

УДК 621.332.33

Г.Ф. Коняхин, В.С. Сулима

Українська інженерно-педагогічна академія, Харків

## СПОСОБ БОРЬБЫ С ОБЛЕДЕНЕНИЕМ КОНТАКТНОГО ПРОВОДА И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ

*Проанализированы способы удаления льда с провода контактной сети. Предложен простой эффективный способ освобождения от льда контактного провода сети электрифицированной железной дороги посредством поперечного прогрева провода. Проведен энергетический расчет затрат на борьбу с обледенением.*

**Ключевые слова:** электрический ток, обледенение, контактный провод, мобильная установка, железная дорога.

### Введение

#### Постановка проблемы и анализ литературы.

Большинство основных направлений на железных дорогах Украины электрифицировано. Электрификация повышает пропускную и провозную способность дороги, снижает себестоимость перевозок, и этот процесс продолжается. Серьезной помехой в работе электрифицированной железной дороги является обледенение контактного провода, вызывающее сбои в движении поездов. Предложены различные варианты борьбы с этим явлением.

В работе [1] рассматривается способ удаления льда с контактного провода путем нанесения на него специальной смазки. Недостатками процесса нанесения смазки является значительная трудоемкость, при этом приходится закрывать движение поездов. Смазывание необходимо наносить загодя, оно недолговечно, легко снимается с провода полозьями токоприемников. В работе [2] приводится способ и устройство типа НОГ-6 для удаления льда с провода контактной сети. Недостатком устройства является низкая производительность и возможность повреждения и деформации провода в процессе удаления льда. Повреждение провода может привести к прекращению движения поездов, деформация провода будет сопровождаться в дальнейшем ускоренным износом. Такие же недостатки свойственны барабанам с пневмотурбинами для удаления льда с контактного провода [3]. Предложены также электрические способы удаления льда [4]. Их недостатками является то, что во время плавки льда движение поездов невозможно, но возможен отжиг провода со следующим его обрывом. В работе [5] для удаления льда с контактного провода через него пропускают ток короткого замыкания. Недостатком такого способа является серьезная опасность отжига провода при протекании токов короткого замыкания.

**Целью данной статьи** является обеспечение эффективного и быстрого удаления льда с контактного провода электрифицированной железной доро-

ги и обеспечение возможности движения поездов без перерыва.

### Основная часть

Нами предлагается эффективный быстродействующий способ удаления льда с контактного провода сети электрифицированных железных дорог. Таким, по нашему мнению, может быть поперечный подогрев контактного провода током, не превышающим допустимого значения. Известно, что обледенение наступает в осадках при небольших отрицательных температурах воздуха ( $-1...-3^{\circ}\text{C}$ ). Поэтому, чтобы избавиться от льда, достаточен незначительный прогрев провода до  $0^{\circ}\text{C}$ .

Предлагаемый способ включает обеспечение транспортировки средства передвижения и установки на нем мобильной установки для удаления льда с контактного провода, поднятие управляемого пантографа до контакта с проводом сети, замыкание контактора, подключение нагрузки к проводу контактной сети и пропускание переменного или постоянного тока подогрева по контактному проводу в течение времени порядка одной минуты. После удаления льда с контактного провода размыкают контактор, опускают пантограф и транспортируют средство передвижения и установленную на нем мобильную установку для удаления льда до конца следующей секции контактной сети.

На рис. 1 представлены структурные схемы устройств, которые реализуют предлагаемый способ. Работа такой установки происходит следующим образом. Средство передвижения, на котором размещена мобильная установка для удаления льда с контактного провода сети, состоящая из управляемого пантографа, контактора и нагрузки, транспортируется к пораженному льдом участку контактной сети ближе к концу секции, противоположной подключению фидера питания контактной сети. После этого поднимают управляемый пантограф до контакта с проводом сети, включают контактор, присоединяют нагрузку к контактному

проводу сети и пропускают по нему электрический ток. Через время порядка одной минуты провод прогревается, и лед осыпается с него. Далее контактор размыкается, управляемый пантограф опускается, и средство передвижения с мобильной

установкой транспортируется до конца следующей секции контактной сети. Таким образом, поезд, который следует за мобильной установкой для удаления льда, лишь замедляет движение (без надобности прерывать движение).

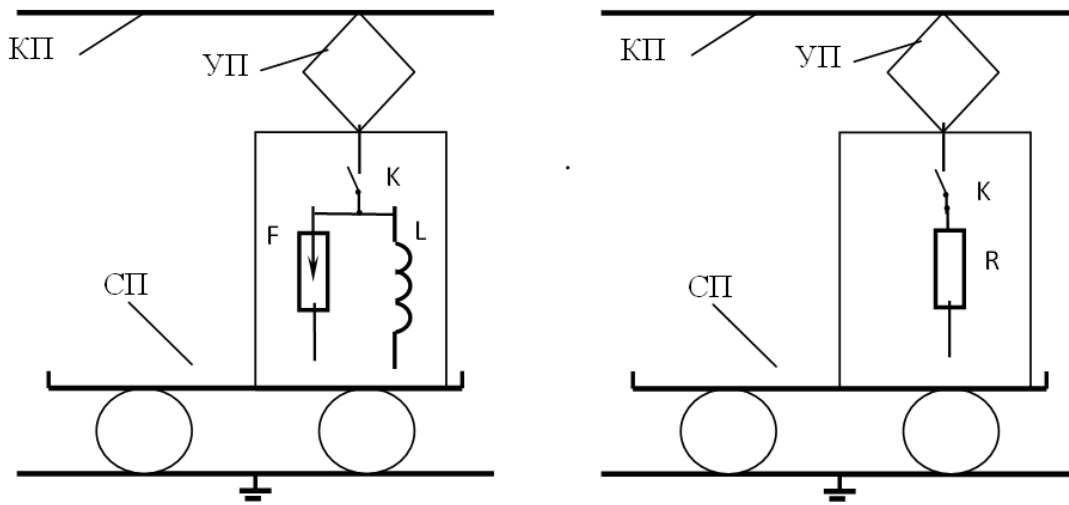


Рис. 1. Структурная схема устройств переменного и постоянного токов соответственно: средство передвижения – СП, управляемый пантограф – УП, контактор – К, нагрузка – L, R, разрядник – F, контактный провод сети – КП

Для быстрого удаления льда с контактного провода сети используется джоулево тепло, которое выделяется в контактном проводе при пропускании по всей длине секции контактной сети тока. Для контактной сети переменного тока напряжением 27 кВ в качестве нагрузки используется индуктивность порядка 0,1 Гн, защищенную разрядником от перенапряжений, возможных при отключении индуктивности от сети.

Для контактной сети постоянного тока напряжением 3,3 кВ в качестве нагрузки используется электрический котел с водой объемом 1...2 м<sup>3</sup>.

Назначение контактора – исключить пережигание контактного провода сети дугой при размыкании электрической цепи при опускании пантографа. Элементы мобильной установки монтируются на съемном основании, устанавливаемом на автономной дрезине.

За 1,5...2 часа можно освободить от льда около 60 километров контактного провода (в зависимости от атмосферных условий – степени обледенения).

Важно, что мобильная установка для удаления льда с контактного провода не требует специального источника энергии – используется тяговая подстанция, а потребность в средстве передвижения возникает лишь в период неблагоприятных условий борьбы с обледенением. Остальное время она может храниться отдельно в хозяйственном помещении.

Мобильная установка состоит из стандартных элементов (пантограф, контактор-выключатель) и ее подключение существенно не отличается от других штатных потребителей.

Выезд средства передвижения (дрезины) с мобильной установкой для удаления льда и его работа не требует никаких специальных условий движения (штатные устройства СЦБ обеспечивают безопасность движения).

Для подтверждения эффективности и быстроты действия предложенного способа проведем оценочный расчет.

Сопротивление стандартных контактных проводов марки МФ и БрФ сечением 100 мм<sup>2</sup> составляет 3·10<sup>-4</sup> Ом/м или 0,3 Ом/км.

При пропускании тока I = 600 А количество тепла, которое выделяется в отрезке провода длиной 1 м за 1 секунду, равно

$$Q_1 = I^2 R_1 t = 600^2 \cdot 3 \cdot 10^{-4} \cdot 1 \cdot 100 \text{ Дж} = 0,1 \text{ кДж}.$$

Результат выделения джоулева тепла зависит от теплоемкости нагреваемой массы и потерь, например, через элементы подвески провода. Теплоемкость отрезка провода длиной 1 м

$$C_1 = cm_1 = 0,385 \cdot 1 = 0,385 \text{ кДж / К},$$

где c – удельная теплоемкость меди; m<sub>1</sub> – масса 1 м провода.

Если количество прогреваемой меди точно известно, то количество льда на проводе может быть

произвольно. В качестве первого приближения возьмем объем льда, равный объему меди, хотя он может быть и значительно больше.

Чтобы учесть вклад в теплоемкость льда, сравним произведение удельной теплоемкости вещества на удельную плотность для меди и льда:

$$0,385 \cdot 9 = 3,5 \text{ и } 2 \cdot 0,9 = 1,8.$$

Таким образом, равный объем льда увеличивает суммарную теплоемкость в полтора раза; вдвое больше – удваивает.

Соответственно, теплоемкость для провода и льда на отрезке в 1 м составит

$$C_1^* = 0,385 \cdot 1,5 = 0,6 \text{ кДж/К.}$$

Если изменение температуры в результате подогрева принять равным (с запасом)

$$\Delta t = 10^0 \text{C} = 10 \text{ К,}$$

то количество тепла составит

$$Q_1 = C_1^* \cdot \Delta t = 0,6 \cdot 10 = 6 \text{ кДж.}$$

Благодаря такому запасу мы можем пренебречь в расчетах потерями в элементах крепления, учитывая точечность соприкосновения их с контактным проводом и малый перепад температур.

Разделив необходимое количество тепла на выделяемую мощность  $P$ , получим время подогрева

$$t = Q_1 / P = 6 \cdot 0,1 = 60 \text{ с.}$$

Таким образом, пропуская значительный ток по всей длине контактного провода секции контактной сети, за время порядка 1 минуты можно добиться осыпания льда и возможности возобновить движение электропоездов и поездов с электровозной тягой.

## Выводы

1. Подвижная единица вместе с мобильной установкой используются лишь во время неблагоприятных погодных условий, остальное время установка может храниться в хозяйственном помещении;

2. Мобильная установка состоит из стандартных элементов (пантограф, контактор), и ее подключение существенно не отличается от других штатных потребителей;

3. Выезд подвижной единицы с мобильной установкой и ее работа не требует никаких специальных условий движения (штатные устройства СЦБ обеспечивают безопасность движения);

4. В условиях обледенения во время работы мобильной установки поезда следуют за ней, хотя и со сниженной скоростью (30...50 км/ч в зависимости от степени обледенения), но без необходимости прекращения движения.

## Список литературы

1. Другов Н.И. Гололедоочистительное устройство типа НОГ-6 / ОИ ЦНИИТЭИ МПС. / Н.И. Другов. // Ж.-д. трансп. Серия Электрификация и энергетическое хозяйство. – 1983. – Вып. 4. – С. 12-18.
2. Федоров В.Ф. Применение барабанов с пневмотурбинами по обивке гололеда с проводов контактной сети. ИЛ N Э 1089-5123 / В.Ф. Федоров. – Днепропетровск: ДЦНТИ, 1982. – 2 с.
3. Марквардт К.Г. Контактная сеть / К.Г. Марквардт. – М.: Транспорт, 1994. – 335 с.
4. А.С. 587547, МПК Н 02 G, 7/16. Левин И.А., Улановский М.Б. Способ удаления гололеда с проводов расцепленной фазы линии электропередачи. Опубл. в БИ N 1 от 05.01.78.
5. А.С. 1045322А МПК Н 02 G, 7/16 В.С. Молодцов и В.С. Сатаров. Способ удаления льда с проводов расцепленной фазы линии электропередачи. Опубл. в БИ N 36 от 30.09.83.

Поступила в редколлегию 13.02.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.М. Сотников, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## СПОСІБ БОРОТЬБИ З ОБЛЕДЕНІННЯМ КОНТАКТНОГО ПРОВІДУ І ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЯ

Г.Ф. Коняхін, В.С. Суліма

*Проаналізовані способи видалення льоду з проводу контактної мережі. Запропонований простий ефективний спосіб звільнення від льоду контактної мережі електрифікованої залізниці за допомогою посеційного прогрівання проводу. Проведений енергетичний розрахунок витрат на боротьбу з обледенінням.*

**Ключові слова:** електричний струм, обледеніння, контактний провід, мобільна установка, залізниця.

## A METHOD OF DEICING TROLLEY WIRE AND ITS IMPLEMENTATION

G.F. Konyakhin, V.S. Sulima

*Analyzed ways to remove ice from the catenary wire. A simple effective way to release the ice-contact wires of electrified railway network through the Multiple Feature Select heating wire. Energy cost calculation carried out to combat icing.*

**Keywords:** electricity, ice, contact wire, mobile installation, the railroad.