

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ НА БЛОК ЗА УПРАВЛЕНИЕ ЗА СТАТИЧЕН ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ ЗА ТРАМВАЙНА МОТРИСА**

**Георги Павлов, Любомир Секулов, Мартина Томчева, Явор Исаев, Румен Стоицев**  
[g\\_pavlov61@abv.bg](mailto:g_pavlov61@abv.bg), [res\\_start@abv.bg](mailto:res_start@abv.bg)

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

**Ключови думи:** статичен преобразувател, електрически транспортни средства, трамвайна мотриса, градски транспорт

**Резюме:** Статичните преобразуватели намират широко приложение в градските електрически транспортни средства (трамваи и тролейбуси). Те запазват всички спомагателни електромеханичните устройства в ЕТС, както и поддържат заряда на акумулаторните батерии. За тази цел запазващото мрежово напрежение и ток се преобразуват и понижават до необходимите стойности за нормалната им работа.

В доклада е предложен вариант на модернизация на аналогова система за управление на статичен преобразувател за трамвайна мотриса. Преобразувателят 600/26V ( $I_n=150\text{ A}$ ) е предназначен за запазване на акумулаторната батерия и всички електрически устройства на 24V от напрежението на контактната мрежа.

Предложението за модернизация е направено на базата на микропроцесорна система за управление, обезпечаваща необходимият алгоритъм на работа на устройството, както и контрол на входните и изходните параметри при различните режими на работа. Направени са голям обем контролни изследвания с подходяща измервателна апаратура, като част от тях са показани и анализирани в доклада.

### **ВЪВЕДЕНИЕ В ПРОБЛЕМА**

Статичните преобразуватели (СП) са електронни устройства за запазване на спомагателните електрозадвижвания и системи, както и обезпечаване на заряда на акумулаторните батерии в електрическите транспортни средства (ЕТС), експлоатирани в градският и ЖП транспорт. Основната им функция е да осигуряват необходимото стабилизирано електрозапазване на тези съоръжения, като по този начин поддържат нормалната работа на силовите тягови агрегати и управлението на ЕТС. [1, 2]

В момента във фирма „Столичен електротранспорт” ЕАД се експлоатират ЕТС от различни поколения. Най-новите са тролейбуси 27 Tr SOLARIS в едно- и двусъчленен вариант, както и закупените от PESA Bydgoszcz SA нови трамваи, серия 122 NaSF с нисък под. Тяговото електрозадвижване, както и статичните преобразуватели на тези ЕТС са реализирани на базата на най-новото поколение силови полупроводникови прибори и микропроцесорни управления.

Реализацията на доставките на гореспоменатите ЕТС се изпълнява по проект „Изпълнение на дейности за подобряване на качеството на атмосферния въздух чрез закупуване и доставка на трамвайни мотриси”, финансиран от Кохезионния фонд на Европейския съюз и държавния бюджет на Република България чрез оперативна програма „Околна среда 2007-2013 г.”

Успоредно със споменатите нови ЕТС се експлоатират и различни модели тролейбуси и трамвайни мотриси с променливотоково и постоянноково електрозадвижване. При тях захранването и управлението на ТД се осъществява посредством инвертори и импулсни регулатори, реализирани в повечето случаи на базата на IGBT технология.

В доклада е показана осъществена модернизация на управлението на статичен тиристорен преобразувател с аналогово управление, намиращ приложение в трамвайни мотриси Т6А2 и др. В момента от този тип статични преобразуватели се експлоатират повече от 70 броя. Причината за модернизацията на СУ са честите откази при работа и ниската и надеждност.

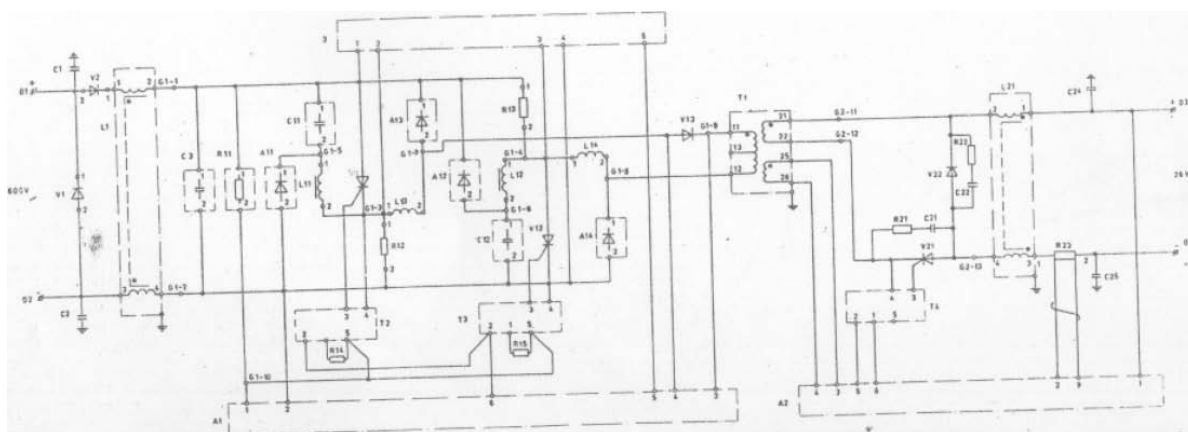
## 1. ОСНОВНИ ПАРАМЕТРИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СТАТИЧЕН ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ ТИП 2-UKSBR-DB

СП 2-UKSBR-DB е предназначен за захранване на акумулаторната батерия и електрическите устройства с  $U_H=24V$  от напрежението на контактната мрежа (600V). В устройството се осъществява галванично разделяне на входното (600V) и изходно напрежения (26V). [4]

Номинални технически данни:

- Номинално входно напрежение - 600 V;
- Допустим диапазон на изменение на напрежението - 400 - 720 V;
- Номинален входен ток - 8 A;
- Номинална мощност - 3,9 kW;
- Номинално изходно напрежение - 26 V;
- Диапазон на изменение на изходното напрежение – 25,5 – 26,5 V;
- Номинален изходен ток - 150 A;
- Максимален изходен ток - 160 A;
- Работна честота на СП – 400 Hz.

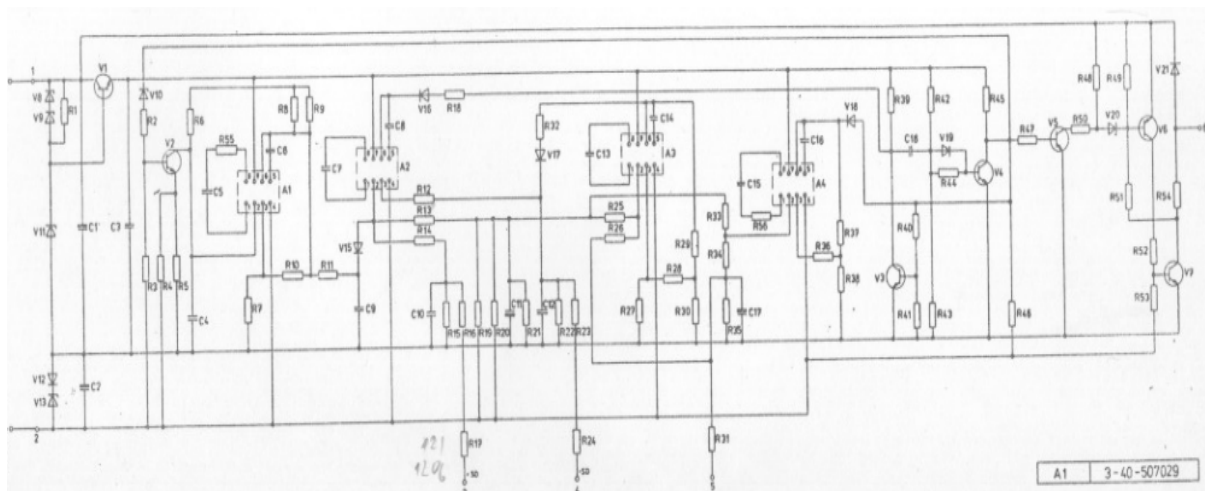
СП се състои от следните функционални групи – входен контур, инвертор и трансформатор, изходен контур, управляващо и регулиращо устройства. На фиг. 1 е показана силовата схема на СП, на която се виждат част от функционалните групи на преобразувателя.



Фиг. 1. Силова електрическа схема на СП

Променливото импулсно напрежение върху първичната намотка на трансформатора Т1 се създава чрез съвместната работа на тиристорите  $V_{11}$  и  $V_{12}$  и включените в схемата индуктивни и капацитивни елементи. Тиристорите  $V_{11}$  и  $V_{12}$  се управляват от СУ аналогов тип по определен алгоритъм, като при напрежение по-високо от 760 V управляващите импулси се блокират. Тази защита е задължителна, като се има предвид честите недопустими превишавания на напрежението в тяговата контактна мрежа. Във вторичната верига на трансформатора е включен тиристора  $V_{21}$  чрез който се осъществява стабилизация на изходното напрежение.

На фиг. 2 е показана принципната схема на системата за управление на СП. В него са формирани няколко основни блока за обработка на текуща информация (мултивибратор, контрол на напрежението, формирова̀тел и усилвател на импулси).



Фиг. 2. Принципна схема на СУ на СП

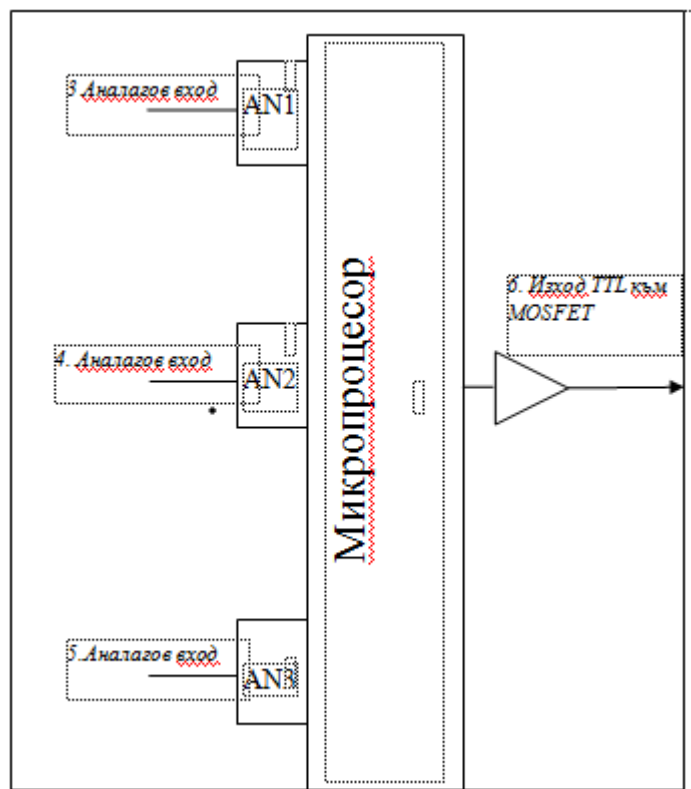
С цел да се осъществи нормална работа на СП, а от там на ЕТС, в управлението са вградени следните функции:

- Източник на честота 400 Hz;
- Контрол на напрежението на входният контур – следят се минимална и максимална стойност на входното напрежение;
- Контрол на напрежението в специфични точки на силовата верига на СП, с цел обезпечаване на сигурна и надеждна работа на тиристорите  $V_{11}$ ,  $V_{12}$  и  $V_{21}$  ;
- Контрол на зададената външна характеристика на устройството;
- Блокиране на управляващите импулси при аварийни режими и др..

Тази схема е част от общата принципна схема на СП.

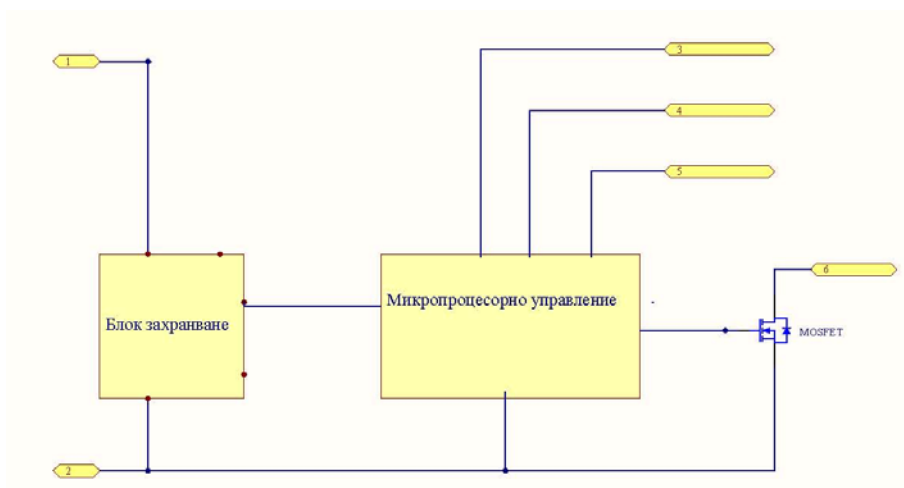
## 2. МОДЕРНИЗАЦИЯ НА АНАЛОГОВА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА СП ТИП 2-UKSBR-DB ЗА ТРАМВАЙНИ МОТРИСИ

Модернизацията включва проектиране и изработване на микропроцесорна система за управление на базата на използване на 8 битов микроконтролер, от който се използват три аналогови входа и един TTL изход.



**Фиг. 3. Входно-изходни портове на използвания микропроцесор в управлението**

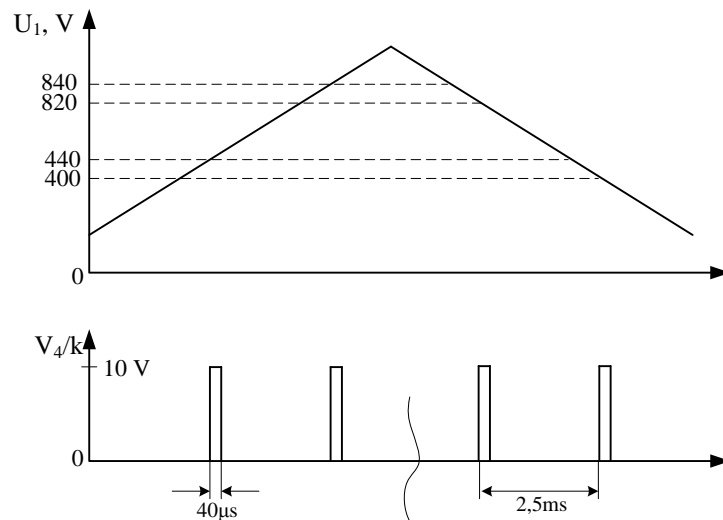
Входовете и изходите на микропроцесора са защитени от пренапрежения и претоварване по ток със съответните пасивни елементи. Използват се 10 битови аналогово цифрови преобразователи, които се настройват програмно на избрания микропроцесор. Скоростта на обработване на аналоговите сигнали е под 0,5 мS, което определя надеждната работа на микропроцесорното управление и неговата приложимост в статичния преобразовател. Изборът на тактова честота на микропроцесора, също е съобразен с периода на генерация от 2,5 мS.



**Фиг. 4. Заместващ блок за управление**

Номерата на клемите за присъединяване към схема фиг. 1, съответстват на показаните входни изходни портове на процесора. Използват се три аналогови входа на

микропроцесора със съответните схемни означения 3, 4, 5 и един TTL изход 6. Данните постъпили по вход се обработват с приоритет, като първо се следи входното напрежение дали е в допустимите граници от вход 5, а после се измерва диференциалната граница на входове 3 и 4, след което стартира генератора на импулси с дължина  $20 \mu\text{s}$  и период  $2,5 \text{ ms}$  показани на графика – фиг. 5.



**Фиг. 5. Алгоритъм на управление**

Скоростта на нарастване на изходното напрежение при микропроцесорите осигурява надеждно отпушване на MOSFET транзистора, който в случая замества цяла група от транзистори формиращи импулса за отпушване на тиристорите през разделителните импулсни трансформатори.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Направената модернизация е реализирана на базата на съвременно техническо решение. Използвани са възможностите и предимствата на микропроцесорната технология, даваща редица приоритети по отношение на бързото и качествено управление и контрол на различни параметри. Не случайно тя широко се използва в съвременните ЕТС, където се изисква динамичен и едновременен контрол и управление на голям брой параметри. Това гарантира висока енергийна ефективност на транспортното средство и отлични тягови и спирачни показатели. Лесна софтуерна настройка при необходимост в зависимост от конкретните изисквания на тяговия и спирачен процес. Висока надеждност и ниска себестойност на използваните елементи. Направената модернизация е въведена в нормална експлоатация и занапред ще доказва своите предимства.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Българанов А. Електрически транспорт. София, 2009 г.
- [2] Българанов Л., Павлов Г., И. Миленов, Ч. Джамбазки. Електрозадвижване, София, 2009 г.
- [3] Павлов Г., В. Димитров. Ръководство за проектиране по електрообзавеждане, София, 2010 г.
- [4] Техническа документация на статичен преобразувател ТИП 2-UKSBR-DB

# MODERNIZATION OF CONTROL UNIT STATIC CONVERTER FOR TRAMS

Georgi Pavlov, Lubomir Sekoulov, Martina Tomcheva, Yavor Isaev, Rumen Stoitsev  
[g\\_pavlov61@abv.bg](mailto:g_pavlov61@abv.bg), [res\\_start@abv.bg](mailto:res_start@abv.bg)

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

**Key words:** *static converters, electric vehicles, tram, public transport*

**Abstract:** *Static converters are widely used in urban electric vehicles (trams and trolleybuses). They supply all auxiliary electromechanical devices EV and keep the charge of the battery. For this purpose, the feeder line voltage and current is transformed and decrease to values required for normal operation.*

*In the publication proposed option of upgrading an analog system for managing static converter for tram. The converter 600/26V ( $I_H = 150$  A) is intended to supply the battery and all electrical devices from 24V voltage overhead line.*

*Proposal for modernization was based on microprocessor control system ensure the necessary working algorithm of the device, and control of input and output parameters for different modes. There have been a large volume of controlled trials with appropriate instrumentation, some of which are displayed and analyzed in the report.*