

МОДЕРНИЗАЦИЯ НА ТОКОИЗПРАВИТЕЛНА СТАНЦИЯ ЧРЕЗ ВНЕДРЯВАНЕ НА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ – ЧАСТ I

Тодор Лалев

tlalev@vtu.bg

**Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“
ул. „Гео Милев“ 158, 1574, София
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ**

Ключови думи: Токоизправителна станция, Система за управление, Тролейбусен транспорт

Резюме: Токоизправителните станции (ТИС) са основен елемент от тяговата електрозахранваща система (ТЕС) на градския транспорт, осигуряващи преобразуването на променливия ток в постоянен, необходим за захранване на контактната мрежа (КМ) и електротранспортните средства, като трамваи и тролейбуси (ЕТС). Вземайки предвид проблематиките свързани с твърдите прахови частици и зеления преход, електрическият градски транспорт играе ключова роля като екологично чиста и устойчива алтернатива на традиционните видове транспорт.

До 1989 година в България този вид транспорт се развива с бързи темпове, като в над 21 големи града е изградена инфраструктура за електротранспорт, а в експлоатация електрически транспорт има в 16 от тях. За съжаление в периода между 1989 и 2015 година, освен че в 5 града, изградената инфраструктура не е въведена в експлоатация, съществуващите и работещи транспортни предприятия в 6 града прекратяват дейността си, като към момента в Република България функционират само 10. [3]

Поради големия обем докладът е разделен на две части: Част I анализира текущото състояние и проблемите на транспортната инфраструктура, а Част II предлага възможности за модернизация и подобрене на системата.

1. ВЪВЕДЕНИЕ - ОБЩИ СВЕДЕНИЯ ЗА СЪСТОЯНИЕТО НА ТЕС

Към момента класическият електрически транспорт, представляващ система от тягова мрежа (контактна мрежа, захранващи и обратни фидери) и ТИС, се експлоатира в 10 града в България. Въпреки важността му, от 1989 г. насам не е извършена цялостна модернизация на ТИС в тези градове. Изключение прави София, където в последните години са реализирани няколко проекта за цялостна реконструкция и модернизация на ТИС. В останалите градове инфраструктурата остава остаряла и неотговаряща на съвременните технологични изисквания. Текущото състояние на ТЕС в България е представено в таблица 1.

През 1989 г. в България, в 16 града, са били въведени в експлоатация ТЕС, като са осигурявали надеждно и екологично чисто придвижване на гражданите. Тези

системи са били ключов елемент от градската инфраструктура, допринасящ за намаляване на замърсяването на въздуха и предлагане на устойчива транспортна алтернатива.

Таблица 1. Състояние на ТЕС в България (1989-2025)

№	Град	Година на въвеждане в експлоатация	Състояние на ТЕС към 1989г.	Състояние на ТЕС към 2025г.
1	Бургас	1989	В експлоатация	В експлоатация
2	Варна	1986	В експлоатация	В експлоатация
3	Враца	1988	В експлоатация	В експлоатация
4	Пазарджик	1993	В експлоатация	В експлоатация
5	Плевен	1985	В експлоатация	В експлоатация
6	Русе	1988	В експлоатация	В експлоатация
7	Сливен	1986	В експлоатация	В експлоатация
8	София	1941	В експлоатация	В експлоатация
9	Стара Загора	1987	В експлоатация	В експлоатация
10	Хасково	1990	В експлоатация	В експлоатация
11	Велико Търново	1991	В експлоатация	Закрит през 2009
12	Габрово	1987	В експлоатация	Закрит през 2013
13	Добрич	1987	В експлоатация	Закрит през 2014
14	Казанлък	1986	В експлоатация	Закрит през 1999
15	Перник	1987	В експлоатация	Закрит през 2015
16	Пловдив	1956	В експлоатация	Закрит през 2012
17	Шумен	На 99 % завършеност	-	Никога не е въведен
18	Ямбол	На 90 % завършеност	-	Никога не е въведен
19	Благоевград	На 90 % завършеност	-	Никога не е въведен
20	Видин	На 95 % завършеност	-	Никога не е въведен
21	Димитровград	На 20 % завършеност	-	Никога не е въведен

До 2025 г. класическият електротранспорт е прекратил дейността си в 6 града. Основните причини за тези закривания включват:

- Остаряла инфраструктура, която не отговаря на съвременните стандарти;
- Недостатъчно финансиране за поддръжка и модернизация;
- Високи експлоатационни разходи на морално и технически амортизирани съоръжения;
- Неправилно управление, включително отдаване на транспортните системи на концесия и липса на ефективен контрол от страна на общините;
- Промяна в транспортните приоритети и липсата на дългосрочна стратегия за развитие на устойчив градски транспорт;

Освен това, в 4 града (Шумен, Ямбол, Благоевград, Видин) тролейбусната инфраструктура е била почти напълно изградена, но така и не е въведена в експлоатация. Основната причина за това е политическата обстановка в страната, преходът към пазарна икономика и финансовата криза през 90-те години. В този период държавните и общинските бюджети са били ограничени, а приоритетите на транспортната политика са се изместили към развитието на частния и автомобилния транспорт.

2. АНАЛИЗ НА ПРОБЛЕМА

Въпреки голямата значимост на тролейбусния електротранспорт от днешна перспектива – особено по отношение на екологията и чистотата на въздуха – и въпреки факта, че към настоящия момент Европейският съюз финансира проекти, свързани с електрическия транспорт и неговата модернизация, общините в България насочват средствата си основно към закупуване на електробуси на батерии и зарядни станции. Изключение правят някои градове (пр. Враца, Плевен и Стара Загора), които са извършили реконструкции и модернизации на въздушната контактната мрежа (ВКМ), и частични модернизации в ТИС. Тези дейности се свеждат основно до подмяна на амортизирани съоръжения (например подмяна на комплектна разпределителна уредба /КРУ/ средно напрежение /СрН/). Това е недостатъчно, тъй като не води до съществено подобрене на транспортната система, а само до временно удължаване на нейния експлоатационен период.

Пълната модернизация на ТИС представлява най-доброто решение за удължаване на експлоатационния живот на системата с поне 25 години, както и за разширяване на нейния капацитет. Въпреки това, такъв процес изисква значителни инвестиции и ангажираност от страна на отговорните институции и операторите на транспортната инфраструктура.

За намаляване на разходите и повишаване на ефективността на експлоатацията, алтернативно решение е внедряването на модерна система за телеуправление в ТИС. Това е по-достъпна опция в сравнение с пълната модернизация и може да подобри функционалността на съществуващата инфраструктура. Телеуправлението осигурява временно облекчение за операторите, като същевременно отговаря на съвременните изисквания и подобрява ефективността, надеждността и безопасността на транспортната мрежа.

В рамките на настоящия доклад се разглежда фактическото състояние на ТИС в големите градове на България, като се отчита, че повечето от тези системи са изградени преди 1989 г. Оборудването е еднотипно и произведено от ограничен брой доставчици, като основни производители са VEB Kombinat Berlin и ČKD Praha.

3. ОСНОВНИ СВЕДЕНИЯ, ФУНКЦИОНАЛНОСТ И СТРУКТУРА НА ТИС В РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

ТИС представляват ключова инфраструктура в електротранспортната система, осигуряваща необходимото захранване за ЕТС, включително тролейбуси и трамваи (за гр. София). Основната им функция е преобразуването на напрежението и тока от електроенергийната система (ЕЕС) в подходящи параметри за захранване на транспортните средства. [1,2]

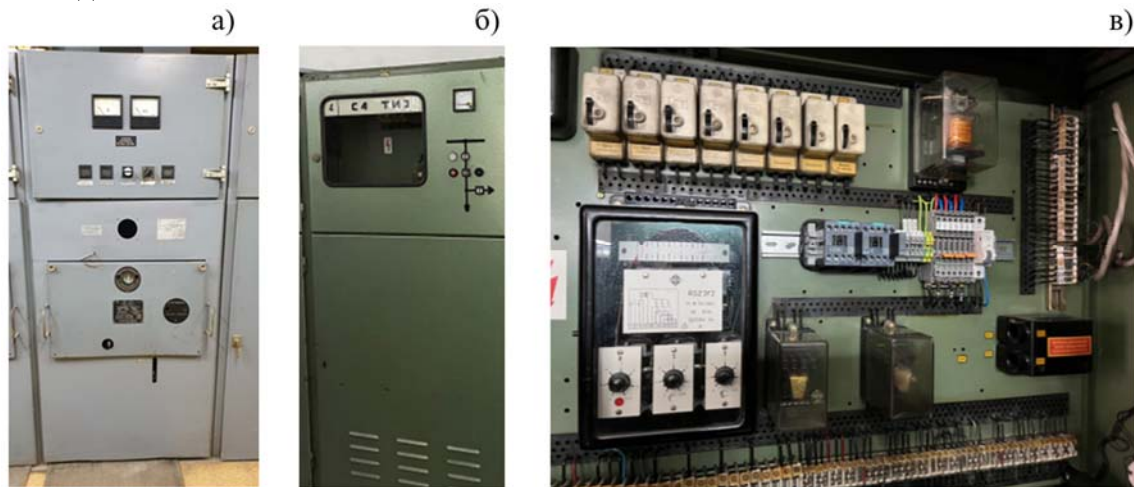
Входящото напрежение от 10(20) kV променлив ток се преобразува в постоянно напрежение 660V DC (или 750V DC), което е необходимо за нормалната работа на тролейбусите. Процесът на преобразуване се осъществява чрез силово електротехническо оборудване, включващо различни устройства и системи. Независимо от различията в доставките, основните компоненти на ТИС включват:

- **Комплектни разпределителни уредба 10(20) kV** - Свързана към електроразпределителната мрежа средно напрежение, тази уредба разпределя електроенергията към тяговите агрегати (ТА) на ТИС. В уредбите се използват маломаслени прекъсвачи и въздушно изолирана шинна система. Управлението е реализирано с релейно-контакторна схема, а защитата на съоръженията е релейна. Общ вид на панели от КРУ и са показани на фиг. 1 а и б.

Използвани производители:

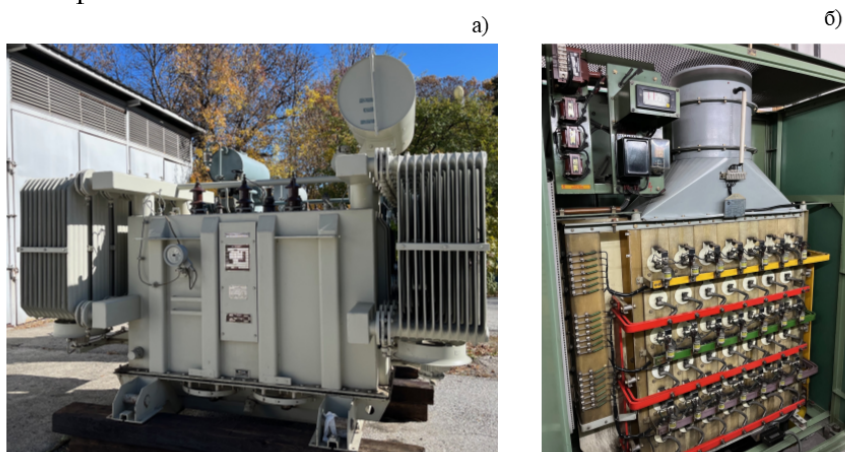
Завод за Апарати Високо Напрежение, Добрич – производство от 80-те години, използвано в България за разпределителни уредби средно напрежение.

VEB Kombinat Berlin – Германска Демократична Република производство от 70-те години.



Фиг. 1. а. Общ вид на КРУ в ТИС – ЗАВН Добрич, въведено в експлоатация през 80-те години; Фиг. 1. б. Общ вид на КРУ в ТИС – VEB Kombinat Berlin, въведено в експлоатация през 70-те години; Фиг. 1 в. Релеен отсек на КРУ в ТИС - VEB Kombinat Berlin

- **Тягови агрегати (ТА)** - Масово използвани през 80-те години на миналия век са силициевы ТА, трифазни шестимпулсни, произведени основно от VEB Kombinat Berlin. Състоящи се от тягов трансформатор (ТТ) и тягов изправител (ТИ), тези агрегати преобразуват входното напрежение в постоянно напрежение за електротранспорта. Масово използвани през 80-те години на миналия век са силициевы ТА, трифазни шестимпулсни, произведени основно от VEB Kombinat Berlin. ТИ тип В6 са за номинално напрежение $U_{дн} = 660V$ и номинален ток $I_{дн} = 1500 A$. Те са с клас на претоварване „Е“ и издържат $150\% I_n$ за 2 часа и $200\% I_n$ за 1 минута. Общ вид на ТИ и ТТе показан на фиг. 2 а и б.



Фиг. 2. а. Общ вид на демонтиран ТТ, въведен в експлоатация през 80-те миналия век.

Фиг. 2. б. ТИ въведен в експлоатация през 80-те миналия век.

- **Разпределителна уредба за постоянно напрежение 660V DC** – През 80-те години на миналия век масово използвани в България са РУ 660 V, произведени от ШКД и VEB Elektro Berlin, с интегрирани в тях бързодействащи прекъсвачи и съответните разединители. Основната им роля е разпределянето на електроенергията

към тяговата мрежа (ТМ) и защитата на отделните участъци от контактната мрежа(КМ). Съществуват два основни варианта: с обходна шина и резервен бързодействащ прекъсвач (байпасен) или без такава функция. Общи вид на РУ произведено в ГДР е показан на фиг. 3.

- **Табла и трансформатори за собствени нужди** – осигуряват енергозахранването на самите ТИС и тяхната управляваща и защитна апаратура (Тези компоненти не са разгледани подробно в настоящия доклад.)



Фиг. 3. а. Общ вид на РУ 660 V DC, въведен в експлоатация през 80-те миналия век

4. СЪЩЕСТВУВАЩИ ПРОБЛЕМИ

Остаряла инфраструктура: Очевидно е, че експлоатираните ТИС са морално и физически остарели, като повечето от тях са въведени в експлоатация през 80-те години на миналия век. Технологиите, използвани в тези съоръжения, вече не отговарят на съвременните изисквания и са на доизживяване;

Липса на резервни части: Поддържането на старите системи е изключително затруднено поради недостига на компоненти и резервни части, които вече не се произвеждат. Това води до необходимостта от импровизации при ремонти и повишава риска от неизправности;

Технологични ограничения: Старите системи не поддържат модерни функции като телеизмерване и телеуправление и телесигнализация, което затруднява ефективното експлоатацията на ТИС;

Липса на диспечерска система: Съоръженията не разполагат с възможности за централизирано управление, което изисква оперативен персонал за всяка промяна или превключване. Това увеличава оперативните разходи и намалява ефективността на системата;

За постигане на устойчива и ефективна електротранспортна система е необходимо да се комбинират инвестиции, както в нови транспортни средства, така и в модернизацията на ТИС. Цялостната реконструкция на съоръженията, съчетана с въвеждането на система за управление, може да реши частично съществуващите проблеми, като същевременно даде глътка въздух на операторите чрез оптимизиране на процесите и намаляване на оперативните разходи.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящият доклад представи състоянието на ТИС, експлоатирани в големите градове в България. Анализът показва необходимостта от тяхната модернизация, за да отговорят на съвременните изисквания за надеждност, ефективност и устойчивост.

Също така се вижда, че по-голямата част от експлоатираните ТИС са морално и технически остарели, като средният им експлоатационен срок е 37 години. Това значително надхвърля проектния ресурс от 30 години, което води до нарастващи оперативни разходи, трудности при поддръжката и намалена ефективност на транспортната инфраструктура.

Въз основа на тези изводи модернизацията на ТИС е наложителна, като може да бъде постигната чрез внедряване на нова система за управление, подмяна на амортизирани компоненти и интеграция на съвременни технологии.

Следващ етап на изследването

В следващия доклад ще бъде разгледана в детайли концепцията за внедряване на система за телеуправление на ТИС, нейните функционалности, технически параметри и очаквани ползи. Ще бъдат представени конкретни технически решения, които могат да бъдат адаптирани към съществуващата инфраструктура и използвани като основа за бъдещи модернизационни проекти.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Томчева М. Изследване и анализ на параметрите на видовете токоизправителни схеми, експлоатирани в токоизправителни станции., Четвърта научна конференция с международно участие „Комуникации, електрообзавеждане и информатика в транспорта – KEIT 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. X105-X110), <https://mtc-aj.com/library/1730.pdf>
- [2] Търпов И., Г. Павлов, Н. Стамболиев, Л. Секулов „Анализ на възможностите за прилагане на термовизионен контрол за повишаване надеждността в транспортни електроенергийни системи", KEIT 2020”, 23 – 25.09.2020 г, гр. Банско, (сп. Механика, Транспорт, Комуникации. том 18, брой 3/2, 2020 г., ISSN 1312-3823, стр. X104-X109), 2020г. <https://mtc-aj.com/library/2041.pdf>, 2020г, 2020г.
- [3] [Тролейбусен транспорт в България – Уикипедия](#)–страницата е активна към 23.12.2024г.

MODERNIZATION OF A TRACTION POWER SUBSTATION WITH THE IMPLEMENTATION OF A STATION CONTROL SYSTEM – PART I

Todor Lalev

tlalev@vtu.bg

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

Key words: *Traction power substation, Station Control System.*

Abstract: *Rectifier stations (RS) are a key component of the traction power supply system (TPS) in urban transport, ensuring the conversion of alternating current into direct current, which is necessary for powering the catenary network (CN) and electric transport vehicles, such as trams and trolleybuses (ETV). Considering the issues related to particulate matter air pollution and the green transition, electric urban transport plays a crucial role as an environmentally friendly and sustainable alternative to traditional means of transportation.*

Until 1989, this mode of transport in Bulgaria developed rapidly, with infrastructure for electric transport built in over 21 major cities, and operational electric transport systems established in 16 of them. Unfortunately, between 1989 and 2015, not only was the already-built infrastructure in five cities never put into operation, but the existing and under the operation transport companies in six cities bankruptcy. As a result, as of today, only 10 cities in the Republic of Bulgaria maintain an operational electric transport system.

Due to the large scope of the study, the report is divided into two parts: Part I analyzes the current state and challenges of the transport infrastructure. Part II explores modernization opportunities and potential improvements to the system.