МЛАД ФОРУМ
Механика Транспорт Комуникации
*Научно списание* http://www.mtc-aj.com
ISSN 2367-6558 (print)
ISSN 2367-6612 (online)
том 14, брой 1, 2025г.
статия № 2689

# ЗАЩИТИ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ СЪОРЪЖЕНИЯ НА ТЯГОВИ ПОДСТАНЦИИ ЗА НАЗЕМЕН ГРАДСКИ АВТОНОМЕН И НЕАВТОНОМЕН ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ТРАНСПОРТ КЪМ „СТОЛИЧЕН ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТ“ ЕАД

**Детелина Павлова**
didaip@abv.bg

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

***Ключови думи:*** *защити на електрически съоръжения, релейни защити, токоизправителни станции, защити към разпределителна уредба СрН – въводни и изводни полета, селективност, бързодействие, надеждност.*

***Резюме:*** *София притежава най-голямата и най-сложна градска транспортна система в България, която включва различни видове транспорт – автобусен, трамваен, тролейбусен и метро. В доклада е представена ролята на релейните защити на основните звена в токоизправителни станции на „Столичен електротранспорт“ ЕАД. Релейните защити са основното звено за електрозахранването на наземен градски автономен и неавтономен електрически транспорт за гр. София. Чрез тях се осъществява електрозахранване на: трамвайната и тролейбусната контактна мрежа; зарядни станции с входящо и изходящо постоянно захранващо напрежение за електробуси с бърз заряд. Ролята на релейната защита е да извършват мониторинг на определени параметри към съответното съоръжение и да го защитават при достигане на определени стойности. Също така има за задача автоматично да открие наличието на повреда, да определи селективно повреденото съоръжение и да изключи съответния прекъсвач, за да се възстанови нормалната работа на неповредените участъци. Същевременно тя реагира и се задейства при появата на ненормални режими на съоръженията.*

*В доклада са представени техническите параметри и характеристики, като общите защити към всички защитени съоръжения са токова отсечка ($I_{то}$) и максималнотокова защита ($I_{мтз}$). Максималнотоковите защити са най-разпространените релейни защити. Токовите защити разчитат на факта, че в нормален режим токът достига до стойности около номиналния, а при к.с. неговата стойност нараства значително. Обикновено разликата между тези два тока е много голяма и токовите защити лесно ги разграничават. Те са най-разпространените релейни защити. [1], [3].*

## ВЪВЕДЕНИЕ

За захранването на всяка една токоизправителна станция (ТИС) се използват въводи средно напрежение (СрН) 10/20 kV. Има основен и резервен, в някои от

токоизправителните станции има и междинен ввод, който се използва при крайна необходимост. Въводите са изпълнени от кабел 3x1x185 $mm^2$. Защитите, които се намират в звено СрН на ТИС, въводни полета и изводни полета за захранване на силовите трансформатори и трансформатора 1000 kVA, 10/0,4 kV /собствени нужди/ са оборудвани със съответната апаратура за релейна защита: $I_{то}$, $I_{мтз}$ и $I_{земно}$ съединение, [2], [3].

**ЗАЩИТИ**

Шкафове тип „ввод" съдържат вакуумни прекъсвачи, токови и напреженови измервателни трансформатори, разединител - заземители и индикатори за напрежение.

- $I_{то}$ и $I_{мтз}$ - на въводните полета са монтирани три токови трансформатора за всяка фаза поотделно. Те са с параметри 400/5/5 и клас на точност 0,5/5P ТТ. Токовите трансформатори са с две вторични намотки, всяка по 5 А. Първата вторична намотка се използва за измерване и е свързана с електромер, отчитащ консумацията на електроенергия, както и с ампермер на една от фазите. Втората вторична намотка е свързана със защита $I_{то}$ и $I_{мтз}$. Задействането на $I_{то}$ е при стойности над 7 пъти номинала $I_н$ – веднага без закъснение. Задействането на $I_{мтз}$ е при стойности 2,2 пъти над номинала $I_н$ и е с времезакъснение от 07-08/сек., като $I_н$ = 630 А.
- Освен токови трансформатори има монтирани на всяка една от фазите и три напреженови трансформатора с параметри 10/0,1/0,1 kV и клас на точност 0,5/3P(10P). Всеки един от тях е с две вторични намотки с изходно напрежение от $U_{изх}$ = 100 V. Първата вторична намотка е свързана в схема „отворен триъгълник" за следене на несиметрия на фазите. Втората вторична намотка е в схема „звезда" и подава U = 100 V/AC през предпазители и служи за следене на напрежението по фазите чрез волтметър, като от нея се подава директно консумираната енергия към електромера. Също така подава оперативно напрежение за управление на всички полета СрН.

**Фиг. 1. Разпределителна уредба 10 kV, на обновена станция, където е показано разположението на напреженовите измервателни трансформатори в шкафове тип „ввод"**

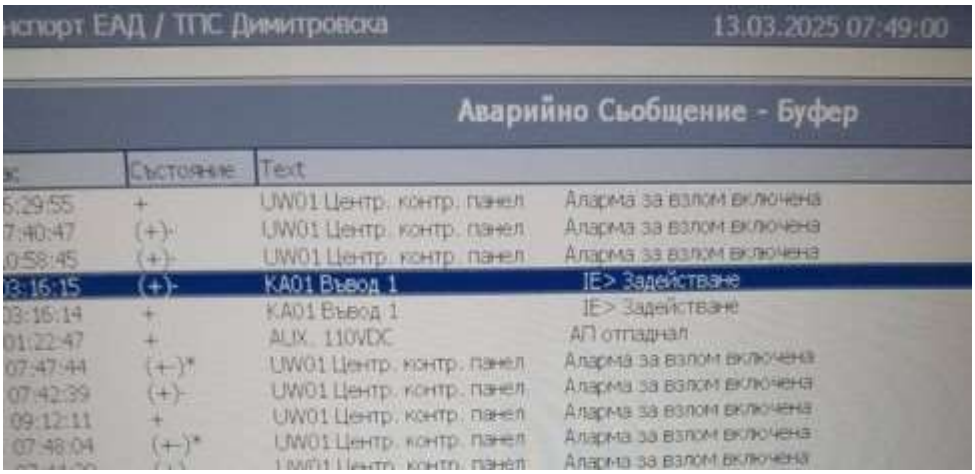
Шкафове тип „извод" съдържат вакуумни прекъсвачи, токови измервателни трансформатори, разединител - заземители и индикатори за напрежение.

- Изводните полета за захранване след силовите трансформатори /при реконструираните/ станции, преди токоизправителите са оборудвани само с измервателни токови трансформатори, които задействат защитите $I_{то}$ и $I_{мтз}$. Защитата е настроена за селективно изключване преди въводните полета, за запазване на съоръженията. Параметрите на измервателни токови трансформатори са 150/5/5A, клас на точност 0,5/5P, а трансформатора 1000 kVA, 10/0,4 kV с измервателни токови трансформатори 75/5/5A и клас на точност 0,5/5.

**Фиг. 2. Разпределителна уредба 10 kV, шкафове тип „извод“ на не обновена и вече реконструирана станция**

В следващите изображения се наблюдават няколко сигнала в буфера на съобщенията /след задействане на релейната защита/, към оперативен панел на обновена ТИС. Тези данни представят събития, случили се извън дневния експлоатационен режим на станцията, който е в рамките на 4 /четири/ часа от тъмната част на денонощието.

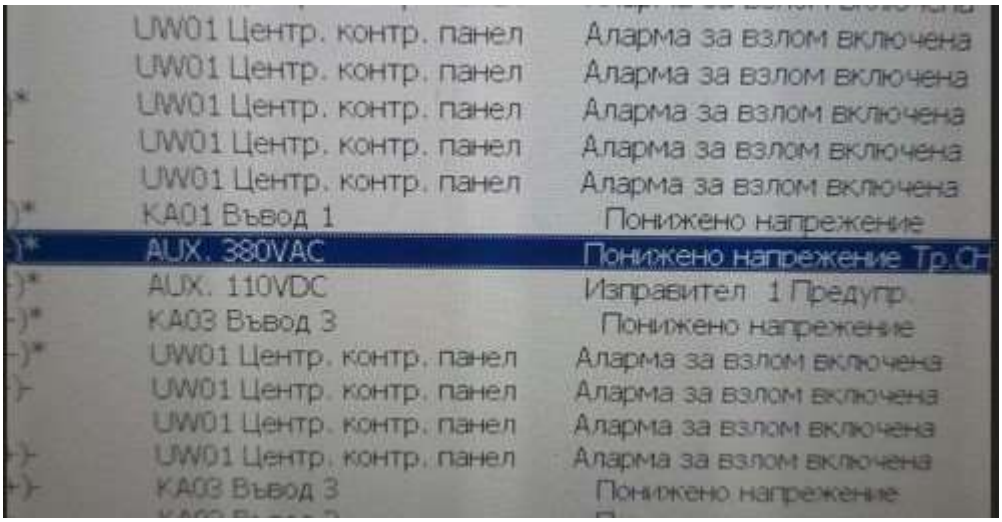
На фиг. 3 се наблюдава задействане на защита към Ввод 1 на наблюдаваната ТИС, извън дневния експлоатационен режим на работа.




**Фиг. 3. Задействане на аларма към Ввод 1**

На фиг.4 се проследява как при появил се първоначален сигнал за понижено напрежение на един от въводите, системата подготвя съоръженията последователно за

евентуално изключване при отпадане на захранващото напрежение. По този начин се защитават съоръженията от повреда и последващ отказ.




**Фиг. 4. Сигнали за активирани защити към Разпределителна уредба СрН**

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Съвременните цифрови релейни защити представляват сложен комплекс от хардуерни и софтуерни устройства, реализиращи многофункционална система от защитни параметри. [4].

Релейните защити в разгледаните токоизправителни станции към „Столичен електротранспорт“ ЕАД играят важна роля за безотказната и правилна работа на защитените съоръжения. Това се доказва с експлоатацията на съоръжения, монтирани след 1970 г., които и до сега функционират поради добрата поддръжка и профилактика на съоръженията. С напредване на технологиите и модернизациите на някои тягови станции към „Столичен електротранспорт“ ЕАД, може да се проследи и направи по обстоен мониторинг на задействаните релейни защити, да представи точна информация в коя част от схемата е получила индикация за задействане на определената защита.

Защитите са електронни, това улеснява работата на диспечерите и ел. монтьорите обслужващи ТИС, като в реално време следят състоянието на цялото съоръжение. Дори при цялостно разпадане на ТИС, чрез акумулаторната си система може да се проследи на оперативния панел изминалите събития, довели до разпадане на ТИС .

## ЛИТЕРАТУРА:

[1] Станимир Вичев. Релейна защита - Записки за магистри с първо висше образование, което не е по специалност “Електроенергетика” София, февруари 2008 г.

[2] Описание „ТИС“ към „Столичен електротранспорт“, под. „Трансенерго и РП“

[3] Томчева М., Г. Павлов, Т. Лалев, Л. Секулов, и кол. Изследване на енергетичните параметри на токоизправителни станции за наземен градски електрически транспорт, , Четвърта научна конференция с международно участие „Комуникации, електрообзавеждане и информатика в транспорта – КЕИТ 2018”, 28.09-30.09.2018 г., гр. Банско, 2018 г. (сп. Механика, Транспорт, Комуникации. том 16, брой 3/2, 2018 г., ISSN 1312-3823, стр. X1-X7), https://mtc-aj.com/library/1714.pdf

[4] Павлов Г., Л. Секулов, М. Томчева, Я. Исаев, Т. Лалев. Проектиране и изграждане на товарно устройство за конвенционални и цифрови релейни защити. XII Научна Конференция ЕФ 2015, 19.09. – 21.09.2015 г., гр. Созопол, Годишник на ТУ-София, том.66, кн.1, стр.111, ISSN 1311-0829.
http://proceedings.tu-sofia.bg/volumes/Proceedings_volume_66_book_1_2016.pdf

# PROTECTION OF ELECTRICAL EQUIPMENT OF TRACTION SUBSTATIONS FOR GROUND URBAN AUTONOMOUS AND NON-AUTONOMON ELECTRIC TRANSPORT TO „STOLICHEN ELEKTROTRANSPORT“ EAD

**Detelina Pavlova**
didaip@abv.bg

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

***Key words:*** *protection of electrical equipment, relay protection, rectifier stations, protection of MV distribution system – input and output fields, selectivity, fast response, reliability.*

***Abstract:*** *Sofia has the largest and most complex urban transport system in Bulgaria, which includes various types of transport - bus, tram, trolleybus and metro. The report presents the role of relay protection of the main units in the rectifier stations of "Stolich Elektrotransport" EAD, they are the main unit for the power supply of ground urban autonomous and non-autonomous electric transport for the city of Sofia. They provide power supply to: the tram and trolleybus contact network; charging stations with input and output constant supply voltage for electric buses with fast charging. The role of relay protection is to monitor certain parameters of the relevant facility and to protect it when certain values are reached. It also has the task of automatically detecting the presence of a fault, selectively determining the damaged facility and switching off the relevant circuit breaker in order to restore normal operation of the undamaged sections. At the same time, it reacts and is activated when abnormal modes of the equipment occur.*

*The report presents the technical parameters and characteristics, with the common protections for all protected equipment being current section (Ito) and maximum current protection (Imtz). Maximum current protections are the most common relay protections. Current protections rely on the fact that in normal mode the current reaches values around the nominal, and at hp its value increases significantly. Usually the difference between these two currents is very large and current protections easily distinguish them. They are the most common relay protections. [1], [3].*