



Электрометрическая аппаратура "ERA-MAX"

Основные положения методики применения аппаратуры при обследовании коррозионного состояния магистральных трубопроводов и определении рабочих характеристик их катодной защиты

Аппаратура "ERA-MAX" может использоваться на всех этапах работ, связанных с изысканиями, строительством и эксплуатацией магистральных газо-, нефте- и продуктопроводов, а также подземных кабелей.

Ниже в качестве примера приводятся основные положения методики использования аппаратуры "ERA-MAX" при обследовании действующих магистральных трубопроводов.

1. Измерение удельного электрического сопротивления (УЭС)

Изучение геоэлектрического разреза по трассам трубопроводов выполняется с целью выявления участков с высокой коррозионной агрессивностью грунта (область значений УЭС менее 20 Ом·м).

Работы проводятся в соответствии с ГОСТ 9.602-89 методом симметричного профилирования с установкой Веннера. Для изучения грунта на глубине залегания оси трубопровода (1,2 - 2) м расстояние "а" между соседними электродами установки выбирается равным 2 м. Для исключения занижения значений УЭС, обусловленного близким расположением трубопровода, установка располагается параллельно оси трубопровода на удалении от него в пределах (4-10) м. Детальность съемки обычно соответствует шагу профилирования, равному 100 м.

Для измерений УЭС используется генератор «ERA-MAX-LHF» или ERA-MAX-НП" и измеритель "ERA-MAX". Ток генератора автоматически устанавливается равным 1 мА. Значения УЭС "ρ" вычисляются по формуле:

$$\rho = K \times R;$$

где

R - показания прибора в омах;

K - коэффициент установки, равный 12.6 м.

Погрешность измерений (по абсолютной величине) не более 5 %.

Результаты наблюдений представляются в виде таблиц и графиков "ρ" по трассам трубопроводов.

2. Измерение защитных потенциалов

Наличие защитных потенциалов (ЗП) на всем протяжении трассы трубопровода- основное условие работоспособности технологической системы электрохимзащиты (ЭХЗ) трубопровода.

Методика измерений ЗП в соответствии с ГОСТ 9.602-89 состоит в измерении разностей электрических потенциалов между точкой металлической поверхности трубы (технологического оборудования) и ближайшей к ней точкой грунта.

Измерение ЗП проводятся на всех контрольно-измерительных пунктах (КИП), оборудованных на трассах трубопроводов, а также на элементах технологического оборудования (ЭТО) трубопровода (задвижках, вантузах и др.). На участках с защитной зоной установок катодной защиты (УКЗ) менее 3 км в соответствии с ГОСТ 25812-83 проводятся дополнительные измерения ЗП методом выносного электрода сравнения с шагом наблюдений 50 м.

Измеряются следующие величины:

- разность потенциалов $U_{ТЗ}$ ("труба - земля") на КИП и ЭТО при полностью включенной системе ЭХЗ;
- разность потенциалов $U_{отз}$ ("труба - земля") на КИП и ЭТО в зоне защиты контролируемой включенной УКЗ при условии отключения соседней УКЗ, ближайшей к точкам измерения;
- разность потенциалов $U_{втз}$ ("труба - выносной электрод сравнения") в защитной зоне контролируемой УКЗ при полностью включенной системе ЭХЗ;
- поляризационный потенциал $U_{птз}$ (разность потенциалов $U_{ТЗ}$ без омической составляющей) на специально оборудованных КИП (со стационарным медносульфатным электродом сравнения и стационарным датчиком электрохимического потенциала).

Разности потенциалов $U_{тз}$, $U_{отз}$, $U_{втз}$, измеряются с помощью медносульфатного электрода сравнения (МСЭ), например, типа ЭН-1 и измерителя аппаратуры "ERA-MAX" (входное сопротивление не менее 10 МОм). Погрешность измерений (по абсолютной величине) не более 2 %. Результаты измерений заносятся в память измерителя.

Продолжительность измерений на каждой точке наблюдений должна составлять не менее 10 мин. В соответствии с прил.8 к ГОСТ 9.602-89В в качестве измеренных значений $U_{тз}$, $U_{отз}$, $U_{втз}$ принимаются средние значения мгновенных разностей потенциалов за период наблюдения. Осреднение данных производится при их компьютерной обработке после ввода результатов измерений в компьютер из памяти измерителя.

При выполнении измерений методом выносного электрода сравнения точки наблюдений располагаются непосредственно над изучаемым трубопроводом. Линия оси трубопровода предварительно провешивается с помощью магнитной антенны и измерителя аппаратуры "ERA-MAX", настроенных на гармоники защитного тока (см. ниже).

На шинах установок дренажной защиты (УДЗ) изменения защитного потенциала $U_{тз}$ записываются в память измерителя аппаратуры "ERA-MAX" с заданным интервалом времени. В случае электрифицированной железной дороги запись $U_{тз}$ производится непрерывно при прохождении не менее трех пар поездов в разных направлениях.

Поляризационный потенциал $U_{птз}$ измеряется с помощью измерителя аппаратуры "ERA-MAX" и измерителя «ERA-TEST». Методика измерений соответствует прил.7 к ГОСТ 9.602-89.

Результаты наблюдений ЗП представляются в виде таблиц и графиков защитных потенциалов по трассам трубопроводов с указанием мест расположения УКЗ и УДЗ. Обработка наблюдений заключается в определении защитных зон каждой УКЗ, соответствующих по ГОСТ 25812-83 следующим условиям:

- максимально допустимое (по абсолютной величине) значение $U_{ТЗ}$ должно быть не более "-2,50 В" и "-3,50 В" соответственно для трубопроводов с битумной изоляцией и с полимерной пленочной изоляцией;
- минимально допустимое (по абсолютной величине) значение $U_{ТЗ}$ должно быть не менее "-0,90 В" и "-0,85 В" соответственно при наличии и отсутствии блуждающих токов.

3. Измерения методом поперечного градиента (ПГ)

Метод ПГ в настоящее время является одним из наиболее эффективных методов контроля качества защитного покрытия трубопроводов и поисков дефектов изоляции. При использовании аппаратуры "ERA-MAX" обеспечивается производительность съемки до 2-3 км/час при детальности исследований 2-3 м.

Для измерений градиентов $\Delta U_{\text{пг}}$ используется измеритель аппаратуры "ERA-MAX", настроенный на гармоники защитного тока, и два приемных щупа-электрода, образующих приемную линию "MN", ортогональную оси трубопровода. Один из электродов заземляется в районе осевой линии трубопровода, другой - с внешней стороны трубопровода, в большей степени удаленной от соседних магистралей. Для повышения производительности съемки запись градиентов $\Delta U_{\text{пг}}$ в память измерителя производится кнопкой дистанционного управления.

Линия оси контролируемого трубопровода предварительно провешивается с помощью магнитной антенны и измерителя аппаратуры "ERA-MAX", настроенных на гармоники защитного тока (см. ниже).

В случае, когда трубопровод отключен от УКЗ, наблюдения с магнитной антенной и измерения методом ПГ производятся на частоте 625 Гц с помощью генератора "ERA-MAX-LHF" аппаратуры "ERA-MAX". Ток генератора, питающий трубопровод вместо УКЗ, выбирается равным 100 мА. При трассировании трубопровода возможно также его бесконтактное возбуждение на частоте 625 Гц.

Результаты измерений вводятся в компьютер из памяти измерителя и распечатываются с помощью программы "SG-ERA" принтером в виде графиков градиентов $\Delta U_{\text{пг}}$, мВ/м, построенных в логарифмическом масштабе с модулем (10-15) мм.

Обработка графиков заключается в построении "нормальной" линии изменения $\Delta U_{\text{пг}}$ по трассе и вычислении для каждого интервала между пикетами трассы (например, опорами ЛЭП) - показателя DF повреждения защитного покрытия. Значения DF, %, рассчитываются по формуле:

$$DF = \frac{n_{\text{df}}}{N} \times 100 ;$$

где

n_{df} - количество точек наблюдений со значениями градиента, превышающими на графике "нормальную" линию (в пределах рассматриваемого интервала между пикетами);

N - общее количество точек наблюдений на рассматриваемом интервале.

Дополнительно, в качестве мест возможных значительных локальных повреждений защитного покрытия трубопровода, на графиках $\Delta U_{\text{пг}}$ выделяются локальные аномалии повышенных значений $\Delta U_{\text{пг}}$ (с контрастностью не менее 5-10 по отношению к ближайшим фоновым значениям).

Помимо графиков градиентов результаты съемки методом ПГ представляются в виде таблиц и графиков DF по трассам трубопроводов, а также в виде перечня участков трубопровода, рекомендуемых для его визуального осмотра в шурфах и определения переходного сопротивления трубопровода методом "мокрого" контакта.

4. Определение переходного сопротивления трубопровода

В качестве одного из методов определения значений переходных сопротивлений R , Ом.м², используется рекомендованный ГОСТ 25812-83 (прил.6) метод "мокрого" контакта.

Указанный метод применяется вместо метода интегральной оценки R в случае установки на трубопроводах "глухих" перемычек, соединяющих трубы различных трасс. Перемычки, местоположение которых часто неизвестно, не позволяют правильно рассчитать силу защитного тока в контролируемом отрезке трубопровода и дать корректную интегральную оценку значения R .

Метод "мокрого" контакта выполняется в соответствии с методикой, изложенной в прил. 6 ГОСТ 25812-83. В качестве измерительных приборов используются генератор «ERA-MAX-LHF» и измеритель аппаратуры "ERA-MAX".

Расчеты R ведутся по формуле:

$$R = \frac{U \times S}{I};$$

где

U - рабочее напряжение, мВ, "труба - металлический бандаж";

I - рабочий ток, мА (обычно 0.5 - 1 мА);

S - площадь поверхности металлического бандажа, м² (при ширине 0.5 м);

значения S равны 0,82; 1,13; 1,60 м² соответственно для труб с диаметрами 520, 720 и 1020 мм.

Погрешность измерений (по абсолютной величине) не превышает (5-7) %.

Дополнительно после проведения основных измерений непосредственно в шурфе определяется значение защитного потенциала U_{tz} .

Результаты измерений R документируются согласно форме 2 акта определения переходного сопротивления ГОСТ 25812-83 (прил. 6). Количество определений R на каждой из обследуемых трасс должно соответствовать требованиям ГОСТ 25812-83 (не менее, чем в одном шурфе на каждые 10 км трубопровода).

Качество защитного покрытия трубопровода оценивается по значению его переходного сопротивления в соответствии с требованиями ГОСТ 25812-83 табл.1: переходное сопротивление "труба - земля" в процессе эксплуатации трубопровода должно быть не менее 2000 Ом.м² через 10 лет и не менее 1000 Ом.м² через 30 лет после прокладки трубопровода.

Аппаратура "ERA-MAX" может быть использована и при работах методом интегральной оценки R по ГОСТ 25812-83. Применение аппаратуры в этом случае основано на бесконтактном измерении защитного постоянного тока в трубопроводе с помощью наблюдений магнитного поля тока измерительным преобразователем "ЭРА-ФЕРРОЗОНД". Преобразователь ЭРА-ФЕРРОЗОНД используется в комплекте с измерителем аппаратуры "ERA-MAX".

5. Вспомогательные измерения

5.1. Определение местоположения оси трубопровода

Для определения на местности положения оси трубопровода используется магнитная антенна и измеритель аппаратуры "ERA-MAX", настроенные на гармоники защитного тока.

Магнитная антенна с помощью специального держателя закрепляется в горизонтальном положении и удерживается оператором в нижнем положении - по возможности в непосредственной близости от земной поверхности. Затем оператор пересекает по ортогональной линии трассу трубопровода, следя за показаниями стрелочного индикатора измерителя. При подходе к оси трубопровода показания индикатора резко увеличиваются, а после пересечения оси - также быстро убывают.

Точное положение оси устанавливается по максимальным показаниям цифровой шкалы прибора (с точностью до третьего знака). При этом необходимость в использовании горизонтального уровня магнитной антенны возникает только в тех случаях, когда на измерения влияет магнитное поле соседнего трубопровода. Наличие влияния устанавливается в точке максимальных показаний прибора в процессе легкого "покачивания" антенны - отклонения ее оси от горизонтального положения. Если при "покачивании" показания прибора заметно не изменяются, влияние соседнего трубопровода отсутствует. В противном случае для снижения искажающего влияния стороннего магнитного поля необходима точная установка оси антенны по горизонтали с помощью уровня.

Погрешность определения планового положения оси трубы зависит от глубины h_0 залегания трубы. Обычно, при $h_0 = (1,5-2)$ м погрешность определения не превышает по абсолютной величине (10-15) см.

Известный способ определения положения оси трубопровода по минимальным показаниям измерителя в случае вертикально ориентированной антенны, как показывает практика, не может быть рекомендован как основной, так как в условиях искажающего влияния магнитных полей соседних трасс приводит к значительным погрешностям.

5.2. Определение глубины залегания оси трубопровода

Глубина залегания оси определяется после выполнения операций по п.5.1. С этой целью оператор, наблюдая за показаниями цифрового табло измерителя "ERA-MAX" и сохраняя горизонтальность оси магнитной антенны, проходит по ортогональной линии к трубопроводу, отмечая точки 1 и 2, соответствующие половине максимального показания измерителя над осью трубопровода в точке 0. В точках 1 и 2 измерения проводятся с точностью до третьего знака при обязательном использовании горизонтального уровня антенны.

Необходимо также следить за тем, чтобы точки 1, 2 и точка 0 находились на одной высоте над осью трубы (для устранения влияния микрорельефа земной поверхности вблизи оси трубопровода).

Глубина h_0 до оси трубопровода определяется как половина расстояния, измеренного рулеткой между точками 1 и 2.

Иногда, с одной стороны от обследуемого трубопровода, например, в точке 1, отсчет не убывает до половины максимального отсчета, наблюдаемого в точке 0. Такая ситуация возникает при сильном искажающем влиянии магнитного поля соседнего трубопровода. В этом случае значение h_0 определяется как расстояние, измеренное рулеткой между точкой 0 и точкой 2, расположенной с другой стороны трубопровода.

Погрешность определения значений h_0 при средних глубинах залегания оси трубопровода (1-2) м и при отсутствии сильного искажающего влияния магнитных полей соседних трасс не превышает по абсолютной величине (10-20) см.

Известный способ определения глубины залегания оси трубопровода по минимальным показаниям измерителя в случае магнитной антенны, ориентированной под углом 45° к горизонту, как показывает практика, не может быть рекомендован как основной, так как в условиях искажающего влияния магнитных полей соседних трасс также приводит к значительным погрешностям.

6. Определение силы и направлений защитных токов УКЗ в разветвленных цепях

Необходимость в определении силы и направлений токов УКЗ в разветвленных цепях возникает в связи с оценкой эффективности использования обследуемой УКЗ, обслуживающей один или несколько трубопроводов. Измерения проводятся с использованием магнитной антенны и измерителя аппаратуры "ERA-MAX", настроенных на гармоники защитного тока.

Вначале для каждого трубопровода определяются точки А и В, расположенные на одинаковом расстоянии r от места подключения шины УКЗ к исследуемому трубопроводу. Расстояние r должно быть не менее 10-20 глубин залегания оси трубопровода. Вблизи от этих точек должны отсутствовать элементы технологического оборудования трубопровода (КИП, задвижки, вентузы и пр.), способные исказить результаты измерений вследствие неконтролируемых утечек защитного тока.

Затем, в точках А и В каждого трубопровода выполняются операции по пп.5.1, 5.2. По результатам измерений для всех точек А и В вычисляются произведения q_j , сумма Q произведений и коэффициент k разветвленных токов:

$$q_j = V_{0j} \times h_{0j}; \quad Q = \sum_{j=1}^n q_j; \quad k = \frac{I}{Q};$$

где

V_{0j} - показания измерителя, мВ, над осью трубопровода;

h_{0j} - глубина, м, до оси трубопровода;

n - количество точек А и В;

I - сила защитного тока, А (по амперметру УКЗ).

Сила тока I_j в разветвленных цепях (в j -точках А и В) рассчитывается по формуле:

$$I_j = k \times q_j$$

После измерения значений V_{0j} , выполняется контроль отсутствия искажающего влияния соседних включенных УКЗ. С этой целью обследуемая УКЗ выключается на короткое время, в период которого вновь измеряются значения V_{0j} .

Обычно вновь измеренные значения B_{0j} не превышают (10-20) % от ранее измеренных, и в этом случае влиянием соседних УКЗ можно пренебречь. В противном случае все операции повторяются при выключенной УКЗ, оказывающей влияние.

При указанном порядке измерений направления токов в разветвленных цепях обследуемой УКЗ определяется однозначно - в направлении к шине, подключающей рассматриваемый трубопровод к УКЗ.

НПП "ERA-MAX" проводит работы по обучению и консультациям персонала заказчика методикам применения аппаратуры "ERA-MAX" при обследовании магистральных трубопроводов, а также при решении других инженерно-технических задач.

По всем вопросам, связанным с

-
- *обучением методикам применения аппаратуры,*
- *модернизацией аппаратуры,*
- *приобретением аппаратуры и программного обеспечения*

просьба обращаться в НПП "ERA-MAX" по адресу:



РОССИЯ, 191119, Санкт-Петербург, а/я 153,



тел. & факс (812) 575.54.66; тел: (812) 321.33.77; тел. (812) 964-71-30



E-mail: era@sp.ru

Era-max@mail.ru

Н
П
П
“
Э
Р
А
”