Механика Транспорт Комуникации

ISSN 1312-3823 (print)
ISSN 2367-6620 (online)
том 23, брой 3, 2025 г.
Научно списание **http://www.mtc-aj.com** **статия № 2752**

ЗАЩИТА НА ТОКОИЗПРАВИТЕЛНИ АГРЕГАТИ КЪМ ТЯГОВИ ПОДСТАНЦИИ ЗА НАЗЕМЕН ГРАДСКИ ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ТРАНСПОРТ КЪМ „СТОЛИЧЕН ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТ“ ЕАД

Детелина Павлова, Мартина Томчева
didaip@vtu.bg, mtomcheva@vtu.bg

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

Резюме. *Захранването на електрическите транспортни средства (ЕТС) на наземния градски електрически транспорт (НГЕТ) в гр. София се осъществява чрез токоизправителни станции (ТИС). Тяхната функция е да преобразуват променливо напрежение, чрез токоизправители, в постоянно напрежение за захранване на тяговите консуматори на ЕТС. За да няма прекъсване на електрозахранването главна роля изпълняват средствата за защита, които ограничават вредните последици от авариите. Наличието на авария се открива от релейната защита, която посредством алгоритъм решава необходимо ли е изключване или не на защитеното съоръжение. Основна задача е анализът на възможните аварийни режими в дадено звено от електроенергийната система и правилната настройка на съоръженията. Релейната защита изпълнява задачите си чрез непрекъснато следене на състоянието на контролирания обект: ток, напрежение, мощност, температура и други. При повреда или ненормален режим, под въздействие на получената информация за обекта, тя реагира по определена, предварително зададена програма. Оптимално избраната и настроена релейна защита намалява общото време, през което е прекъснато електроснабдяването на потребителите и ограничава пораженията върху отделните съоръжения, причинени от възникналата авария. Повредите и ненормалните режими създават неблагоприятни условия за работа на електрическите съоръжения. Процесите протичат много бързо. Тяхното откриване и изключване трябва да стане за части от секундата и може да се реализира само с помощта на автоматични устройства, каквито са релейните защити. В някои случаи релейните защити само сигнализират за наличие на ненормален режим. В съвременните релейни защити, изпълнени на базата на цифровата електронна техника, постъпилата информация за обектите се регистрира, обработва, предава на ниво подстанция и диспечерски център, и функциите за защита и управление се реализират от едни и същи технически средства. В доклада са разгледани защитите на тяговите агрегати – токоизправители.*

Ключови думи: *защити на електрически съоръжения, защити, токоизправителни станции, токоизправителни агрегати ТА.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Всяка една от подстанциите е оборудвана с токоизправителни агрегати (ТА), те са с различна конструкция и структура, в зависимост от вида на оборудването, годината на изграждане и въвеждане в експлоатация на ТИС.

Броят на ТА зависи от броя на монтираните силови трансформатори, захранващи ТИС, а вида на импулсната схема на токоизправяне зависи от броя на вторичните намотки на страна ниско напрежение.

По-голяма част от експлоатираните ТИС към „Столичен електротранспорт“ ЕАД са с ТА, свързани в схема Ларионов в шестпулсна схема на токоизправяне, поради наличие на една вторична намотка в силовия трансформатор.

На фиг. 1 е показан шкаф за управление и защита на токоизправители по схема на 6-пулсно токоизправяне, като визуално те могат да се различават в зависимост от годината на

производство на инсталираната уредба, но предназначението им е да защитава ТА.

Фиг. 1. Шкаф за управление и защита на токоизправители по схема на 6-пулсно токоизправяне

Токоизправителите са силициеви, които се състоят от диоден блок и съдържат различен брой диоди, свързани в матрична схема. Към всеки диод има свързан предпазител 250 А с микро прекъсвач. Диодите са монтирани върху охладителни тела за поддържане на необходимата експлоатационна температура. На фиг. 2 е показана матрична схема на диоден блок.

Фиг. 2. Матрична схема на диоден блок

На следващата фиг. 3 е показан самият диод, към който е свързан предпазител 250 А с микропрекъсвач, за да го предпазва.

Фиг. 3. Силициеви диоди в комплект с предпазител 250А с микро прекъсвач

През последното десетилетие шест от общо двадесет и четирите токоизправителните станции към „Столичен електротранспорт“ ЕАД са преминали реконструкция и са с монтирано обновено оборудване. ТА са полупроводникови диоди с дванадесетпулсна схема на токоизправяне, поради наличие на две вторични намотки в силовия трансформатор, едната свързана в „звезда“, а другата в „триъгълник“. [2]

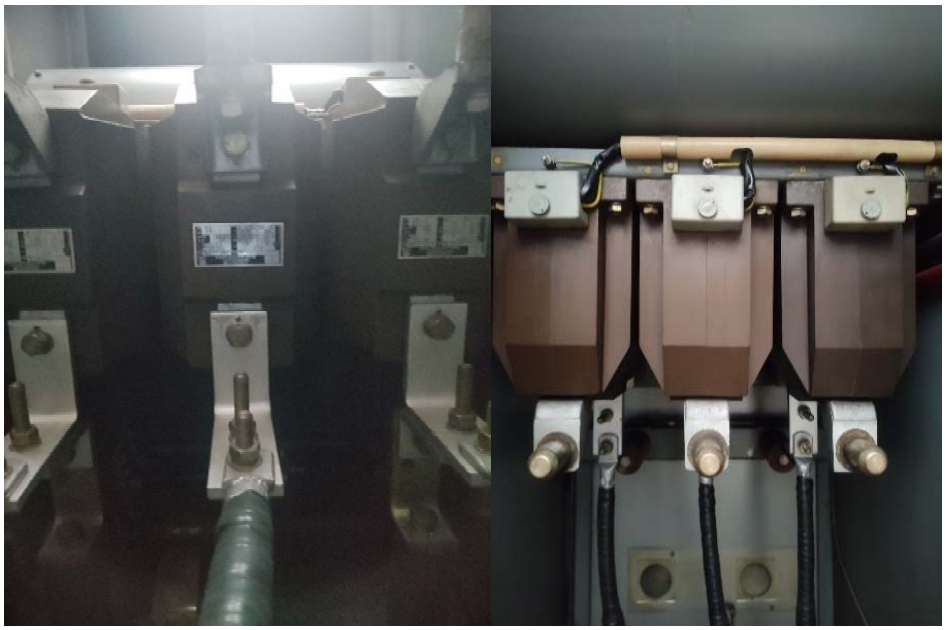
На фиг. 4 е показан токоизправител по 12-пулсна схема на токоизправяне, като към оборудването на всеки ТА има наличие и на шкаф за защита и управление.

Фиг. 4. Токоизправители по схема на 12-пулсно токоизправяне, защита и управление на ТА

ЗАЩИТИ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИТЕ СЪОРЪЖЕНИЯ, ИЗПОЛЗВАНИ В ТИС

Защитите на този вид съоръжение са:

- корпусна защита (токова и напреженова земна защита) на променливотокова и постояннотокова страна на токоизправителя, използвани при извършване на профилактика и ремонт.



Фиг. 5. Напреженови трансформатори, за следене и защита на ТА

- наличие на защити за пробив на диод – защитата се задейства при наличие на един повреден диод, изключва ТА, за да предотврати лавинообразно повреждане на целия агрегат.
- липса на оперативно напрежение в ТА– има монтирани кондензатори, които задържат за определено време веригата за оперативно напрежение, ако не се възстанови напрежението, при липса на такова, ТА изключва. [2]
  При по-новите ТИС има монтирани акумулатори за поддържане на комуникацията към оперативния персонал (диспечер), до възстановяване схемата на работа на ТИС.
- прегряване/температурна – тук се наблюдава защита на съоръженията с три термостата, настроени на определени температури, при достигането, на които се задействат следните етапи на защита:

- над 35^{o} С температура ел. верига подготвя вентилаторите в сградата за включване;
- при 55^{o} С – се включват вентилатори за охлаждане на помещението за предотвратяване изключване на съоръжението. При спад на температурата под 55^{o} С, вентилаторите се изключват, но веригата остава в „подготовка“ за задействане на защитата.
- при продължаване на нарастване на температурата и достигане на 95^{o} С се подава команда за изключване на съоръжението от маломаслен/елегазов прекъсвач.

При покачване на градусите се задействат и подготвят защитите по веригата, при евентуално покачване на стойностите на упоменатите по горе температури, защитите се задействат, само при достигане на 95^{o} С веригата не се възстановява и изключва агрегата. След спад на другите посочени стойности на защитата, започва възстановяване на работещата верига по обратен ред. Всяка година се извършва профилактика и изпитване на сработване на защитите (функционални проби), като тази практика е и за тестване на комуникацията, това е важно и за дългогодишната работа на съоръженията.[1]

На фиг. 6 се вижда потенциометър за настройка на температурна защита в ТА на една все още не модернизирана ТИС.

Фиг. 6. Потенциометър за настройка на температурна защита на ТА в не реконструирана ТИС

ИЗВОДИ И ОБОБЩЕНИЯ

Защитите на електрическите съоръжение представляват сложен комплекс от хардуерни и софтуерни устройства, реализиращи многофункционална система от защитни параметри. Мониторингът, който извършват за зададените ѝ величини води до обработка на широк спектър задачи, от възприемане и анализиране на измерваните стойности, до издаване на команди за изключване на прекъсвача. Чрез тях се позволява прецизна настройка (параметризиране) в зависимост от необходимостта на защитаваното електрически съоръжение. Стабилността на тяговата енергийна система зависи от правилното функциониране на релейната защита и нейните възможности да взема бързи решения. Друг фактор е и добрата поддръжка и профилактика на електрическите съоръжения. Неправилното сработване на защитите може да доведе до тежки аварийни състояния [3].

ЛИТЕРАТУРА:

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

[2] 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

[3] 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 RECTIFIER UNITS AT TRACTION SUBSTATIONS FOR GROUND URBAN ELECTRIC TRANSPORT AT "STOLICHEN ELEKTROTRANSPORT" EAD

Detelina Pavlova, Martina Tomcheva
didaip@vtu.bg, mtomcheva@vtu.bg

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

Abstract. *The power supply of electric vehicles (EVs) of ground urban electric transport (NGET) in the city of Sofia is carried out through rectifier stations (TS). Their function is to convert alternating voltage, through rectifiers, into direct voltage for powering the traction consumers of the EVs. In order to avoid interruptions in the power supply, the main role is played by protective devices that limit the harmful consequences of accidents. The presence of a fault is detected by the relay protection, which, using an algorithm, decides whether or not it is necessary to turn off the protected facility. The main task is the analysis of possible emergency modes in a given unit of the power system and the correct adjustment of the facilities. Relay protection performs its tasks by continuously monitoring the state of the controlled object: current, voltage, power, temperature, etc. In the event of a fault or an abnormal mode, under the influence of the information received about the object, it reacts according to a specific, pre-set program. Optimally selected and set relay protection reduces the total time during which the power supply to consumers is interrupted and limits the damage to individual facilities caused by the fault. Faults and abnormal modes create unfavorable conditions for the operation of electrical facilities. The processes occur very quickly. Their detection and shutdown must occur in fractions of a second and can only be realized with the help of automatic devices, such as relay protection. In some cases, relay protection only signals the presence of an abnormal mode. In modern relay protection, implemented on the basis of digital electronic equipment, the received information about the objects is registered, processed, transmitted at the substation and dispatch center level, and the protection and control functions are implemented by the same technical means. The report examines the protection of traction units - rectifiers.*

Key words: *protection of electrical equipment, protection, rectifier stations, rectifier units TA.*