

ПОВРЕДИ ВЪРХУ ТЯГОВИЯ ПОДВИЖЕН СЪСТАВ, ПРЕДИЗВИКАНИ ОТ КЪСО СЪЕДИНЕНИЕ, И ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТ НА ТЯХНОТО ОТСТРАНЯВАНЕ

Васил Димитров, Мартин Гетов

vdimitroff@abv.bg martin.d.getov@abv.bg

Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”

гр. София, ул. „Гео Милев” 158

РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: метровакове Siemens Inspiro SF, късо съединение, релейна защита.

Резюме: Софийското метро е основна транспортна артерия на обществения градски транспорт в гр. София. В периода 2020-2021 г. беше пуснат в експлоатация и третия метродиаметър (линия 3) на метрото, който се обслужва с нов високотехнологичен подвижен състав – метровакове Siemens Inspiro SF, движението на които се управлява изцяло автоматично. Поддържането на високо ниво на надеждност на работа на тази транспортна система изисква минимизиране на вероятностите за възникване на откази и повреди в електромотрисните влакове.

В доклада са представени резултати от проведено изследване на причините за възникнало късо съединение върху покрива на метровак Siemens Inspiro SF. За целите на изследването накратко са разгледани особеностите на късите съединения във веригите за постоянен ток, като е отделено внимание на спецификите за тяхното откриване и изключване. Детайлно са анализирани конструкцията и електрическите връзки на токоснемателя, предизвикал късото съединение. Посочено е техническо решение за отстраняване на предпоставките за настъпване на идентични аварии в бъдеще: разделяне на по-голямо разстояние на заземителния кабел за задвижването на пантографа от захранващия кабел за управлението му; монтиране на изолационна скоба с по-малък габарит и смяна на мястото за закрепването ѝ. Това техническо решение е внедрено и в другите метровакове, експлоатирани по линия 3.

ВЪВЕДЕНИЕ

Поетапно в периода 2020-2021 г. беше пуснат в експлоатация третият метродиаметър (линия 3) на Софийското метро, който се обслужва с нов високотехнологичен подвижен състав – метровакове Siemens Inspiro SF [1]. Тези влакове се захранват с напрежение 1500V DC, подавано от тягово-понизителни станции /ТПС/ и доставяно до съставите чрез въздушно окачена контактна система. Токоснемането се осъществява чрез токоснемател (пантограф), монтиран на покрива на влаковете. Движението на тези метровакове се управлява изцяло автоматично [2, 3, 4].

В доклада е разгледан случай на късо съединение, възникнало върху покрива на метровлак Siemens Inspiro SF по време на експлоатация. Анализирани са причините, довели до късото съединение, посочено е техническо решение за отстраняване на предпоставките за настъпване на идентични аварии в бъдеще.

ОСОБЕНОСТИ НА КЪСИТЕ СЪЕДИНЕНИЯ ВЪВ ВЕРИГИ ЗА ПОСТОЯНЕН ТОК

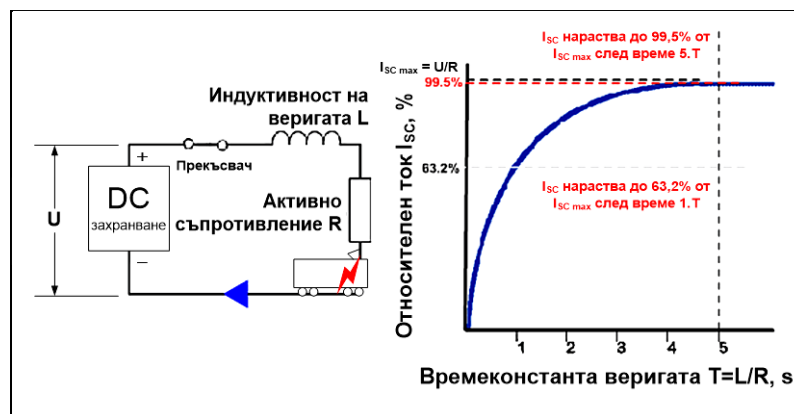
Късо съединение /к.с./ се нарича всяко непредвидено от условията на нормална работа съединение между два и повече проводника с различен потенциал. При променливотоковите вериги те възникват между работните фазови проводници или фазов проводник и земя (при системите със заземена неутрала), а при постояннотоковите системи – между плюсовия и минусовия проводници [5, 6, 7].

Основни причини за появата на къси съединения е нарушаване на изолацията на електрическите вериги и съоръжения. Нарушаването на изолацията може да бъде предизвикано от редица фактори, основните от които са:

1. Атмосферни и комутационни пренапрежения;
2. Стареење на изолацията;
3. Механични повреди;
4. Лошо поддържане;
5. Неправилни манипулации.

В зависимост от големината на преходното съпротивление $R_{пр}$ в мястото на късото съединение биват: метални к.с. при $R_{пр} \approx 0$ и през волтова дъга – $R_{пр} = R_{дъга} \neq 0$.

На фиг. 1 е показана диаграма на относителното нарастване на тока при късо съединение във функция от времето, изразено като кратност на времеконстантата T на постояннотокова електрическа верига.



Фиг. 1. Ток при к.с.

От диаграмата на фиг. 1 се вижда, че установеният ток на к.с. зависи от активното съпротивление на веригата, чиято стойност в тяговата мрежа на метрополитен е малка. Последното изисква бързо изключване на аварията.

За тяговата мрежа 1500 VDC в метродепо „Земляне“, времеконстантата T е в границите $5 \div 8$ ms, което изисква изключване на к.с. за време $4 \div 6$ ms.

За откриване на къси съединения или претоварване в силовата верига е инсталирана специализирана електрическа автоматика, наричана релейна защита. Тя представлява комплекс от автоматични устройства, предназначени за бързо изключване от електрозахранващата система на електрически вериги при ненормални режими на работа, с цел да се осигури нормалната работа на останалата част от системата.

Токовата релейна защита е основен елемент на електрическата автоматика, без която е невъзможна нормалната работа на всяка тягова електрозахранваща система. Тя следи постоянно параметрите на тока в тяговата верига. При регистриране на стойности на тока, надвишаващи зададените пределно допустими, тя задейства и подава команда за изключване на напрежението чрез бързодействащи прекъсвачи /БДП/ [8].

АНАЛИЗ НА ПРИЧИНИТЕ ЗА ВЪЗНИКВАНЕ НА КЪСОТО СЪЕДИНЕНИЕ ВЪРХУ ПОКРИВА НА МЕТРОВЛАК SIEMENS INSPIRO SF

При излизане на метровлак № M26 от мивката на депо „Земляне“ след измиване при вдигане на пантографа се получава късо съединение. То е в следствие на възникване на електрически пробив, причинен от голямата влажност на покрива. Пробивът се получава между монтирания върху опорни изолатори на покрива пантограф, който е с потенциал „+“, и възникналата дъга към изолационната скоба, която е с потенциал „-“. Изолационната скоба служи за укрепване на заземителен кабел на задвижването за пантографа и кабела за управление на задвижването на пантографа. Механизмът за повдигане и сваляне на пантографа е отделен с изолатори от рамката на пантографа и покрива на влака, като по този начин механичният възел е електрически изолиран. Изолационната скоба има два метални болта, които я закрепват към основа монтирана на покрива. При намокрянето на двата метални болта и поради факта, че първоначално скобата е в прекалено голяма близост до пантографа на разстояние от 3 mm се получава късо съединение.

Получилата се ситуация е следствие на следните фактори:

1. Заземителният кабел и захранващият кабел за управлението на пантографа са на много близко разстояние от рамката на пантографа (в случая 3 мм).
2. В първоначално фабрично монтираната изолационна скоба има два метални болта, които служат за закрепването ѝ към покрива и са в близост до пантографа. Това води до допълнително намаляване на изолационното разстояние.
3. Поради високата влажност на покрива вследствие измиването на метровлака и причините, описани в т. 1 и т. 2, се е получило късо съединение.

На фиг. 2 и 3 са показани последствията от възникналото късо съединение. Високата стойност на тока при к.с. води до бързо и екстремно прегряване, последващо омекотяване на материала и повреда на покрива.



Фиг. 2. Изолационна скоба със заземителен кабел и кабел за управление на електрическия двигател за повдигане и сваляне на пантографа



Фиг. 3. Пробив в металния покрив на моторсата

ТЕХНИЧЕСКО РЕШЕНИЕ

Поддържането на високо ниво на надеждност на работа в метрополитен изисква минимизиране на вероятностите за възникване на откази и повреди в електромоторните влакове взети са следните мерки за отстраняване на възникналата авария (фиг. 4):

1. Разделяне на по-голямо разстояние на заземителния кабел за задвижването на пантографа от захранващия кабел за управление на пантографа.
2. Монтиране на изолационна скоба с по-малък габарит.
3. Смяна на мястото за закрепване на изолационната скоба.

Това техническо решение е внедрено и в другите метрорелсове, експлоатирани по трети метродиа метър.



Фиг. 4. Техническо решение за намаляване вероятността от възникване на к.с.

ИЗВОДИ И ПРЕПОРЪКИ

В настоящия доклад са описани причините за възникнала повреда вследствие на късо съединение при метровлак Siemens Inspiro SF. Показани са последиците от аварията и са описани необходимите действия за отстраняването ѝ. Предложено е техническо решение за отстраняване на предпоставките за настъпване на идентични аварии в бъдеще. Повишаването на сигурността и ефективността на транспорта се състои в модернизирани на подвижния състав.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Академия за подвижен състав. Обучение за Софийски метрополитен, Обучение за машинисти, Модул OP2, Siemens AG 2018, София, 2019
- [2] Dimitrova E., Analysis of Automatic Control Systems for Metro Trains, 11th Conference BuleF-2019, IEEE Xplore Digital Library, DOI: 10.1109/BuleF48056.2019.9030782, 2019
- [3] Dimitrova E., S. Tomov, Components of the Communication System for Metro Trains Control, 12th Conference BuleF 2020, IEEE Xplore Digital Library, DOI: 10.1109/BuleF51036.2020.9326013, 2020
- [4] Dimitrova E., S. Tomov, Algorithm for Positioning of Metro Trains under Communications-Based Train Control, 12th Conference BuleF 2020, IEEE Xplore Digital Library, DOI: 10.1109/BuleF51036.2020.9326061, 2020
- [5] Kuffel E., W.S. Zaengl, J. Kuffel, High Voltage Engineering - Fundamentals, Second edition, ISBN 0 7506 3634, Butterworth-Heinemann, 2000
- [6] И. Божичкова, З. Бакалов, М. Златков, Сравнително изследване на електро-изолационните показатели на полимерни материали за изолиращи елементи за контактна мрежа 25 kV, 50Hz, „Механика, Транспорт, Комуникации“, ISSN 1312-3823 (print), том 16, брой 3/2, 2018 г, статия № 1724, стр. X-64 – X-67
- [7] Ръководство по електрически инсталации – ч.1, АВВ, 2014
- [8] Техническа документация на тягово-понижителни станции на софийското метро, „Метрополитен“ ЕАД, София

DAMAGES ON ROLLING STOCK CAUSED BY SHORT CIRCUIT AND SEQUENCE OF THEIR REMOVING

Vasil Dimitrov, Martin Getov

*Todor Kableshkov University of Transport
Sofia, 158 Geo Milev Str.
THE REPUBLIC OF BULGARIA*

Keywords: *Siemens Inspiro SF metro trains, short circuit, relay protection.*

Summary: *The Sofia underground is a main transport artery of public urban transport in the city of Sofia. In the period 2020-2021, the third metro diameter (line 3) of the subway was put into operation. It is served with a new high-tech rolling stock – Siemens Inspiro SF metro trains, the movement of which is fully automatically controlled. Maintaining a high level of operational reliability of this transport system requires minimizing the probability of failures and breakdowns in electric trains.*

The report presents the results of a study of the causes of a short circuit on the roof of the Siemens Inspiro SF metro train. For the purposes of the study, the features of short

circuits in direct current circuits are briefly considered, paying attention to the specifics of their detection and disconnection. The construction, design and electrical connections of the pantograph that caused the short circuit were analyzed in detail. A technical solution is indicated to eliminate the prerequisites for the occurrence of identical accidents in the future: separation of a greater distance of the earthing cable for the pantograph drive from the power cable for its control; installing an insulating clamp with a smaller gauge and changing the place for its attachment. This technical solution has also been implemented in the other metro trains operated on line 3.