

## **АНАЛИЗ НА ПОВРЕДИ И ДЕФЕКТИ В ТУНЕЛНИ РАЗЕДИНИТЕЛИ В МЕТРОПОЛИТЕН**

**Мартин Гетов, Васил Димитров,**  
[martin.d.getov@abv.bg](mailto:martin.d.getov@abv.bg), [vdimitroff@vtu.bg](mailto:vdimitroff@vtu.bg)

**Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”  
гр. София, ул. „Гео Милев” 158  
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ**

**Ключови думи:** тягова понизителна станция (ТПС), тунелни разединители RITTER, SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition System

**Резюме:** Въвеждането в експлоатация на една от най-дълбоките в „Метрополитен” - София метростанция “Сердика 2” е на 31.08.2012 г. Във всяка тягови понизителна подстанция (ТПС), така и в подстанцията на метростанция “Сердика 2”, се използват стандартизирани и уеднаквени съоръжения. Едно от тези съоръжения са тунелните разединители марка “RITTER”. Функцията, за която са предназначени тези разединители, е осигуряване на надеждно електрозахранване на съответния участък от контактната релса с напрежение +850V. Сигурността на захранването на контактната релса е от голяма важност и е свързано със сигурността на подземния транспорт.

Автоматизираното управление на сложните динамични процеси и управлението на съоръженията във всяка тягова понизителна подстанция, съответно и на тунелните разединители “RITTER”, е осъществено чрез диспечерска система за управление и събиране на данни SCADA. Тя контролира състоянието и положението на всички основни съоръжения (включително и на тунелните разединители) и предава информацията в Диспечерския център. В настоящия доклад са разгледани най-често получаващите се повреди и дефекти при тунелните разединители “RITTER” в Метрополитен-София, водещи до необходимостта от спешната им цялостна подмяна или частичен ремонт. Посочени са конкретните проблемни зони и последствията от възникналите дефекти и аварии. Представени са конкретни аварии, свързани с тунелните разединители към метростанция “Сердика 2”.

### **ВЪВЕДЕНИЕ**

Управлението на тяговите понизителни изправителни подстанции (ТПС) в софийски метрополитен се извършва с помощта на телемеханиката от Централен диспечерски пункт – ЦДП, намиращ се в отделна сграда [1, 2].

Тунелните разединители са последното контролируемо звено между бързодействащия прекъсвач (БДП) и контактната релса или мрежа (КМ), която захранва с напрежение съответната фидерна зона. В нормален режим на работа контролът на тунелните разединители във всяка ТПС се извършва от ЦДП. Диспечерът може да зададе при необходимост команди за управление на дадено съоръжение, включително да

извърши превключвания на тунелните разединители посредством системата за управление и събиране на данни SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).

Използваните разединители притежават дъгогасителна камера и при необходимост могат да изключат под товар захранването на контактната мрежа или релса. Това може да се случи само в аварийна ситуация, ако има проблем със защитата на бързодействащия прекъсвач, подаващ захранващо напрежение към съответният тунелен разединител. Към всеки бързодействащ прекъсвач има свързан само по един тунелен разединител. Тунелният разединител няма връзка със защитата на захранващия го бързодействащ прекъсвач и затова е рисковано да се включва под товар, тъй като при евентуално възникнало късо съединение ще захрани участъка и може да доведе до огромна авария.

Тунелният разединител се изключва и при отваряне на някоя от вратите на таблото, в което се намира (посредством крайни изключватели). Това е реализирано с цел да се обезопаси разединителят, ако се отвори по погрешка такъв, който е под напрежение. При отваряне на вратата се подава от монтирания на нея превключвател директна команда за изключване на разединителя.

Тунелният разединител разполага конструктивно с механична, лостова и комутационна системи. Неговото управление в нормален режим на работа може да се осъществи по няколко начина:

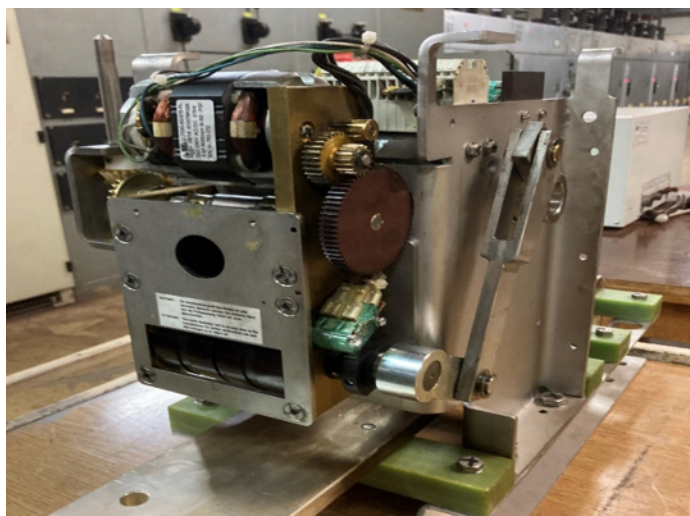
- дистанционно - от ЦДП посредством SCADA системата;
- от контролния панел в съответната ТПС;
- при преминаване на ръчен режим на управление на самия тунелен разединител – посредством превключване на управлението му от дистанционно на местно (ръчно).

В доклада са разгледани най-често срещаните повреди и дефекти при тунелните разединители „RITTER” в Метрополитен-София, водещи до необходимостта от спешната им цялостна подмяна или частичен ремонт. Посочени са конкретните проблемни зони и последствията от възникналите дефекти и аварии.

### **АНАЛИЗ НА ПРИЧИНИТЕ ЗА ПОЯВАТА НА ПОВРЕДИ**

На фиг. 1 и 2 са показани едни от най-често случващите се аварии и повреди по тунелните разединители марка „RITTER“ (снимките са на конкретни аварии при тунелните разединители към метростанция „Сердика 2”).

На фиг. 1 се вижда повреда на един от двата блок-контакта, намиращи се на един от валовите на задвижващия механизъм.



**Фиг. 1. Тунелен разединител (задвижване и сигнализация контактна система)**

На този вал са монтирани и центровани два гърбични ексцентрика, чрез които при тяхното завъртане с вала се задейства един от двата блок-контакта. По този начин се подава или спира захранването на електродвигателя (220 V). Този двигател натяга (зарежда) чрез зъбна предавка пружина, която упражнява голям натиск (за по-добър контакт) върху подвижния контакт на разединителя преди той да включи или изключи. Ако се повреди единият от тези блок-контакти, някоя от функциите за включване или изключване няма да може да се изпълни при задаване за изпълнение на дадената команда. Може да се получи дори непрекъснато включване и изключване, което да доведе до някоя от следните повреди:

- изгаряне на електродвигателя;
- повреда на шпилките, които са конструктивна част от подвижния контакт;
- повреда на контактните пъпки на шинната система.

На фиг. 2 е показана повредата при изпадане на контактните пъпки на шинната система. Те са необходими, за да има по-малко омично съпротивление между подвижния и неподвижния контакт на тунелния разединител (изработени са с посребрено покритие). Това води до по-добро токопредаване, по-малък пад на напрежение, понижено загряване и намалени загуби в контактната система, когато е в работен режим.



Фиг. 2. Шинна система на тунелен разединител 4000А

### **ПОСЛЕДИЦИ ОТ НЕУСТАНОВЕНИЯ РЕЖИМ НА РАБОТА**

Последиците от постоянното включване и изключване на тунелните разединители и лошият контакт в контактната система могат да доведат до тежка авария на тунелния разединител.

Примерни последици от аварийните състояния са показани на фиг. 3 и 4 (снимките са на конкретни аварии при тунелните разединители към метростанция „Сердика 2“).

При този вид аварии се наблюдава стопяване на контактните повърхности на контактната система, ако тунелният разединител се е повредил в работно положение по време на нормалното движение на влаковете. Това се случва поради невъзможност тунелният разединител да се изключи или е направил поредица от включвания и изключвания под товар (особено в случаи с големи стойности на тока [3]).



**Фиг. 3. Подвижен спомагателен контакт**

Шинната система на разединителя в участъка до подвижния и неподвижния контакт е силно повредена и стопена от неколккратно появилата се впоследствие електрическа дъга. Възможно е и изгаряне на електрическия двигател, задействащ зареждащия механизъм на пружината.



**Фиг. 4. Основа на подвижен контакт**

### **ОТСТРАНЯВАНЕ НА ВЪЗНИКНАЛИ АВАРИИ**

Методите за отстраняване на авария са няколко.

В най-добрия случай може да се смени само подвижният контакт, но ако не е повредена шинната система и има технологично време, което да е достатъчно за извършване на подмяната на този елемент.

Понякога се налага само смяна на някоя от шпилките на подвижния контакт, което отнема малко технологично време.

При необходимост от смяна на електродвигателя на задвижващия механизъм за натягане на пружината на подвижния контакт или смяната на някои от блок-контактите

за включване или изключване се налага тунелният разединител да се подмени и изпрати на ремонт. Това е необходимо, защото този вид ремонт изисква сравнително дълго време. Освен това след смяна на блок-контактите трябва да се извърши центровка на специален стенд от оторизиран персонал [4].

### **ИЗВОДИ**

В настоящия доклад е описано предназначението и действието на тунелните разединители, възможностите за управление (дистанционно, местно, ръчно). Показани са основните проблеми и повреди, възникващи в процес на работа на тунелните разединители. Описани са необходимите действия и начини за отстраняване на възникналите при такива ситуации аварии.

Повишаването на сигурността и намаляването на риска от такъв тип аварии може да се получи чрез подмяна на чупливите блок-контакти с монтирането на датчици на Хол. По този начин може да се предотврати счупването на блок-контакти и изгарянето на електродвигателя на задвижването за натягане на пружината за включване и изключване. С развитието на измервателните технологии се разработват и внедряват нови методи за контрол на състоянието на разединителите и за подобряване на структурата на системите за мониторинг и управление [4-10].

### **ЛИТЕРАТУРА:**

- [1] Горанов Е., Е. Димитрова, Системи за дистанционен контрол и управление в транспорта, София, 2010
- [2] Димитрова Е., Управление и контрол на пространствено разсредоточени обекти в транспорта и енергетиката, Монография, Годишник на ВТУ „Тодор Каблешков”, ISSN 1314-362X бр. 7, София, 2016
- [3] Makedonski N., Experimental study of power losses due to inrush currents of the electrical drives, 11<sup>th</sup> Electrical Engineering Faculty Conference BulEF-2019, art. no. 9030728, DOI: 10.1109/BulEF48056.2019.9030728, 2019
- [4] Jindi Li, Yujian Ding, Fangcheng Lv et al., Study on the optimisation of the end fittings of the DC disconnecter, Journal of Engineering, vol. 2019, No. 16, 2019
- [5] Guo, D., Yan, Z., Shi, R., Zhang, C., Condition Monitoring Technology for Temperature and Strain Status of Disconnecter Based on SAW. In: Dong, X., Cai, L. (eds) The Proceedings of 2023 4<sup>th</sup> Int. Symp. IDCMPU 2023. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 1100. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-7393-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-99-7393-4_5), 2024
- [6] Yuan H, Sun Z, Wang L, Yang A, Wang X, Rong M., Disconnecter fault diagnosis based on attitude sensing system. High Voltage Technol. 48(01), 2022
- [7] Liu Y, Yang J, Jia Y, Song S, Wu B, Li J., Contact state detection technology for GIS disconnecter based on vibration principle, Smart Power 47(12), pp. 73-77, 2019
- [8] Jinrui Shi, Tianyang Xu, Shuixian Yang et al., Design and realization of high voltage disconnecter condition monitoring system, Journal of Physics: Conference Series, vol. 887, No. 1, 2017
- [9] Димитрова Е., Синтез на системи за мониторинг и управление на сложни технически обекти с цел осигуряване на максимална ефективност, Научно списание „Механика, Транспорт, Комуникации“, ISSN 1312-3823, том 12, бр.3/2, стр. XI-75 – XI-80, 2014
- [10] Makedonski N., G. Milev, Insights into the Urban Electric Transport System by Means of Comparative Analysis of Different Power Theories, 17<sup>th</sup> Int. Sc. Conf. ELMA-2021, Sofia, DOI: 10.1109/ELMA52514.2021.9502971, 2021

# ANALYSIS OF DAMAGE AND DEFECTS IN TUNNEL DISCONNECTORS IN METROPOLITAN

**Martin Getov, Vasil Dimitrov**  
[martin.d.getov@abv.bg](mailto:martin.d.getov@abv.bg), [vdimitroff@vtu.bg](mailto:vdimitroff@vtu.bg)

**Todor Kableshkov Higher School of Transport - Sofia**  
**158 "Geo Milev" Str., Sofia,**  
**THE REPUBLIC OF BULGARIA**

**Key words:** *traction substation, tunnel disconnectors RITTER, SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition System*

**Abstract:** *The commissioning of one of the deepest in "Metropolitan" - Sofia metro station "Serdika 2" was put into operation on 31.08.2012. It is located between "Todor Aleksandrov" Blvd. and "Pirotska" Street. Standardized and uniform equipment is used in each traction lowering substation, as well as in the substation of the "Serdika 2" metro station. One of these devices is the "RITTER" tunnel disconnectors. The function for which these disconnectors are intended is to provide a reliable power supply to the corresponding section of the contact rail with a voltage of +850V. The security of the power supply of the contact rail is of great importance and is related to the security of the underground transport.*

*The automated control of the complex dynamic processes and the management of the devices in each traction, respectively, and of the "RITTER" tunnel disconnectors, is carried out by means of a dispatch system for control and data collection SCADA. It controls the state and position of all the main devices (including the tunnel disconnectors) and transmits the information to the dispatcher center. This report examines the most frequently occurring damages and defects in the "RITTER" tunnel disconnectors in Metropolitan Sofia, leading to the need for their urgent complete replacement or partial repair. The specific problem areas and the consequences of the defects and accidents that have occurred are indicated. Specific accidents related to the tunnel disconnectors at the "Serdika 2" metro station are presented.*