



АНАЛИЗ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ЕКСПЛОАТИРАНЕ НА СИСТЕМАТА ЗА ЕЛЕКТРОСНАБДЯВАНЕ НА ТРОЛЕЙБУСНИЯ ТРАНСПОРТ В ГРАД ПЛОВДИВ

Илко Търпов
stsb_plovdiv@abv.bg

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

Ключови думи: *Електроснабдяване, тролейбусен транспорт, надеждност, електроизолационни материали, стареене, дълготрайност на изолацията, якост.*

Резюме: *В съвременния живот развитието на големите градове е свързано със скоростните характеристики на придвижвания на хората в тях. Съществува зависимост между териториалното разширяване на града и развитието на транспортните комуникации. Една от важните задачи на общинските съвети в населените места е осигуряване на бързо, надеждно и културно обслужване на населението в рамките на града и прилежащите крайградски райони, чрез научно обосновани подходи, методи и средства. Добре организираният градски пътнически транспорт играе важна роля за нормалното функциониране на една териториална единица.*

В материала е направен анализ на експлоатационната готовност на съществуващите електроснабдителни линии и оборудване в тяговите изправителни станции (ТИС) и съществуващата въздушна контактна мрежа (ВКМ) за електроснабдяване на тролейбусния транспорт в град Пловдив. Представени са изискванията за поддържане и експлоатиране на ТИС и ВКМ по отношение на техните параметри и налична документация. Проследена е и енергийната ефективност на електрозахранващата мрежа при евентуално закупени нови електрически транспортни средства. Разгледана е също така надеждността на оборудването и апаратите за комутация и защита. Осъществено е проследяване на стареенето и дълготрайност на изолационните материали в съществуващата система за електроснабдяване на неавтономен подвижен състав. Посочена е важността на човешкия фактор при експлоатация и поддръжка на електросъоръженията. В заключение са направени общи изводи.

УВОД

В съвременния живот развитието на големите градове е свързано със скоростните характеристики на придвижвания на хората в тях. Съществува зависимост между териториалното разширяване на града и развитието на транспортните комуникации. Качеството на предлаганата транспортна услуга оказва пряко влияние върху психическото и физическото състояние на хората и техните нагласи. Установено

е, че „добре организираният градски транспорт способства за намаляването на транспортната умора на работниците и служителите и пряко влияе върху тяхната производителност“ [1], като тя може да се понижи с 20 ÷ 30 %.

След изчерпване на възможностите на съществуващата транспортна система, се налага нейното усъвършенстване, чрез увеличаване скоростта на придвижване и превозните способности, както и чрез подобряване качеството на услугата.

1. КРАТКА ИСТОРИЯ

Транспортната система на град Пловдив се състои от различни видове транспорт: железопътен, автобусен, маршрутен, таксиметров, велосипеден, пешеходен и несъществуващ към момента тролейбусен транспорт.

Функционирането на тролейбусния транспорт в град Пловдив е продължило точно 56 години и 8 месеца. От 06.01.1956 г. до 01. 10.2012 г. В края на 80^{те} години в града се движат над 120 тролейбуса, които се хранят от шест стационарни и две подвижни токоизправителни станции. Контактната мрежа е с дължина 260 км, което го превръща в града с най-развитата тролейбусна мрежа в България. След 2000 г. „Градски транспорт – Пловдив“ изпада в тежко финансово състояние, броят на тролейбусите и обслужваните маршрути постепенно намалява. През 2007 г. се стига до приватизация на дружеството. Приватизационният договор не се изпълнява и линиите не се обслужват със заложения по договор брой тролейбуси. Общинският съвет взема решение за прекратяване на договора с превозвача и от 1 октомври 2012 г. Пловдив остава без тролейбусен транспорт. Преди да се закрие тролейбусният транспорт в Пловдив са оперирали 4 тролейбусни линии с № № 3, 14, 19, 134. [2]

2. МЕТОДИКА ЗА АНАЛИЗ

За нуждите на анализа е необходимо да се създаде методика, по която да се отчита състоянието на отделните системи и възли за електроснабдяване. Необходимо е също така да се проучат и новостите в тролейбусния транспорт с цел съпоставка с наличните съоръжения и създаване на икономическа обосновка.

Поради ограниченията на доклада ще бъдат разгледани само най-важните технически въпроси съгласно представената последователност на фигура 1.



Фиг. 1 Блок схема на методиката за анализ на системите за електроснабдяване на тролейбусен транспорт

2.1. СИСТЕМА ЗА ЕЛЕКТРОСНАБДЯВАНЕ НА ТРОЛЕЙБУСНИЯ ТРАНСПОРТ

При системите за електроснабдяване с постоянен ток за градски наземен транспорт се използва напрежение 600 V. Захранването на подстанционните участъци може да бъде разпределено или централизирано. При първия вид подстанциите са едноагрегатни, а при втория броят на агрегатите е не по-малък от два, което дава възможност при авария в един от агрегатите товара да се поеме от останалите. Разпределеното захранване изисква по-голям брой подстанции, разположени по-близо една спрямо друга, и с по-малки мощности. При тези системи е целесъобразно тяговите подстанции да са телеуправляеми или автоматизирани.

Най-широко приложение на схемите за захранване са намерили пръстеновидната и радиалната схеми. При пръстеновидната от една районна подстанция се разрешава захранване на 2 -3 тягови подстанции.

При радиалната схема всяка тягова подстанция се захранва от два независими електропровода, а при едноагрегатни ТИС, често се прилага двустранно захранване от две районни подстанции.

2.1.1. Тягови изправителни станции

Захранването на контактната мрежа за наземен градски електрически транспорт се осъществява, чрез тягови изправителни станции (ТИС).

ТИС се захранват с напрежение 20 kV, което се трансформира до напрежение 515 V, изправя се и се подава за захранване на въздушната контактна мрежа ВКМ. За захранване с 600 V постоянно напрежение на тролейбусната мрежа на гр. Пловдив са изградени 7 броя ТИС, разпределени в рамките на целия град. Токоизправителите са конструирани с диоди и свързани в мостова схема. Изправеното напрежение е пулсиращо и това налага вземането на допълнителни мерки с цел подобряване работата на тяговите двигатели на електрическите транспортни средства. ТИС са изградени с релейно-контакторни схеми, притежаващи много ниска степен на автоматизация и са предвидени да работят под постоянен контрол на оператор. Същевременно възможността за диагностика и анализ на състоянието и събитията е на много ниско ниво и зависи предимно от човешкия фактор. За целта във всеки един от ТИС има постоянно дежурство на оперативен персонал, което води след себе си до голямата значимост на субективния фактор при откриване, реакция и отстраняване на откази. Според проведено изследване на надеждността на електрозахранващата система за електротранспорт в гр. Русе, „липсата на напрежение по ВКМ, респективно движението на тролейбуси заради повреди в ТИС, е 8 % от общия дял на броя и продължителността на авариите в цялата енергийна система – ТИС и ВКМ, като 7 % се дължи на оперативния персонал и 1 % на технически неизправности“ [3].

Според вида на трансформатора и изправителя, към момента у нас в ТИС основно се експлоатират два вида свързване.

Първият вид е изграден от стандартен трифазен двунамотъчен трансформатор и трифазен изправител свързан в мостова схема „Ларионов“.

Вторият вид е изграден от специален трансформатор с една първична и две вторични намотки. Вторичните намотки на трансформатора са свързани съответно в звезда и триъгълник, като по този начин се получават шест фази дефазирани една спрямо друга на 60 електрически градуса. Към вторичните намотки на трансформатора се присъединява шестфазен, двуполупериоден изправител, също схема „Ларионов“.

От направени изследвания според [4], е установено, че при втория тип свързване формата на напрежението е по-качествена и с по-малък хармоничен състав.

Разработени са двадесет и четири импулсни изправителни схеми от последователен тип, при които резултантната и момента стойност на напрежението на изхода се определя като сума от изправеното напрежение на четири секции: звезда, триъгълник и две комбинирани секции, представляващи сложно свързване на намотки във вариант променящ се триъгълник.

В разглежданите ТИС не се използват изглаждащи филтри, което означава, че съществуват завишени нива на пулсации на изправеното напрежение в контактната мрежа и създават допълнителни загуби на електроенергия, както и вредно въздействие върху други потребители, свързани към нея.

При експлоатиране на нов тягов подвижен състав с внедрена система за спиране чрез регенериране на електрическа енергия (така нареченото рекуперативно спиране), диодните тягови изправители не позволяват двупосочно пренасяне на енергия, което ще обезсмисли направените капиталовложения от гледна точка на енергийната ефективност и ще допринесе за повишаване на напрежението в съответната секция. Поради тези причини е целесъобразно подмяната на диодните изправители с тиристорни изправителни блокове. През последните години в България при модернизация на ТИС вместо маслени трансформатори се монтират сухи трансформатори с естествено въздушно охлаждане. Маломаслените прекъсвачи в уредба средно напрежение също се заменят с мощностни вакуумни прекъсвачи в елегазова среда.

2.1.2. Изисквания към въздушната контактна мрежа и поддръжка

Надеждната работа на ВКМ зависи преди всичко от сигурността на нейното хранване и правилното механично и електрическо оразмеряване. Захранващите фидери са тези, които осигуряват електрическата връзка между ТИС и ВКМ.

При двустранното хранване на фидерната зона товарът се разпределя между двете подстанции през цялото време на движение на тролейбуса в съответната зона хранвана от тях. Така се постига по-равномерно натоварване на ВКМ и подстанциите, което води до по-малки загуби на енергия и по-малък пад на напрежение и обуславя протичането на по-малки токове. Големите токове предизвикват по-бързо стареене на изолацията по кабелните линии и трансформаторите в ТИС.

Тролейбусната мрежа на гр. Пловдив е изградена в периода 1959 г.÷1991 г. на няколко етапа. Връзката на ТИС с ВКМ се осъществява чрез положени в земята кабели.

Всички елементи на ВКМ са морално остарели, а повечето от тях са и физически остарели. Тя е проектирана по руски образец и стандарти, като такива мрежи вече не се използват, освен в България.

На много места се констатира нарушен габарит съгласно изискванията на [5, 6].

Състоянието на изолационните системи се счита за влошено, ако получените стойности при измерване са с 30 % или повече по-ниски от предходните. При липса на изисквания от производителя за минимално изолационно съпротивление, понижаването на стойността на изолацията под 50 %, от първоначалната стойност, налага съоръженията да се спират от експлоатация.

2.2. ОСНОВНИ НЕДОСТАТЪЦИ НА ВЪЗДУШНАТА КОНТАКТНА МРЕЖА

По-голямата част от съоръженията на ВКМ не позволяват висока скорост на преминаване на тролейбусите и ограничават силно тяхното ситуиране при преминаване, което е неадекватно на съвременния транспортен поток и сериозна предпоставка за чести аварии както на ВКМ, така и на тролейбусите.

ВКМ и нейните елементи трябва да бъдат безопасни за експлоатацията и всички други участници в движението. Възможно е при определени обстоятелства попадането на хора под напрежение. Също така е възможен и физически контакт със съоръжения, при настъпване на внезапна техническа неизправност по ВКМ.

2.3. СТАРЕЕНЕ И ДЪЛГОТРАЙНОСТ НА ИЗОЛАЦИЯТА

В работни условия, електрическата изолация е подложена на действието на различни външни фактори - електрическо поле, механични натоварвания, химически въздействия, замърсявания, температура, налягане, радиоактивни и йонизиращи лъчения, слънчева дейност, атмосферни влияния и др. Поведението на изолацията в процеса на работа зависи, както от големината на тези фактори, така и от тяхното взаимно съчетаване. Изброените фактори предизвикват т.н. стареене на изолационните материали и системи от тях.

През последните години в град Пловдив се констатират високи нива на замърсяване на атмосферният въздух с фини прахови частици. Поради тази причина може да се предположи, че дори и извън експлоатационна натовареност, изолаторите по контактната мрежа продължават да натрупват прах по повърхността си. В съчетание с повишена влажност и процесите на стареене на изолационните материали, имайки предвид датата на монтаж на съоръженията (видно от инвентарния опис [7]), този прах спомага за протичането на пропълзяващи токове и реализиране на повърхностни разряди, които намаляват диелектрическата якост на изолаторите и съответно тяхната дълготрайност.

ОБЩИ ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

От така направения задълбочен анализ на системата за електроснабдяване на тролейбусния транспорт в град Пловдив могат да се направят следните изводи и заключения:

- Липсата на система за дистанционен централизиран контрол, мониторинг и управление на системите за електрозахранване на тролейбусния транспорт в гр. Пловдив, понижават надеждността на транспортния процес;

- Нереализираната поддръжка и ремонт на ВКМ, както и липсата на техническа и експлоатационна документация за тролейбусна контактна мрежа през последните девет години налагат извода, че техническото състояние на ВКМ може да се определи като ненадеждно. Експлоатирането на такива ВКМ по предназначението си в тази конфигурация, в която съществува в момента е невъзможно и представлява опасност, както за обслужващия персонал, така и за всички участници в градския трафик.

- Недопустимо е пускането в експлоатация на съоръжения за електроснабдяване на тролейбусен транспорт, процесът на стареене на изолационните материали ще доведе до настъпване на опасни и рискови събития, като съществува голяма вероятност за възникване на къси съединения и последващи крупни аварии и човешки жертви.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Цветкова С., Анализ на градския пътнически транспорт на София и насоки за неговото развитие, УНСС, София, 2016;

https://bg.wikipedia.org/wiki/Тролейбусен_транспорт_в_България

[2] Маринов М., П. Стоянов, Анализ на състоянието на тролейбусната електрическа мрежа в град Русе, Научни трудове на русенски университет, том 50, 2011;

- [3] Томчева М., Г. Павлов, Т. Лалев, Л. Секулов, М. Неделчев, Ю. Кьосев, Л. Михайлов, Изследване на енергетичните параметри на токоизправителни станции за наземен градски електрически транспорт, н.с. МТК, том 16, бр. 3/2, 2018;
- [4] Общи технически изисквания за контактни мрежи за градски електрически транспорт, София, 1999;
- [5] Качаунов Т., В. Стаменов, Градски пътнически транспорт, ВВТУ „Т. Каблешков“, София, 1994;
- [6] Инвентарен опис на „Градски транспорт - Пловдив ЕООД“, 31.12.2006.

ANALYSIS OF THE OPPORTUNITIES FOR OPERATION OF THE ELECTRICITY SUPPLY SYSTEM OF THE TROLLEYBUS TRANSPORT IN THE CITY OF PLOVDIV

Илко Тарпов

stsb_plovdiv@abv.bg

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

Key words: *Electricity supply, trolleybus transport, reliability, electrical insulating materials, aging, durability of insulation, strength.*

Abstract: *In modern life, the development of large cities is associated with the speed characteristics of the movements of people in them. There is a relationship between the territorial expansion of the city and the development of transport communications. One of the important tasks of the municipal councils in the settlements is to provide fast, reliable and cultural services to the population within the city and the adjacent suburban areas, through scientifically based approaches, methods and means. Well-organized urban passenger transport plays an important role in the proper functioning of a territorial unit.*

The material analyzes the operational readiness of the existing power supply lines and equipment in the traction rectification stations (TRS) and the existing air contact network (ACN) for electricity supply of trolleybus transport in the city of Plovdiv. The requirements for maintenance and operation of TRS and ACN in terms of their parameters and available documentation are presented. The energy efficiency of the power supply network in case of possible purchase of new electric vehicles was also monitored. The reliability of the equipment and devices for switching and protection is also considered. The aging and durability of the insulation materials in the existing power supply system of non-autonomous rolling stock have been monitored. The importance of the human factor in the operation and maintenance of electrical equipment is indicated. In conclusion, general conclusions are made.