

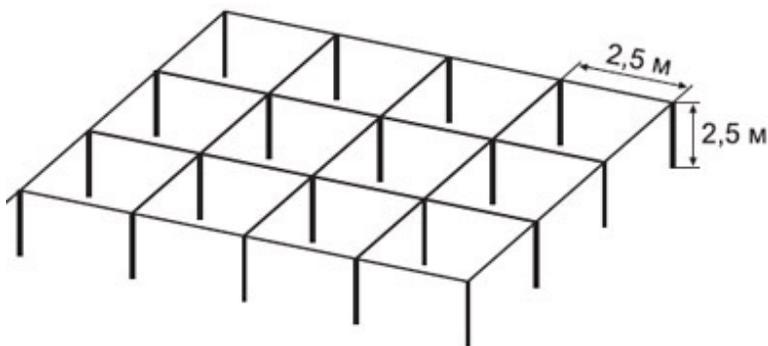
## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КОНТУРОВ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

*Н.Н. Семёнов, О.С. Ермилова, М.В. Востриков*

*Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал  
ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей сообщения»  
672040, Забайкальский край, г. Чита, ул. Магистральная, д.11,  
кафедра электроснабжения*

Заземление – преднамеренное соединение с землей нетоковедущих элементов оборудования, которые в результате пробоя изоляции могут оказаться под напряжением.

На тяговых подстанциях (ТП) железных дорог применяется контурное заземление, которое представляет собой сетку, состоящую из вертикальных и горизонтальных металлических заземлителей, сваренных между собой (рис. 1).



*Рис. 1. Типовое исполнение контура заземления тяговых подстанций*

В данной работе был проведен анализ режимов работы контура заземления тяговой подстанции Лесная Забайкальской железной дороги (рис. 2).

Тяговая подстанция Лесная введена в эксплуатацию 18 января 1980 года. На сегодняшний момент большая часть оборудования, как и сам контур заземления, уже почти 30 лет находятся в постоянном рабочем режиме. За это время многое изменилось: увеличились массы грузовых поездов до 6000 тонн и выше, изменилась номинальная мощность трансформаторов, установленных на подстанции с 50000 до 80000 кВА, соответственно выросли и токи, протекающие через контур заземления.

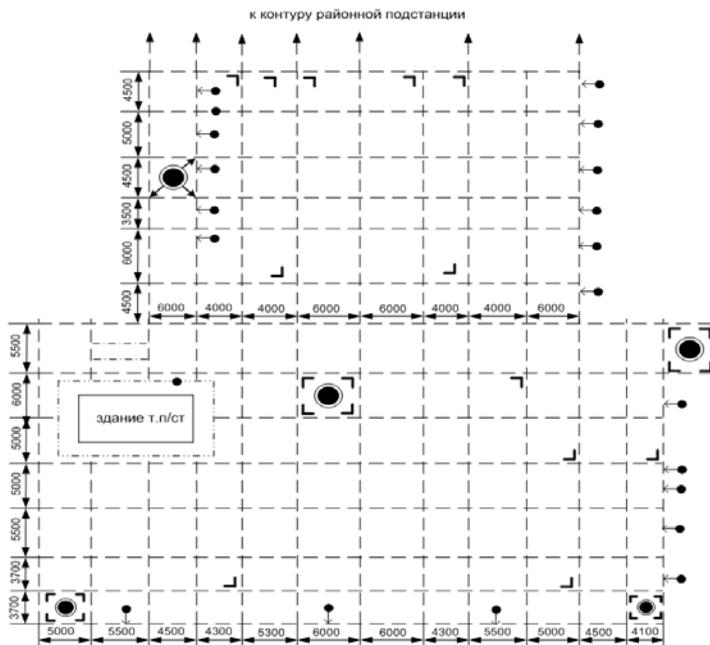


Рис.2. Контур заземления тяговой подстанции Лесная

Одним из серьезных недостатков заземляющего устройства ТП является то, что оно находится в земле на глубине 0,7 м. Под влиянием природных процессов происходит его естественное старение, окисление и ржавление металла, нарушение структуры и как следствие частичное или полное разрушение. Хотя и проводятся ежегодные осмотры контура заземления путем откопки и исследования какой-либо его части, но полную картину о состоянии заземляющего устройства дать невозможно. Также регламентируется проведение замеров сопротивления контура заземления не реже двух раз в год, при этом значение сопротивления не должно превышать 0,5 Ом.

На рис. 3 приведена гистограмма значений сопротивлений контура заземления тяговой подстанции Лесная за период с 2004 по 2009 годы.

Из данной гистограммы видно, что в 2007-2008 годах происходит увеличение сопротивления заземляющего устройства в 2 раза. Это связано с тем, что данный период времени был засушливым, осадков в виде дождя практически не было, в результате этого значительно увеличилось удельное сопротивление грунта  $1200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ , что и привело к резкому возрастанию сопротивления контура.

Все выше перечисленные факторы явились следствием роста уровня сопротивления контура заземления.



Рис. 3. Значения сопротивления контура заземления ТП Лесная

Для устранения сложившейся ситуации были предприняты следующие мероприятия:

- монтаж 20-ти вертикальных заземлителей L-5 м;
- соединение существующей сетки с вертикальными заземлителями полосой 40\*4 мм;
- соединение контура тяговой подстанции и контура районной подстанции семи лучами полосой 40\*4 мм, в результате чего удалось добиться сопротивления контура заземления равного 0,35 Ом.

Проведем расчеты двумя разными методиками. Приходим к выводу, что сопротивление контура заземления на тяговой подстанции Лесная равно 1,91 и 1,8 Ом соответственно.

По методике, разработанной профессором Р.Н. Карякиным:

$$R_{\text{ззп}} = \frac{\rho}{\pi \cdot L} \cdot \frac{\lambda \cdot C_{11} \cdot C_{22} - C_{12}^2}{C_{11} + \lambda C_{22} - 2C_{12}},$$

где  $L$  – суммарная длина всех горизонтальных проводников сетки;

$C_{12}$  – безразмерный коэффициент, зависящий от конструктивных параметров заземлителя, определяемый по формуле

$$C_{11} = \ln \frac{4 \cdot L}{d'} + k_1 \cdot \frac{L}{\sqrt{S}} - k_2,$$

где  $k_1, k_2$  – коэффициенты, соответственно, 1,08 и 4,8;

$S$  – площадь тяговой подстанции, м<sup>2</sup>.

$$d' = \sqrt{H \cdot d},$$

где  $H$  – глубина, на которой заложена сетка заземлителя, м;

$d$  – диаметр проводника сетки, мм.

$$C_{22} = \frac{1}{2} \cdot \left( \ln \frac{8 \cdot l}{d} - 1 + \frac{2 \cdot k_1 \cdot l}{\sqrt{S}} \cdot (\sqrt{n} - 1)^2 \right)$$

где  $n$  – число вертикальных электродов, размещенных на рассматриваемой площади;

$l$  – длина каждого вертикального электрода.

$$C_{12} = \ln \frac{4 \cdot L}{l} + k_1 \cdot \frac{L}{\sqrt{S}} - k_2 + 1$$

$$\lambda = \frac{L}{n \cdot l}$$

$$d' = \sqrt{0,7 \cdot 0,000114} = 0,0089 \text{ м}$$

$$C_{11} = \ln \frac{4 \cdot 1840}{0,0089} + 1,08 \cdot \frac{1840}{\sqrt{3029,2}} - 4,8 = 44,94$$

$$C_{22} = \frac{1}{2} \cdot \left( \ln \frac{8 \cdot 506}{0,016} - 1 + \frac{2 \cdot 1,08 \cdot 506}{\sqrt{3029,2}} \cdot (\sqrt{213} - 1)^2 \right) = 2105,47$$

$$C_{12} = \ln \frac{4 \cdot 1840}{506} + 1,08 \cdot \frac{1840}{\sqrt{3029,2}} - 4,8 + 1 = 34,99$$

$$\lambda = \frac{1840}{506} = 3,64$$

$$R_{\text{ззп}} = \frac{600}{3,14 \cdot 1840} \cdot \frac{3,64 \cdot 44,94 \cdot 2105,47 - 34,99^2}{44,94 + 3,64 \cdot 2105,47 - 2 \cdot 34,99} = 1,91 \text{ Ом}$$

По методике Васильева:

$$R_{\text{ззп}} = 0,443 \cdot \frac{\rho_2}{\sqrt{S}} \cdot \left( \frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^g + \frac{\rho_1}{L + n \cdot l_e}$$

где  $\rho_1$  – удельное сопротивление верхнего слоя грунта толщиной  $H$ ;

$\rho_2$  – сопротивление нижнего слоя грунта.

$$g = \frac{2 \cdot H}{\sqrt{S} + n \cdot l_e}$$

$$l_e = l_1 + l_2 \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

где  $l_1$  – длина вертикального заземлителя, находящаяся в грунте с  $\rho_1$ ;

$l_2$  – длина вертикального заземлителя, находящаяся в грунте с  $\rho_2$ .

$$l_e = 0,5 + 2 \cdot \frac{600}{200} = 6,5 \text{ м}$$

$$g = \frac{2 \cdot 1,2}{\sqrt{3029,2} + 213 \cdot 6,5} = 0,0017$$

$$R_{\text{ззп}} = 0,443 \cdot \frac{200}{\sqrt{3029,2}} \cdot \left( \frac{600}{200} \right)^{0,0017} + \frac{600}{1840 + 213 \cdot 6,5} = 1,80 \text{ Ом}$$

Расчеты показывают несоответствие измеренного значения сопротивления контура заземления значениям, полученным эмпирическим путем. Одной из причин этого является устаревшее как морально, так и физически, измерительное оборудование.

В настоящее время замеры сопротивления контура заземления осуществляются прибором МС-08 (рис. 4) который выпускался отечественной промышленностью в 1960-е годы.

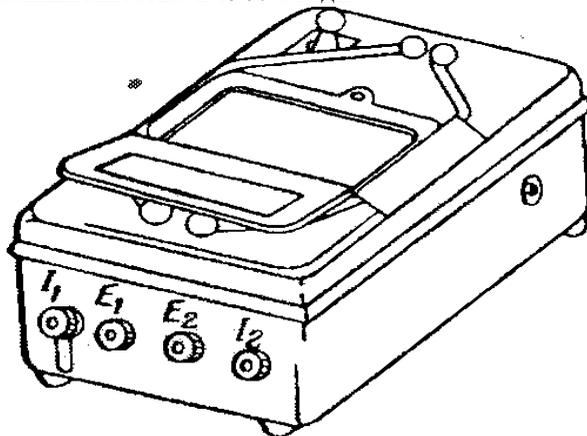


Рис. 4. Внешний вид прибора МС-08

Измеритель заземления МС-08 собран в пластмассовом ящике. Размеры измерителя в собранном виде 192Х205Х309 мм, вес прибора 12 кг. Прибор является достаточно тяжелым и громоздким, что усложняет процесс его транспортировки и использования.

Наибольшая погрешность показаний прибора на делениях, имеющих цифровые надписи, не более  $\pm 1,5\%$ .

Измеритель можно использовать при температуре от  $+5$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ . При использовании в минусовых температурах погрешность прибора возрастает. Прибор чувствителен к резкому перепаду температур и повышенной влажности. Его следует хранить в сухом теплом и хорошо проветриваемом помещении.

Этим прибором практически невозможно проводить измерения сопротивления контура в зимний период, а в условиях Забайкалья и районов крайнего Севера (резко-континентального климата) данный прибор вообще не рекомендован к эксплуатации.

В настоящее время существует множество приборов, которые могут всесторонне охарактеризовать состояние заземляющих устройств. Один из таких приборов – многофункциональный измеритель MRU-200 (рис. 5).



*Рис.5. Внешний вид прибора MRU-200*

Габаритные размеры прибора: 288 x 223 x 75 мм; диапазон рабочих температур: -20 ... +50 °С; погрешность измерения– 1-2%; масса: около 2 кг.

В данном приборе реализованы все существующие методы контроля параметров ЗУ. Впервые для определения характеристик молниезащит (громоотводов) используется импульсный метод измерения динамического сопротивления. Также MRU-200 дает ряд возможностей по проведению измерений бесконтактным методом, что особенно актуально в городских условиях, где отсутствует возможность для использования вспомогательных электродов.

Стоимость данного аппарата – 149660,00 руб. с учетом НДС.

Данный прибор может использоваться в условиях резкоконтинентального климата, что позволяет производить замеры и в зимнее время года.

Обладая небольшой массой, компактностью, и удобством обращения с данным аппаратом может работать всего один человек. При этом наблюдается экономический эффект в виде снижения расходов на заработную плату.

### ***Библиографический список***

1. Силовое оборудование тяговых подстанций железных дорог (сборник справочных материалов). ОАО «РЖД», филиал «Проектно-конструктивное бюро по электрификации железных дорог». – М.: «ТРАНСИЗДАТ», 2004. – 384 с.

2. Технологические карты на работы по текущему ремонту оборудования тяговых подстанций электрифицированных железных дорог. Департамент электрификации и электроснабжения. Центр организации труда и проектирования экономических нормативов. ОАО «РЖД». – М.: «ТРАНСИЗДАТ», 2004. – 208 с.

3. Нормы времени и нормативы численности на текущий ремонт и межремонтные испытания оборудования тяговых и трансформаторных подстанций железных дорог для ОАО «РЖД». – М.: – 2007.

4. Корякин Р.Н. Нормы устройства сетей заземления – М.: ЗАО «Энергосервис», 2002. – 242 с.

5. Корякин Р.Н., Солнцев В.И. Заземление устройства промышленных электроустановок // Справочник электромонтажника. Под ред. А.Д. Смирнова и др. – М.: Издательство Энергоиздат, 1989. – 191 с.

## **ВЛИЯНИЕ АСИММЕТРИИ ОБРАТНОГО ТЯГОВОГО ТОКА НА РАБОТУ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ**

***В.С. Урцева, Н.В. Стадухина, К.В. Менакер***

*Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал  
ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет путей сообщения»  
672040, Забайкальский край, г. Чита, ул. Магистральная, д.11,  
кафедра электроснабжения*

В рельсовых цепях (РЦ) слабым звеном передачи обратного тягового тока является дроссель-трансформатор, используемый для пропуска тока в обход изолирующих стыков [2]. Проблема дроссель-трансформаторов состоит не в токовых ограничениях, а в асимметрии тягового тока – неравенстве токов в смежных рельсах. Если продольная асимметрия [3] может быть уменьшена путем поддержания в исправном состоянии соединений стыков и стыковых соединителей, то поперечная асимметрия на электрифицированных железных дорогах присутствует всегда там, где к правой по ходу рельсовой нити подключаются цепи заземления опор контактной сети и других металлических конструкций [2, 4].

Целью проведения исследования являлась оценка влияния асимметрии обратного тягового тока на работоспособность аппаратуры РЦ. Для решения поставленной задачи необходимо разработать имитационную модель кодовой РЦ переменного тока частотой 25 Гц, как наиболее распространенную на магистральных линиях.

### ***Кодовая рельсовая цепь 25 Гц***

Рассмотрим принципиальную схему кодовой рельсовой цепи частотой 25 Гц (рис. 1) [5].

Рельсовые цепи питаются от преобразователя частоты ПЧ-50/25. В качестве путевого приемника используется импульсное путевое реле ИМВШ-110 или ИВГ-М, напряжение срабатывания которого составляет 3-4,5 В.