

УДК 62-503.5



Максимук М.В.

Максимук М.В., Андрусяк І.С.

Інститут термоелектрики НАН і МОН України,
вул. Науки, 1, Чернівці, 58029, Україна



Андрусяк І.С.

**ЕЛЕКТРОННИЙ БЛОК КЕРУВАННЯ
ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИМ
ПЕРЕДПУСКОВИМ АВТОМОБІЛЬНИМ
НАГРІВНИКОМ**

Наведено будову та алгоритм роботи електронного блоку керування термоелектричного передпускового автомобільного нагрівника. Описано основні функціональні вузли пристрою. Представлено результати експериментальних досліджень роботи електронного блоку з компонентами нагрівника.

Ключові слова: процесорний модуль, аналого-цифровий перетворювач, термоелектричний перетворювач, індикатор полум'я.

Design and operation algorithm of electronic control unit for thermoelectric automobile starting pre-heater is presented. The main functional units of the device are described. The results of experimental research on the work of electronic unit with the heater components are given.

Key words: processor module, analog-to-digital converter, thermoelectric converter, flame indicator.

Вступ

Сучасні засоби, призначені для попереднього прогріву двигунів транспортних засобів в умовах понижених температур навколишнього середовища, повинні задовольняти ряду вимог. Так, поряд з високою теплопродуктивністю, невеликою витратою палива та помірними габаритними розмірами, передпускові нагрівники повинні надійно запускатись та безвідмовно працювати. Тому, крім створення нових теплоефективних конструкцій, виробники передпускового обладнання велику увагу приділяють розробці електронних блоків управління – системам автоматичного керування роботою компонент нагрівників: паливного та циркуляційного насосів, вентилятора подачі повітря, штифта розжарення пальника.

Основними функціями такого електронного блоку є [1]:

- контроль температури охолоджуючої рідини двигуна і в залежності від її величини встановлення відповідного режиму нагріву;
- діагностика компонент при запуску нагрівника та під час його роботи;
- включення і виключення нагрівника по команді з панелі керування;
- виключення нагрівника у разі виникнення аварійної ситуації (вихід з ладу компонент, перегрів теплоносія, відсутність полум'я, перепад напруги, коротке замикання і т.д.).

Для розробленого в Інституті термоелектрики автономного термоелектричного передпускового нагрівника [2 – 8] задача створення електронного блоку суттєво ускладнюється, оскільки поряд з традиційними компонентами в конструкції нагрівника

використано термоелектричний перетворювач, який здійснює живлення електричною енергією як самих компонент, так і автомобільного акумулятора. Тому крім вищенаведених функцій електронний блок повинен постійно та одночасно контролювати температуру гарячої та холодної сторін термоперетворювача. В протилежному випадку перегрів термобатарей призведе до швидкого виходу з ладу не тільки усіх компонент нагрівника, а й до порушення роботи іншого автомобільного обладнання. Важливим є і вибір раціонального алгоритму роботи нагрівника, який забезпечував би не тільки максимальну ефективність термоелектричного перетворення, а й створював умови для надійного запуску та стабільної роботи приладу.

Метою даної роботи є створення електронного блоку керування термоелектричним передпусковим автомобільним нагрівником та його перевірка на відповідність наведеним функціональним вимогам.

Будова та принцип роботи

Блок – схему електронного боку керування термоелектричним передпусковим автомобільним нагрівником зображено на рис. 1.

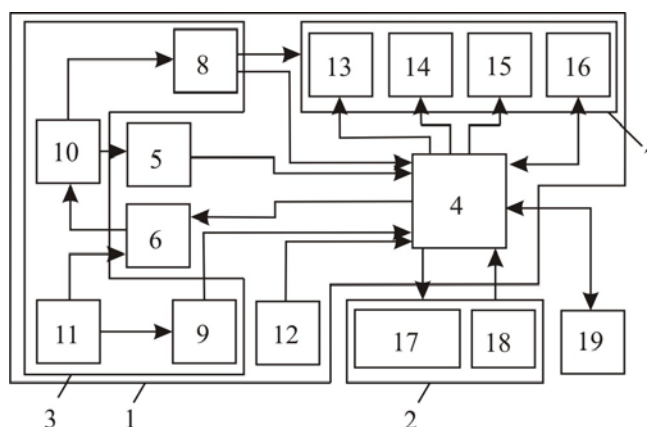


Рис. 1. Блок – схема електронного боку керування [8]:

1 – блок контролю управління; 2 – блок регулювання та індикації; 3 – вузол обробки сигналів датчиків; 4 – процесорний модуль; 5 – перетворювач напруги; 6 – вузол керування зарядом акумулятора; 7 – вузол керування зовнішніми виконавчими пристроями; 8 – вхідне коло вимірювача напруги акумулятора; 9 – вхідне коло вимірювача напруги термоелектричної батареї; 10, 11 – клеми; 12 – блок цифрового термодатчика; 13 – блок комутації живлення штифта розжарення; 14 – блок комутації живлення паливного насосу; 15 – блок комутації живлення циркуляційного насосу; 16 – блок живлення та контролю обертів вентилятора; 17 – блок оптичної індикації; 18 – блок регулятора температури; 19 – блок зв'язку з програмним забезпеченням.

Електронний блок керування складається з двох конструктивних блоків: блоку 1 контролю управління термоелектричним передпусковим нагрівником і блоку 2 регулювання та індикації.

Блок контролю управління містить вузол обробки сигналів датчиків 3, процесорний модуль 4, що живиться від перетворювача напруги 5, вузол керування зарядом акумулятора 6 та вузол керування зовнішніми виконавчими пристроями 7.

Вузли обробки сигналів датчиків складаються з вхідних кіл 8 і 9 вимірювача напруг акумулятора і термобатарей, які через клеми 10 і 11 під'єднані до процесорного модуля, блоку

цифрового термодатчика 12 та аналого-цифрового перетворювача (АЦП) процесорного модуля (на рис. не показано).

Вузол керування зовнішніми виконавчими пристроями містить блоки 13, 14, 15 комутації живлення штифта розжарення паливного насоса рідинної помпи відповідно, а також блок 16 живлення та контролю обертів вентилятора для подачі повітря у камеру згорання.

Блок регулювання та індикації (панель управління) складається з блоку 16 оптичної індикації і блоку 18 регулятора температури холодного теплоносія (рис. 2).

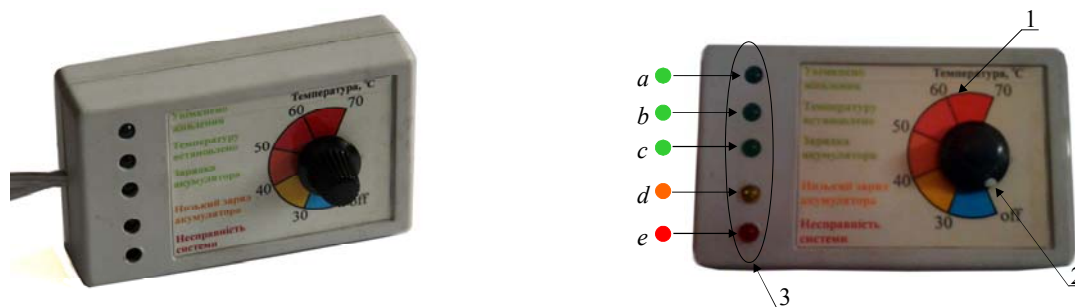


Рис. 2. Панель управління термоелектричним передпусковим нагрівником: 1 – шкала температур холодного теплоносія; 2 – регулятор температур холодного теплоносія; 3 – шкала оптичної індикації. a – сигналізатор «Живлення компонент увімкнено»; b – сигналізатор «Температуру теплоносія встановлено»; c – сигналізатор «Зарядка акумулятора»; d – сигналізатор «Низький заряд акумулятора»; e – сигналізатор «Несправність системи».

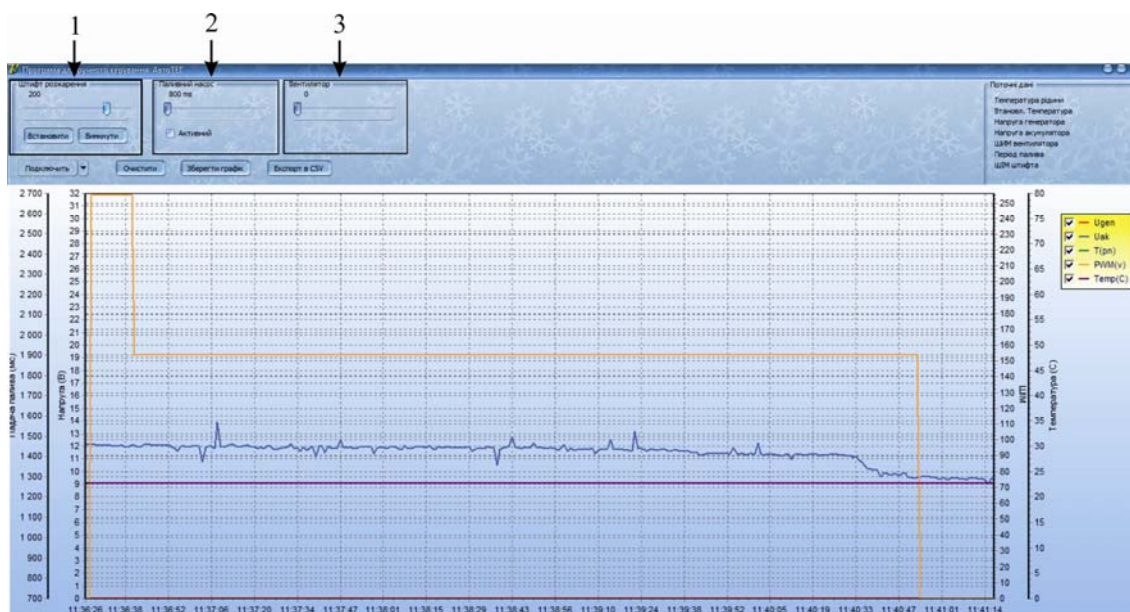


Рис. 3. Вікно програми для тестування нагрівника та відстеження роботи його компонент: 1 – вікно ручного керування потужністю штифта розжарення; 2 – вікно ручного керування періодом імпульсів паливного насоса; 3 – вікно ручного керування обертами вентилятора; U_{gen} – вихідна електрична напруга термоелектричного нагрівника; U_{ak} – електрична напруга автомобільного акумулятора; $T(rp)$ – період імпульсу паливного насоса; $PWM(v)$ – частота обертів вентилятора; $Temp(C)$ – температура холодного теплоносія.

Слід відзначити, що у разі виникнення порушень в роботі нагрівника сигналізатор «Несправність системи» сповіщає про тип помилки відповідною кількістю спалахів.

При необхідності проведення тестування нагрівача та відстеження роботи його компонент передбачено можливість підключення електронного блоку до спеціалізованого програмного забезпечення (рис. 3) за допомогою блоку зв'язку 19 з комп'ютером та додаткового перетворювача інтерфейсу передачі даних (не входить в склад системи).

При підключенні до ПК можливий моніторинг стану керуючих сигналів блоків керування периферійними пристроями, відображення сигналів з датчиків вимірювання напруги, обертів вентилятора та величин напруг на клеммах акумулятора і генератора, а також доступний список подій алгоритму роботи приладу.

В системі також передбачена можливість переходу на ручне керування. В режимі ручного керування керуючий сигнал потужності штифта розжарення, потужності вентилятора, періоду подачі палива та увімкнення і вимкнення помпи теплоносія можна задавати вручну.

Працює блок керування наступним чином.

При підключенні акумулятора до клем 10 відбувається відключення всіх периферійних виконуючих пристроїв та перевірка встановленої температури на регуляторі 7. При встановленій температурі нижче 30 °С (зона «вимкнено») прилад переходить в режим очікування. При встановленій температурі вище 30 °С відбувається увімкнення приладу та ініціалізація пальника за наступним алгоритмом.

Блоками 15 та 16 відбувається включення помпи та вентилятора керуючим сигналом з центрального процесора 1.

Через 10 секунд здійснюється перевірка обертів вентилятора. Якщо імпульси з датчика обертів блоку 16 відсутні відбувається аварійне відключення нагрівача – відключаються всі периферійні пристрої та виводиться відповідний сигнал про помилку на блоці оптичних індикаторів 7. Якщо імпульси надходять – продовжується виконання алгоритму ініціалізації: потужність вентилятора зменшується та здійснюється плавне включення штифта розжарення блоком комутації живлення штифта розжарення 13 за допомогою керуючого сигналу з блока ЦПУ 1.

Через 40 секунд за допомогою блоку комутації живлення паливного насосу 14 та керуючого сигналу з блоку центрального процесора 1 починається подача палива паливним насосом. При цьому здійснюється перевірка напруги на клеммах термоелектричного генератора 11. Через вхідне коло вимірювача термоелектричного генератора 9 сигнал надходить на вхід АЦП блоку центрального процесора 1. Якщо за 5 хвилин не спостерігається приріст напруги на клеммах генератора – відбувається аварійне відключення нагрівача. Якщо за 40 секунд є приріст напруги – пальник запалено, здійснюється відключення штифта розжарення та поступове зменшення періоду подачі палива від 2.5 до 1 с.

Після цього система виходить з режиму ініціалізації та переходить в режим стабілізації.

В режимі стабілізації здійснюється постійний контроль температури теплоносія за допомогою блоку цифрового термодатчика 12.

Якщо температура теплоносія менша ніж, встановлена – відбувається плавне зменшення періоду подачі палива до 1 с. Якщо температура відповідає встановленій – підтримується поточний період подачі палива та виводиться сигнал про стабілізацію температури на блоці оптичних індикаторів 6. Якщо температура теплоносія більша за встановлену – здійснюється поступове збільшення періоду подачі палива до величини 2.5 с.

Під час роботи приладу відбувається постійний контроль напруги на клеммах 10 акумулятора через блок вхідного кола вимірювача напруги акумулятора 8. Відповідно до напруги на клеммах акумулятора та періоду подачі палива виставляється необхідна потужність вентилятора блоком

З комутації живлення акумулятора та керуючим сигналом з блоку центрального процесора 1. При цьому здійснюється керування зарядом акумулятора за допомогою блоку комутації заряду акумулятора 3 та керуючого сигналу з блоку центрального процесора 1.

Крім того системою здійснюється постійний контроль наявності полум'я шляхом вимірювання напруги на клеммах 11 термоелектричного генератора. Якщо спад напруги за 15 секунд буде більшим, ніж 0.4 В – система ініціалізує зникнення полум'я, відбувається повторний запуск пальника, якщо не вдалося повторно запустити пальник – виводиться сигнал про помилку на блок оптичних індикаторів 6.

Через 2 години роботи при відсутності ручного відключення нагрівача – відбувається автоматичне відключення – потужність вентилятора зростає до максимальної та припиняється подача палива (режим «продувки»).

Через 10 хвилин прилад переходить в режим очікування, і повторне увімкнення нагрівача можливе шляхом переведення положення ручки терморегулятора 7 в положення нижче 30 °С та повторного встановлення необхідної температури.

Таким чином, алгоритм роботи нагрівника побудований на плавному нарощенні теплової потужності джерела тепла та поступовому збільшенні споживаних електричних потужностей компонент нагрівника.

Такий автоматичний почерговий перехід від моменту включення компонент до режиму максимальної потужності, через ряд проміжних режимів [5], дозволяє забезпечити надійний запуск та стабільну роботу приладу.

Результати дослідження

Алгоритм роботи електронного блоку в парі з компонентами термоелектричного автомобільного нагрівника наглядно ілюструють результати стендових досліджень (рис. 4 – 7).

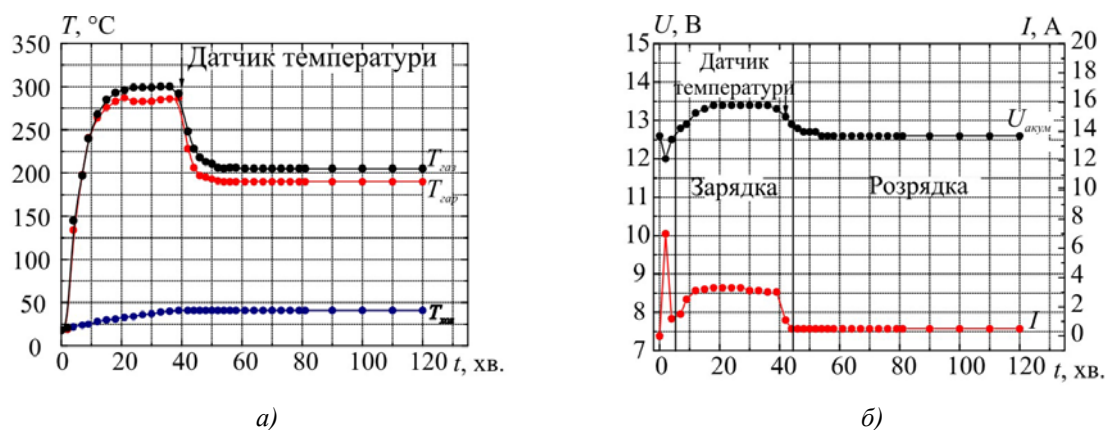


Рис. 4. Результати досліджень роботи термоелектричного автомобільного нагрівника з електронним блоком керування: $T_{\text{газ}}$ – температура вихідних газів; $T_{\text{гар}}$ – температура гарячого теплообмінника; $T_{\text{хол}}$ – температура холодного теплообмінника; $U_{\text{акум}}$ – напруга акумулятора; I – струм в колі «нагрівник» – «акумулятор». Встановлена температура теплоносія 40 °С.

З наведених даних слідує, що поведінка як температурних, так і електричних залежностей є практично ідентичною. Після увімкнення приладу і до моменту досягнення заданої температури теплоносія електронний блок згідно з «прописаним» в мікропроцесорі алгоритмом поступово нарощує теплову потужність джерела тепла до максимальної. При цьому,

відповідно, спостерігається зростання температурних характеристик $T_{хол}$, $T_{гар}$, $T_{газ}$ та перехід з режиму живлення компонент від акумулятора в режим автономної роботи. По мірі збільшення вихідної електричної потужності генератора електронний блок спрямовує надлишок електричної енергії на підзарядку акумуляторної батареї.

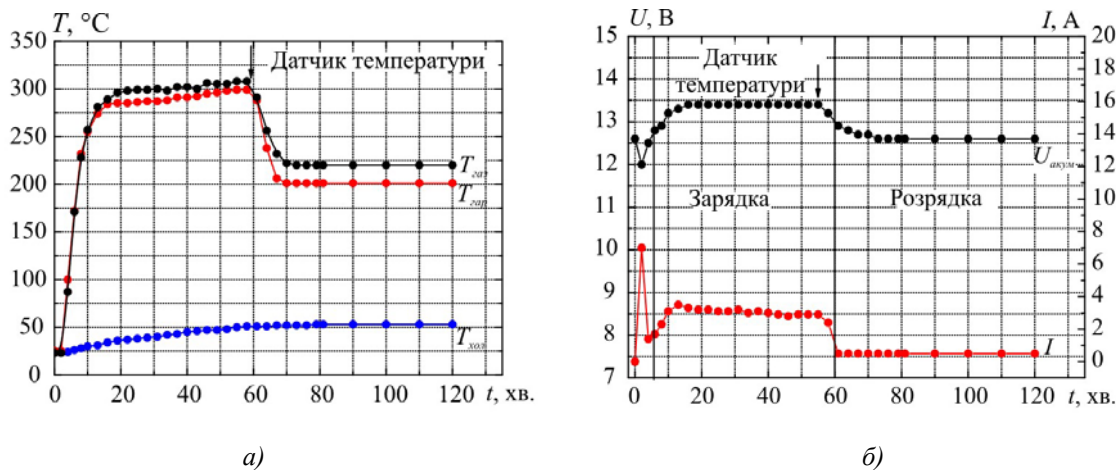


Рис. 5. Результати досліджень роботи термоелектричного автомобільного нагрівника з електронним блоком керування. Встановлена температура теплоносія 50°C : позначення аналогічні рис. 4.

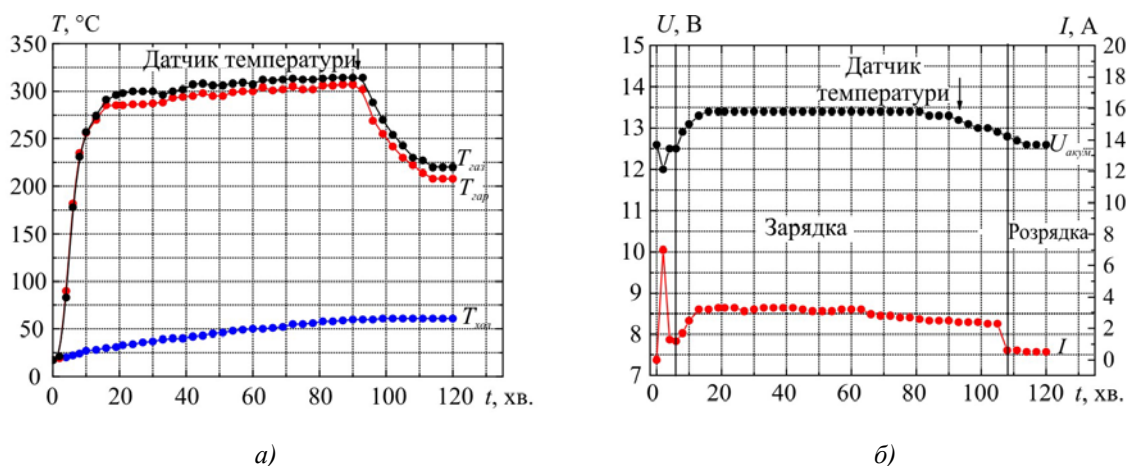


Рис. 6. Результати досліджень роботи термоелектричного автомобільного нагрівника з електронним блоком керування. Встановлена температура теплоносія 60°C : позначення аналогічні рис. 4.

При досягненні заданої температури теплоносія електронний блок у відповідності з вихідним сигналом цифрового термодатчика, який знаходиться на одному з рідинних теплообмінників нагрівника, збільшує період подачі палива до пальника – нагрівник починає працювати в режимі підтримки заданої температури. При цьому температури гарячого теплообмінника і температура газів падають, а температура на холодних теплообмінниках стабілізується. Слід зазначити, що в такому режимі роботи генерованої термоелектричними модулями потужності недостатньо для підзарядки акумулятора, тому електронний блок, шляхом зміни напрямку струму в колі «нагрівник» – «акумулятор», перемикає живлення компонент від модулів назад до акумулятора. Як видно з рис. 4 – 6 в цих умовах, струм розрядки акумулятора складає всього ~ 0.2 А, що в порівнянні з його ємністю є безумовно дуже незначною величиною (для прикладу струм розрядки при роботі рідинного передпускового

нагрівника «Webasto Thermo Top C» на порядок більший – 3 – 5 А). Тому можна стверджувати, що в режимі підтримки температури теплоносія нагрівник фактично працює без використання енергії акумулятора.

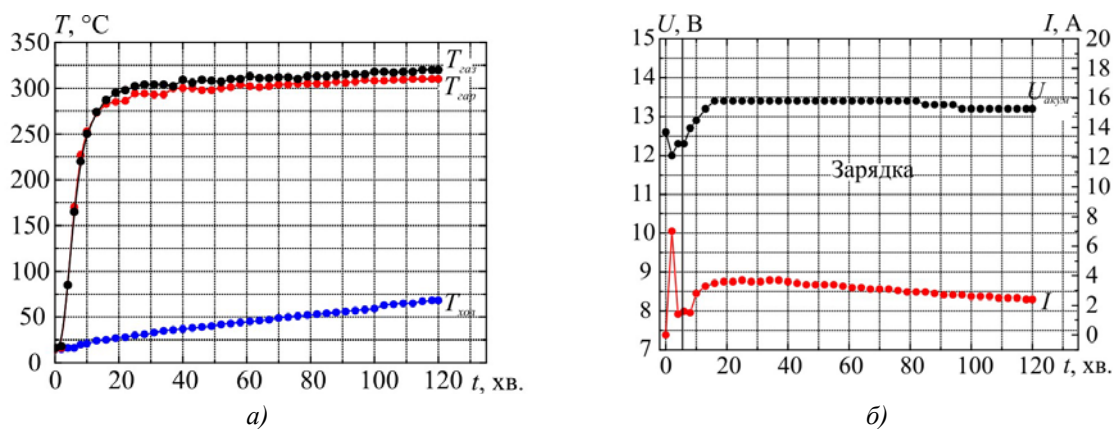


Рис. 7. Результати досліджень роботи термоелектричного автомобільного нагрівника з електронним блоком керування. Встановлена температура теплоносія 70 °С: позначення аналогічні рис. 4.

При встановленій температурі теплоносія 70 °С (рис. 7) цифровий термодатчик не спрацьовує, у зв'язку з тим, що теплоносієм прогрівається до заданої температури практично в момент виключення нагрівника. Проте в цьому є свої переваги, оскільки акумуляторна батарея автомобіля заряджається постійно.

Слід також зауважити, що в ході досліджень штучно створювалась аварійна ситуація при роботі нагрівника, шляхом почергового відключення від живлення паливного насоса, вентилятора, циркуляційної помпи. Результати підтверджують раціональність обраного алгоритму для захисту системи від перегрівів та інших небезпечних ситуацій: електронний блок ініціалізує помилку в роботі нагрівника (зникнення полум'я в камері згорання, перегрів холодної сторони модулів та ін.) та зупиняє його роботу – нагрівник переходить в режим «продувки». При цьому, як зазначалося раніше, на панелі управління відображається сигнал про відповідний тип помилки.

Висновки

1. Створено принципово нову конструкцію електронного блоку керування роботою термоелектричним передпусковим нагрівником, де в якості датчика полум'я використано термоелектричний перетворювач, а термоелектричні модулі перетворювача – для власного живлення системи і підзарядки автомобільного акумулятора.
2. Показано, що керування роботою нагрівника здійснюється інтелектуальним алгоритмом контролю полум'я, подачі повітря та палива і заряду акумулятора, що забезпечує стабільну роботу приладу та створює надійну систему захисту у разі виникнення аварійних ситуацій.
3. В результаті експериментальних перевірок підтверджено раціональність обраної конструкції електронного блоку та закладеного в ньому алгоритму роботи нагрівника

Література

1. Найман В.С. Все о предпусковых обогревателях и отопителях. Москва: АСТ, 2007. С. 213.
2. Михайловский В.Я., Максимук Н.В. Режимы работы автомобилей при пониженных

- температурах. Необходимость использования нагревателей и рациональность применения термогенераторов для их работы. *Термоелектричество*. 2015. №3. С. 20 – 30.
3. Михайловский В.Я., Максимук Н.В. Рациональные мощности термогенераторов для предпусковых нагревателей транспортных средств. *Термоелектричество*. 2015. №4. С. 65 – 73.
 4. Михайловский В.Я., Максимук Н.В. Компьютерное проектирование термоэлектрического автомобильного предпускового нагревателя на дизельном топливе. *Термоелектричество*. 2016. №1. С. 55 – 68.
 5. Анатычук Л.И., Михайловский В.Я., Максимук Н.В., Андрусяк И.С. Экспериментальные исследования термоэлектрического автомобильного предпускового нагревателя на дизельном топливе. *Термоелектричество*. 2016. №4. С. 87 – 97.
 6. Автомобільний обігрівач з термоелектричним джерелом живлення: пат. 02055 Україна: МПК: F01N 5/00; H01L35/00. № 72304; заяв.23.02.2012; опубл. 10.08.2012, бюл. № 15.
 7. Термоелектричне джерело живлення для автомобіля: пат. 13957 Україна: МПК F01N 5/00 H01L 35/00. № 102303; заявка 28.11.2011; опубл. 25.06.2013, бюл. № 12.
 8. Система керування передпусковим рідинним нагрівачем для двигунів внутрішнього згорання: патент 15422 Україна: МПК F02N 19/00 № 90764; заявка 30.12.2013; опубл. 10.06.2014, бюл. № 11.

Надійшла до редакції 29.09.2016