

УНИВЕРСАЛЕН МИКРОПРОЦЕСОРЕН РЕГУЛАТОР ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ОТОПЛИТЕЛНИ УРЕДБИ В ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ТРАНСПОРТНИ СРЕДСТВА

Георги Димитров¹, Иван Петров¹, Иван Ангелов², Марин Вълков²
dimitrov_gd@mail.bg, ivanpetrov60@abv.bg, ivanang@tu-sofia.bg, thepretender1987@gmail.com

¹ВТУ „Тодор Каблешков”, 1574 София, ул. Гео Милев № 158

²Технически университет – София, 1000 София, бул. „Климент Охридски” № 8
БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: *Отоплителни уредби на пътнически електрически транспортни средства, Микропроцесорна система за регулиране на отоплителни уредби.*

Резюме: *Електрическите транспортни средства /ЕТС/ представляват сложна система, в която разходът на електрическа енергия зависи от съвместното влияние на множество компоненти. Въпреки, че в тази система разходът на енергия за движение на ЕТС е основен, отоплението и климатизацията влияят съществено на общото потребление на енергия от возилата, тъй като енергийният разход при тях не зависи от пробега, а от времето им за работа. В доклада представен вариант на универсална микропроцесорна система за регулиране на електронагревателни отоплителни уредби в електрически транспортни средства за масов градски транспорт. Регулаторът е разработен на база едночипов микропроцесор. Принципът на регулиране е съобразен с действащите към момента европейски норми и стандарти за поддържане параметрите на топлинен комфорт в реални експлоатационни условия. Предложеният принцип на регулиране е базиран на разработен за целта алгоритъм за управление. Той е приложим при всички ЕТС за градски транспорт (тролейбуси и трамвайни мотриси), като може успешно да се използва и при безкупейни пътнически вагони на железопътния транспорт, обзаведени с конвекторни електрически отоплителни тела.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Общественият градски транспорт и в частност електрическият такъв, играе съществена роля за градската мобилност на населението в големите градове. Осигуряването на комфортни условия на пътуване, в това число и на температурни такива, е предпоставка за привличане на по-голям пътникопоток в градския транспорт.

В настоящата разработка е представен вариант на универсален микропроцесорен регулатор за управление на електронагревателни отоплителни уредби в градския електрически транспорт. Предлаганата електронна система е разработена на база европейски норми и стандарти и в нея е направен опит да се обхванат всички основни фактори, оказващи влияние върху поддържане параметрите на топлинен комфорт в реални експлоатационни условия. Зоната на температурен комфорт на пътниците в обществения градски транспорт при различни външни температури е показана в [1].

ОТОПЛИТЕЛНИ СИСТЕМИ И ТОПЛИННИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЕТС

За отопление на повечето модификации градски ЕТС се използват електрически отоплителни тела с естествена и принудителна циркулация на въздуха. Отопителните тела с естествена циркулация на въздуха („електрически конвектори“) са широко разпространени при трамвайните мотриси. Отопителни тела с принудителна циркулация на въздуха („електрически калорифери“) се използват при всички стари модификации тролейбуси и останалата част от трамвайните мотриси.

Отопителните тела с естествена циркулация на въздуха са разположени по дължината на ЕТС (едностранно или двустранно), като имат линейна плътност на топлинната мощност $0,40 \div 0,60 \text{ W/m}$. Отопителни тела с принудителна циркулация на въздуха са разположени в определени точки, най-често в близост до вратите, като се използват такива с мощности от $3,0 \text{ kW}$ до $4,5 \text{ kW}$.

Основните топлинни характеристики и параметри, които трябва да бъдат известни за реализиране на ефективно управление на отоплението в ЕТС, са следните:

- **Коефициент на топлопреминаване през външните ограждащи елементи** – $U, \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ – Чрез него се дефинират топлоизолационните свойства на външните ограждащи повърхнини.

- **Инфилтрация на външен по-студен въздух** – Получава се в следствие недобра плътност на вратите, отваряемите елементи на прозорците и покривните люкове, както и при цикъла отваряне/затваряне на вратите при престой на спирките. Води до допълнителни загуби на топлина $\Delta Q, \text{ Wh}$.

- **Температура на външния въздух** – $T_{ext}, \text{ }^\circ\text{C}$ – Тя оказва най-съществено влияние върху топлинните загуби в ЕТС.

- **Инсталирана мощност за отопление** – $P_{heat}, \text{ W}$.

- **Слънчево греене** – То осигурява допълнителен приток на топлина през прозрачните (прозорци) и непрозрачните (странични стени и покрив) ограждащи елементи.

- **Топлинно излъчване от пътниците** – Допълнителната топлинна мощност зависи от текущия брой на превозваните в дадено ЕТС пътници.

Поддържането на определен температурен режим в дадено отопляемо пространство е свързано с покриване на топлинните загуби през ограждащите го повърхнини, както и тези от приток на по-студен външен въздух.

За да може да се реализира ефективно управление на отоплителните системи в ЕТС, е необходимо да се известни топлинните загуби за всяка конкретна модификация подвижен състав. Основен параметър, чрез който се оценява способността на подвижния състав да съхранява топлина в зоната за пътници, е обобщеният коефициент на топлопреминаване на външните ограждащи елементи $U, \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, който се дефинира с формулата:

$$(1) \quad U = \frac{P_{heat}}{A_e \cdot (T_{im} - T_{em})},$$

където:

P_{heat} – топлинната мощност отдавана вътре в салона на транспортното средство, W ;

A_e – обща площ на външните ограждащи конструкции (стени, под, таван), m^2 ;

T_{im} – средна стойност на температурата в салона транспортното средство, $^\circ\text{C}$;

T_{em} – средна стойност на външната температура на въздуха около транспортното средство, $^\circ\text{C}$.

Обобщеният коефициент на топлопреминаване $U, \text{W/m}^2\cdot\text{K}$ може да бъде определен с използване на аналитични методи, но по аналитичен път е трудно да се отчете влиянието на притока на студен външен въздух чрез инфилтрация или по време на престой с отворени врати. Поради тази причина в съвременната практика за определяне на общите топлинни загуби най-често се прибегва до провеждане на експериментални измервания в реални или тестови условия [2] в широк диапазон на изменение на външната температура T_{em} , въз основа на които чрез математически методи се определя както обобщеният коефициент на топлопреминаване U , така и коефициента за пренос на топлина чрез по-студени въздушни маси $H_v, \text{W/K}$.

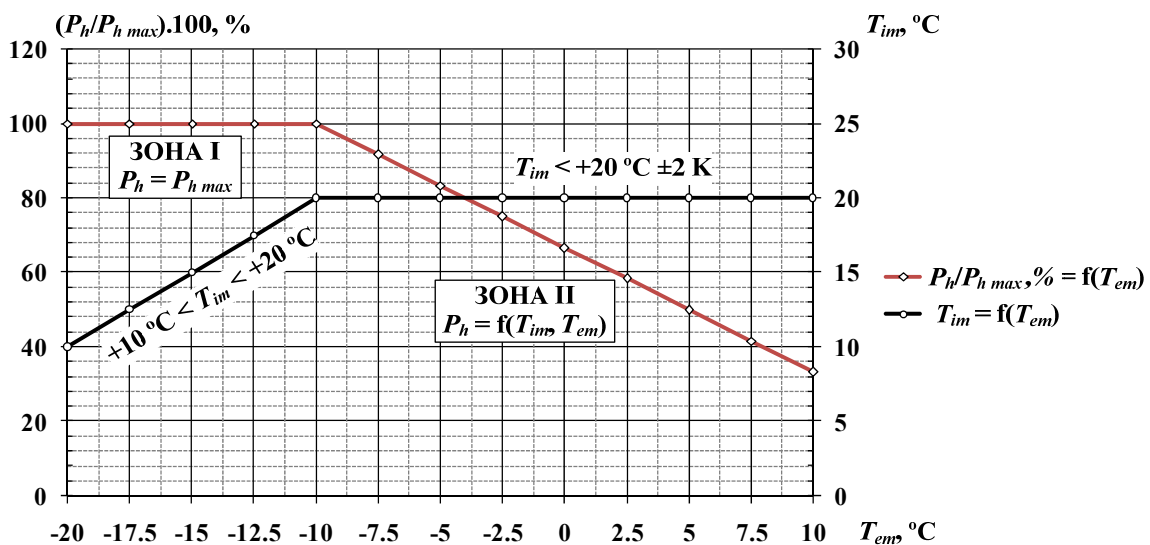
Топлинната мощност P_{hi}, W , необходима за покриване на всички топлинни загуби на i -тата група електрически подвижен състав на ГЕТ с обобщен коефициент на топлопреминаване U_i и известен коефициент за пренос на топлина чрез въздушните маси H_{vi} , може да се изчисли с използване на следната формула:

$$(2) \quad P_{hi} = U_i \cdot (T_{im} - T_{em}) \cdot A_{ei} + H_{vi} \cdot (T_{im} - T_{em}),$$

където:

P_{hi} е необходимата топлинна мощност за покриване на общите топлинни загуби, W;
 H_{vi} – коефициент за пренос на топлина чрез по-студените въздушни маси, W/K;

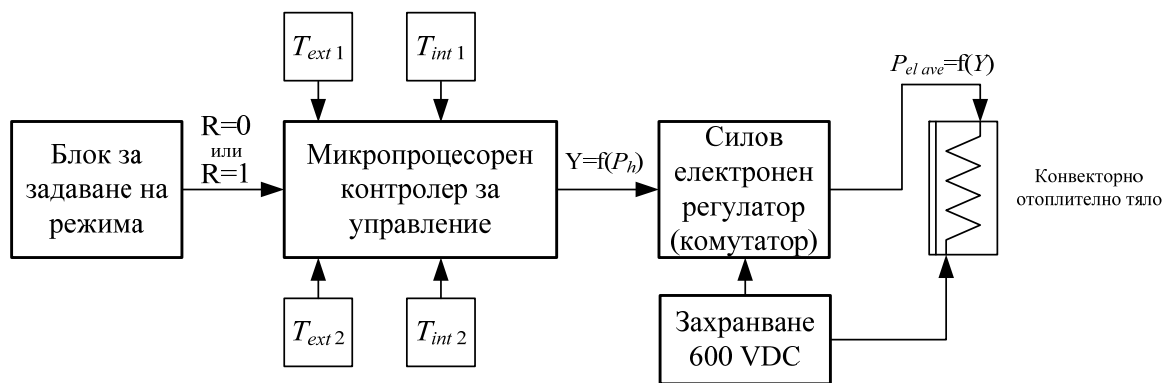
На фиг. 1 е показана универсална характеристика на регулиране на топлинната мощност P_h , изразена в относителни единици $P_h\% = (P_h/P_{h\max}) \cdot 100, \%$ и поддържаната вътрешна температура T_{im} , при изменение на средната външна температура T_{em} в дефинирания за България диапазон.



Фиг. 1. Регулировъчна характеристика на топлинната мощност P_h , изразена в % от максималната мощност $P_{h\max}$ и поддържаната вътрешна температура T_{im} , при изменение на средната външна температура T_{em} в дефинирания за България диапазон

ОСНОВНИ ФУНКЦИИ НА РЕГУЛАТОРА И СХЕМНО РЕШЕНИЕ

На фигура 2 е показана блокова схема на цялостната система за регулиране на отоплението. Основните елементи на автоматизираната система са програмируемият микропроцесорен контролер и електронният регулатор на мощност (електронен комутатор) за отоплителните тела. Програмирането на контролера се извършва въз основа на специализиран алгоритъм [3], разработен база нормите заложи в БДС EN 14750-1:2006.



Фиг. 2. Блокова схема на регулатора

Постигането на енергийно-ефективно регулиране на отоплението в ЕТС изисква прецизно измерване на външните и вътрешните температури на въздуха.

Критериите при избора на сензори за измерване на външната и вътрешната температура за целите на регулиране на отоплението в ЕТС са следните [4]:

- Температурен обхват – от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Точност – не по-малка от $\pm 0,5 \div 0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Линеиност – $0,1 \div 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ за целия измерван диапазон.
- Резолюция (чувствителност) – не по-ниска от $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Основните функции на микропроцесорния регулатор са следните:

- Измерване на външната температура на въздуха около транспортното средство в 1 или 2 точки.

- Измерване на вътрешната температура в до 4 точки от салона за пътници. Измерването е с интегрални полупроводникови температурни сензори тип LM335 с точност под $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- Възможност за управление на до 2 кръга (2 групи отоплителни тела) за отопление в салона. Средната топлинна мощност може да се регулира от 0% до 100% във всеки кръг поотделно. Поради голямата времеконстанта на топлинните процеси тази регулирането на мощността се извършва с период от 30 до 120 секунди.

- Дисплей за показване на състояние, режим на работа и за извършване на настройки на параметрите.

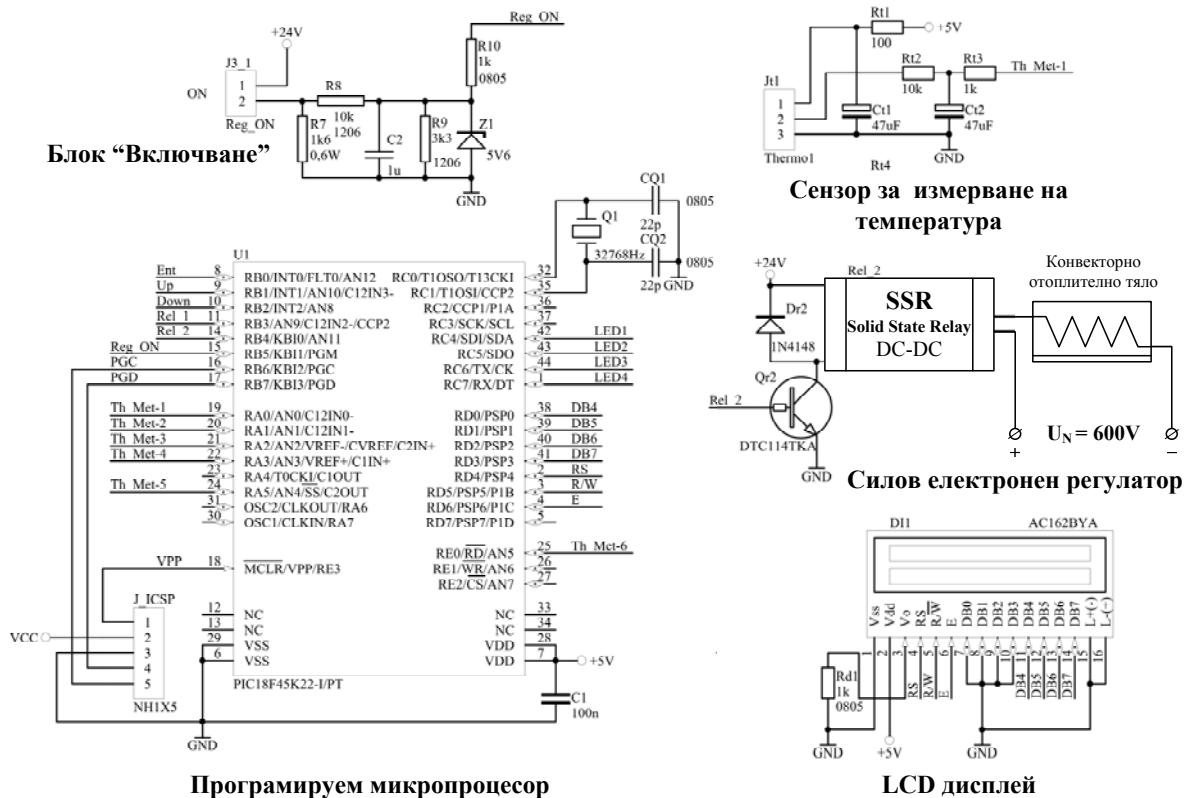
- Вграден часовник за реално време, като чрез него могат да се задават и часови режими на работа.

Схемите на основните блокове на микропроцесорния регулатор са показани на фиг. 3.

Регулировъчните режими, които могат да се реализират с микропроцесорната система за управление на отоплението в ЕТС са следните:

➤ **Регулиране на топлинната мощност според текущата средна стойност на температурата на външния въздух - T_{em} , $^{\circ}\text{C}$** – Основен режим на работа на регулатора с цел поддържане на относително постоянна средна стойност на вътрешната температура T_{im} .

➤ **Режим „Economy”** – Режим, при който в зоната за пътници се поддържа понижена вътрешна температура ($+12\text{ }^{\circ}\text{C}$) в случай на продължителен експлоатационен престой на крайни станции или стоянки.



Фиг. 3. Схеми на основните блокове на микропроцесорния регулатор

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цялостната дейност по подобряване на електроенергийната ефективност на електрическите транспортни средства за наземен градски транспорт следва да се разглежда като един комплексен процес придружен с разработването на дългосрочна програма за енергийна ефективност. Въпреки, че прилагането на енергоспестяващи мерки е свързано със значителни инвестиции, съществуват редица механизми за участие на общините и в частност на общинските транспортни фирми за градски електрически транспорт с проекти по европейски оперативни програми през новия програмен период 2014-2020 г. Чрез тези програми наред с възможностите за обновяване на парка, могат да се финансират и значителна част от енергийно-ефективните мероприятия, свързани с модернизация както на тяговите електрозадвижвания, така и на спомагателните системи за комфорт на пътниците.

В заключение може да се отбележи, че разработеният микропроцесорен регулатор е приложим при всички тролейбуси и трамвайни мотриси с конвекторни електрически отоплителни тела, както и при някои серии безкупейни вагони на железопътния транспорт. Широкото му приложение се постига благодарение на специфичния за всяко транспортно средство софтуер, с който се програмира микропроцесора, както и чрез използване на различни типове силови регулатори. Прецизността на регулиране в голяма степен зависи от избора на сензори за измерване на температурата и тяхното разположение в електрическите транспортни средства [2]. Към настоящия момент е трудно да се прогнозира енергийният ефект от прилагане на системата за автоматично регулиране, тъй като осигуряването на топлинен комфорт на пътниците е свързано с определени енергийни потребности за компенсирание на топлинните загуби.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] БДС EN 14750-1:2006, Железопътна техника. Климатизатори за градски и крайградски подвижен състав. Част 1: Основни показатели за комфорт, Български институт по стандартизация, 2006.
- [2] БДС EN 14750-2:2006, Железопътна техника. Климатизатори за градски и крайградски подвижен състав. Част 2: Типови изпитвания, Български институт по стандартизация, 2006.
- [3] Димитров Г., Алгоритъм за управление на отоплителни уредби използвани в наземния градски електрически транспорт, Научни трудове на Русенски университет – 2014, том 53, серия 5.3, ISSN 1311-3321 (16÷22 стр.).
- [4] Петров И., Г. Димитров, Б. Цветанов, Многофакторно електронно регулиране на отоплителните системи в трамвайни мотриси и тролейбуси, Технически университет – София, Електротехнически факултет, VI Научна конференция „ЕФ 2014”, 15-17 септември 2014, Созопол, България.

MULTIFUNCTION MICROPROCESSOR-BASED CONTROLLER FOR HEATING SYSTEMS OF ELECTRIC VEHICLES

Georgi Dimitrov, Ivan Petrov, Ivan Angelov, Marin Valkov

dimitrov_gd@mail.bg, ivanpetrov60@abv.bg, ivanang@tu-sofia.bg, thepretender1987@gmail.com

*Todor Kableshkov University of Transport, 1574 Sofia, 158 Geo Milev Str.
Technical University of Sofia, 1000 Sofia, 8 Kliment Ohridski Blvd
BULGARIA*

Key words: *Heating systems of electric passenger vehicles, Microprocessor system for the regulation of heating systems*

Abstract: *The report shows a variant of the universal microprocessor control system of electro-heating systems in electric vehicles for mass urban transport, including passenger wagons to railway transport. The controller was developed based on a single-chip microprocessor. The principle of regulation is consistent with the currently valid European norms and standards for maintaining thermal comfort parameters in real operating conditions. The proposed control principle is based on the algorithm developed for the purpose of management. It is applicable to all electric vehicles for public transport (trolleybuses and trams), as can be successfully used in some passenger wagons of railway transport, equipped with convection electric heaters.*