

11/4/11

**Одобрено кафедрой
«Электрификация
и электроснабжение»**

**КОНТАКТНЫЕ СЕТИ
И ЛИНИИ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

**Руководство к выполнению
лабораторных работ
для студентов IV курса**

специальности

190401 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ЭНС)

РОАТ

Москва – 2009

Составитель: ст. преп. И.В.Мельников

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Исследование физических явлений, происходящих в устройствах контактной сети, представляет значительные трудности, поэтому на всех стендах, предназначенных для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Контактные сети и линии электропередач», использованы принципы физического моделирования.

Явления называются *физически подобными*, если по характеристикам одного из них можно получить характеристики другого простым умножением на соответствующий масштабный коэффициент. Таким образом, смысл моделирования заключается в том, чтобы по результатам опытов и измерений на моделях судить о характере явлений, происходящих в естественных условиях, в реальности.

При физическом моделировании масштабные коэффициенты (см. табл. 1) связаны между собой строгими соотношениями. Поэтому на лабораторных стендах некоторые из них (масштабы длины пролета, высоты подвески, натяжения проводов и др.) выбираются по соображениям удобства проведения измерений, масштабы других величин измеряются расчетным путем исходя из требований идентичности процессов, происходящих в натуре и на модели.

Таблица 1

Моделируемые параметры	Натуральная величина	Масштабный коэффициент
Длина пролета, l , м	60	$1,67 \cdot 10^{-2}$
Натяжение несущего троса, T_{\max} , кН	19,6	$5 \cdot 10^{-4}$
Натяжение контактного провода, K , кН	9,8	$5 \cdot 10^{-4}$
Стрелы провеса несущего троса и контактного провода, м	-	0,1
Удельные нагрузки, Н/м: от веса несущего троса М-120	10,4	0,18
от веса контактного провода МФ-100	8,73	0,18
от веса гололеда	-	0,18
от действия ветра	-	0,18
Горизонтальные отклонения проводов, м	-	0,1

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

«ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И НАГРУЗКИ НА СТРЕЛЫ ПРОВЕСА И НАТЯЖЕНИЯ НЕКОМПЕНСИРОВАННОГО ПРОВОДА ПРОСТОЙ ПОДВЕСКИ»

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Простая контактная подвеска представляет собой один или несколько контактных проводов, закрепленных непосредственно на поддерживающих конструкциях. Такая подвеска получила широкое применение на городском электрическом транспорте (особенно для трамваев, поэтому ее часто называют «трамвайной»), а также на электрифицируемых путях промышленного транспорта.

Качество токосъема при простой контактной подвеске во многом зависит от положения контактного провода в вертикальной плоскости: стрелы провеса f и его перегиба в опорном узле, характеризующим углом наклона касательной φ к проводу (рис. 1), а также от эластичности опорного узла.

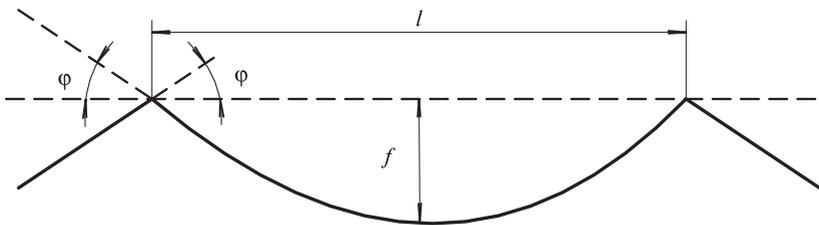


Рис. 1. Кривая провисания провода простой контактной подвески в пролете

Стрела провеса простой контактной подвески определяется по формуле:

$$f = \frac{ql^2}{8H}, \quad (1)$$

где q – нагрузка на 1 м провода;

l – длина пролета;

H – натяжение провода.

Для того, чтобы обеспечить высокое качество токосъема, необходимо уменьшить стрелу провеса, а этого можно достичь либо снижением нагрузки q на провод, либо уменьшением длины пролета l , либо увеличением натяжения H . Изменить нагрузку на провод нельзя (за исключением частного случая удаления с провода гололедных образований). Уменьшение длины пролета приведет к возрастанию числа опор, что увеличит стоимость контактной сети, поэтому длину пролета при проектировании стремятся выбрать максимально допустимой по ветровым отклонениям.

По способу закрепления провода на анкерной опоре простые контактные подвески подразделяют на *некомпенсированные*, с *сезонным регулированием* и *компенсированные*. В некомпенсированной подвеске контактный провод закрепляют на анкерной опоре неподвижно. С повышением температуры провод удлиняется, т.е. уменьшается его натяжение и увеличивается стрела провеса, а в конечном итоге ухудшается токосъем даже при малых скоростях движения поездов. По этой причине некомпенсированную подвеску на электрических железных дорогах не применяют.

Для улучшения токосъема при высоких температурах используют подвеску с сезонным регулированием натяжения, выполняемым с помощью натяжной муфты дважды в год: весной и осенью. Поэтому изменение натяжения провода будет характеризоваться двумя кривыми для зимнего и летнего сезонов (рис. 2).

Точка A соответствует минимальной температуре t_{\min} . Натяжение провода при этой температуре достигает наибольшего значения K_{\max} . При повышении температуры натяжение изменится по кривой AB . Если бы не было выполнено сезонное регулирование, то при максимальной температуре t_{\max} натяжение снизилось бы до значения, соответствующего точке B . Но максимальная температура зимнего сезона равна t'_{\max} , поэтому натяжение не будет ниже соответствующего точке P . Наименьшая температура летнего сезона t'_{\min} несколько ниже

наибольшей температуры зимнего сезона. По температуре сезоны перекрывают друг друга на значение Δh , необходимое для регулировки всей подвески на заданном участке.

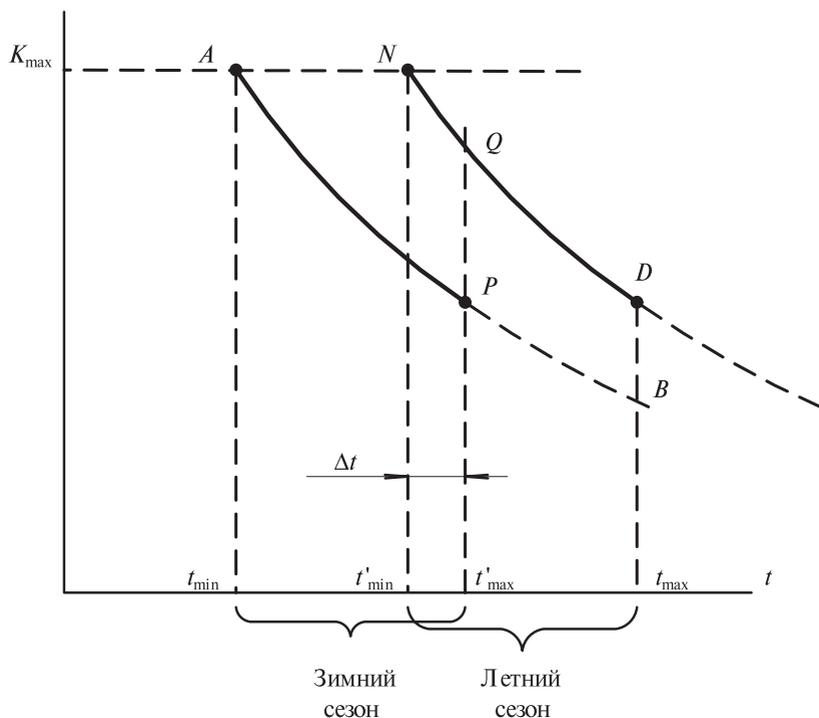


Рис. 2. Зависимость натяжения провода простой подвески от температуры

В пределах небольших отрезков времени колебания температуры получаются часто такими, что эффект от применения сезонного регулирования оказывается незначительным. Кроме того, затруднительна сама регулировка при эксплуатации. На дорогах применяют подвеску с автоматическим поддержанием постоянного натяжения в контактном проводе. Натяжение осуществляется с помощью груза, подвешенного через блоки к концу контактного провода. При таком способе натяжения температурные деформации контактного провода компенсируются перемещением грузов. Поэтому натяжение и стрела про-

веса провода в пролете около анкерной опоры почти не зависят от температуры. Устройство, состоящее из блоков и грузов, называют *компенсатором*, а подвеску — компенсированной. Такая подвеска сложнее и дороже рассмотренных выше, однако она позволяет значительно улучшить качество токопровода.

ОПИСАНИЕ СТЕНДА

Стенд представляет собой один пролет некомпенсированной простой подвески (замеры производятся в середине пролета). Длина пролета 60 м в натуре и 1 м — модели. Имитируется провод марки М-120. Дополнительная нагрузка на провод от гололеда создается подвешиванием к проводу дополнительных грузиков с суммарным весом, равным весу гололеда с толщиной стенки льда $b = 10$ мм (в натуре) и плотностью $\rho_{\text{гл}} = 0,9$ кг/см³. Имитация изменений температуры осуществляется с помощью отградуированных удлинителей провода.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Провести исследование изменения стрел провеса и натяжения некомпенсированного провода простой подвески в диапазоне температур от t_{min} до t_{max} . Замеры провести при следующих значениях температуры: -40 ; -20 ; -10 ; -5 ; 0 ; $+5$; $+10$; $+20$; $+40$ °С.

Для температуры -5 °С произвести также замер стрелы провеса провода при дополнительной нагрузке (гололеде).

Построить зависимость стрелы провеса от температуры $f(t)$, рассчитать и построить зависимость натяжения провода от температуры $H(t)$ (монтажные кривые). Натяжение некомпенсированного провода определяется с помощью выражения (1).

2. Произвести исследование изменения стрел провеса и натяжения провода при наличии сезонной регулировки. Для этого сначала сделать замеры стрел провеса при изменении температуры от t_{min} до t'_{max} . Затем установить температуру t'_{min} и произвести вытяжку провода до максимального значения. Повторить замеры стрел провеса в диапазоне температур от t'_{min} до t_{max} . Построить монтажные кривые $f(t)$ и $H(t)$ для подвески с сезонной регулировкой натяжения проводов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

«ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И КОНСТРУКЦИИ ОПОРНОГО УЗЛА НА СТРЕЛЫ ПРОВЕСА И НАТЯЖЕНИЕ НЕСУЩЕГО ТРОСА ПОЛУКОМПЕНСИРОВАННОЙ ЦЕПНОЙ ПОДВЕСКИ И СТРЕЛЫ ПРОВЕСА КОНТАКТНОГО ПРОВОДА»

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В зависимости от способа подвешивания контактного провода к несущему тросу на поддерживающие устройства у опорных конструкций цепные контактные подвески подразделяются по типу опорного узла с:

- опорной струной в опорном узле;
- околоопорными струнами в опорном узле;
- рессорной струной в опорном узле.

Опора (рис. 3), т.е. неподвижная точка, при изменении натяжения некомпенсированного провода не перемещается в вертикальной плоскости. Во всех других точках, где расположены струны, контактный провод смещается на такое же расстояние в вертикальной плоскости, как и несущий трос. Если пренебречь весьма малым удлинением струн, то стрела провеса контактного провода будет равна разности стрел провеса несущего троса при данной температуре t_x и при температуре t_0 — температуре беспровесного положения контактного провода.

$$f_x = F_x - F_0. \quad (2)$$

В случае значительного перепада температур, от минимальной t_{\min} до максимальной t_{\max} , возрастает разность натяжения несущего троса и, следовательно, стрела провеса контактного провода. Все это создает неблагоприятные условия для бесперебойного токосъема, в особенности при низших и высших температурах окружающей среды.

Если опорные струны переместить в обе стороны от оси опоры на одинаковое расстояние (рис. 4) получим одинарную цепную подвеску с околоопорными струнами в опорном узле.

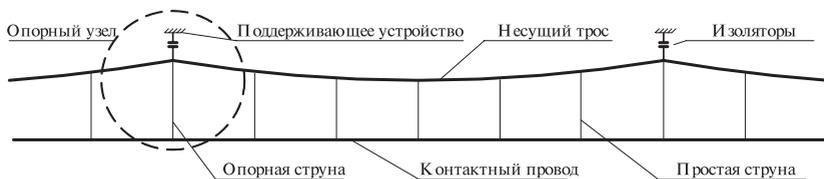


Рис. 3. Цепная подвеска с опорной струной в опорном узле

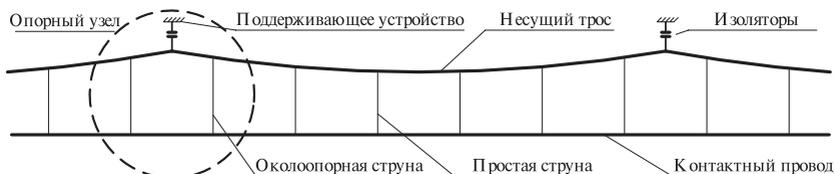


Рис. 4. Цепная подвеска с околоопорными струнами в опорном узле

При увеличении температуры воздуха нижние концы струн опустятся на такое же расстояние, на какое в этих точках опустится несущий трос. В случае симметрического сдвига струн относительно оси опоры контактный провод между ними опустится ниже или поднимется выше в зависимости от того, увеличилась или уменьшилась температура. При возрастании температуры по сравнению с температурой беспровесного положения контактного провода в середине пролета этот провод опустится на величину, равную разности стрел провеса несущего троса $F_x - F_0$, а у опор – на величину h . Таким образом, стрела провеса контактного провода в этой подвеске будет меньше стрелы провеса подвески с простой опорной струной в опорном узле на величину h :

$$f_x = (F_x - F_0) - h. \quad (3)$$

Значение h зависит от расстояния, на которое сдвинуты от оси опоры опорные струны: чем больше это расстояние, тем больше h . Однако далеко относить эти струны от опоры нецелесообразно, так как вес расположенного между ними фиксатора при увеличении этого расстояния будет восприниматься как сосредоточенная нагрузка, что ухудшает токосъем. Практически на прямых участках пути опорные струны сдвигают

от оси опор на расстояние $2 \div 3$ м. Поэтому, несмотря на то что подвеска со смещенными струнами несколько лучше, чем с простой опорной струной, получаемое уменьшение стрелы провеса контактного провода не столь значительно.

Для существенного улучшения качества токосъема необходимо раздвинуть опорные струны на большее по сравнению с предыдущей подвеской расстояние и одновременно снизить влияние фиксатора как сосредоточенной нагрузки. Эту роль выполняет рессорная струна в опорном узле (рис. 5).

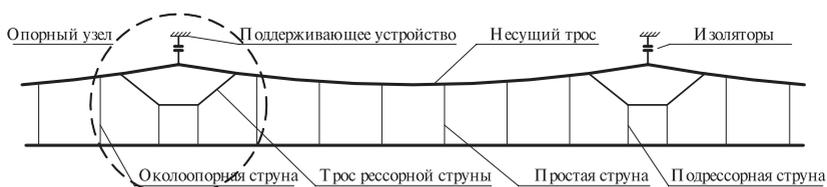


Рис. 5. Цепная подвеска с рессорной струной в опорном узле

Высота контактного провода под опорами при наличии рессорной струны не остается постоянной, как при подвеске с опорной струной, а меняется в зависимости от провеса несущего троса в местах крепления к нему рессорного троса и от изменения провеса самого рессорного троса. Благодаря этому значительно уменьшается стрела провеса контактного провода и улучшается работа всей подвески. Из-за разного вертикального перемещения несущего троса в местах крепления к нему рессорного троса и в местах крепления околоопорных струн контактный провод под опорой может иметь положительную или отрицательную стрелу провеса или занимать беспровесное положение. Однако стрела провеса при этом незначительна, поэтому обычно принимают, что контактный провод между околоопорными струнами занимает беспровесное положение, и тогда стрелу провеса в середине пролета определяют по той же формуле, что и для подвески со смещенными опорными струнами.

ОПИСАНИЕ СТЕНДА

Стенд представляет собой пролет полукомпенсированной подвески. Длина пролета – 60 м в натуре и 1 м на модели. Имитируется подвеска М-120 + МФ-100. Беспровесное положение контактного провода устанавливается регулировкой длины струн. Температура беспровесного положения контактного провода задается преподавателем. Имитация изменения температуры осуществляется с помощью отградуированных удлинителей провода (динамометров), врезанных с двух сторон в несущий трос.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Провести исследование изменения стрел провеса несущего троса и контактного провода и натяжения несущего троса полукомпенсированной цепной подвески с опорной струной или с околоопорными струнами в опорном узле в диапазоне температур от t_{\min} до t_{\max} . Замеры произвести при следующих значениях температур: -40 ; -20 ; -10 ; -5 ; 0 ; $+5$; $+10$; $+20$; $+40$ °С.

По результатам замеров и расчетов построить монтажные кривые: $T(t)$, $F(t)$, $f(t)$.

2. Повторить исследование для полукомпенсированной цепной подвески с рессорным тросом в том же диапазоне температур и для того же значения температуры беспровесного положения контактного провода. По результатам замеров и расчетов построить монтажные кривые: $T(t)$, $F(t)$, $f(t)$.

3. Сделать вывод, как влияет конструкция опорного узла и температура беспровесного положения контактного провода на стрелы провеса контактных проводов $f(t)$.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

«ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛАСТИЧНОСТИ ПОЛУКОМПЕНСИРОВАННОЙ ЦЕПНОЙ ПОДВЕСКИ С ПРОСТОЙ СТРУНОЙ В ОПОРНОМ УЗЛЕ (ИЛИ ОКОЛО-ОПОРНЫМИ СТРУНАМИ) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАТЯЖЕНИЯ НЕСУЩЕГО ТРОСА»

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При движении электроподвижного состава ток к нему поступает посредством скользящего контакта токоприемника с контактными проводами. Процесс токосъема можно считать бесперебойным, если этот контакт не прерывается, так как при отрыве между ними возникает искрение и может образоваться электрическая дуга. В этом случае новое соударение может привести к новому отрыву токоприемника. Электрическая дуга вызывает тяжелые последствия: контактный провод и пластины токоприемника нагреваются до высокой температуры и снижают механическую прочность; поверхности их становятся неровными. Удары токоприемника наносят механические повреждения контактным проводам. Увеличивается износ пластин токоприемников и контактных проводов, снижается надежность их работы, возрастает вероятность обрыва контактного провода.

Обеспечение полностью непрерывного контакта требует больших материальных затрат, поэтому на практике допускаются кратковременные отрывы токоприемников, не приводящие к заметным нарушениям токосъема. Качество токосъема оценивается по изменению величины контактного нажатия в пролете контактной сети и по характеру траектории токоприемника. Траектория токоприемника — это путь точки контакта его полоза с контактными проводами в вертикальной плоскости.

Для улучшения качества токосъема величина контактного нажатия не должна значительно изменяться по длине пролета, не выходя при этом за некоторые пределы. Нижний предел нажатия определяется значением, при котором в самых неблагоприятных условиях токоприемник не потеряет контакт

с проводом (отрыв токоприемника). Увеличение давления токоприемника сверх допустимого предела вызовет повышенное отжатие (подъем) контактных проводов, при котором возможно задевание рамы (полоза) токоприемника за детали контактной подвески и самого токоприемника. Допустимые значения контактного нажатия строго не нормируются. Считается, что изменение нажатия токоприемника на дорогах переменного тока (с одним контактным проводом) должно находиться в пределах $40 \div 200$ Н, а на дорогах постоянного тока (при двух контактных проводах) – в пределах $60 \div 360$ Н.

Чем ближе траектория токоприемника к прямолинейной, тем меньше изменяется контактное нажатие и тем лучше качество токосъема. В числе множества факторов, влияющих на качество токосъема, важное место занимает эластичность контактной подвески, от равномерности которой зависит плавность перемещения полоза токоприемника в пролете.

Эластичностью называется отношение высоты подъема контактного провода к силе нажатия токоприемника, вызвавшей этот подъем:

$$\eta = \frac{\Delta h}{P}, \quad (4)$$

где η – эластичность контактной подвески, мм/кН;

Δh – подъем контактного провода, мм;

P – сила нажатия токоприемника, кН.

Другими словами, *эластичность* равна величине отжатия контактного провода в миллиметрах под действием вертикальной силы, равной 1 кН.

Если эластичность подвески в пролете неравномерна, токоприемник будет поднимать контактный провод в различных точках на разную высоту, а его траектория будет отклоняться от прямолинейной. Чем больше неравномерность эластичности по длине пролета, тем труднее обеспечить бесперебойный токосъем, в особенности при больших скоростях движения поездов.

Основным требованием к контактным подвескам является возможно большее постоянство эластичности по длине про-

лета. Идеальный случай в этом отношении тот, когда коэффициент неравномерности эластичности, представляющий собой отношение значения эластичности η_c в середине пролета к значению эластичности $\eta_{оп}$ у опоры, равен единице:

$$K_{эл} = \frac{\eta_c}{\eta_{оп}}. \quad (5)$$

Другими словами, коэффициент неравномерности эластичности равен отношению величины максимальной эластичности к минимальной в пролете.

Эластичность одинарной контактной подвески в середине пролета пропорциональна длине пролета l и обратно пропорциональна сумме натяжений всех проводов, образующих контактную подвеску.

Эластичность рессорной контактной подвески у опоры (под рессорной струной) зависит главным образом от натяжений несущего троса и контактного провода, а также от длины рессорного провода $2a$, длины пролета l и расстояния z между опорой и ближайшей к ней простой струной.

Решение задачи по выравниванию эластичности в пролете сводится к понижению ее в средней части пролета или к повышению у опор. Возможности первого способа меньше, чем второго, поскольку уменьшение длины пролета неэкономично, а резерв повышения натяжения тросов и проводов, из которых выполнены контактные подвески, невелик. Лишь применение низколегированных контактных проводов позволяет несколько повысить суммарное натяжение подвески. Однако последующее уменьшение натяжения контактных проводов, которое осуществляется обслуживающим персоналом по мере износа контактных проводов, приводит к обратному — к повышению эластичности в середине пролета.

Выравнивание эластичности в пролете повышением ее опорной зоны является более перспективным способом, чем снижение ее в средней части пролета потому, что более высокая эластичность подвески позволяет легче обеспечить необходимое качество токосъема. Наиболее эффективным и экономичным

способом повышения эластичности в зонах опор является увеличение длины $2a$ рессорного провода и расстояния s между опорой и ближайшей к ней простой струной. Сокращение длины пролета l , полезное для уменьшения эластичности в середине пролета, в опорной зоне сказывается отрицательно, так как тоже несколько понижает здесь и без того низкую эластичность.

Величина, обратная эластичности, называется жесткостью контактной подвески:

$$Ж = \frac{P}{\Delta h} = \frac{1}{\eta}. \quad (6)$$

Жесткость контактной подвески показывает, какую вертикальную силу следует приложить в данной точке пролета, чтобы поднять подвеску на 1 мм.

Эластичность η простой контактной подвески в точке x пролета под действием вертикальной силы P находится по формуле:

$$\eta = \frac{x(l-x)}{IK}, \quad (7)$$

где K – натяжение контактного провода, кН.

В середине пролета в этом случае эластичность

$$\eta = \frac{l}{4K}. \quad (8)$$

В цепной подвеске с опорной струной в опорном узле струна практически не перемещается в вертикальной плоскости при изменениях температуры (пренебрегая крайне незначительным изменением длины самой околоопорной струны). В цепных подвесках с околоопорными струнами в опорном узле перемещение струн в вертикальной плоскости весьма незначительно.

В опорных узлах располагаются фиксаторы контактного провода. Часть веса этих фиксаторов воспринимается токоприемником при проходе под опорным узлом как сосредоточенная нагрузка. Наличие фиксатора в опорном узле увеличивает жесткость подвески в этом месте. В момент, когда токопри-

емник находится под фиксаторным узлом, несущий трос не разгружается и не поднимается. Следовательно, подъем контактного провода будет незначительным. При нахождении токоприемника в середине пролета несущий трос разгружается. В результате он поднимается примерно на такую же величину, что и контактный провод.

Таким образом, эластичность цепной подвески как с опорной струной в опорном узле, так и с околоопорными струнами неравномерна по длине пролета.

Эластичность цепной контактной подвески в любой точке x пролета без учета реакции струн определяется по формуле:

$$\eta = \frac{x(x-l)}{l(T+K)}, \quad (9)$$

где T – натяжение несущего троса, кН.

Для точки, расположенной с середине пролета, эластичность цепной подвески

$$\eta = \frac{l}{4(T+K)}. \quad (10)$$

ОПИСАНИЕ СТЕНДА

Токоприемник имитируется специальным устройством. В соответствии с масштабными коэффициентами задаются три значения статического давления токоприемника: 80, 130, 200 Н. Величины давления токоприемника на модели устанавливаются с помощью специального противовеса; благодаря этому заданное давление остается постоянным и не зависит от высоты подъема контактного провода.

Замеры величины отжатия контактного провода в пролете проводятся при установке токоприемника под каждой струной (в каждом межструновом пролете).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Провести исследование величины отжата контактного провода в пролете при температуре беспровесного положения контактного провода t_0 , натяжении несущего троса T_0 и давлении токоприемника $P = 80$ Н. Значения температуры беспровесного положения t_0 задаются преподавателем.

2. Повторить исследования при давлениях токоприемника 130 Н и 200 Н.

3. Повторить исследования, указанные в пунктах 1 и 2, при $t_{\min} = -40$ °С и $t_{\max} = +40$ °С.

4. По результатам исследований построить графики изменения эластичности и жесткости в пролете при различных давлениях токоприемника.

5. Дать рекомендации к выбору температуры беспровесного положения контактного провода t_0 .

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

«ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛАСТИЧНОСТИ ПОЛУКОМПЕНСИРОВАННОЙ ЦЕПНОЙ ПОДВЕСКИ С РЕССОРНЫМ ТРОСОМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАТЯЖЕНИЯ НЕСУЩЕГО ТРОСА»

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Принципиальное отличие подвески с рессорным тросом от подвески с опорными струнами состоит в том, что подъем провода у опор возникает при любом значении давления P токоприемника и любом его расположении в пролете.

Конструктивные размеры рессорного узла выбирают таким образом, чтобы при максимальной скорости движения эластичность подвески у опоры и под ближайшими к ней простыми струнами была примерно одинаковой.

При рессорном тросе обеспечивается более равномерная эластичность подвески в пролете по сравнению с простой струной в опорном узле и околоопорными струнами. Во время нахождения токоприемника под опорой его нажатие вызывает разгрузку рессорного, а затем и несущего троса. Подъем токоприемником контактного провода в опорных узлах при этом получается значительно большим, чем в цепных подвесках с опорными струнами, и, следовательно, меньше отличается от подъема проводов в средней части пролета.

Эластичность цепной контактной подвески в любой точке пролета x , где x изменяется от 0 до l , определяется по формуле (9), а в середине пролета – по формуле (10).

ОПИСАНИЕ СТЕНДА

Токоприемник имитируется специальным устройством. В соответствии с масштабными коэффициентами задаются три значения статического давления токоприемника: 80, 130, 200 Н. Величина давления токоприемника на модели устанавливается с помощью противовеса; благодаря этому заданное давление

остается постоянным и не зависит от высоты подъема контактного провода.

Замеры величины отжатия контактного провода выполняются в створе опор, а также под каждой струной пролета (в середине межструнового пролета).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Провести исследование величины отжатия контактного провода в пролете при температуре беспровесного положения контактного провода t_0 , натяжении несущего троса T_0 и давлении токоприемника $P = 80$ Н. Значения температуры беспровесного положения t_0 задаются преподавателем.

2. Повторить исследования при давлениях токоприемника 130 и 200 Н.

3. Повторить исследования, указанные в пунктах 1 и 2, при $t_{\min} = -40$ °С и $t_{\max} = +40$ °С.

4. По результатам исследований построить графики изменения эластичности и жесткости в пролете при различных давлениях токоприемника.

5. Дать рекомендации к выбору температуры беспровесного положения контактного провода t_0 .

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

«ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИСТЕМЫ КОНТАКТНОЙ ПОДВЕСКИ И СКОРОСТИ ВЕТРА НА ВЕТРОВЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ КОНТАКТНОГО ПРОВОДА»

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В целях снижения стоимости контактной сети длину пролета желательно делать как можно больше. Однако для обеспечения надежного токосъема это расстояние ограничивается величиной отклонения контактного провода от оси токоприемника под действием ветра максимальной для данного района интенсивности. Поэтому для любой системы контактной подвески длина пролета принимается такой, чтобы при максимальной скорости ветра отклонение контактного провода от оси токоприемника не превышало допустимой величины. Рабочая ширина полоза токоприемника составляет 1266 мм. Максимальное отклонение контактного провода от оси токоприемника не должно превышать 650 мм. Смещение контактного провода относительно оси пути может быть вызвано отклонением его под действием ветра, прогибом опор, вызванным дополнительной нагрузкой от ветра на провода цепной подвески и на опору. Отклонения оси токоприемника относительно оси пути, определяемые перемещением кузова локомотива и состоянием пути, могут достигать величины 150 – 200 мм. Поэтому максимально допустимое ветровое отклонение контактного провода в одну сторону от оси токоприемника с учетом прогиба опор установлено равным 500 мм на прямых и 450 мм на кривых участках пути.

На прямых участках пути контактный провод может располагаться как по оси пути, так и с зигзагом. Для того, чтобы обеспечить более равномерный износ контактных пластин токоприемника, контактный провод располагают со смещением (зигзагом) 300 мм относительно оси токоприемника.

На кривых участках пути контактный провод подвешивают таким образом, чтобы он образовывал хорды по отношению к

оси токоприемника. Для этого у опор выполняют зигзаги провода в направлении от центра кривой. Нормальный зигзаг контактного провода на кривых участках пути равен 400 мм.

В зависимости от взаимного расположения несущего троса и контактного провода в плане различают вертикальные, полукосые и косые подвески.

В вертикальной подвеске несущий трос и контактный провод при отсутствии ветра размещены один над другим в одной вертикальной плоскости. Следовательно, при вертикальной подвеске с зигзагом несущий трос у опор имеет такие же смещения, что и контактный провод, а это приводит к необходимости применения консолей различной длины, поэтому вертикальные подвески на прямых участках пути практически не применяются.

В полукосой подвеске несущий трос закрепляют без зигзагов, то есть над осью пути, а контактный провод располагают с зигзагами. Из-за того, что в полукосой подвеске несущий трос и контактный провод находятся в разных вертикальных плоскостях, струны получают некоторый наклон, который тем больше, чем ближе к опоре находится струна. Возникающие в опорных струнах горизонтальные составляющие их натяжения противодействуют отклонению провода под действием ветра, поэтому ветроустойчивость у полукосых подвесок выше, чем у вертикальных.

Для того, чтобы повысить ветроустойчивость цепной подвески, необходимо увеличить угол наклона струн. Это достигается в косой подвеске, где несущий трос и контактный провод у опоры имеют смещение от оси токоприемника в противоположные стороны. За счет увеличения наклона струн возрастает влияние горизонтальных составляющих их натяжения.

Несущий трос цепной подвески по-разному влияет на ветровые отклонения контактного провода. В косых подвесках он всегда уменьшает ветровые отклонения. В вертикальных и полукосых подвесках возможны три случая. На рис. 6 представлен вариант, когда ветровые отклонения несущего троса b_t и контактного b_k провода одинаковые, при этом струны располагаются вертикально и несущий трос не влияет на ветровые отклонения контактного провода.

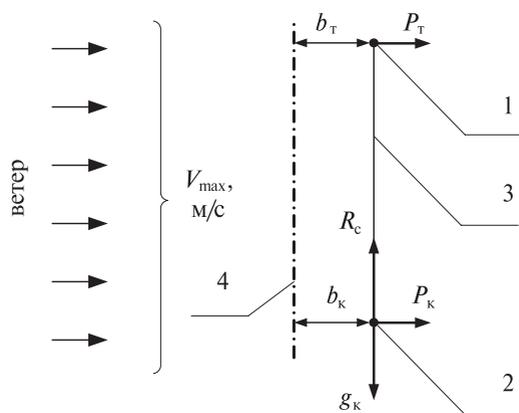


Рис. 6. Схема взаимодействия несущего троса и контактного провода при $b_T = b_K$: 1 – несущий трос; 2 – контактный провод; 3 – струна; 4 – ось пути

На рис. 7 показан вариант, когда отклонение контактного провода под действием ветра больше, чем несущего троса. Струны располагаются наклонно, вследствие чего возникают горизонтальные составляющие их натяжения P'_3 , направленные против действия ветра, и несущий трос уменьшает ветровые отклонения контактного провода.

На рис. 8 показан случай, когда отклонение несущего троса под действием ветра больше, чем контактного провода. В этом случае горизонтальные составляющие натяжения струн действуют по направлению ветра, и несущий трос увеличивает ветровое отклонение контактного провода.

Если несущий трос ограничивает ветровое отклонение контактных проводов, то длину пролета можно увеличить; если несущий трос увеличивает ветровое отклонение, то длину пролета следует уменьшить.

Во всех случаях максимально допустимую длину пролета следует выбирать так, чтобы максимальное ветровое отклонение было равно допустимому.

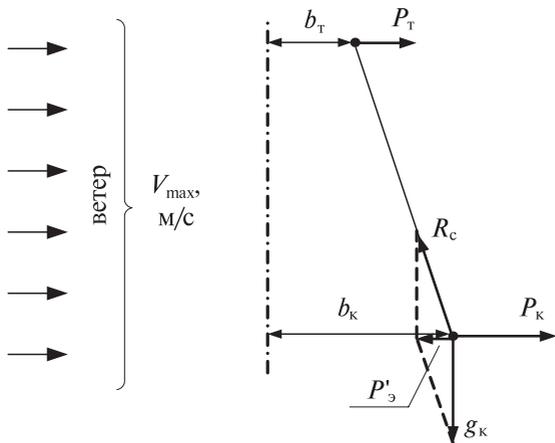


Рис. 7. Схема взаимодействия несущего троса и контактного провода при $b_T < b_K$

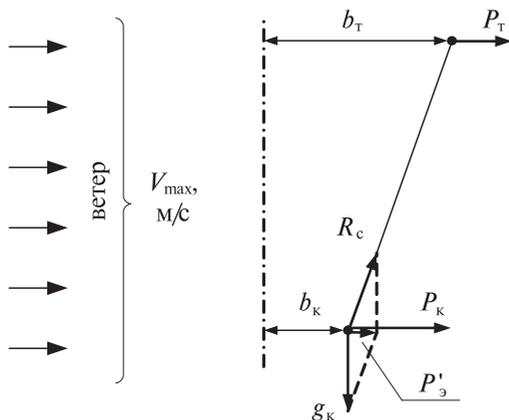


Рис. 8. Схема взаимодействия несущего троса и контактного провода при $b_T > b_K$

ОПИСАНИЕ СТЕНДА

Стенд представляет собой физическую модель пролета контактной сети длиной 60 м, расположенного на прямом участке пути. На простую подвеску с контактным проводом МФ-100, либо цепную подвеску М-120 + МФ-100 при различных схемах расположения проводов в плане, подвешиваются грузы, имитирующие различную ветровую нагрузку.

Натяжение проводов при помощи грузов поддерживается постоянным. Давление ветра на провода имитируется грузами, оттягивающими провода в пяти промежуточных точках пролета (0,1l, 0,3l, 0,5l, 0,7l, 0,9l) при помощи шнуров, переброшенных через блоки. Каждой скорости ветра соответствует специальный комплект грузов.

Зигзаги несущего троса и контактного провода устанавливаются посредством перемещения в пазах закрепляющих их клемм по концам пролета.

Измерение ветровых отклонений контактного провода от оси токоприемника ведется по горизонтальной шкале, укрепленной на специальном устройстве в виде полоза токоприемника.

Грузы, имитирующие давление ветра на проводах, маркированы следующим образом:

1. Грузы, моделирующие давление ветра на контактный провод, обозначены буквами «КП», а моделирующее давление на несущий трос – «НТ».

2. Грузы, соответствующие скорости ветра 20 м/с, выполнены минимального размера, 30 м/с – среднего размера, а 40 м/с – наибольшего размера.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Провести исследование отклонений контактного провода для простой подвески с зигзагом для скоростей ветра 20, 30 и 40 м/с.

2. Повторить исследования для вертикальной цепной подвески с зигзагом, полукосой и косою цепных подвесок. Величина зигзага несущего троса в косою подвеске задается преподавателем.

3. По результатам исследований построить кривые отклоненного ветром контактного провода в пролете при разных системах подвески и скоростях ветра 20, 30, 40 м/с. Определить наиболее и наименее ветроустойчивую подвеску. Сформулировать заключение о надежности токосъема по отклонениям контактных проводов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

«ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ФИКСАЦИИ ВОЗДУШНЫХ СТРЕЛОК»

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Воздушные стрелки предназначены для обеспечения перехода токоприемника с контактного провода одного пути на контактный провод другого пути при движении электроподвижного состава по стрелочному переводу. Они образуются пересечением двух контактных подвесок посредством наложения одного контактного провода на другой. При этом необходимо обеспечить одновременный подъем обоих контактных проводов при подходе токоприемника к воздушной стрелке с любой стороны. В противном случае тот контактный провод, который не будет приподнят, попадет под полоз токоприемника, оба контактных провода будут подниматься без каких-либо дополнительных устройств только при подходе токоприемника к воздушной стрелке по нижнему контактному проводу. Для того, чтобы подъем проводов происходил и при подходе токоприемника к воздушной стрелке по верхнему из них, на нижнем контактном проводе укрепляют ограничительную трубку, а между ней и нижним контактным проводом про пускают верхний. Тогда при подходе токоприемника к воздушной стрелке по верхнему контактному проводу он будет отжимать вверх ограничительную трубку и вместе с ней – нижний контактный провод.

Для повышения надежности работы воздушных стрелок струны, которые расположены вблизи подхвата контактных проводов, делают двойными.

На главных путях станций воздушные стрелки выполняют так, чтобы контактные провода этих путей находились снизу, и токоприемник при движении поезда по главному пути не переходил на контактный провод примыкающего пути.

В тех случаях, когда контактные провода на воздушных стрелках изменяют свое направление, они должны быть закреплены с помощью фиксатора, удерживающего контактные провода в требуемом положении. Такие воздушные стрелки называют фикси-

рованными. Для закрепления проводов воздушных стрелок стремятся использовать поддерживающие опоры контактной сети с установленными на них поддерживающими устройствами, а при их отсутствии устанавливают специальные фиксирующие опоры. На таких опорах закрепляют фиксаторы и фиксирующие тросы.

На стрелочных переводах наилучшие условия прохода токоприемника по воздушной стрелке во всех направлениях будут при расположении фиксирующих устройств на расстоянии $1,5 \div 3$ м от точки пересечения контактных проводов в сторону острья стрелки (рис. 9).

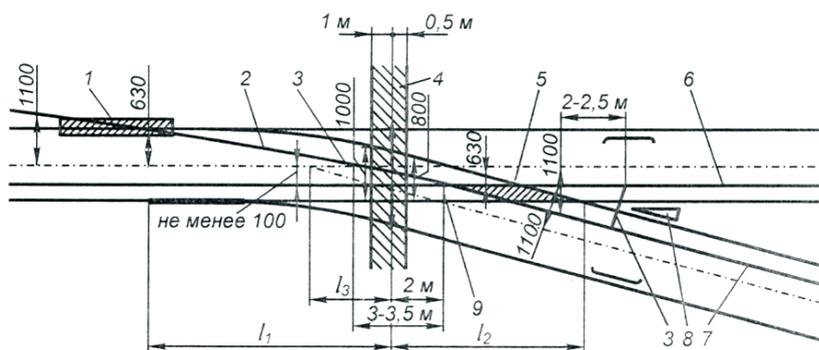


Рис. 9. Схема фиксированной воздушной стрелки при обыкновенном стрелочном переводе:

1 – зона подхвата полоза токоприемника под нерабочей ветвью контактного провода; 2 – нерабочая ветвь контактного провода; 3 – электрические соединители; 4 – область расположения фиксирующего устройства; 5 – зона подхвата полозом токоприемника контактных проводов; 6 – контактный провод прямого пути; 7 – контактный провод примыкающего пути (съезда); 8 – крестовина; 9 – место пересечения контактных проводов. Размеры в мм, размеры в м указаны на рисунке

В свою очередь, наиболее благоприятное расположение контактных проводов, образующих воздушную стрелку, будет в том случае, когда точка их пересечения находится между осями прямого и примыкающего путей и отстоит от каждого из них на величину $360 \div 400$ мм. Эта точка располагается в том месте, где расстояние между внутренними гранями головок соединительных веток крестовины стрелочного перевода составляет $730 \div 800$ мм.

Для различных марок крестовины стрелочного перевода расстояние от острьяка стрелки, от центра перевода и от математического центра крестовины до места установки фиксирующих устройств будут разными (см. табл. 2).

Таблица 2

Марка крестовины	Расстояния от фиксирующего устройства, м		
	до острьяка стрелочного перевода, l_1	до центра крестовины, l_2	до математического центра стрелочного перевода, l_3
1/22	39,5	21,0	12,5
1/18	32,5	17,0	11,0
1/11	17,5	9,5	6,0
1,9	17,0	8,0	5,0
1,6	10,0	5,5	3,0

В тех случаях, когда фиксирующие устройства не могут быть размещены на указанных в табл. 2 расстояниях, допускается их сдвигка на $3 \div 4$ м в сторону острьяка стрелки. Расстояние между контактными проводами в плане у фиксирующего устройства воздушной стрелки должно быть не менее 100 мм.

Воздушные стрелки, расположенные на значительном удалении от фиксирующих устройств, называют нефиксированными. Их выполняют, смещая анкерные опоры на такое расстояние, чтобы анкеруемые после стрелки провода проходили без излома, либо закрепляя на фиксирующих тросах поперечно пересекающиеся провода таким образом, чтобы они на стрелках не изменяли направления.

ОПИСАНИЕ СТЕНДА

Стенд для трассировки воздушных стрелок представляет собой рабочий стол размером 1500×350 мм, оборудованный приспособлениями, позволяющими закреплять моделируемые контактные провода и несущие тросы.

На площади стенда размещается лист с эпюрой стрелочного перевода, вычерченный в масштабе 1 : 50.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Для воздушной стрелки над обыкновенным стрелочным переводом:

1. Определить место наилучшей фиксации воздушной стрелки, для чего установить место пересечения контактных проводов, а также выбрать место установки фиксирующей опоры и место анкеровки отходящей ветви.

2. Подвесить несущие тросы и контактные провода прямого и примыкающего путей.

3. Отрегулировать воздушную стрелку таким образом, чтобы пересечение контактных проводов было над выбранной точкой.

4. Определить марку крестовины стрелочного перевода.

5. Определить зону установки фиксирующей опоры.

6. Повторить исследования для других конфигураций стрелочных переводов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михеев В. П. Контактные сети и линии электропередачи: Учеб. для вузов ж.-д. тр-та. – М.: Маршрут, 2003. – 416 с.
2. Марквардт К. Г. Контактная сеть: Учеб. для вузов ж.-д. тр-та. – М.: Транспорт, 1994. – 335 с.
3. Правила устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог (ЦЭ-868). Департамент электрификации и электроснабжения Министерства путей сообщения Российской Федерации. – М.: «ТРАНСИЗДАТ», 2006.
4. Контактная сеть и воздушные линии. Нормативно-методическая документация по эксплуатации контактной сети и высоковольтным воздушным линиям – Справочник. Департамент электрификации и электроснабжения Министерства путей сообщения Российской Федерации. – М.: «ТРАНСИЗДАТ», 2006.
5. Бондарев Н. А. Контактная сеть: Учеб. для техникумов и колледжей ж.-д. тр-та. – М.: Маршрут, 2006. – 590 с.

КОНТАКТНЫЕ СЕТИ И ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Руководство к выполнению
лабораторных работ

Редактор *П.В. Елистратова*
Корректор *В.В. Игнатова*
Компьютерная верстка *А.Ю. Байкова*

Тип. зак.	Изд. зак.278	Тираж 500 экз.
Подписано в печать 25.02.09	Гарнитура NewtonС	
Усл. печ. л. 2,0		Формат 60×90 ¹ / ₁₆

Издательский центр
Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати
Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2