МЛАД ФОРУМ
Механика Транспорт Комуникации
Научно списание http://www.mtc-aj.com
ISSN 2367-6558 (print)
ISSN 2367-6612 (online)
том 15, брой 1, 2026 г.
статия № 2804

МОДЕРНИЗАЦИЯ НА ТЯГОВАТА ЕНЕРГОСНАБДИТЕЛНА СИСТЕМА НА МЕТРОПОЛИТЕНА

Емил Додов
edodov@vtu.bg

Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“
1574 София, ул. „Гео Милев“ № 158
БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: *Разединители на контактна релса, телеуправление, сигурност и надеждност.*

Резюме: *Захранването на тяговата енергоснабдителна система (ТЕС) на метрополитена се осъществява от тягово понизителни станции (ТПС) и понизителни станции (ПС). Обекта, чиято ТЕС се модернизира е депо “Обеля“. Съществуващото положение, схемите на захранване и съоръженията са разгледани по-долу.*

Модернизацията обхваща подмяната на пет броя разединители на контактната релса с нови дистанционно управляеми разединители в депо “Обеля“ – РП 1, 2, 3, 4.

Направено е сравнение на двата вида разединители на контактната релса и са показани предимствата и недостатъците. Показани са ползите от изграждането на оптична комуникационна мрежа за телеуправление и сигнализация на разединителите.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Софийското метро е най-важната транспортна артерия на обществения масов градски транспорт. Комфортът и безопасността на пътниците се повишават постоянно. В Столичния метрополитен на всяка метростанция (МС) е разположена ТПС или ПС. Вторите нямат тягова част и са изградени там, където разстоянията между спирките е късо. Към днешна дата в ТПС и ПС на метрополитена се използват съоръжения, които се нуждаят от модернизация. В подстанциите от МС „Константин Величков“ до „Сливница“ на първа линия на метрото електрообзавеждането е руско и чешко производство. С течение на времето една голяма част от разпределителните уредби (РУ) 10 kV и DC 825kV са преоборудвани с нови съоръжения. Тяговите трансформатори и токоизправителите не са подменени все още. Останалите подстанции от втора, трета и четвърта линия са оборудвани със съвременни съоръжения, които обезпечават надеждност и сигурност на електроснабдяването [1]. От друга страна улесняват работата на оперативния персонал.

Надеждната и безаварийна работа на ТПС е от съществено значение за осигуряване на непрекъснатостта на железопътното движение и сигурността на останалите консуматори на електроенергия . Нарушения в електроснабдяването могат да доведат до прекъсване на движението на метровлаковете, създаване на опасни

ситуации и значителни икономически загуби. Поради това управлението на тяговите съоръжения изисква високо ниво на автоматизация, надеждни средства за контрол и ефективна защита.

2. НЕОБХОДИМОСТ ОТ МОДЕРНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ НА ТЕС

Съществуващите системи за ръчно управление на съоръжения имат ограничени възможности за диагностика и липса на централизирана визуализация. Това затруднява оперативния персонал и не позволява ефективно дистанционно управление.

Модернизацията на ТЕС чрез адаптиране на съоръжения с ръчно управление към SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) системи създава предпоставки за преход към цифрово управление и автоматизация на технологичните процеси. Съвременните SCADA системи предоставят възможност за непрекъснат мониторинг на състоянието на електроенергийните съоръжения, дистанционно управление на комутационната апаратура и бърза реакция при аварийни режими. Това води до повишаване на експлоатационната надеждност, съкращаване на времето за възстановяване при повреди и оптимизация на работата на енергодиспечерските служби.

Особено актуална е необходимостта от интегриране на локалните SCADA системи на ТПС с централизирани диспечерски системи, разположени в централния диспечерски пост (ЦДП). Чрез използването на стандартизирани комуникационни протоколи и модерни средства за предаване на данни се постига високо ниво на съвместимост, надеждност и сигурност при управлението на електроснабдителната система на метротранспорта.

Автоматизацията и телеуправлението на комутационната апаратура водят до повишаване на безопасността на обслужващия персонал, тъй като се намалява необходимостта от физическо присъствие в зоните с високо напрежение. Освен това се постига оптимизация на експлоатационните разходи и подобряване на качеството на електроснабдяването.

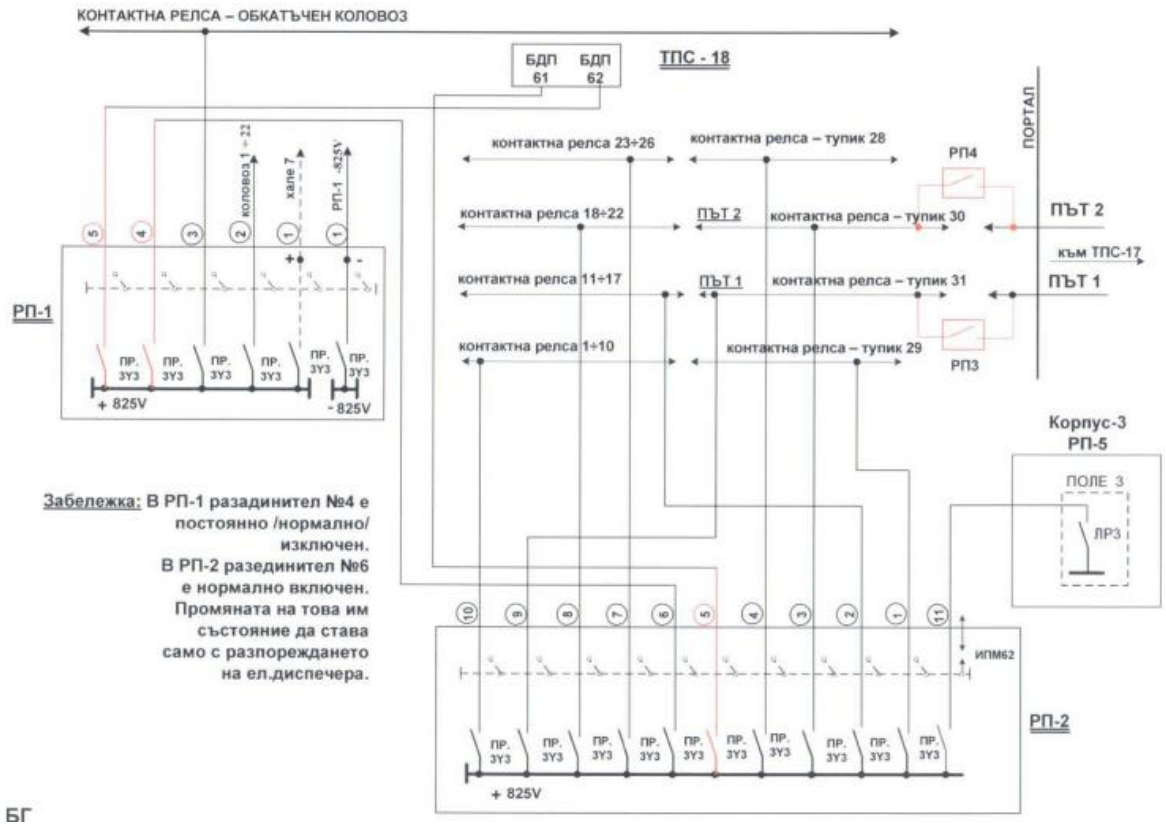
2.1. Обекти на модернизацията

Обектите за модернизация са разположени на различни места на територията на депо „Обеля“.

Всички обекти са показани на фиг.1, която визуализира съществуващата еднолинейна схема на захранване на контактната релса в депо „Обеля“.

Всички манипулации в обектите се извършват от персонала на аварийна група (АГ), която е на дежурство в сграда в района на депо „Обеля“. За превключване на разединителите работниците от АГ получават разпореждане от енергодиспечера след, което уведомяват дежурния депомайстор отиват до съответния обект и извършват манипулацията за която докладват на енергодиспечера. Този процес е изключително бавен, хората са в близост до части под напрежение и енергодиспечера няма никаква визуална представа за състоянието на съоръженията. При една аварийна ситуация този начин на управление на разединителите възпрепятства бързата реакция, което може да доведе до тежки последици.

Всички разединители, които подлежат на подмяна са показани на фиг.1 в червено.



Фиг. 1. Еднолинейна схема на захранване на контактна релса в депо „Обеля“

2.1.1. РП 1 (разпределителен пост)

Всички разединители в него са еднополюсни – ръчни. Шина +825 V се захранва от ТПС 18 чрез БДП 62 (бързодействащ прекъсвач) и разединител №5. Разединител №4 е връзката с РП2. Останалите три плюсови разединители захранват коловози от 1 до 22, обкатъчен коловоз и хале 7. Има и един минусов разединител. В РП 1 разединител №4 е постоянно (нормално) изключен.

На подмяна подлежат разединители №4 и №5.

2.1.2. РП 2

Вторият обект е оборудван с 11 бр. еднополюсни – ръчни разединители, които са присъединени към шина +825 V. Тя се захранва от ТПС 18 чрез БДП 61 и разединител №5. Разединител №6 е връзката с РП1. Разединител №11 захранва РП5. Останалите плюсови разединители захранват контактната релса на различни коловози. В РП 2 разединител №6 е нормално включен.

На подмяна подлежи разединител №5.

2.1.3. РП 3 и РП4

Тези два обекта са оборудвани с двуполюсни разединители. Те спаралелват захранването на контактна релса на коловозното развитие в депо „Обеля“ с контактната релса към метростанция „Сливница“. Последната се захранва от ТПС 17. РП 3 и РП 4 прекъсват и минуса на ходовата релса, като по този начин минуса в депото е отделен от този по цялото трасе, който е непрекъснат.

На подмяна подлежат двуполюсните разединители РП 3 и РП 4.

3. ПРИСЪЕДИНЯВАНЕ НА ПОДМЕНЕНИТЕ СЪОРЪЖЕНИЯ КЪМ СЪЩЕСТВУВАЩАТА SKADA СИСТЕМА

За да се осъществи присъединяване на разединителите към SKADA е изградена оптична комуникационна мрежа в „пръстен“ за комуникация с тях.

Оперативното захранване за управление и сигнализация на разединителите е 220 VDC.

За дистанционно управление и сигнализация, в шкафовете на разединителите са предвидени модули на Сименс ET2008, а за комуникация с ТПС18 има оптични модули на Сименс.

В ТПС 18 е изградена система за дистанционно управление и сигнализация на базата на контролер SIMATIC S7 315 2DP.

Преработена е системата за телеуправление и сигнализация на ТПС 18 с цел въвеждане на новите съоръжения.

За изтегляне на оптичната комуникационна мрежа и кабелите за оперативно захранване е използвана съществуващата тръбна мрежа и бетонни корита (фиг.2).

Фиг. 2. Схема на трасе за полагане на кабели

Където не е възможно използване на съществуващата тръбна мрежа и бетонни корита е изградена нова такава с метални тръби, положени в изкоп под ЖП коловоз.

Изведените диспечерски сигнали и команди след адаптиране на разединителите към SKADA системата за управление и сигнализация са дадени в табл.1.

Таблица 1. Диспечерски сигнали и команди

ПОЛЕ	ДИСПЕЧЕРСКА СИГНАЛИЗАЦИЯ – Разединители в РП1,2,3,4			
	РАБОТНИ	БР	АВАРИЙНИ	БР
1	2	3	4	5
РП1 - Р-ли №4 и 5 РП2 - Р-л №5 РП3 и РП4	Включен разединител Изключен разединител Местно управление Липса на напрежение 825V	5 5 5 5	Отпаднало оперативно напрежение Повреда в оптичен преобразувател	5 3

ПОЛЕ	ДИСПЕЧЕРСКИ КОМАНДИ – Разединители в РП1,2,3,4	
	РАБОТНИ	БР
1	2	3
РП1 - Р-ли №4 и 5 РП2 - Р-л №5 РП3 и РП4	Включване на разединител Изключване на разединител	5 5

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условията на съвременния метротранспорт надеждното и непрекъснато електрозахранване е от съществено значение за безопасността и ефективността на движението на влаковете, което поставя високи изисквания към пълноценното използване на системите за управление и наблюдение на енергийните съоръжения.

Подмяната на ръчните разединители и адаптирането на новите съоръжения към SKADA системата съществено подобрява управляемостта и надеждността на тяговото електрозахранване. Централизираната визуализация и дистанционното управление позволяват по-бърза реакция при аварийни ситуации, по-добра координация между отделните обекти и намаляване на времето за възстановяване на нормалния режим на работа. Архивирането на събития и измервателни данни създава предпоставки за по-ефективна диагностика и превантивна поддръжка.

Приобщаването към SCADA системата оказва положително влияние и върху експлоатационната безопасност. Намалява се необходимостта от присъствие на персонал в близост до високоволтови съоръжения, което ограничава риска от трудови злополуки.

Модернизацията на ТЕС на метрополитена чрез подмяна на разединителите и адаптиране на новите към SCADA системата отговаря на съвременните изисквания за надеждност, безопасност и ефективност. Резултатите потвърждават значението на SCADA системите като неизменна част от модерното управление на електроенергийните съоръжения в метротранспорта.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Додов, Е., Лалев, Т., Измерване и анализ на енергетичните параметри на тягова понизителна станция в метрополитена, научно списание „Механика, транспорт, комуникации“, том 22, 2024 г., статия 2525, стр. X-165 – X-170, ISSN 2367-6620 (online)
[2] Техническа документация, схеми, параметри и характеристики на тяговопонизителни станции на метрополитена.
[3] Ръководства и технически описания на SCADA системи и телемеханични контролери, използвани в електроенергийни обекти.

MODERNIZATION OF THE TRACTION POWER SUPPLY SYSTEM OF THE METRO

Emil Dodov
edodov@abv.bg

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

Key words: *Contact rail disconnectors, remote control, safety and reliability.*

Abstract: *The power supply of the traction power supply system of the metro is carried out by traction power systems (TPS) and lowering stations. The facility whose TPS is being modernized is the "Obelya" depot. The existing situation, power supply schemes and facilities are discussed below.*

The modernization includes the replacement of five contact rail disconnectors with new remotely controlled disconnectors at the Obelya depot – RP 1, 2, 3, 4.

A comparison of the two types of contact rail disconnectors is made and the advantages and disadvantages are shown. The benefits of building an optical communication network for remote control and signaling of the disconnectors are shown.