

## **Реконструкция существующего заземляющего устройства. Методика расчета нормируемого сопротивления заземлителя при неизвестном удельном сопротивлении грунта в месте проведения работ.**

Пояснение к методике расчета.

Возрастающая потребность в реконструкции (восстановлении) существующих заземляющих устройств (ЗУ) в немалой степени вызвана накоплением их отказов преимущественно из-за применения в течение длительного периода времени в качестве материала заземлителей обычной черной стали (углеродистая и низколегированная сталь, подверженная коррозии), не обладающей стойкостью к естественным коррозионным процессам, происходящим в грунте (почвенная коррозия, последствия воздействия блуждающих токов ...).

Особую актуальность эта проблема приобретает также в связи с пересмотром Указаний по подготовке рабочих мест и допуску к работам **под наведенным напряжением** на ВЛ с учетом значения его безопасного уровня 25 В, что в ряде случаев требует специального заземления с низким значением сопротивления. Большинство существующих ЗУ не соответствует новым требованиям.

Как правило, восстановление производят посредством погружения в землю дополнительных вертикальных и горизонтальных электродов заземления, не пренебрегая вкладом существующего ЗУ.

Из-за весьма низкой эффективности стандартных вертикальных заземлителей (электроды из проката черного металла, погружаемые на ограниченную глубину в поверхностные слои грунта) глубиной 2,5 – 5 м процесс восстановления существующих ЗУ является чрезвычайно трудоемким, затратным и не всегда выполнимым.

Указанная проблема восстановления ЗУ или приведения их сопротивления к новым минимальным значениям может быть успешно решена с минимальными затратами путем применения вертикальных составных глубинных заземлителей «ИГУР», способных достигать более плотных и, как правило, водонасыщенных нижележащих слоев грунтов с низким удельным сопротивлением (например, для сравнения, эквивалентное удельное сопротивление земли на отметке 2,5 м составляет 446 Ом м и 52 Ом м – на глубине 15-20 м).

В условиях, когда известно лишь реальное сопротивление существующего ЗУ и отсутствует достоверная информация об удельном сопротивлении грунтов на площадке производства работ, затруднен расчет ресурсов, необходимых для восстановления ЗУ.

Предприятием «ИГУР» предложена методика, позволяющая рассчитать число дополнительных элементов заземления, не прибегая к каким-либо затратам, связанным с замером удельного сопротивления грунта в месте проведения работ.

Для этого используется метод пробного зондирования с применением вертикальных составных глубинных электродов заземления «ИГУР».

Сущность метода состоит в том, что на площадке восстанавливаемого ЗУ погружают первый (пробный) вертикальный глубинный электрод. По мере погружения электрода измеряют его сопротивление.

Окончательное значение сопротивления электрода заземления принимают на глубине погружения, при которой существенно замедляется падение сопротивления. Оптимальной принимают глубину погружения 20 м. В последующем пробный электрод включают в работу заземляющего устройства, объединив его с другими электродами.

Таким образом, измеренная величина сопротивления пробного вертикального электрода заземления при известной глубине погружения, дает представление об эквивалентном удельном сопротивлении грунта в месте производства работ. Затем, принимая во внимание значения требуемого (заданного) сопротивления ЗУ, а также измеренных значений существующего заземляющего устройства, включая естественные и искусственные заземлители, требующие модернизации и пробного вертикального электрода, расчетным путем по известным зависимостям вычисляют необходимое дополнительное количество вертикальных глубинных электродов  $N$ . Для предварительных расчетов вкладом горизонтального электрода заземления пренебрегают.

Особенностью методики является необходимость размещения первого пробного электрода заземления **вне существующего ЗУ и отнесения его на достаточно большое расстояние** во избежание их взаимного влияния, снижающего эффективность дополнительных электродов заземления.

При параллельном соединении единичных заземлителей имеет место эффект их взаимного экранирования, который сказывается в том, что общее сопротивление заземления уменьшается не пропорционально числу заземлителей соединенных параллельно, а несколько меньше. Эффект экранирования сказывается тем больше, чем ближе друг к другу будут расположены единичные заземлители.

Каждый заземляющий электрод в грунте обладает некоторой эффективной рабочей околоэлектродной зоной, которая оказывает максимальное (90%) влияние на сопротивление электрода. Эта зона имеет вид некой полусферы определенного радиуса в зависимости от размера и формы ЗУ.

- При этом, в качестве размера ЗУ следует принимать:
- для сложных заземлителей (заземляющей сетки, контура с вертикальными электродами) – длину большей диагонали контура  $D$ ;
  - для заземлителей из одиночной горизонтальной полосы – длину полосы  $G$ ;
  - для глубинного электрода заземления – длину глубинного электрода  $H$ .

Минимальное влияние эффективной зоны, например, для сложных заземлителей наблюдается при достижении расстояния  $\geq 5D$ . Для глубинного электрода заземления это расстояние оценивается как  $\geq 1,1H$ .

Для достижения максимального эффекта снижения сопротивления, зоны эффективного заземления отдельных электродов по возможности не должны перекрываться.

Так, например, для существующего контура заземления сложной конфигурации с длиной большей диагонали  $D$  оптимальное расстояние  $L$  для размещения первого пробного глубинного электрода глубиной погружения  $H$  составляет  $L = 5D + 1,1H$ . Оптимальное расстояние между последующими погружаемыми вертикальными глубинными электродами составляет  $2,2H$ .

В случае необходимости, обусловленной реальными условиями площадки, допускается уменьшение расстояния  $L$ . При этом для отражения в расчете уменьшения действительной проводимости заземлителя вводится коэффициент использования проводимости заземлителей  $K$ .

$$K=1,4 \text{ для } 0,5 < L/H < 1$$

$$K=1,2 \text{ для } 1 < L/H < 5$$

$$K=1,0 \text{ для } L/H \geq 5,$$

где  $L$  – расстояние между единичными заземлителями,

$H$  – глубина погружения вертикального глубинного электрода

Описание методики расчета

1. Определить требуемое (заданное) нормированное значение сопротивления заземляющего устройства « $R$ ».
2. Замерить сопротивление существующего заземляющего устройства « $R_1$ », включая естественные и искусственный заземлители, требующие модернизации.
3. Забить первый (пробный) вертикальный электрод заземления глубиной 20 м (комплект из 13 стержней длиной 1,5 м, соединенных между собой посредством муфт), отступив по возможности на расчетное расстояние  $L$  от существующего заземлителя и замерить его сопротивление « $R_2$ ».

4. Рассчитать полученное результирующее сопротивление заземляющего устройства « $R_p$ » с учетом забитого пробного вертикального электрода и существующего заземлителя.
5. Сравнить расчетное значение « $R_p$ » с требуемым нормированным значением сопротивления « $R$ »: если  $R_p \leq R$  - закончить расчет, если  $R_p > R$  - продолжить расчет.
6. Проверить результаты расчета замером сопротивления, объединив вместе существующий заземлитель и пробный вертикальный электрод.
7. Рассчитать необходимое сопротивление « $R_3$ » дополнительного заземлителя (помимо первого пробного электрода), достаточное для приведения заземляющего устройства к норме.
8. Рассчитать необходимое количество вертикальных глубинных электродов заземления « $N$ », дополнительно необходимых для приведения заземляющего устройства к норме. При получении значения « $N$ » в виде дробного числа необходимо забить количество электродов, соответствующее целой его части и начать забивать следующий вертикальный электрод до достижения требуемого значения сопротивления ЗУ. Например, расчетное количество дополнительных глубинных электродов составляет  $N = 2,4$ . Требуется дополнительно забить 2 электрода и начать забивать третий.
9. Проверить результаты расчета замером сопротивления, объединив вместе все элементы заземляющего устройства. В случае необходимости продолжить погружение дополнительных стержней до доведения сопротивления ЗУ до заданных параметров.

Описанный выше расчет реализован в компьютерной программе и представлен здесь в форме калькулятора.

Особое внимание следует обратить на правильность проведения измерения сопротивления столь протяженных контуров заземления. Измерительные электроды необходимо устанавливать вне заземляющего устройства на территории, свободной от линий электропередач и подземных коммуникаций (трубопроводы, кабели с металлической оболочкой и броней и прочие металлоконструкции, имеющие связь с испытуемым заземлителем), т.к. их влияние приводит к искажению результатов измерения.

Основная погрешность измерения обусловлена взаимным влиянием измерительных электродов и заземлителя (о взаимном влиянии единичных заземлителей упоминалось выше). В зависимости от конфигурации и размеров ЗУ, близкое к действительному значение сопротивления может быть получено при определенном соотношении расстояний от испытуемого заземлителя до измерительных электродов.

Измерительные электроды рекомендуется размещать на одной линии: токовый электрод  $R_T$  на расстоянии  $\geq 5D$  от края заземляющего устройства, а потенциальный  $R_n$  - в первом приближении - на половине этого расстояния. При этом  $D$  является большей диагональю нового, окончательно построенного контура.

© УП «ИГУР» 2015

© УП «ИГУР» 2015