

АНАЛИЗ НА МЕТОД ЗА ОГРАНИЧАВАНЕ НА ЛЕДООБРАЗУВАНЕТО ПО ТЯГОВИТЕ КОНТАКТНИ МРЕЖИ ЗА ПРОМЕНЛИВ ТОК

Никола Стамболиев, Георги Павлов
nstamboliev@abv.bg, g_pavlov61@abv.bg

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

Ключови думи: железопътен транспорт, контактна мрежа, обледяване

Резюме: Енергоснабдяването на железопътния транспорт в Р. България се осъществява от система за еднофазен променлив ток 25 kV, 50 Hz. Един от основните ѝ компоненти, контактната мрежа (КМ), осъществява захранване на електрическите транспортни средства (ЕТС), посредством непосредствената връзка с токоснемащото им устройство. За стабилната работа на КМ е необходимо да се обърне специално внимание на един от най-тежките режими на експлоатация, а именно работа по време на зимния период.

Сигурността и надеждността по време на експлоатация са едни от основните изисквания към всяко съоръжение или машина, т.е. функционалност с минимални възможности за поява на повреди. С цел да се удовлетворят тези изисквания е необходимо да се предвидят и възможните неспецифични режими, които могат да влошат нормалната работа на КМ. Заедно с това се налага и необходимостта от разработване на мерки и мероприятия за гарантиране на безотказна работа при тези режими.

Метеорологичните условия през зимния период подпомагат заледяването на проводниците, в частност образуването на ледена обвивка (кора) върху контактния проводник. По този начин се влошава токоснемането, което от своя страна е предпоставка за нарушаване на графика за движение и пропускателната способност на участъка от железопътната инфраструктура.

В доклада е разгледан метод за предотвратяване и отстраняване на ледообразуването чрез създаването и управлението на уравнителни токове, като е направен и анализ на неговите предимства и недостатъци.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Контактните мрежи са специални конструкции, които служат за електрическа връзка и пренасяне на електрическа енергия между тяговите подстанции (ТП) и ЕТС. Работят при тежки експлоатационни условия, като върху тях непрекъснато действат различни постоянни и променливи електрически и механични сили – загряване, собственото тегло, опъването на проводниците, натиска на токоприемника и др. Те се

експлоатират на открито, поради което върху тях агресивно въздействат и атмосферните фактори - температурни изменения, вятър, сняг и залежаване.

За да бъде работата на електрифицираният транспорт сигурна, съвременната контактна мрежа трябва да отговаря на редица специфични изисквания, като едно от най-съществените е да осигурява непрекъснато електроснабдяване и качествено токоснемане на всички състави по участъка при всякакви атмосферни условия и при максимални допустимите скорости.

Другият основен компонент от тяговата енергоснабдителна система (ТЕС) това са тяговите подстанции. Техните схемни особености и параметри влияят активно върху надеждността и качеството на транспортния процес. Тяговите подстанции в ЖП транспорт, захранващи контактните мрежи за променлив ток имат специфична структура и техните еднолинейните схеми се определят от различни фактори, като например схемата на външното електроснабдяване, мястото на подстанцията по отношение на железопътното стопанство – гари и контактни мрежи и др.

В настоящия доклад са изследвани режимите на работа на КМ в тежки зимни условия при обледяване на контактния проводник. За целта е избран конкретен проблемен участък от контактната мрежа на ЖП транспорт у нас характеризиращ се с чести обледявания на контактния проводник и нарушаване на графика на движение. Предложен и изследван е конкретен метод на ледотопене, базиращ се на създаване на условия за протичане и управление на уравнителни токове в проблемния междуподстанционен участък с цел ефективно ледотопене. Направен е сравнителен анализ на база получените аналитични резултати, коментирани са предимствата и недостатъците на разгледаните схемни варианти. [1]

2. СПЕЦИФИЧНИ ОСОБЕНОСТИ НА ОБЕКТА НА ИЗСЛЕДВАНЕ

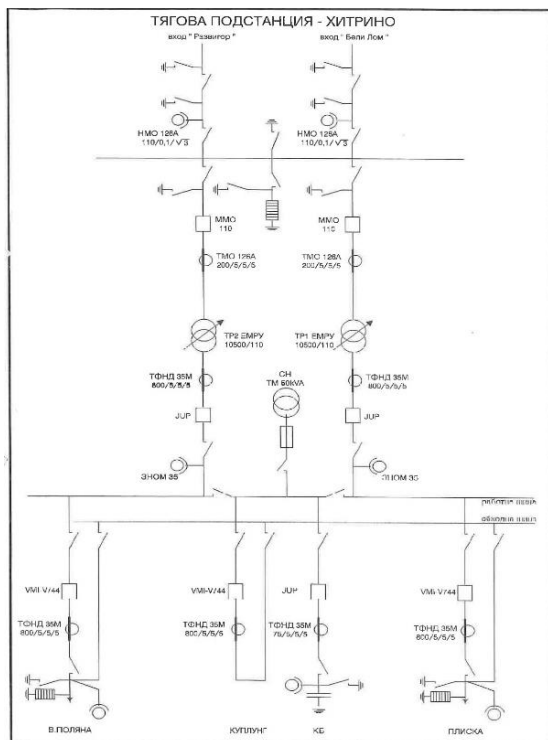
Изследван е участъка Разград – Хитрино, характеризиращ се с висока степен на обледяване през зимния период, което предизвиква смущения в графика на движение на влаковите състави, времезакъснения и сериозни технически повреди.

На фиг. 1 е показано състояние на обледена КМ в проблемния участък, което се случва често през зимния сезон и оказва негативно влияние върху сигурността на транспортния процес. [4]



Фиг. 1. Обледяване на КМ в участъка Разград-Хитрино

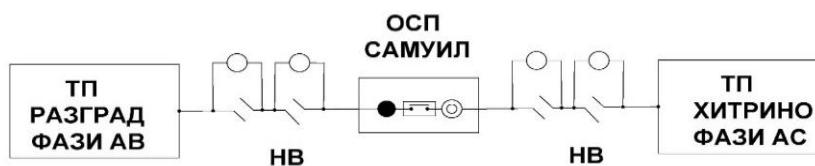
Изследваният участък е еднопътен, захранва се ТП Разград (свързана към фази АВ) и ТП Хитрино (свързана към фази АС).



Фиг. 2. Еднолинейна схема на ТП Хитрино

Еднолинейните схеми на двете ТП са идентични, реализирани по „Н“-схема, като на вторичната страна (25 kV) шинната система е единична двойно секционирана работна шина и обходна шина. Двете ТП имат по два изходящи фидера, захранващи КМ в двете посоки. На фиг. 2 е показана еднолинейната схема на ТП Хитрино. Мощността на тяговите подстанционни трансформатори (ТПТ) имаща значение относно направеното изследване е 8,33 MVA за ТП Разград и 10,5 MVA за ТП Хитрино. [4]

Опростена блокова схема на надлъжното секциониране на разглеждания участък е показана на фиг. 3. Основните елементи са основен секционен пост (ОСП) Самуил и две неутрални вставки.



Фиг. 3. Блокова схема на надлъжно секциониране на участъка Разград-Хитрино.

При нормален режим на работа в разглеждания участък двете ТП не могат да работят в паралел, поради факта, че те са присъединени към различни фази на енергийната система. Паралелният режим на работа е възможен при сфазирание на двете ТП. В този случай винаги ще съществува разлика в ефективните стойности на двете захранващи напрежения и през КМ ще протича уравнителен ток, който е вреден и понижава енергийната ефективност на ТЕС.

В първата част на направеното аналитично изследване, в следващата точка на доклада е разгледан и режим на паралелна работа на двете ТП, като е прието, че те са свързани към еднакви фази на ЕЕС. Паралелната работа се осъществява при включен ОСП Самуил. Особеното при паралелната работа е, че при разлика в амплитудите на захранващите напрежения на двете ТП през КМ протича уравнителен ток, чиято големина зависи от тази разлика. Чрез подходящо регулиране на двете напрежения и управление на условията, пораждащи този уравнителен ток, може да се постигне такава големина, че той да се използва ефективно за разтопяване на залежаванията.

3. АНАЛИТИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА СХЕМИ С УРАВНИТЕЛНИ ТОКОВЕ ЗА ЛЕДОТОПЕНЕ

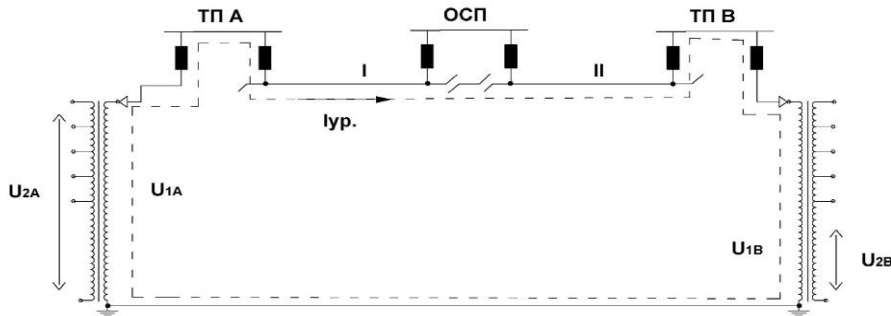
Методите за създаване на уравнителни токове може да се класифицират в две групи:

- схеми, при които се създава уравнителен ток на базата на неравенство на ефективните стойности на захранващите напрежения на двете ТП;

➤ схеми, при които уравнилния ток се създава на базата на неравенство на напреженията по фаза.

3.1. На фиг. 4 е показана опростена схема на разглеждания участък Разград-Хитрино, като е приложен първия метод на създаване на уравнилелен ток.

Веригата на уравнилния ток $I_{ур}$ се затваря през I-ва и II-ра фидерни зони и включеното ОСП. Вторичните напрежения на двете ТП U_{2A} и U_{2B} са синфазни, но различни по големина, тъй като янсените регулатори са поставени на различни позиции. Разликата в напреженията $\Delta U = U_{2A} - U_{2B}$ определя големината на уравнилния ток.



Фиг. 4. Схема на еднопътен участък с две паралелно работещи тягови подстанции ТП А – ТП Разград; ТП В – ТП Хитрино; ОСП – основен секционен пост Самуил; $I_{ур}$ – уравнилелен ток

След включването на ОСП през двете първоначално едностранно захранвани фидерни зони I и II се осъществява паралелна работа на двете ТП. Степенните превключватели са поставени в такива положения, че напрежението на шини на ТП А е максимално ($U_{2A} = 30,25 \text{ kV}$), напрежението на шините на ТП В е минимално ($U_{2B} = 22 \text{ kV}$). Разликата между двете напрежения $\Delta U = U_{2A} - U_{2B} = 30,25 - 22 = 8,25 \text{ kV}$ ще създаде уравнилелен ток, който може да бъде изчислен от зависимостта:

$$(1) \quad I_{ур} = \frac{U_{2A} - U_{2B}}{Z_{KM} + Z_{TA} + Z_{TB}}$$

Където Z_{KM} е импеданса на КМ; Z_{TA} и Z_{TB} са импедансите на двата подстанционни трансформатори.

Формула (1) се записва във вида:

$$(2) \quad I_{ур} = \frac{U_{2A} - U_{2B}}{\sqrt{r_{KM}^2 + (x_{KM} + x_{TA} + x_{TB})^2}}$$

Активното и реактивното съпротивление на тяговата мрежа могат да бъдат изчислени от изразите: $R_{KM} = r_0 \cdot l$; $X_{KM} = x_0 \cdot l$, ако се знаят параметрите на участъка от КМ с дължина l . Където r_0 , x_0 са съответно активното и реактивното съпротивление за 1 km от КМ, Ω/km .

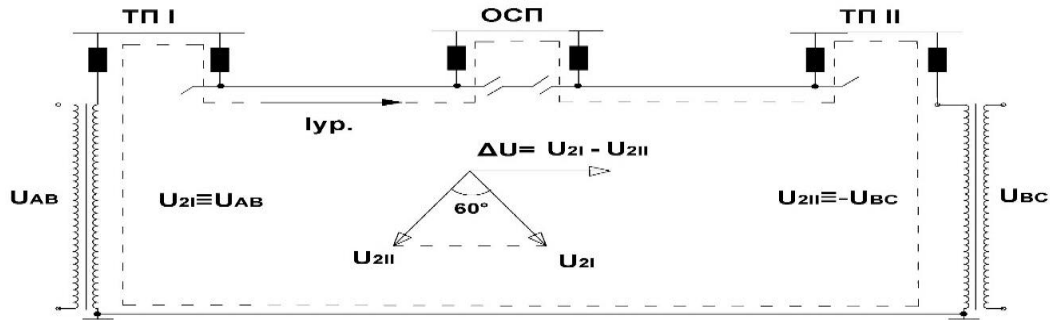
За осъществяване на изчисленията за конкретно изследвания участък Разград-Хитрино са приети следните начални условия: еднопътен участък от контактна мрежа, марка носещо въже ПБСМ-70, контактен проводник ТФ-100, тип релси Р48. За дадените параметри на КМ средните стойности на съпротивленията са $r_0 = 0,24 \Omega/\text{km}$, $x_0 = 0,53 \Omega/\text{km}$ [2],[3]. За реалната дължина l на участъка са изчислени по горните формули $r_{KM} = 11,54 \Omega$ и $x_{KM} = 28,74 \Omega$. Индуктивното съпротивление на ТПТ в ТП Разград е $x_{TA} = 3,31 \Omega$, Индуктивното съпротивление на ТПТ в ТП Хитрино е $x_{TB} = 4,85 \Omega$.

Тогава стойността на уравнилния ток се изчислява от зависимостта:

$$(3) \quad I_{ур} = \frac{8,25 \cdot 10^3}{\sqrt{11,54^2 + (28,74 + 3,31 + 4,85)^2}} = 250 \text{ A}$$

Големината на уравнителен ток при тази схема на свързване не е достатъчна за разтопяване на образувалите се залежания. Освен това, двете ТП работят с максимално и минимално напрежение на вторичната страна, което нарушава нормалния режим на работа на участъка.

3.2. При втория метод се предлага схема на свързване, при които уравниitelnия ток е в резултат на дефазирание на напреженията на двете ТП. Разгледан е вариант, при който уравниitelnия ток е породен от неравенство на напреженията по фаза (фиг.5). Двете фидерни зони са свързани посредством ОСП, т.е. ТП I и ТП II работят в паралел. Техните вторични напрежения са еднакви по големина, но са дефазирани на 60° . Ако първичното напрежение на ТП I е U_{AB} , то вторичното U_{2I} е синфазно с него.



Фиг. 5 Схема на уравнителен ток в резултат на дефазирание на напреженията ТП А – ТП Разград; ТП В – ТП Хитрино; ОСП – основен секционен пост Самуил; $I_{ур}$ – уравнителен ток

Първичното напрежение на ТП II е U_{BC} , а вторичното U_{2II} е противофазно на U_{BC} , получено, като към контактната мрежа е присъединен изводът х на вторичната намотка. $U_{2I}=U_{2II}=27,5$ kV, но са дефазирани на 60° . Тяхната разлика е с големина 27,5 kV, което се вижда от векторната диаграма на същата фигура.

Големината на уравниitelnия ток се определя с формула (1), която използваме във вида:

$$(4) \quad I_{ур} = \frac{\Delta U}{\sqrt{r_{KM}^2 + (x_{KM} + x_{TI} + x_{TII})^2}}$$

Във формула 4 са направени следните замествания:

$$\Delta U = 27,5 \text{ kV}; \quad r_{KM} = 11,54 \text{ } \Omega,$$

$$x_{KM} = 21,84 \text{ } \Omega; \quad x_{TI} = 3,31 \text{ } \Omega; \quad x_{TII} = 4,85 \text{ } \Omega.$$

Изчислената стойност на уравниitelnия ток е:

$$(5) \quad I_{ур} = \frac{27,5 \cdot 10^3}{\sqrt{11,54^2 + (21,84 + 3,31 + 4,85)^2}} = 860 \text{ A}$$

Вижда се, че изчислената стойност на уравниitelnия ток при този метод е подходяща за разтопяване на образувалите се залежания, тя е оптимална и от гледна точка на допустимите токове на контактната мрежа и останалите съоръжения. Тази схема има едно важно предимство – напрежението на контактната мрежа остава равно на номиналното и движението на ЕТС е възможно.

4. ИЗВОДИ И ПРЕПОРЪКИ

От направеното изследване на различни схемни варианти на захранване и свързване на ТП към КМ, с цел създаване на подходящи по големина уравниitelnи токове за ледотопене могат да бъдат направени следните изводи:

✓ При двустранно захранване на фидерните зони и паралелна работа на несфазирани ТП, при определени технически условия (дефазирание на вторичните напрежения на малки ъгли) може да бъдат създадени подходящи по големина уравнителни токове за осъществяване на ледотопене.

✓ Тези уравнителни токове могат да се регулират плавно до стойности подходящи за разтопяване, ако се използва подходящ тиристорен или транзисторен променливотоков регулатор;

✓ Основен недостатък на изследваните методи за ледотопене е ниската енергийна ефективност, поради големите електрически загуби, които предизвикват големите уравнителни токове.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Българанов Л. „Електрически транспорт”, ТУ София, 2009.

[2] Матов П. Тягова електрическа енергия в БДЖ. Сп. „Железопътен транспорт” 4/2002.

[3] Матов П., Р. Кахърков. Разпределен капацитет на контактни мрежи за променлив ток. XVII международна научна конференция „Транспорт 2007”. Научно списание „Механика, транспорт, комуникации”, бр.3, 2007г., статия 0167.

[4] Техническа документация за ТЕС от Поделение „Електроразпределение“ при ДП НКЖИ.

ANALYSIS OF A METHOD FOR LIMITING ICE PROCESSING ON THE OCLS FOR ALTERNATING CURRENT

Nikola Stamboliev, Georgi Pavlov
nstamboliev@abv.bg, g_pavlov61@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 and the energy supply of the railway transport in the Republic of Bulgaria are implemented by a single phase AC system of 25kV, 50Hz (through a contact system), for the stable operation it is necessary to pay special attention to one of the heavy operating modes, during the winter period.*

Reliability and reliability during operation are one of the basic requirements for any facility or machine, ie. characterizing them with minimal failures. In order to meet these requirements it is also necessary to provide for possible non-specific modes which may impair the normal operation of the contact network. At the same time, it is necessary to develop measures and measures to ensure faultless operation in these regimes.

The weather conditions during the winter period help ice freezing, in particular the formation of an ice coat on the contact wire. In this way, drafting is deteriorated, which in turn is a prerequisite for breaking the traffic timetable and the cross-sectional capacity of the railway infrastructure.

The report discusses a method for preventing and eliminating ice formation by the equalization method, as well as an analysis of its advantages and disadvantages.