отрицательному полюсу источника постоянного тока, ее делают катодом, а обреченный на коррозию металлический лом превращают, соответственно, в анод. Если через эту цепь пропустить слабый постоянный ток, защищаемая конструкция останется невредимой, а корродировать будет кусок старого ненужного железа.

Принцип электрозащиты можно смоделировать в виде такого опыта.

Опыт 2. Налейте в блюдце 100 мл нового индикаторного раствора (4 г поваренной соли и 2 г красной кровяной соли на 100 мл готового раствора) и положите в него большой железный гвоздь. Через 20 – 25 минут раствор с поверхности железного гвоздя окрасится в синий цвет – произойдет обычная электрохимическая коррозия. И вот почему. Железный гвоздь состоит не из идеально чистого железа, и имеющиеся в нем посторонние примеси образуют множество микрогальванических элементиков. Железо, как более электроотрицательный металл, от-

дает свои электроны и переходит в раствор, а посторонние примеси, как менее электроотрицательные (т.е. более электроположительные), прини-

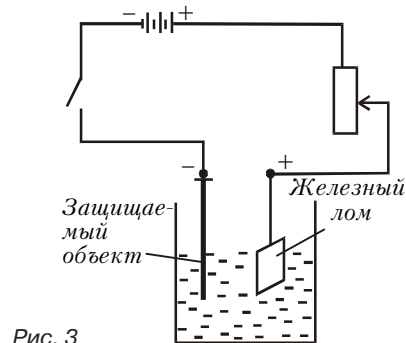


Рис. 3

мают их. В итоге железо разрушается.

Теперь налейте в небольшой стаканчик 100 мл свежей порции того же индикаторного раствора. Новый большой гвоздь присоедините к отрицательному полюсу источника постоянного тока, а железную скрепку либо маленькую железную пластинку – к положительному (рис.3). В этом случае синяя окраска появляется только возле анода (скрепки или пластинки) – ненужного железа.

Существует еще один метод защиты подземных коммуникаций от коррозии – так называемый протекторный метод защиты. Его суть заключается в том, что к корродирующей системе присоединяют кусок металла, имеющего более отрицательный электродный потенциал, нежели металл защищаемой конструкции. Например, к сплаву железа подсоединяют кусок алюминия или цинка. Присоединенный металл становится по отношению к защищаемой конструкции анодом и переводит бывшие анодные участки в микро- и макрогальванических парах на конструкции в катодные. Благодаря этому коррозионные пары гальванических элементиков перестают работать.

Можно проделать соответствующий

опыт, разъясняющий принцип протекторной защиты.

Опыт 3. Налейте в блюдце 100 мл индикаторного раствора (4 г поваренной соли, 2 г красной кровяной соли и 8 – 10 капель спиртового раствора фенолфталеина на 100 мл готового раствора). Опустите в него большую конторскую железную скрепку, плотно насаженную на маленькую медную пластинку или кусок толстого зачищенного медного провода. Через несколько минут возле поверхности железа появится темно-синее окрашивание, а около меди – розовое. И не удивительно: на поверхности железа происходит известный нам процесс: $Fe^0 - 2e \rightarrow Fe^{2+}$, значит, железо играет роль анода. На меди происходит другой процесс:

$H_2O + \frac{1}{2} O_2 + 2e \rightarrow 2OH^-$, и она играет роль катода. Так что в данной паре железо выполняет функцию протектора, т.е. защитника меди.

В чистое блюдце налейте новую порцию индикаторного раствора того же состава. Новую конторскую скрепку насадите на медь и всю конструкцию оберните несколькими витками алюминиевого провода так, чтобы он касался и железа, и меди, а потом опустите в индикаторный раствор. Очень скоро возле меди и железа появляется малиновое окрашивание, а вот синего окрашивания (из-за турбуллевой сини) не видно. Это и понятно: теперь алюминиевый стал анодом, а конструкция из железа и меди стала катодом. В этом случае алюминий выполнил роль защитника меди и железа.

Невольно возникает вопрос: а какой срок службы протектора? Оказывается, протектор массой около 10 кг служит примерно 8 – 12 лет. Это довольно большой срок, за время которого оправдываются все расходы, связанные с использованием протектора.