



ников П.А., Климась А.С.// Наука и образование транспорту. №2, 2018. – С. 77-78.

6. Франтасов Д.Н. Исследование и разработка инструмента верификации программ управления для беспилотных транспортных средств. / Франтасов Д.Н., Мельников П.А., Климась А.С.// Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. Том 12, №12. – С. 61-65.

Н.С. Шорохов, А.О. Жалилов

## ОПЫТНАЯ ПРОВЕРКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ БОРЬБЫ С ГОЛОЛЕДОМ НА КОНТАКТНОМ ПРОВОДЕ

(Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС))

В связи возросшим грузопотоком и повышенном пропуске поездов пристальное внимание уделяется электрическим сетям, а именно контактному проводу и борьбе с гололёдом на нем.

На сегодняшний день существуют три способа борьбы с гололёдом [1] на контактном проводе: электрический, механический, химический. Недостатками существующих методов являются быстрый износ контактного провода, большие энергозатраты на нагрев контактного провода, снижение надежности электрооборудования на тяговых подстанциях при существующих методах и их низкая эффективность. Обледенение также является причиной ухудшения качества токосъема, возникают дуговые разряды с огромными токами, что может привести к пережогу провода и повреждению графитовых токоприемников. Такое может случиться даже при образовании инея на контактном проводе. Ухудшение качества токосъема и, тем более, пережог и обрыв контактного провода могут привести к остановке движения поездов, а значит к большим экономическим потерям. Вследствие этого во всем мире активно проводятся исследования и осуществляются разработки способов борьбы с гололёдом на контактном проводе и линиях электропередач.

Авторами предлагается изменить конструкцию контактного провода так, что линия электропередачи будет состоять из контактного провода и нагревателя, который представляет собой теплопроводящую электроизолирующую гибкую трубку, заполненную диэлектрической теплопроводной средой, например трансформаторным маслом и нагревательного провода, причем вдоль контактного провода выполнена круглая канавка диаметром не менее нагревателя и в ней он запрессован на 2/3 своего диаметра и прижат (Рисунок 1).

Устройство содержит контактный провод 1, круглую канавку 2, нагреватель, состоящий из: теплопроводящая электроизолирующая гибкая трубка 3, диэлектрическая теплопроводная среда, например трансформаторное масло 4, нагревательный провод 5, нажимная пружина 6, зажим для провода контактной сети 7, внешний источник тока 8.

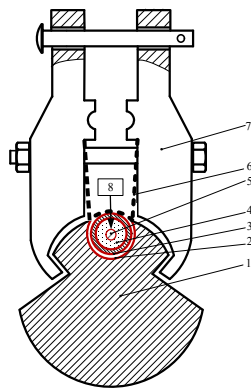


Рис. 1. Устройство для борьбы с гололедом на контактном проводе

Нагревательный провод может нагреваться от протекания по нему тока от внешнего источника тока, либо разогреваться за счет уравнительных токов протекающих между питающими подстанциями, при переменном токе или постоянном токе, если одна из подстанций работает в инверсном режиме.

Максимально допустимый ток нагревательного провода рассчитывается по уравнению 1:

$$I = \sqrt{\frac{\Theta_M \cdot H}{r}} \quad (1)$$

, где  $\Theta_M$  - разность температур между нагревательным проводом и теплопроводной средой,  $H$  - полная теплоотдача нагревательного провода,  $r$  - сопротивление нагревательного провода.

$$H = K_{ot} \cdot S_t \quad (2)$$

, где  $K_{ot}$  - удельная теплоотдача нагревательного провода,  $S_t$  - площадь поверхности теплоотдачи нагревательного провода.

Так как плавление льда осуществляется за счет передачи тепла от нагревательного провода, то для расчета необходимого количества теплоты, подаваемое на контактный провод, использовалось выражение 3:

$$Q = m \cdot \lambda \quad (3)$$

, где  $m$  – масса наледи,  $\lambda$  - удельная теплота плавления льда.

Математические расчеты показали, что для обогрева контактного провода сто метровой длины, на нагревательный провод диаметром 0,4 мм необходимо подавать ток от единиц ампера до двенадцати в зависимости от среды, в которую он помещен и изменения окружающей температуры. Однако лед на контактном проводе образуется в основном при перепадах температур окружающей среды от  $-5$  до  $+1$  градуса Цельсия, поэтому в среднем оптимальным будет ток от 1 до 3 А.

Для опытной проверки математических расчетов был собран испытательный стенд и собрана опытная конструкция контактного провода с устройством для борьбы с гололедом. Исходными данными для создания опытного образца были: 2 контактных провода вида МФ-100, регулируемый источник питания,



тепловизор FlirE-70, нагревательный провод 0,4 мм. Испытательный стенд был вынесен на улицу (рисунок 2) для эксперимента в реальных условиях при температуре воздуха -19 градусов по Цельсию, влажностью воздуха 56% и скоростью ветра 4 м/с.

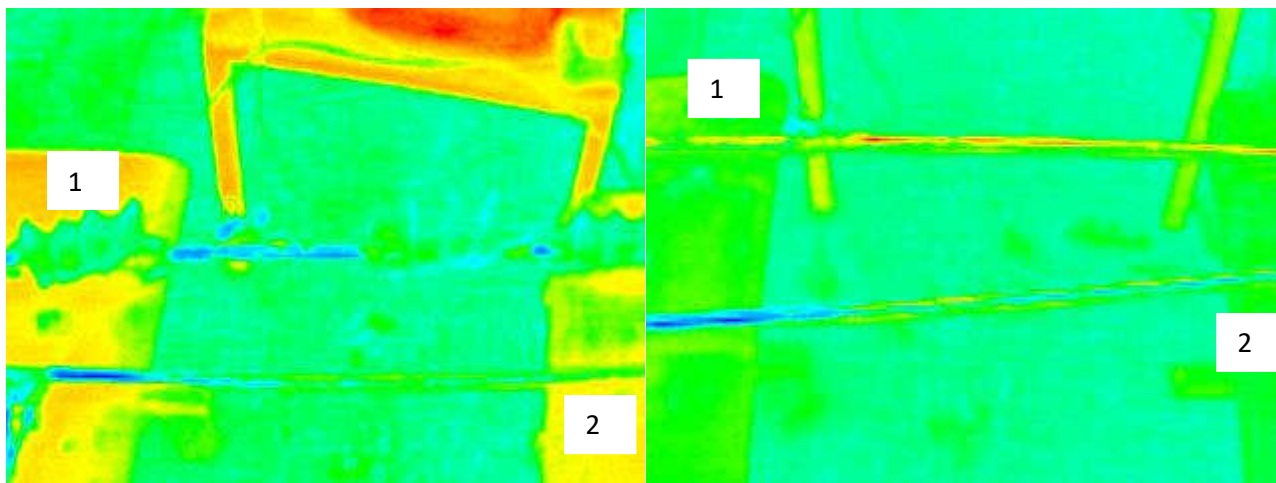
К опытному образцу был подключен внешний источник, который подавал ток к нагревательному проводу в течении десяти минут. До эксперимента образцы контактного провода были охлаждены до уличной температуры в течении суток. Контроль нагрева испытуемого контактного провода 1 и сравнение с шаблонным 2 осуществлялось с помощью тепловизора.



Рис. 2. Испытательный стенд устройства для борьбы с гололедом в реальных условиях

Из данных, полученных по показаниям тепловизора (рисунок 3), видно, что контактные провода 1 и 2, до начала эксперимента находятся в одинаковых условиях. После подготовительного этапа был запущен эксперимент. Для нагрева контактного провода 1 с нагревательным проводом подан ток в 0.7 А от внешнего источника, в следствии чего спустя 5 минут снег со льдом расплавился и опал, еще через 3 минуты контактный провод просох. Тепловизор показывал, что контактный провод нагрелся до температуры 30-40 градусов по Цельсию. Температура шаблона, контактного провода 2, за тот же промежуток времени, не изменилась

При научном исследовании данной актуальной было обоснованно расчетным путем, что гололед на линиях электропередач можно предупреждать или эффективно от него избавляться новым способом, который можно реализовать простым техническим решением. Проведенная в реальных условиях опытная проверка устройства для борьбы с гололедом на контактном проводе показала, что в зависимости от климатических условий эксплуатации контактного провода и его длины, обогрев можно осуществлять и меньшим током, а если использовать уравнильные токи, то не понадобятся и внешние источники питания. При опытной реализации эксперимента были подтверждены расчетные оптимальные и граничные условия эксплуатации и режимы работы.



а) До начала эксперимента

б) В конце эксперимента

Рис. 3. Показания тепловизора

### Литература

1. Марквардт, К.Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог. – Учебник для высших учебных заведений ж.д. транспорта – М.: Транспорт, 1982, 524 с