

## **ВЛИЯНИЕ НА КЛИМАТИЧНИТЕ УСЛОВИЯ ВЪРХУ НАДЕЖДНАТА РАБОТА НА КОНТАКТНАТА МРЕЖА, КАТО ЕЛЕМЕНТ НА ЖЕЛЕЗОПЪТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА**

**Георги Павлов, Никола Стамболиев**  
[g\\_pavlov61@abv.bg](mailto:g_pavlov61@abv.bg), [nstamboliev@abv.bg](mailto:nstamboliev@abv.bg)

**ВТУ „Тодор Каблешков“ - София**  
**ул. „Гео Милев“ 158, София 1574**  
**БЪЛГАРИЯ**

**Ключови думи:** *контактна мрежа, обледяване, влаково движение*

**Резюме:** *Енергозахранването на железопътния транспорт в Република България се осъществява от система за еднофазен променлив ток 25кV, 50Hz. Качествата на тази система на захранване позволяват увеличаване на пропускателната и превозна способност на железопътната мрежа, и намалява разходите за транспорт.*

*За стабилната работа на контактната мрежа са разработени специални организационни и технически мероприятия, но въпреки това метеорологичните условия остават един от основните проблеми.*

*Експлоатацията на контактната мрежа при зимни условия е значително усложнена. Ниските температури и влиянието на вятъра, благоприятстват образуването на лед върху проводниците. Ледената кора върху контактния проводник влошава токоснемането, създава условия за появата на искрене и електрическа дъга между пантографа и контактната мрежа. При тези случаи се наблюдава загряване и нагар на контактните проводници, а в някои случаи прегаряне и скъсване. Това води до нарушаване на графика за движение на влаковете и пропускателната способност на участъка в железопътната инфраструктура.*

*В доклада са представени основните резултати от направен анализ, за конкретен период от време, на проблемни режими на работа на тяговата контактна мрежа, свързани с обледяването на тоководещите елементи на контактната система, и в частност – контактния проводник. Изследвани са енергийната и икономическа ефективност на системата. Формулирани са конкретни изводи и препоръки, както и технически предложения за решаване на тези проблеми и повишаване на ефективността на работа на засегнатия участък от контактната мрежа.*

### **1. Въведение**

Зимния период създава условия, при които работата на контактната система се усложнява. Ниските температури, отлагането на ледени образувания и скоростта на вятъра са фактори, водещи до отклонението от нормалния режим на работа на контактната мрежа (допълнително натоварване) и токоснемането.

В следствие на тези обстоятелства, между контактния проводник и пантографа настъпва пробив и се появява дъга, т.е. токоснемането става дъгово. Периодичното намаляване или пълно прекъсване, следвано от увеличение на тока при дъговото токоснемане довежда до повреждане на работната повърхност на контактния проводник, бързо износване, а в някои случаи до прегряване и деформация.

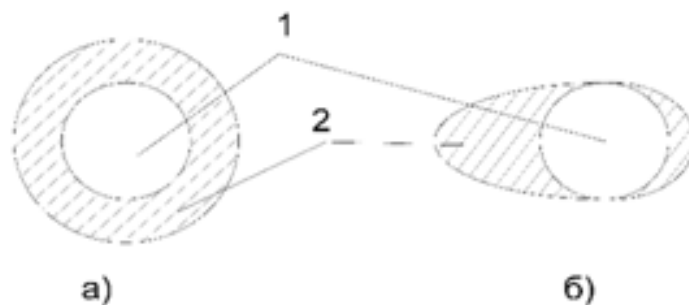
Допълнителното натоварване от лед върху контактната система, води и до редица усложнения, като увеличаване натягането (предизвика скъсване на проводници), отклонение на провесите (предпоставка за лошо токоснемане), влияе и на параметрите на пантографа (оптекаемост).

Фактора ледообразуването може да доведе, както до затруднение и влошаване експлоатацията на контактната система, така и до по-сериозни аварии.

В тази връзка, съгласно категоризацията на строежите в Република България, като строеж от първа категория, сигурността и надеждността са едни от основните изисквания към контактната мрежа, която е част от системата за енергоразпределение на тяговата енергия. С цел да бъдат удовлетворени тези изисквания, е необходимо да се предвидят нехарактерните влошаващи режими на работа и мерки за намаление или премахване на тяхното въздействие.

## 2. Принципи и параметри на ледообразуването

Ледообразуването се появява при определени атмосферни условия, предимно в началото и края на зимния сезон. Благоприятните за ледообразуване метеорологични условия се характеризират с неустойчиво време – сравнително бързо редуване на температури под и около  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , с температури над и около  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , т.е. температурата на околния въздух се колебае между  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $2; 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . От особено значение е наличието на дъжд, мъгла и вятър с неголяма скорост, т.е. на въздушни течения, които са наситени с водни пари. Рязката промяна на температурата създава възможността да се появят значителни температурни разлики, в разположените на различна височина въздушни слоеве. Преохладената влага, с която са наситени горните слоеве на атмосферата се концентрира, образувайки дъждовни капки с температура под  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  – преохладени дъждовни капки. При съприкосновение с проводниците, те ги охлаждат до температури близки до  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и образуват върху тях плътен леден слой. По такъв начин по елементите на контактната мрежа се образува обвивка от лед, скреж или мокър сняг, чиято дебелина може да нарасне в зависимост от следващото развитие на атмосферните условия.



Фиг. 1 Форма на ледена обвивка

Посоката на вятъра оформя ледената обвивка. Ако вятърът е перпендикулярен на контактната мрежа се формира едностранно ледено отлагане (фиг. 1,б). Когато липсва вятър или неговата посока е по контактната мрежа, ледът се отлага равномерно по цялата повърхност на проводниците, но с по-малка плътност (фиг. 1,а).

Опростена класификация на ледените отлагания може да се направи, като се вземат под внимание структурата и някои физични свойства. Може да се различат три основни вида леодообразуване: лед, скреж и смес.

- Лед е плътна твърда прозрачна или полупрозрачна маса, чието специфично тегло е  $0,9 \text{ [g/cm}^3\text{]}$  – най-трудно отстранимо образуване;
- Скреж е кристално пухкаво образуване;
- Смес е последователно наслагване на лед и скреж върху проводниците.

### **3. Експериментални изследвания за леодообразуването в Република България**

#### **3.1.1. Основни принципи и начини за преодоляване леодообразуването**

Основни принципи и начини за борба със залеждането на проводимите елементи от контактната мрежа могат да се класифицират, като превантивни и последващи мерки описани по-долу:

- отопление и електрическо топене – при този метод проводника се нагрива, чрез протичане на електрически ток, а температурата трябва да е над  $0 \text{ [}^{\circ}\text{C]}$ ;
- механични – по различни способы, но като цяло чрез апарати монтирани на подвижния състав се премахва механично ледената кора от проводника.
- химични средства – два пъти, преди началото на зимния сезон и в неговия край, проводниците се обмазват с химически средства.
- комбинирани – в зависимост от предпочитанията могат да се комбинират според преценка на гореизброените мерки.

В настоящия доклад е разгледан първия от описаните по-горе методи, а именно – електрическо топене на лед.

Електрическото отстраняване на лед се използва в секциите на гарите и главните коловози, където сеченията на мрежата са еднакви. Опитът е показал, че за да се стопи леда от проводниците, токът преминаващ през тях трябва да е с плътност от 6 до 8  $[\text{A/mm}^2]$ , а при превантивно загряване, за да се предотврати образуването на лед, е установена плътност на тока от 2,5 до 3,5  $[\text{A/mm}^2]$ . [1]

Топенето на лед трябва да се извършва, чрез възможно най-големи токове, за да се позволи бързо възстановяване на нормалната работа на участъка. За всеки участък, в който се прилага метода за отстраняване на лед, трябва да се съставят, таблици или диаграми за времето на топене в зависимост от годишните условия и дебелината на ледената коричка. При съставянето им, действителното време, за ледотопенето, следва да се увеличи в сравнение с изчисленото с не повече от 30 [%]. След окончателното изчистване на участъка от ледени образувания по контактната мрежа, приложението на метода във времето, трябва да се увеличи с от 10 до 15 [мин.], за да се изсушат тоководещите части.

При мероприятия по ледотопене, се извеждат от работа защитите на подстанциите предназначени за работа при нормални условия и се въвеждат в работа специални комплекти за защита. Допуска се използването на защити за нормален режим на работа, но с включени устройства за ръчна или автоматична промяна настройките на сработване.

В участъците където е предвидено да се осъществява профилактично загряване или топене на леда, до началото на зимния сезон е задължително да се направи профилактика - оглед, ревизия и проба на цялата тягова система. След приключване на дейностите по профилактиката, е необходимо да се направи и проба на схемите за работа и в двата режима с отчитане на допустимите токове за дадения район. Недопустимо е наличие на повлечен участък в проводниците, неправилно свързване, разхлабени възли и елементи от системата и т.н. Проводниците влизащи в участъка на

профилактичното загряване или топене, трябва да са с еднакво сечение и от еднакъв материал.

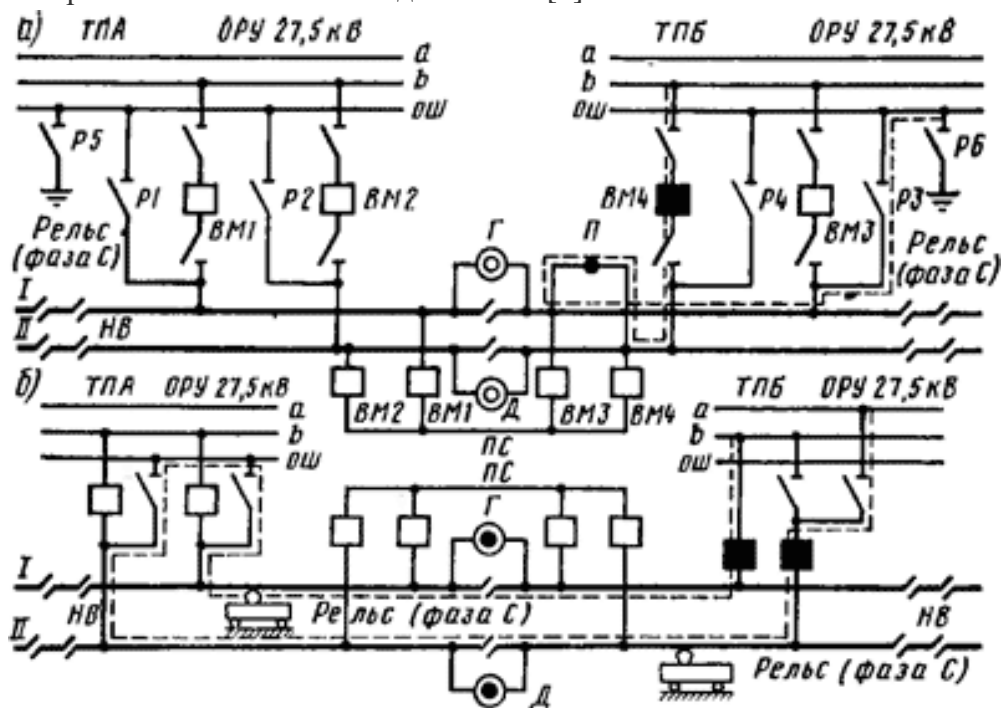
Разработват се различни схеми за загряване/топене, без да се спира движението на влаковете и прекъсва влаковото движение. На двупътни участъци от железопътната инфраструктура за топенето на лед се извършва с пълно спиране на движението за този период или с прекъсване на трафика само по единия път.

За да се предотврати повреда или авария (изгарянето на въжета и проводници от контактната мрежа) е нужно оборудване за следене на протичащите процеси и алармиране/задействие на защитни мерки.

В участъци захранени с променливо напрежение, последователно се загрява контактната мрежа с прекъсване на влаковото движение по единия път или едновременно на контактните мрежи на двата пътя до Секционния пост със захранване от едната подстанция и прекъсване на влаковото движение в този участък (фиг. 2,а). Секционния пост е изключен и е включен напречния разединител (П). На фигурата пътя на тока е показан като пунктирна линия. В този случай топенето на леда започва от тяговата подстанция чрез прекъсвач ВМ4 и обходната шина на подстанцията. [1]

Съществуват и схеми за топене на лед без прекъсване на влаковото движение (фиг. 2, б). Така по време на топене на лед контактните мрежи на двата пътя между съседни подстанции получават захранване от различни фази на подстанция ТПБ, чрез обходна шина на ТПА. Напрежението между контактния проводник на всеки път остава достатъчно

високо и няма прекъсване на влаковото движение. [1]



Фиг. 2. Схема за топене на лед от контактна мрежа с променливо напрежение, с прекъсване на влаковото движение (а) и без прекъсване на влаковото движение (б)

### 3.1.2. Икономически анализ на загубите от ледообразуването

В приложената по-долу табл.1, любезно предоставена от Поделение „Електроразпределение“ при ДП „Национална компания железопътна инфраструктура“, може да се види част от водена статистика за повредите, представена в табличен вид. [2]

табл.1

Дата	Енерго-секция	Работа за отстраняване на авария, минути	Закъснели влакове	
			бр.	минути
03.2010 г.	СФ	94		
12.2011 г.	СФ	15		
01.2014 г.	ПО	89	1	59
01.2014 г.	ПО	145	1	231
10.2014 г.	ГО	123	1	110
12.2014 г.	СФ	190		
12.2014 г.	СФ	535		
12.2014 г.	СФ	65		
02.2015 г.	СФ	22		
02.2015 г.	СФ	50		
01.2016 г.	ГО	21		
01.2017 г.	ГО	124		
02.2017 г.	ПО	45	3	111
02.2018 г.	СФ	58		
02.2018 г.	ПО	39		
03.2018 г.	ГО	182	4	504
<b>ОБЩО:</b>		<b>1797</b>	<b>10</b>	<b>1015</b>

Вижда се, че загубите измервани във време и средства, съгласно приложимата нормативна база е не само за превозвачите, но и за самото предприятие – работите по отстраняване на аварии и т.н.

#### 4. Изводи и препоръки

След анализа на разгледаните по-горе резултати може да се направи заключение, че в икономически аспект, надеждната и безопасна експлоатация на железопътната инфраструктура води до благоприятно влияние, върху развитието на икономиката на Р. България. Също така благоприятства за нормалния ритъм на работа на ДП „Национална компания железопътна инфраструктура”, което от своя страна гарантира качество на предлаганата услуга.

За подобряване работата и повишаване ефикасността в системата на захранване с тягов ток, трябва да се задълбочат мероприятията по превантивна дейност, ограничаващи или не позволяващи ледообразуване по електропроводимите детайли на контактната мрежа, а именно разгледания метод – електрическо загряване и топене. Този, в сравнение с алтернативните на него методи, е за предпочитане, поради факта, че е екологичен (не се използват химични средства) и не усложнява процеса с допълнителни апарати, монтирани на подвижния състав (механично премахване).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://leg.co.ua> - (Електрически Сети) Работа устройств контактной сети в условиях эксплуатации-Электроснабжение электрифицированных железных дорог
- [2] Данни от Поделение „Електроразпределение“ при ДП НКЖИ

# INFLUENCE OF CLIMATE CONDITIONS ON THE RELIABILITY OF THE CONTACT NETWORK AS RAILWAY INFRASTRUCTURE ELEMENT

Georgi Pavlov, Nikola Stamboliev  
[g\\_pavlov61@abv.bg](mailto:g_pavlov61@abv.bg), [nstamboliev@abv.bg](mailto:nstamboliev@abv.bg)

*Todor Kableshkov University of Transport*  
*158 Geo Milev Str., Sofia 1574*  
*BULGARIA*

**Key words:** *overhead contact line, ice, train movement*

**Abstract:** *The power supply of the railway transport in the Republic of Bulgaria is realized by a single-phase alternating current system of 25kV, 50Hz. The qualities of this power system allow for an increase in the throughput and transport capacity of the rail network and reduce transport costs. For the stable operation of the contact network, special organizational and technical events have been developed, but the weather conditions remain one of the main problems.*

*The operation of the contact network in winter conditions is significantly complicated. Low temperatures and wind influences favor the formation of ice on the wires. The ice on the contact wire degrades the pantograph, creates conditions for the occurrence of a spark and an electric arc between the pantograph and the contact wire. In these cases, the contact wire is heated and burned, and in some cases burning and breaking. This results in a violation of the train timetable and the crossing capacity of the railway infrastructure section.*

*The report presents the main results of analysis for a specific period of time of problematic modes of operation of the traction contact network related to the frosting of the current-carrying elements of the contact system and in particular the contact wire. The energy and economic efficiency of the system has been studied. Specific conclusions and recommendations have been formulated, as well as technical suggestions for solving these problems and increasing the efficiency of the affected section of the contact network.*