

## **ПРОЕКТИРАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА МИКРОПРОЦЕСОРНИ РЕЛЕЙНИ СИСТЕМИ С ПРИЛОЖЕНИЕ В ЕЛЕКТРИЧЕСКИЯ ГРАДСКИ ТРАНСПОРТ**

**Любомир Секулов, Явор Исаев, Георги Павлов**  
[g\\_pavlov61@abv.bg](mailto:g_pavlov61@abv.bg)

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

***Ключови думи:** електромеханични и електронни релета, микропроцесорно управление, електрически транспортни средства, градски наземен електрически транспорт.*

***Резюме:** Развитието на електрическия транспорт през последните години е изключително динамично и важно за Европа и целият свят. Очевидно възможностите за развитие на електрическата тяга са огромни и хармонизират с насоката на процесите в енергетиките на всички държави. Те са тясно обвързани с последните Европейски директиви за постигане на висока енергийна ефективност, екология и развитие на градската инфраструктура. В тази връзка електрическият транспорт е изключително важен за всички европейски градове, характеризиращи се с голяма плътност на населението. Към него се поставят много високи изисквания за надеждност и енергийна ефективност, зависещи от различни фактори, които трябва да бъдат използвани комплексно.*

*В доклада са представени основните резултати от проектирането и изработването на електронни релета за постоянен ток с микропроцесорно управление за приложение в управляващите и спомагателни вериги на конкретни ЕТС експлоатирани в столичния наземен електрически транспорт. На тази база е проектиран стенд за изследване, изпитване и настройка на електромеханични и електронни релета, с цел обучение на студентите от всички специалности, поддържани от катедра „Електроснабдяване и електрообзавеждане на транспорта“ към ВТУ „Тодор Каблешков“.*

### **ВЪВЕДЕНИЕ**

Развитието на електронергийната и транспортна техника през последните години е изключително динамично. Нови технологии се прилагат не само в силовото електрообзавеждане на ЕТС, но и в системите за управление и защита. Това води до повишаване на ефективността на основните режими на работа на експлоатираните ЕТС и надеждността им. Това изискване може да бъде постигнато само чрез изграждане на съвременна лабораторна база, отговаряща на нивото на техниката днес.

Експлоатацията на електрически транспортни средства (ЕТС) в градския наземен електрически транспорт включва возила от различни поколения. Значителен

процент от трамвайните мотриси и тролейбуси използват съвременни тягови електрозадвижвания с тиристорни (транзисторни) силови регулатори, но по отношение на оперативните и управляващите вериги все още приложението на електромеханични релета и контактори е голямо. Те имат редица недостатъци свързани с кратък експлоатационен срок, ограничен брой включвания и изключвания, умора на материала, бавни преходни процеси, комутация на сложна контактната система в индуктивна верига, което налага чести профилактики и скъпи ремонти. [3, 4]

Диагностиката на повечето проблеми, свързани с тези апарати е сложен процес, който отнема много време. Освен това тяхната собствена консумация е висока и теглото им е голямо. Всичко това води до намаляване на надеждността на ЕТС, чести откази, нарушаване на графика на движение и увеличаване на експлоатационните разходи.

Проектираните микропроцесорни релейни модули ще изпълняват основните алгоритми на работа на електромеханични релета, като същевременно ще реализират по-голямо бързодействие, устойчивост и надеждност на управляващите и защитни вериги на транспортното средство.

Актуалността на показаната в доклада разработка е свързана и със създаване на възможности за провеждане на цялостни изследвания в тази перспективна област на техниката, свързана с изграждането на нов тип електронни релета с микропроцесорно управление, заместващи и повишаващи функционалността на морално и физически остарелите електромеханични релета в ЕТС. Изграденият стенд на базата на тази разработка ще актуализира и разшири перспективите за обучение, ще повиши качеството на подготовка на обучаемите по редица основополагащи дисциплини, ще създаде условия за разширяване на научноизследователската дейност в областта на микропроцесорните релейни системи и приложението им в електрическият транспорт.

## **ПРОЕКТИРАНЕ НА ЕЛЕКТРОННИ РЕЛЕТА С МИКРОПРОЦЕСОРНО УПРАВЛЕНИЕ - ОСНОВНИ ПАРАМЕТРИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Необходимо е микропроцесорните релета да бъдат проектирани така, че да изпълняват основните функции на електромеханичните релета по отношение на брой и вид на контактните системи, времезакъсненията при включване и изключване, да отговарят по  $U_H$  и  $I_H$ , да имат отлични претоварващи способности и бързодействащи защиты и др. [1, 2]

Проектираните модулни електронни микропроцесорни релета са разработени за трамвайна мотриси Т4D-С, намираща се в редовна експлоатация в Столичния електротранспорт. Трамвайната мотриси (ТМ) е с постояннотоково електрозадвижване и регулатор изпълнен с IGBT. Управлението на основните режими на работа на ЕТС, както и всички спомагателни функции се осъществяват от релеен блок, включващ над 50 броя електромеханични релета, работещи съвместно в сложни алгоритми, в зависимост от конкретно изпълняваната функция. Всички релета са с различен брой контактни системи, включващи н.о. и н.з. контакти. Номиналните токове на отделните контакти системи също се променят в доста широк диапазон от mA до 50÷60 A, като в някои от тях те протичат и в двете посоки, в зависимост от управляваният режим на работа. Захранващите напрежения на управляващите и контактни вериги на релетата са 24V DC и 60 V DC. Тук трябва да се отбележи, че тези номинални напрежения, типично за всяко ЕТС, също варират в широки граници в зависимост от изменението на напрежението в контактната мрежа и акумулаторната батерия.

Споменатите по-горе особености в режимите на работа на релейния блок за управление на Т4D-С създадоха конкретни затруднения при проектирането на устройството. Основната цел беше да се създаде универсално микропроцесорно реле,

което схемно и по управление, бързо да се адаптира към конкретните изисквания в зависимост от мястото на свързване и условия на работа. Това ще разшири възможностите за приложение на продукта и в други ЕТС.

Микропроцесорното реле включва две дънни платки разположени една над друга. Върху всяко едно от дъната има възможност да се монтират до 5 на брой електронни контакти, галванично разделен от останалите. В управляващата схема на ЕТС електронните контакти работят, както на постоянен, така и на променлив ток. Те са галванично разделени от управлението на дънната платка, всяко едно има възможност да бъде конфигурирано софтуерно като нормално затворен или нормално отворен контакт и е снабдено с автономни защиты, които включват: максимално токова защита, защита от късо съединение, максимално и минимално напреженова защита, термична защита. На горното дъно има монтирана светлинна индикация, с която може визуално да се разбере дали релето е включило или е в нормално състояние. Захранването на релето може да се осъществи с напрежение от 5.5 V до 64 V. Сигнала за включване на релето може да бъде с постоянно или променливо напрежение в граници от 1.88 V до номиналното за работните контакти. Микропроцесора има възможност да следи работата на всеки един електронен контакт по отделно, както и да записва грешки и параметри при настъпване на аварийен режим в някоя от веригите на електронните контакти. Така в случаи на авария може да се разбере каква е била причината, дали е късо съединение, претоварване по ток или пренапрежение.

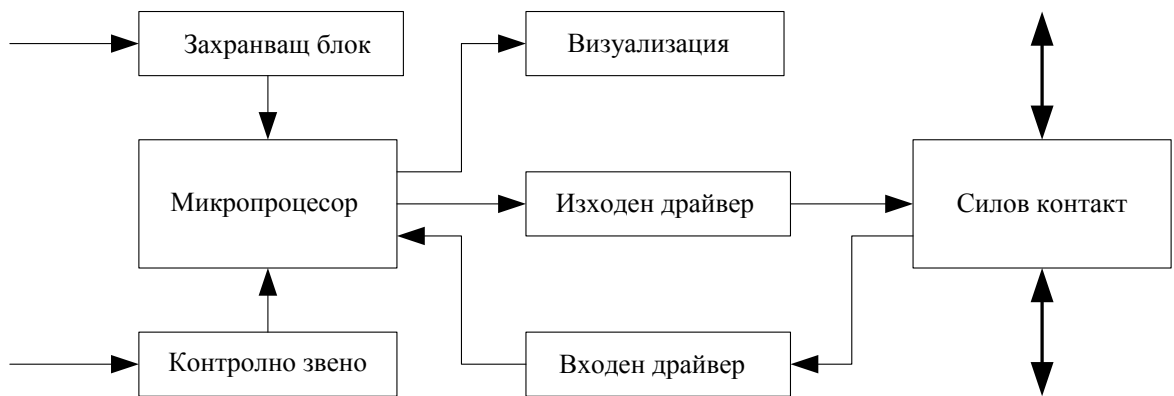
Подробните данни могат да бъдат анализирани с компютър, а освен това процесора ще извежда светлинна индикация на второто дъно, с което визуално може да се разбере в коя верига, на кой електронен контакт е настъпила авария. Всяка една от силовите вериги на релето може да реализира по три автоматични повторни включвания за проверка след настъпване на авария в дадена верига, след което микропроцесора изолира конкретния електронен контакт от веригата и подава светлинна индикация.

Микропроцесорът дава възможност за настройка на времената за включване и изключване на отделните електронни контакти, с което може да се комбинират освен нормално отворени и нормално затворени контакти, така и времезадържащи контакти, със задържане при включване или изключване.

От гледна точка на енергийна ефективност проектираното микропроцесорно електронно реле има преимущества, които включват по ниска консумация, от 18 до 20 mA, срещу 120 до 150 mA на електромеханичното реле и по-малко тегло в границите от 80 до 100 грама в зависимост от броя на контактите, срещу 800 до 900 грама при електромеханичните.

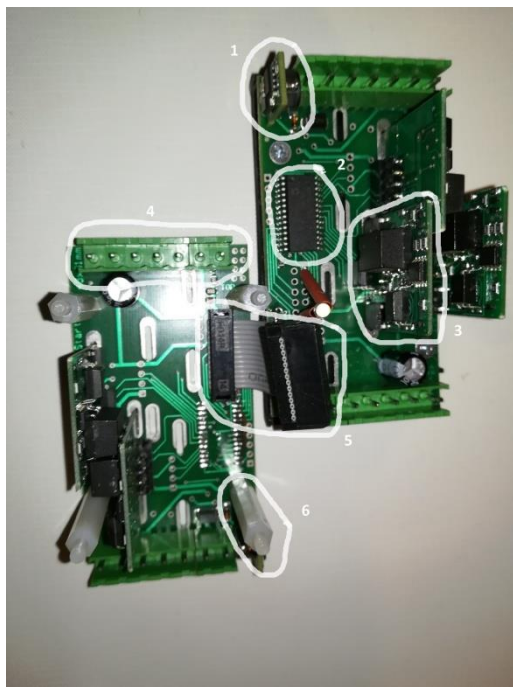
От функционална гледна точка основното преимущество на проектираните микропроцесорни релета е липсата на ограничен брой включвания и изключвания, няма необходимост от почистване на контактната система, няма умора на материала поради липса на задвижващи механизми и пружини, комутацията в по-енергоемки вериги не е съпроводена с искрене, което е преимущество и от пожаробезопасна гледна точка.

Бързодействието може да бъде с минимална стойност 3-4 микросекунди, което е друго преимущество пред контактните системи. Диагностиката е много по-облекчена, а за диагностицирането на всеки проблем не е необходимо да се използват измервателни уреди. На фигура 1 е показана блокова схема на микропроцесорно реле.



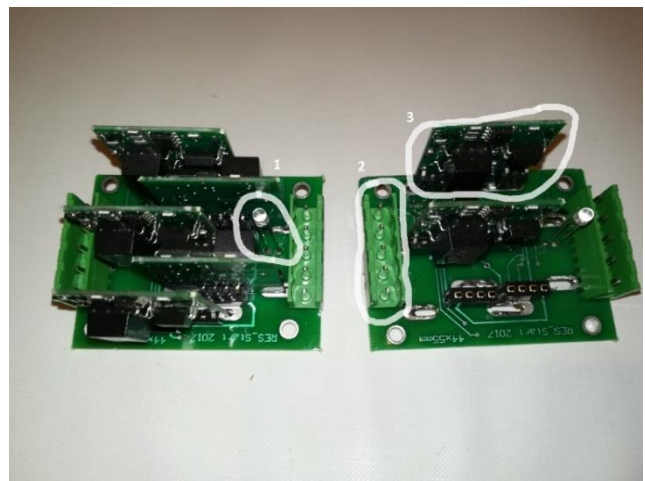
**Фигура 1. Блокова схема на микропроцесорно релe**

На фигура 2 а) и б) е показан изглед на двете дъна на микропроцесорното релe като са отбелязани отделните функционални елементи.



**Фиг. 2 а) Изглед на дъно 1**

**1** – захранващ блок за микропроцесора, работи с постоянно напрежение в диапазона 5.5V – 60V; **2** – микроконтролер, управлява десетте контакта на релето и обработва обратните сигнали от тях; **3** – електронен контакт; **4** – куплунзи за присъединяване на силовите вериги и захранването; **5** – лентов кабел за осъществяване на комуникация на второто дъно с микропроцесора; **6** – дистанционна втулка за монтиране на второто дъно към първото и основата за DIN шината.

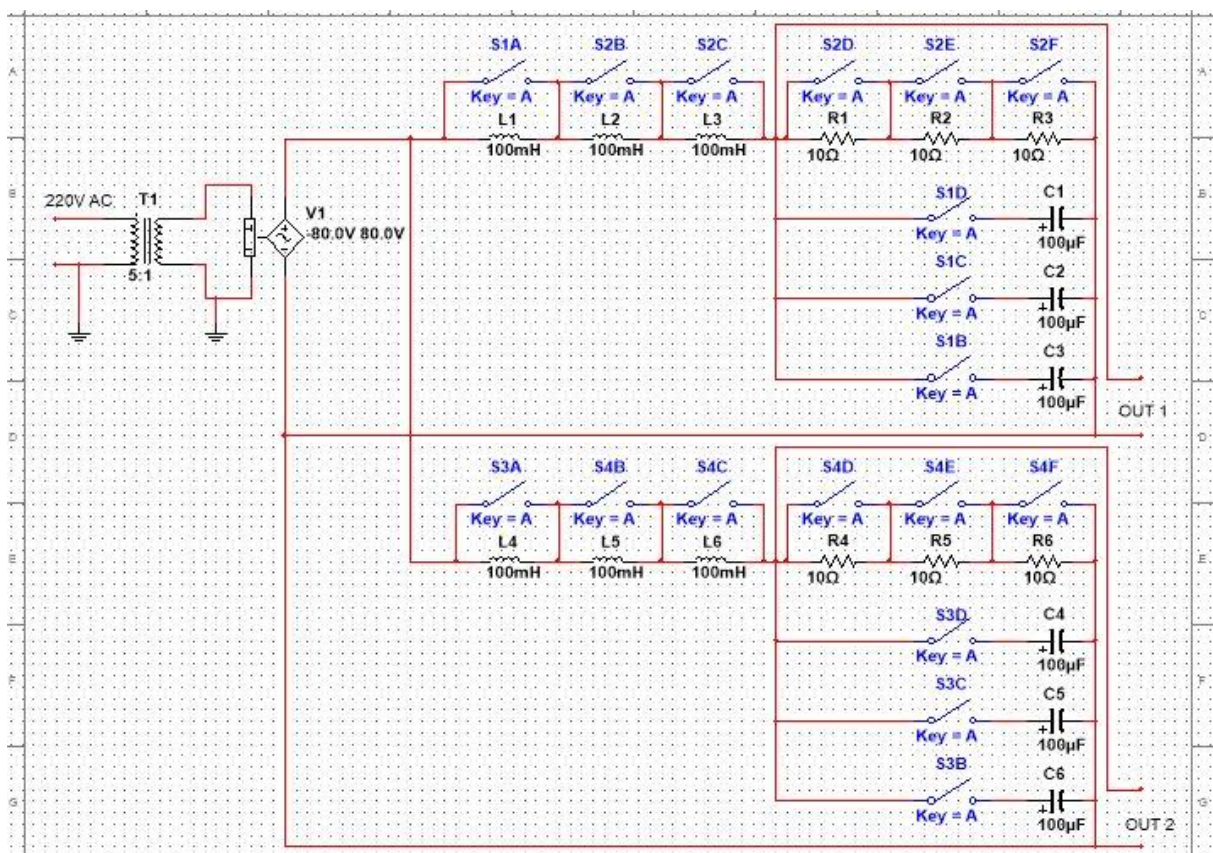


**Фиг. 2 б) Изглед на дъно 2**

**1** – индикаторен диод, показва състоянието на релето и извежда цветния код за грешка; **2** – куплунг за присъединяване на силовите вериги на второто дъно; **3** – електронен контакт.

## ПРОЕКТИРАНЕ НА СТЕНД ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ОСНОВНИТЕ ПАРАМЕТРИ НА ЕЛЕКТРОНИ И ЕЛЕКТРОМЕХАНИЧНИ РЕЛЕТА

На базата на направената разработка е проектиран стенд за изследване и сравнение на параметрите на микропроцесорни и конвенционални релета във всички възможни работни режими и присъединяване на различни товари. В стенда са вградени индуктивни, капацитивни и активни елементи като товари, които могат да се регулират на степени, независимо един от друг. Вграденият захранващ блок е галванично разделен от мрежата, като чрез него товарите може да се захранват с постоянно или променливо напрежение с регулируема честота. Присъединяването на релетата към товарите става с превключвател, а подаването на сигнал за включване с бутон. На фигура 3 е показана силова схема стенда която включва товарната част; захранващият блок и товарните групи, на схемата не са отразени микропроцесорните и конвенционалните релета поради възможността да се присъединяват релета от различен тип с различни куплунзи.



Фиг. 3. Принципно схема на стенда

Като S1A, S2B, S2C, S3A, S4B, S4C са превключватели на индуктивностите на двете групи товари; S2D, S2E, S2F, S4D, S4E, S4F - превключватели на активните товари на двете групи товари; S1D, S1C, S1B, S3D, S3C, S3B - превключватели на кондензаторните батерии на двете групи товари; T1 – трансформатор; V1 – регулируем захранващ блок за постоянно напрежение от 0 до 80V/DC/AC, 1 до 100 KHz; OUT1 – изход на първа товарна група; OUT2 – изход на втора товарна група.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проектираните микропроцесорни релета са изработени и внедрени в системата за управление на основните режими на работа на трамвайна мотриси Т4-DC и са в

редовна експлоатация от 1 година. Изследванията показват повишаване на надеждността на ЕТС, тяхната функционалност, безоотказност и по-висока енергийната ефективност. Проектираният стенд за изследване на микропроцесорни и електромеханични релета дава възможност за повишаване на качеството на обучение на студенти и докторанти. Това създава възможности за адекватна промяна в нивото и качеството на подготовка на кадри, с цел изграждане на квалифицирани специалисти, съобразно специфичните изисквания на новите технологии и пазара на труда.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

[1] Вичев С. Т., К. С. Москов. Експериментално определяне на входни величини за релейни защиты при земни съединения. ЕЕ, 2005 г.

[2] Вичев С. “Цифрови релейни защиты”, Записки, 2008 г.

[3] Димитров В., Е. Димитрова, Определяне качеството на регулиране при системи за автоматично управление – лабораторен стенд, Научни трудове на Русенския университет - 2013, ISSN 1311-3321, том 52, серия 3.2, стр. 153-158

[4] Димитров В., Изследване на сензори, специфични за съвременните електрически транспортни средства, Международна научна конференция “КЕИТ-2014”, н. сп. “Механика, Транспорт, Комуникации”, ISSN 1312-3823, том 12, брой 3/2, 2014

## **DESIGN AND STUDY OF MICROPROCESSORY RELAY SYSTEMS APPLIED IN ELECTRIC ROAD TRANSPORT**

**Lubomir Sekulov, Iavor Isaev, Georgi Pavlov**

[g\\_pavlov61@abv.bg](mailto:g_pavlov61@abv.bg)

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

**Key words:** *electromechanical and electronic relays, microprocessor control, electric transport vehicles, public electric road transport.*

**Abstract:** *The development of the electric transport during the recent years is quite dynamic and plays an important role both for Europe and for the entire world. Obviously, there are huge opportunities for the development of power traction and they reflect the direction of the processes in the energy sectors of all states. They are closely related to the latest European Directives aimed at achieving high energy efficiency, environmental protection and enhancement of the urban infrastructure. In this respect, the electric transport is of critical significance for all European cities, which are characteristic for the high density of their population. The electric transport also attracts high expectations for reliability and energy efficiency, which depend on various factors of integrated effect.*

*The report presents the key results of the design and manufacture of DC electronic relays with microprocessor control in the controlling and auxiliary circuits of specific electric transport vehicles in the public electric road transport of Sofia. Based on this work, a stand was designed for the research, testing and adjustment of electromechanical and electronic relays, as a training facility for the students in all major courses delivered by the Department of Electrical Equipment in Railway Transport, Todor Kableshkov University of Transport.*