



---

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ НА МОДУЛ C0805 ЗА ЗАЩИТА И КОНТРОЛ ОТ БЛОКА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАМВАЙНА МОТРИСА ВЕ4/6S**

**Любомир Секулов**

[res\\_start@abv.bg](mailto:res_start@abv.bg)

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

**Ключови думи:** електрически транспорт, системи за контрол и защита, трамвайна мотриси

**Резюме:** Обект на модернизацията е модул C0805 от блокова схема на блок за управление (БУ), която изпълнява основна функция за контрол и защита на напреженията в БУ, и напреженията за спомагателните нужди на трамвайна мотриси (ТМ) Ве4/6S. Въпросната схема C0805 е реализирана и внедрена в експлоатация при последна модернизация на ТМ Ве4/6S през периода 02.1998-09.1999 година.

В електрическите транспортни средства (ЕТС) произведени преди 2000 г. използваните електронни компоненти имат съществени недостатъци, кондензаторите са с много по-кратък живот на експлоатация от съвременните такива, операционните усилватели не са температурно компенсирани, резисторите са с по-висока честотата на отказите, електромеханичните контактни системи имат по-ниска надеждност, силовите прибори са с по-големи вътрешни съпротивления и т.н. Тези недостатъци днешно време създават проблеми при експлоатацията и поддръжката на ЕТС.

Развитието на техниката през последните години и използването на нано технологии при производството на съвременни ЕТС повишава надеждността при тяхната експлоатация. Наличието на достъпни, качествени електронни прибори и модули дава възможност за осъществяването на модернизация и постепенното осъвременяване на ЕТС, което да отговоря на изискванията за безопасен и сигурен транспорт.

В доклада е показана проектирана модернизирани нова защита от минимални и максимални напрежения и контрол на същите от системата на управление на БУ за ТМ Ве4/6S. Проектирана и изработена е микропроцесорна система за управление (МСУ). Основната цел на разработката е да се повиши надеждността на ЕТС в режим на експлоатация и да се осигури лесна сервисна поддръжка. Предложените нови технически решения са разработени на базата на съвременната микропроцесорна технология, даваща възможност за оптимизиране на функциите на МСУ. При проектирането на разработката са търсени решения съобразно нивото на техниката към момента и безотказността на съвременните електронни компоненти.

## 1. ВЪВЕДЕНИЕ

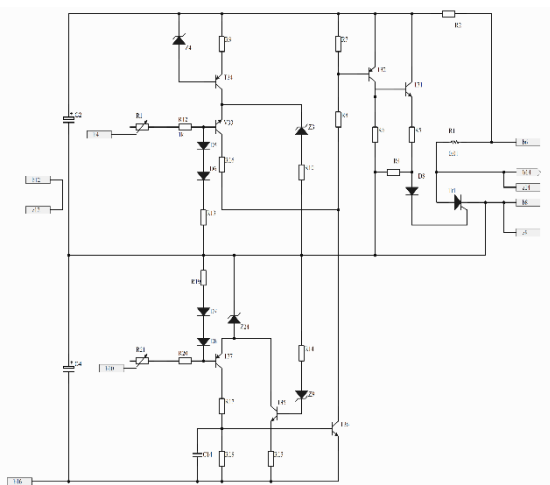
Общественият градски транспорт и в частност електрическият такъв, играе съществена роля за градската мобилност на населението в големите градове. При проектирането и модернизацията на системите за автоматично управление (САУ), контрол и защита като водещ фактор трябва да се отчете нивото на техниката към момента. МСУ базирани на нанотехнологии имат висока степен на интеграция и ниска консумация на електроенергия, което ги прави предпочитани.

Реализирането на различни типове динамични звена посредством МСУ е прием, който е залегнал при проектирането на всички съвременни САУ на ЕТС. Интегрираните аналогово цифрови преобразуватели (АЦП) и цифрови аналогови преобразуватели (ЦАП) в МСУ дават възможност за точно отчитане на дискретни стойности на напреженията без да има необходимост от температурно компенсирание. Точността на преобразуването и отчитането зависи от разрядността на цифровата дума (байт) на МСУ, а бързодействието на преобразуване от честотата на работа на МСУ, като при съвременните МСУ е десетки MHz [1].

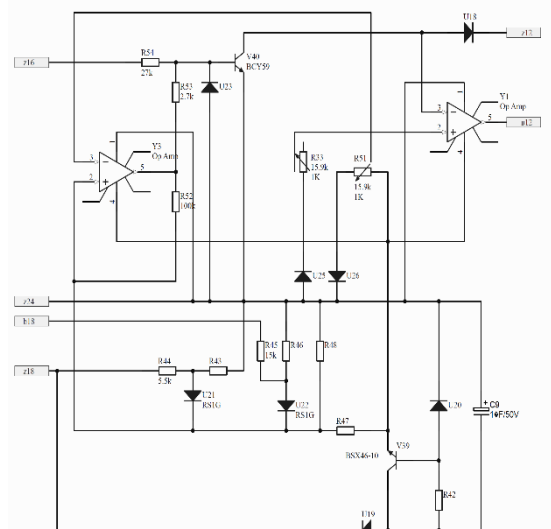
## 2. СХЕМА НА МОДУЛ С0805 ЗА ЗАЩИТА И КОНТРОЛ ОТ БЛОКА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАМВАЙНА МОТРИСА Ве4/6S ПРОИЗВЕДЕН ПРЕЗ ПЕРИОДА 02.1998-09.1999 ГОДИНА

БУ за управление на ТМ е съставен от 9 електронни модула, като всеки един има конкретно предназначение. Блок С0805 има три функции изпълнени с три отделни електрически схеми показани на Фигури 1-3, като схемата за защита от пренапрежение +24V е показана на Фиг. 1, схемата за контрол на отрицателните напрежения е показана на Фиг. 2, а схемата за контрол на положителни напрежения и защита на БУ е показана на Фиг. 3. Конструкцията на модул С0805 е двустранна платка със зелена маска и бял печат в евроформат с размери 160 mm x 100 mm. Клас на влагозащита F по DIN 40040, клас на изолация по VDE 0110, позиция за вграждане 1 1/3 SEP, захранване + 15V -15V, работна температура -25°C . + 70°C.

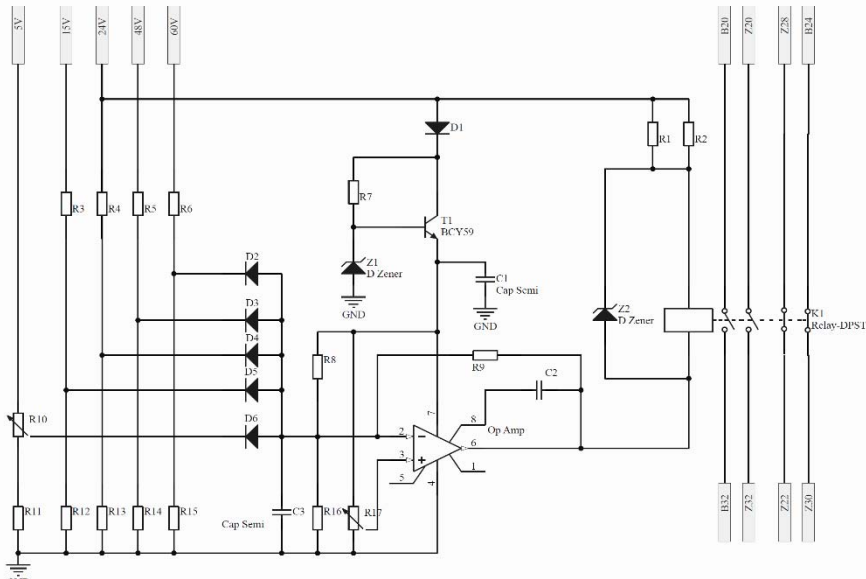
Измерваните напрежения са със стандартни стойности +5VDC, ±15VDC, ±24VDC, +48VDC, +60VDC, като тяхното изменение зависи от характера на товара и най-вече на реактивните съставки, капацитет и индуктивност. Тяхното изменение ще доведе до ненормална работа на БУ и откази на САУ това определя значимостта на блок С0805.



Фиг. 2. Защита от пренапрежение на оперативно напрежение +24V част от модул С0805



Фиг. 1. Контрол на отрицателни напрежения, част от модул С0805



Фиг. 3. Защита и контрол на положителни напрежения, част от модул C0805

### 3. ОПРЕДЕЛЯНЕ НАДЕЖНОСТТА НА МОДУЛ C0805 ЗА ЗАЩИТА И КОНТРОЛ ОТ БЛОКА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАМВАЙНА МОТРИСА VE4/6S ПРОИЗВЕДЕН ПРЕЗ ПЕРИОДА 02.1998-09.1999 ГОДИНА

Вероятността за безотказната работа за време  $t_T$ , според теорията на вероятността, в този случай се определя от закона за разпределението на Поасон.

$$(1) P_{k(t)} = e^{-\lambda t_T}$$

където,  $\lambda$  е честотата на отказите.

За изработката на модул C0805 са използвани 106 електронни елемента, като те са групирани и тяхната надеждност е показана в Таблица 1.

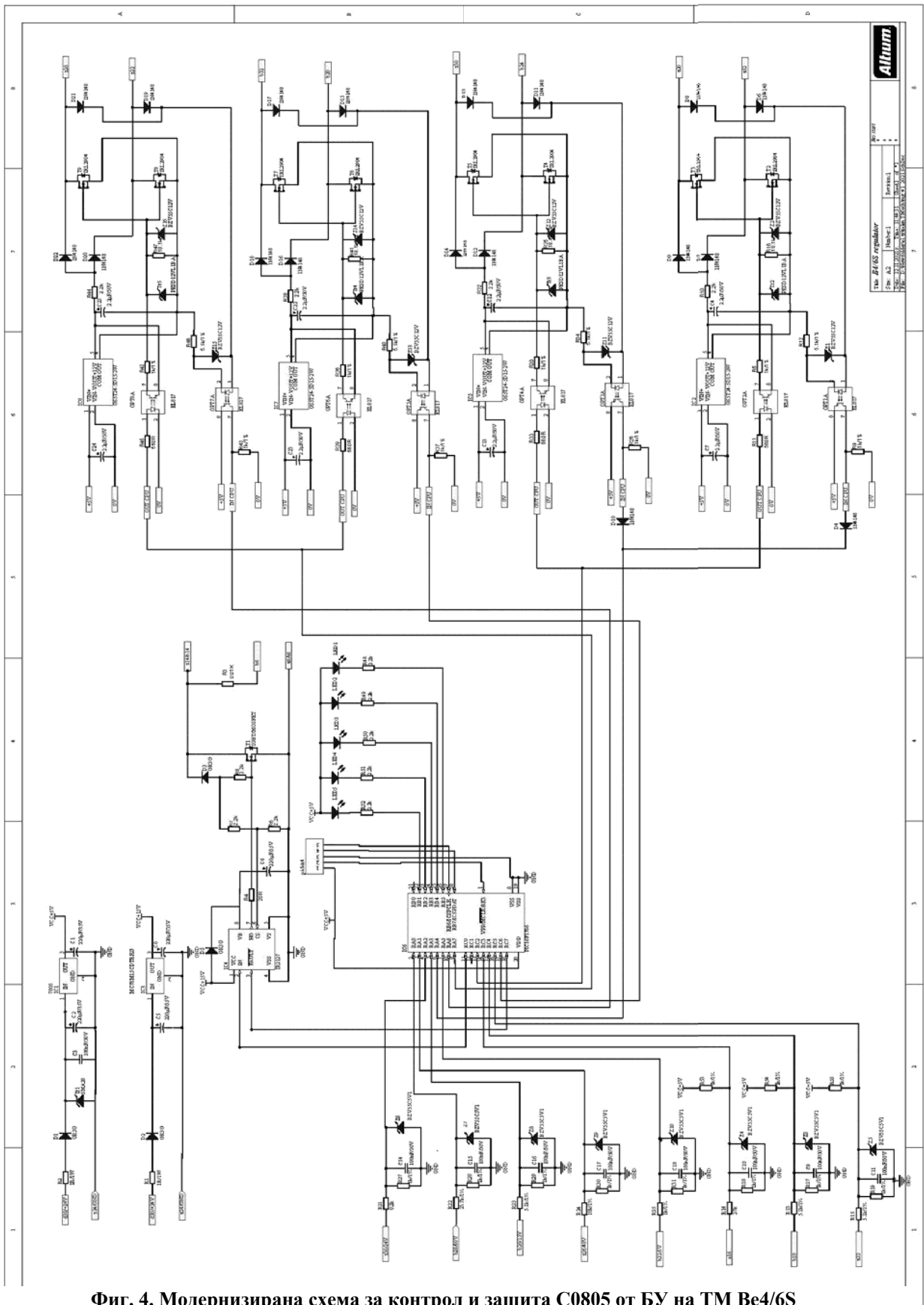
Таблица 1 Надеждност на използваните елементи

Наименование на елементите	Количество на елементите, k	Честота на отказите, $\lambda$ а 1 час, $\lambda$	$\lambda \cdot k$	Наработка tr, h	Вероятност за безотказна работа P(t)
Кондензатори керамични	7	3.60E-09	2.52E-08	777600	0.9806
Кондензатори електролитни	3	2.40E-08	7.20E-08	777600	0.9456
Резистори метално оксидни	6	1.20E-09	7.20E-09	777600	0.9944
Резистори въглеродни	49	2.30E-09	1.13E-07	777600	0.9161
Диоди бързодействащи	19	9.40E-10	1.79E-08	777600	0.9862
Диоди ценовери	6	3.30E-09	1.98E-08	777600	0.9847
Транзистори биполярни	10	1.50E-10	1.50E-09	777600	0.9988
Транзистори MOSFET	0	1.20E-08	0.00E+00	777600	1.0000
Транзистори IGBT	0	1.40E-08	0.00E+00	777600	1.0000
Тиристори	1	2.50E-09	2.50E-09	777600	0.9981
Реле	1	9.90E-08	9.90E-08	777600	0.9259
Опторони	0	2.70E-08	0.00E+00	777600	1.0000
Операционни усилватели	3	3.60E-09	1.08E-08	777600	0.9916
Платка	1	4.00E-11	4.00E-11	777600	1.0000
Сума от отказите			3.69E-07		
Обща безотказна работа					0.7571

При определяне на надеждността трябва да се вземе предвид годината на производство на електронните компоненти и наличието на контактна система в модула, които са определящи за безотказната работа. Налице е наработка от приблизително 777600 часа, при условие, че ТМ се е движила средно по 6 часа на денонощие. Изчисленията са направени за работна температура 50 °C и качествен фактор  $\pi Q=1$ [5]. Предвид факта, че в София се експлоатират 28 ТМ вероятността за отказ поради причина в надеждността на модул C0805 е 15%. т.е. 4 ТМ могат да направят откази [2].

#### 4. МОДЕРНИЗИРАНА СХЕМА НА ТМ

На Фиг. 4 е проектирана и разработена схема на модул C0805 за защита и контрол от БУ на ТМ Ве4/6s.



Фиг. 4. Модернизирана схема за контрол и защита C0805 от БУ на ТМ Ве4/6S

Освен с обратната връзка от безконтактните логически елементи друго преимущество е блока за визуализация изпълнен с 5 светодиода, които показват в реално време нивата на следените напрежения[3][4].

## 5. СРАВНЯВАНЕ НА НАДЕЖДНОСТТА НА МОДУЛ С0805 ЗА ЗАЩИТА И КОНТРОЛ ОТ БЛОКА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАМВАЙНА МОТРИСА ВЕ4/6S ПРОИЗВЕДЕН ПРЕЗ ПЕРИОДА 02.1998-09.1999 ГОДИНА И МОДЕРНИЗИРАНИЯ МОДУЛ

Таблица 2 Надеждност на използваните елементи

Наименование на елементите	Количество на елементите , k	Честота на отказите за 1 час, λ	λ.k	Наработка tr, h	Вероятност за безотказна работа P(t)
Кондензатори керамични	9	3.60E-09	3.24E-08	1	0.9999999676
Кондензатори електролитни	13	2.40E-08	3.12E-07	1	0.9999996880
Резистори метално оксидни	9	1.20E-09	1.08E-08	1	0.9999999892
Резистори въглеродни	46	2.30E-09	1.06E-07	1	0.9999998942
Диоди бързодействащи	22	9.40E-10	2.07E-08	1	0.999999793
Диоди ценерови	21	3.30E-09	6.93E-08	1	0.9999999307
Транзистори биполярни	0	1.50E-10	0.00E+00	1	1.0000000000
Транзистори MOSFET	9	1.20E-08	1.08E-07	1	0.9999998920
Транзистори IGBT	0	1.40E-08	0.00E+00	1	1.0000000000
Тиристоры	0	2.50E-09	0.00E+00	1	1.0000000000
Реле	0	9.90E-08	0.00E+00	1	1.0000000000
Опторони	8	2.70E-08	2.16E-07	1	0.9999997840
Интегрални схеми	12	3.60E-09	4.32E-08	1	0.9999999568
Микропроцесор	1	9.50E-09	9.50E-09	1	0.9999999905
Платка	1	4.00E-11	4.00E-11	1	1.0000000000
Сума от отказите			9.28E-07	1	
Обща безотказна работа					0.9999991250

За модернизираната платка са използвани общо 156 електронни компонента като вероятността за безотказна работа е показана в Таблица 2. Предвид получените резултати за надеждността на платка С0805 показани в Таблица 1 сумата от вероятните откази е 3.69E-07, а при модернизираната 9.28E-07. Взимайки предвид наработката до момента безотказната работа при произведената през 1999 г е 0.7571 спрямо 0.9999991250 при модернизираната, като разликата е в много порядъци в полза на модернизираната, а именно 0.9999991250 >> 0.7571[5].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От получените изчисления за надеждността на платката произведена през 1999 г и модернизираната става ясно, че модернизираната платка е много по надеждна и това се дължи на използваните съвременни елементи, както и на заместването на електромеханичната система с безконтактни логически елементи. Определящо в случая е времето за наработка, като не са взети предвид времената на живот на електролитните кондензатори и температурните режими. Бързодействието на модернизираната схема зависи от честотата на дискретизация на АЦП, като в конкретния случай и подбор на елементи то е под 1mS. Проектирането и изпълнението на МСУ е направено по договор, сключен със „Столичен електротранспорт” ЕАД, в който са формулирани и основните параметри на заданието. В момента се правят изпитания на модернизираната платка.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Петров И., В. Димитров, Системи за автоматично управление – Ръководство за лабораторни упражнения, трето преработено и допълнено издание, ISBN 978-619-7472-07-3, София, ВТУ "Т. Каблешков", 2019г.
- [2] Техническа документация на ТМ Be4/6S експлоатиран от Столичен електротранспорт ЕАД.
- [3] Исаев Я., Томчева М., Златков М. – „Проектиране на драйвер за управление на стъпков двигател“, 2017,София НТС XV-та научно-практическа конференция., 2017г.
- [4] Лалев Т., Ив. Миленов. Проектиране на цифрова релейна защита за тягови електрически вериги за постоянен ток, Научно списание Механика Транспорт Комуникации том 12, брой 3/2, 2014 г. статия № 1008, ISSN 1312-3823, 2014г.
- [5] Данни за отказите на съвременни електронни компоненти [https://reliabilityanalyticstoolkit.appspot.com/mil\\_hdbk\\_217F\\_parts\\_count](https://reliabilityanalyticstoolkit.appspot.com/mil_hdbk_217F_parts_count)

## INVESTIGATION AND ANALYSIS THROUGH MODELING IN THE MATLAB ENVIRONMENT OF THE POSSIBILITIES OF ICE MELTING IN AC ACTIVE TRAIN NETWORKS - PART I

Lubomir Sekulov  
[res\\_start@abv.bg](mailto:res_start@abv.bg)

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

**Keywords:** *railway transport, overhead contact line, ice, train movement*

**Abstract:** *Subject to modernisation is the C0805 module of the control system (CS) block circuit, which discharges the main control and safety function on CS voltages and on the voltages for the auxiliary demands of the tram motrice (TM) Be4/6S. The C0805 circuit herein was created and commissioned in the latest modernisation of TM Be4/6S within the period 02.1998-09.1999.*

*The electric transport vehicles (ETV) manufactured before 2000 use electronic components with considerable shortcomings: the capacitors have a much shorter service life than modern ones, the operational amplifiers are not thermally compensated, resistor failures are more frequent, electromechanic contact systems are less reliable, high-power tools have higher internal resistances, etc. These shortcomings cause problems in the exploitation and maintenance of ETV today.*

*The development of technology over the recent years and the use of nanotechnologies in the production of contemporary ETV increases their service reliability. The availability of accessible, high-quality electronic tools and modules allows for the modernisation and the gradual upgrading of the ETV, so as to make them compliant with the requirements of transport safety and security.*

*The report presents a modernised design providing security against minimum and maximum voltages and ensuring that such voltages are controlled by the CS for TM Be4/6S . A microprocessor control system (MCS) was designed and developed. The main purpose of the development work was to improve the reliability of the ETV while in service and to ensure easy service maintenance. The proposed new technical solutions have been developed based on contemporary microprocessor technology, which allows for the optimisation of the MCS functions. The engineering development and design have relied on solutions relevant to the current state of the art and the fail-free operation of modern electronic components.*