

ВЛИЯНИЕ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА СМЕЖНЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

*Базаров М. Баянов И.Н., Курбонов И.Б. Каршиев К.Т.
Ташкентский Государственный Транспортный Университет*

Анотация: В статье рассматриваются типы электрического и магнитного влияния контактной сети переменного тока на расположенные в зоне, прилегающей к железной дороге, объекты связи, теле- и дистанционного управления, сети низкого напряжения, металлические сооружения, надземные и подземные трубопроводы. Описана методика расчета величины этих влияний и сравнение с допустимыми нормативами.

Ключевые слова: влияние, линия связи, электрическое поле, тяговая сеть, силовые линии

Введение

Переменный ток промышленной частоты, проходящий в контактной сети, оказывает электромагнитное влияние на проложенные вблизи и отключенные участки контактной сети соседних путей, воздушные линии связи и линии связи, сети низкого напряжения, металлические сооружения, надземные и подземные трубопроводы. Электрическое влияние тока на металлические сооружения, не связанные с землей, возникает из-за наличия в пространстве, окружающем контактную сеть, электрического поля. Силовые линии его перпендикулярны поверхности земли и пересекают металлические сооружения, расположенные параллельно тяговой сети. Напряжение, наводимое в них, не зависит от величины тока и его частоты, а определяется только величиной напряжения в тяговой сети, взаимным расположением сооружения или провода и земли.

Типы влияния и их определение

С увеличением расстояния между проводами и уменьшении высоты их подвеса напряжение в них снижается. Так, при высоте подвеса над землей 7 м и расстоянии между контактной сетью и проводом 5 м напряжение в последнем по отношению к земле превышает 4000 В; при высоте подвеса 1 м напряжение снижается до 1000 В. При расстоянии между контактной сетью и проводом 40 м напряжение в проводе относительно земли составляет 150—300 В, при расстоянии более 50 м электрическое влияние практически не представляет опасности. Если провод расположить на земле или заземлить, то напряжение в нем спадает до нуля. Все подземные сооружения свободны от электрического влияния.

В случае прикосновения человека к проводу, подверженному электрическому влиянию, через его тело пройдет разрядный ток, величина

которого зависит в основном от частоты и напряжения тока в проводе, длины и сечения последнего. Например, при длине отключенного и незаземленного провода 600 м (расположенного на расстоянии 5 м от контактной сети), напряжении относительно земли около 6600 В через тело человека проходит ток около 0,02 А, что превышает безопасную величину.

Потенциалы малогабаритных металлических сооружений при отсутствии заземления не опасны, хотя на них наводятся значительные потенциалы, при соприкосновении к ним разрядный ток во много раз меньше допустимого. Так, при наведенном потенциале изолированного металлического кожуха печи, установленной в будке дежурного стрелочного поста, 1420 В разрядный ток при заземлении равен 0,68 мА. Заземление таких сооружений полностью устраняет неприятные ощущения, возникающие при прикосновении к ним.

Электрическое влияние на небольшие изолированные металлические сооружения, находящиеся в непосредственной близости к контактной сети, не опасно. Прикосновение к ним может вызвать лишь неприятные ощущения.

Все малогабаритные металлические сооружения, подверженные электрическому влиянию и расположенные в зоне влияния контактной сети переменного тока, рекомендуется соединять с двумя специальными заземлителями, установленными для надежности в противоположных концах крыши здания, склада и др. В качестве заземлителей используют металлические стержни или угловую сталь, забитые в землю на глубину 1—1,5 м.

Магнитное влияние тяговой сети на отключенные и незаземленные провода воздушных линий сказывается вследствие наличия вокруг контактной сети переменного тока магнитного поля. Силовые линии его, пересекая параллельно расположенные провода наводят в них дополнительное напряжение, которое в основном зависит от тока нагрузки в контактной сети длины проводов. Например, в отключенном контактном проводе длиной 30 км при нормальном движении электропоездов по соседнему пути ($I_{кк} — 500$ А) величина наведенного напряжения достигает 2850 В. Напряжение, наводимое магнитным влиянием на расположенные вблизи полотна железной дороги металлические сооружения сравнительно небольшой протяженности (крыши домов и вагонов, эстакады, изгороди и др.), незначительно, поэтому специальных мер защиты их от магнитного влияния не требуется.

Напряжение, наводимое электромагнитным влиянием на проволочные изгороди в пределах промежуточных станций, разъездов, обгонных и остановочных пунктов для ограждения железнодорожного полотна от выхода на него скота, может быть опасным для людей и животных. Поэтому в пределах 20—30 м от полотна проволочные изгороди следует обязательно заземлять. Индуктивное влияние на трубопроводы, имеющиеся на территории станций,

снижают заземление на концах зон сближения с тяговой сетью. На одной из станций Западносибирской дороги эксплуатируется, воздухопровод, разделенный на изолированные участки по 200 м, каждый из которых соединен с рельсом. Практика показала, что опасных напряжений на нем, даже при коротких замыканиях в контактной сети, не наблюдалось.

Для защиты от поражения наведенным напряжением при производстве работ на проводах контактной сети, а также воздушных и кабельных линий необходимо отключенные провода заземлить с двух сторон заземляющими штангами, располагая их одна от другой на расстоянии не более 200 м (контактная сеть) и 100 м (другие провода).

Линии и цепи связи, кабельные линии оказываются под значительным влиянием контактной сети переменного тока. Опасные влияния обусловлены рабочими токами частотой 50 Гц. Следует различать три режима работы контактной сети:

- нормальный, если тяговые токи поступают в контактную сеть от всех подстанций участка;

- вынужденный, когда одна из тяговых подстанций временной отключена и ее нагрузку воспринимают смежные с ней подстанции;

- режим короткого замыкания - аварийный режим, в этом случае контактный провод замыкается на рельсы или землю.

Кабельные линии связи подвергаются опасным и мешающим магнитным влияниям тяговой сети переменного тока. Цель расчета этих влияний заключается в определении такой ширины сближения кабельной линии с тяговой сетью, при которой опасное напряжение, индуцируемое в жилах кабеля, не превышало бы допускаемого нормами значения 200 В, а результирующее напряжение шума – допускаемого значения 0,9 мВ.

Опасные напряжения в жилах кабеля могут возникать при аварийном и вынужденном режимах работы тяговой сети. Рассмотрим расчет опасных влияний для вынужденного режима, когда тяговая подстанция отключена, на какой либо станции Д, и тяговая подстанция, расположенная на станции А, питает все плечо тяговой сети протяженностью А-Д.

Тяговая сеть переменного тока наводит напряжение во всех жилах кабеля, однако наибольшее напряжение возникает на жилах цепей связи тональной частоты, поскольку длина сближения их с контактной сетью, определяемая длиной усилительного участка низкочастотных цепей, является наибольшей [1].

Опасное напряжение U , индуктируемое на изолированном конце жилы кабеля при заземленном противоположном конце (в этом случае величина напряжения максимальна), определяется вольтах по формуле:

$$U = \omega \cdot M \cdot I_{Вл} \cdot S_p \cdot S_k \cdot L_p \tag{1}$$

где ω - круговая частота влияющего тока частотой $f=50$ Гц
 $\omega = 2\pi f = 314$ рад/с

M – взаимная индуктивность между тяговой сетью и жилой кабеля при частоте 50 Гц, (Г/км) определяемая по формуле:

$$M = 10^{-4} \cdot \ln \left| 1 + \frac{6 \cdot 10^5}{\alpha^2 \cdot \delta \cdot \phi} \right| \tag{2}$$

α - ширина сближения

δ - проводимость грунта

S_p – коэффициент экранирования рельсов;

S_k – коэффициент защитного действия оболочки кабеля на частоте 50 Гц;

L_p – расчетная длина сближения кабельной цепи связи тональной частоты с тяговой сетью (соответствует расстоянию от начала цепи (ст.А) до ближайшего промежуточного усилителя тональной частоты);

$I_{Вл}$ -эквивалентный влияющий ток частотой 50 Гц, (А), определяемый при вынужденном режиме работы тяговой сети по формуле:

$$I_{Вл} = I_{рез} \cdot K_m \tag{3}$$

$I_{рез}$ - результирующий нагрузочный ток расчетного плеча питания при вынужденном режиме работы тяговой сети, (А);

$$I_{рез} = \frac{2m}{m+1} \cdot \frac{\Delta U_{мстакс}}{(R_{мс} \cdot \cos\varphi + X_{мс} \cdot \sin\varphi) \cdot L_{\mathcal{E}}} \tag{4}$$

$\Delta U_{мстакс}$ – максимальная потеря напряжения в тяговой сети между подстанцией и максимально удаленным электровозом $L_{\mathcal{E}}$, (В)

$L_{\mathcal{E}}$ – длина плеча питания тяговой сети при вынужденном режиме работы;

$R_{мс}$, $X_{мс}$ – соответственно активное и реактивное сопротивление тяговой сети, Ом/км (величины $R_{мс}$ и $X_{мс}$ принимаются равными 0,12 и 0,48 Ом/км);

$\cos\varphi$ - коэффициент мощности электровоза, составляющий 0,8;

m – количество поездов, одновременно находящихся в пределах плеча питания тяговой сети при вынужденном режиме (принимаем для двух путной дороги $m=12$);

K_m – коэффициент, характеризующий уменьшение влияющего тока по сравнению с нагрузочным ($I_{рез}$)

$$K_m = \frac{1}{m} \cdot \left[1 + (m-1) \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot L_H + L_p}{2 \cdot L_{\mathcal{E}}} \right) \right] \tag{5}$$

L_H – расстояние от тяговой подстанции до начала цепи связи (соответствует расстоянию между тяговой подстанцией ст.А и ОУП).

Подставляя известные величины можно получить величину мешающего влияния и сравнивая с допустимой определить удовлетворения требований [1].

Расчет мешающих влияний на кабельные цепи связи производится при нормальном режиме работы тяговой сети переменного тока.

Наиболее простым методом расчета мешающего напряжения является приближенный метод по одной (определяющей) гармонической составляющей переменного тягового тока, которая наводит в телефонных цепях тональной частоты наибольшее напряжение шума [2].

$f_{вл}$ - частота определяющей гармоники и I_k ее влияющий ток.

При наличии в цепи избирательной связи промежуточных усилителей напряжение шума в этой цепи рассчитывается отдельно для каждого усилительного участка, а результирующее напряжение шума $U_{шш}$ в начале цепи определяется по формуле;

$$U_{шш} = U_{ш} \cdot \sqrt{n} \tag{6}$$

где $U_{ш}$ – напряжение шума, наводимое на одном усилительном участке, мВ;
 n - число усилительных участков цепи.

Напряжение шума, наводимое в двух проводной телефонной цепи на отдельном участке, определяется в мВ, следующим соотношением:

$$U_{ш} = \omega_x \cdot M_x \cdot I_k \cdot p_k \cdot \eta_k \cdot S_p \cdot S_{обх} \cdot \frac{L_p}{2} \cdot 10^3 \tag{7}$$

где ω_k - круговая частота определяющей k -й гармоники тягового тока, рад/с

$$\omega_k = 2 \cdot \pi \cdot f_k$$

M_k - взаимная индуктивность между контактном проводом и жилой кабеля на частоте k -й гармоники, Г/км, определяемая по формуле (2);

p_x – коэффициент акустического воздействия k -й гармоники;

η_k - коэффициент чувствительности телефонной цепи к помехам;

$S_{обх}$ - коэффициент экранирующего действия оболочки кабеля для k -й гармоники тягового тока;

Как и при определении мешающего влияния, подставляя известные величины можно получить величину мешающего влияния и сравнивая с допустимой определить удовлетворение требуемым условиям.

Заключение

Определение величины электромагнитного влияния на проложенные вблизи и отключенные участки контактной сети соседних путей, воздушные линии связи и линии связи, сети низкого напряжения, металлические

сооружения, надземные и подземные трубопроводы. переменного тока промышленной частоты, проходящий в контактной сети позволяет исключить попадания обслуживающего персонала под опасное напряжение, улучшить качество связи и предотвратить ошибочное срабатывание систем автоматики.

Список использованной литературы

1. Моделирование электромагнитных влияний контактной сети на смежные линии электропередачи с учетом высших гармоник. Крюков А.В. Закарюкин В.П., Кобычов Д.П. Материалы научной конференции Иркутском государственном университете путей сообщения, 2009.- 62-64с.
2. Бадер М.П. Электромагнитная совместимость. Учебник для ВУЗов железнодорожного транспорта. М.: УМК МПС, 2002. 638с.
3. Amirov S.F., Sulliev A. Kh., Sanbetova A.T., Qurbonov I.B. Study on the biparametrical transductions circuits with distributed parameters. To cite this article: S F Amirov et al 2021 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. **939** 012008
4. Consideration of the nonlinearity of the magnetization curve in the calculation of magnetic chains with a moving electromagnetic screen. Boltayev O.T., Akhmedova F.A., Kurbanov I.B. **DOI - 10.32743/UniTech.2022.95.2.13086.**
<https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13086>