

УДК 621.44.3:678-462

Ю.В. Прилепський, к. т. н., доцент, ДонІЗТ,
І. В. Грицук, к. т. н., доцент, ДонІЗТ,
І.Ф. Рибалко, к.т.н., доцент, УІПА,
В. І. Дорошко, інженер, ДонІЗТ,
Д.С. Адров, аспірант, ДонНАБА

АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ ТЕПЛОВИМИ ПОТОКАМИ В ТЕПЛОВИХ НАКОПИЧУВАЧАХ ДВЗ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН

АНОТАЦІЯ. Наведено результати розробки системи автоматизація керування тепловими потоками в теплових накопичувачах ДВЗ будівельних машин. Дослідження проводились з використанням схем і блоків керування, розроблених авторами. Наведено схеми масштабного підсилювача сигналу терморпарі, порівняльних пристроїв і підсилювача потужності.

Ключові слова: блоки системи керування, теплові потоки, тепловий акумулятор, відпрацьовані гази.

АННОТАЦИЯ. Приведены результаты разработки системы автоматизация управления тепловыми потоками в тепловых накопителях ДВС строительных машин. Исследования проводились с использованием схем и блоков управления, разработанных авторами. Приведены схемы масштабного усилителя сигнала терморпары, сравнительных устройств и усилителя мощности.

ANNOTATION. The results of the development of automation control heat flow in heat engine drives of construction machinery. The studies were conducted using flowcharts and control units, developed by the authors. A scheme of large-scale signal amplifier thermocouple comparative device and a power amplifier.

Актуальність проблеми. Будівельні машини, зазвичай, експлуатуються в доволі важких умовах просто неба при наявності опадів, бруду, пилу. Особливо це відчувається в зимовий період, коли до наведених факторів додаються низькі температури. Процес пуску та прогріву двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), а особливо великої потужності, в умовах низьких температур супроводжується підвищенням зносом, скороченням моторесурсу, зниженням терміну експлуатації акумуляторних батарей, додатковими витратами пального.

Аналіз публікацій. Для зниження негативного впливу холодного пуску ДВЗ та скорочення витрат пального на транспортних засобах, що мають двигун внутрішнього згоряння, доцільно використовувати теплові акумулятори, що накопичують тепло під час роботи двигуна внутрішнього згоряння, зберігають теплову енергію та віддають її в передпусковий період. Наявність теплового акумулятора дає змогу практично повністю позбутися холодного пуску ДВЗ та зупиняти роботу двигуна під час вимушених простоїв [1].

Метою роботи є підвищення ефективності теплової підготовки стаціонарних і мобільних машин шляхом автоматизації керування тепловими потоками в теплових накопичувачах ДВЗ будівельних машин.

Основний матеріал. Важливими елементами рекуперації тепла є тепловий акумулятор, розподіл потоків теплоносіїв і ефективна система автоматичного контролю й керування. Система виміру й керування тепловими потоками повинна відповідати наступним вимогам:

- оперативно й точно вимірювати температуру теплоносіїв і елементів, що нагріваються;
- обробляти дані датчиків і формувати сигнали для виконавчих механізмів по перерозподілу теплових потоків;
- бути завадостійкою до зовнішніх збурюючих факторів;



- мати систему захисту від позаштатних ситуацій;
- бути простою в обслуговуванні, мати малу вартість.

У даній роботі запропонована система функціонування теплового акумулятора в автоматичному режимі з накопиченням теплової енергії в період роботи двигуна внутрішнього згоряння й віддачею тепла на прогрів ДВЗ у передпусковий період.

Як додаткові умови до вищевикладених, обрані наступні:

- відбір тепла здійснюється із системи випуску відпрацьованих газів;
- потоки теплоносія формуються примусово з регулюванням продуктивності потоків;
- гази, що відпрацьовали, направляються в теплообмінник тільки якщо їх температура перевищує температуру теплонакопичувача;
- температура елементів двигуна внутрішнього згоряння, що сприймають тепло при передпусковому нагріванні, не повинна перевищувати гранично припустимого значення;
- датчики температури повинні бути уніфікованими для всього діапазону температурних полів.

На підставі обраної схеми теплообміну й поставлених вимог, розроблено алгоритм роботи автоматичного пристрою, обраний тип датчиків, визначені виконавчі пристрої, розроблена принципова електронна схема системи автоматики.

Якісна робота автоматичних систем, насамперед їх точність значною мірою залежить від датчиків. При виборі датчиків температури враховували, в першу чергу, температурний діапазон їх роботи, головні переваги та недоліки (див. таблицю 1) [2].

Температура, що вимірюється, знаходиться в діапазоні від -20°C (температура в зимовий період) до $+600^{\circ}\text{C}$ (гранична температура відпрацьованих газів). Виходячи з діапазону вимірювання та характеристик температурних датчиків, була вибрана хромель-алюмелева термопара, що відповідає умовам експлуатації. Для запобігання забруднення та ізоляції термопари від електропровідного матеріалу теплонакопичувача, термопари, що розташовані на шляху відпрацьованих газів та термопари, що вимірюють температуру теплонакопичувача, вкриті захисними металевими оболонками з достатньою теплопровідністю.

Таблиця 1

Головні характеристики датчиків температури.

Тип (матеріал)	Температурний діапазон, $^{\circ}\text{C}$	Переваги	Недоліки
Термодатчики опору			
Платина	-196 до +600	Висока точність, лінійність, високий питомий опір, висока стійкість до газової корозії	Висока вартість, інерційність, чутність до забруднення
Нікель	-60 до +180	Високий ТКО [*] , стійкість до газової корозії	Інерційність, чутність до забруднення
Мідь	-50 до +150	Висока лінійність, низька вартість	Висока інерційність, низький ТКО, низький питомий опір
РТС та NTC термістори	-60 до +300	Високий ТКО, значний опір, низька інерційність, малий розмір, низька вартість, стабільність	Нелінійність характеристики, взаємозамінюваність у вузькому діапазоні температур
Термопари			
Платино-платинородиева	0 до +1300	Висока стійкість до газової корозії, лінійність характеристики	Висока чутність до забруднення, висока вартість
Хромель-	-200 до +1200	Висока лінійність	Чутність до сіркової

алюмелева		характеристики, стійкість до газової корозії, простота виготовлення	атмосфери, температурний гістерезис
Хромель-копелева	-200 до +600	Висока чутність, стабільність	Високий вплив деформації на показники

*) ТКО температурний коефіцієнт опору

Оскільки електрорухома сила хромель-алюмелевої термопари становить менш ніж 0,05В в діапазоні температур, що вимірюються, для всіх термопар запропонований масштабний підсилювач, принципова схема якого наведена на рисунку 1.

Основу масштабного підсилювача становить операційний підсилювач AV1 з високим входним опором за рахунок польових транзисторів на прямому (3) та інвертованому (3) входах. Для зменшення наводок дроти від термопари ТХА мають електростатичний екран. Додаткове усунення пульсацій, що можуть виникати з різноманітних причин, здійснюється від'ємним зворотним ємнісним зв'язком С2. Встановлення потенціалу «0» операційного підсилювача здійснюється резистором R5, а встановлення початку шкали термопари - резистором R3. За початок шкали термопари в нашому випадку вибирали потенціал, що дорівнює температурі -20 °С. Коефіцієнт підсилення напруги операційного підсилювача AV1 (масштабний коефіцієнт), що дорівнює 100, встановлювали резисторами R6 (грубе настроювання) та R7 (точне настроювання). Для усіх термопар, що встановлюються в системі рекуперації тепла, масштабні підсилювачі однакові з ідентичним настроюванням, що дає змогу виготовляти та настроювати їх заздалегідь на окремому стенді з наступною заміною їх в разі ремонту або перевірки при блочному компонуванні загальної електронної схеми.

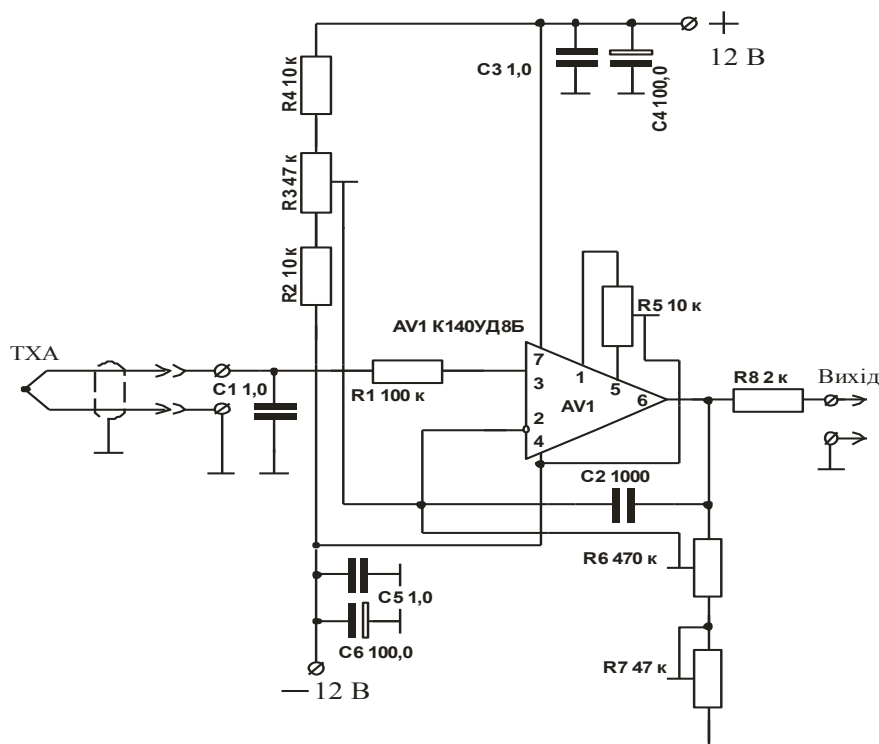


Рисунок 1. Принципова схема масштабного підсилювача сигналу термопари.

Живлення масштабного підсилювача здійснюється від стабілізованого двополярного джерела +12 В та -12 В. Для усунення можливих пульсацій напруги в мережі живлення при комутаційних процесах встановлені ємнісні фільтри С3, С4 та С5, С6.

Блоки порівняння сигналів від термопар з встановленим рівнем або між собою повинні формувати сигнали для виконавчих механізмів, що керують тепловими потоками. Оскільки більшість виконавчих механізмів працюють в ключовому режимі, на виході блоку

порівняння також формуються сигнали «ввімкнено» або «вимкнено». Принципові схеми порівняльних пристроїв наведені на рис. 2.

Як виходить з наведених схем, порівняльні пристрої являють собою компаратори. Так, при потенціалі на вході схеми (а) нижчому встановленого рівня, на виході схеми формується позитивний потенціал приблизно 5 В. Якщо потенціал на вході стане більшим за встановлений рівень, на виході 6 операційного підсилювача сформується від'ємний потенціал, а на виході порівняльного пристрою він буде близький до нульового значення. необхідний порівняльний рівень встановлюється резистором R3.

Для схеми на рис. 2, б порівнюються напруги сигналів від двох масштабних підсилювачів (двох термопар). Якщо сигнал на вході 1 буде вищий по напрузі за сигнал на вході 2, на виході порівняльного пристрою сформується позитивний сигнал. При перевищенні рівня сигналу на вході 2 над сигналом входу 1, на виході формується потенціал, близький до нульового значення.

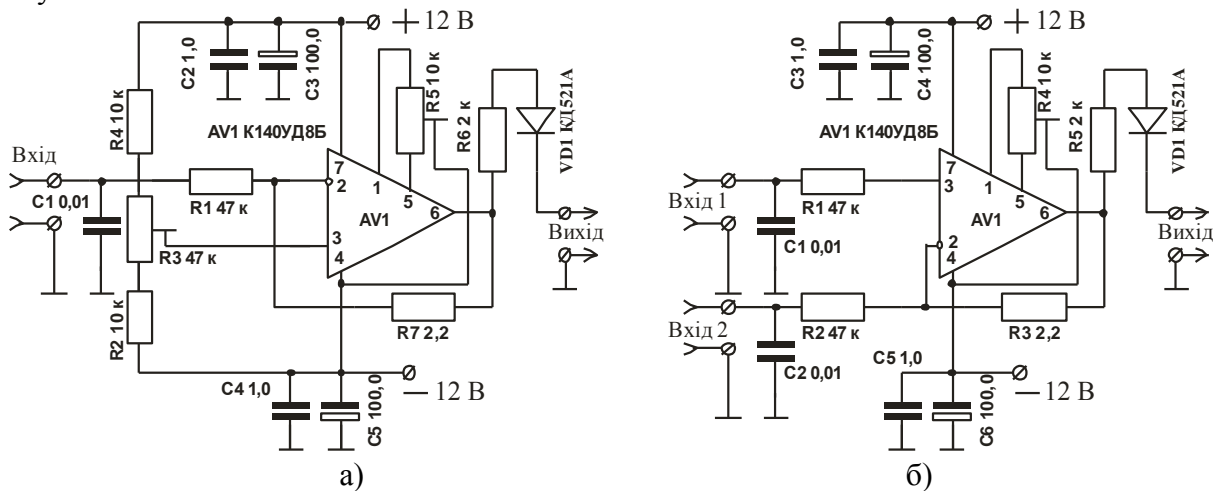


Рисунок 2. Принципова схема порівняльних пристроїв: а) – порівняння з встановленим рівнем; б) – порівняння потенціалів від двох масштабних підсилювачів.

Потужності сигналів, що виходять з порівняльних блоків, зазвичай, недостатньо для керування виконавчими механізмами. В якості підсилювача потужності запропонована схема, що наведена на рис. 3.

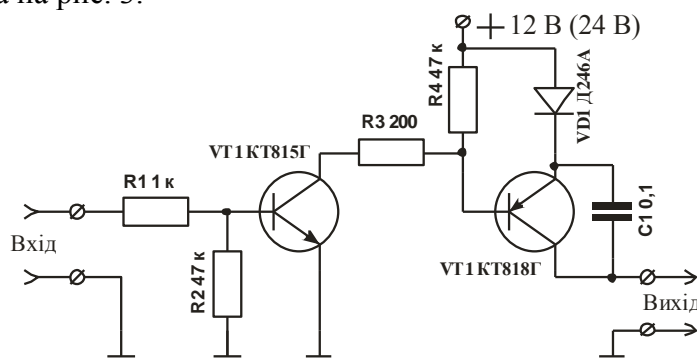


Рисунок 3. Принципова схема підсилювача потужності.

Живлення схеми здійснюється від загальної системи електричного живлення будівельної машини з напругою 12 В або 24 В. Максимальний довгостроковий струм на виході становить 10 А, що достатньо для керування виконавчими пристроями системи рекуперації тепла (електричний двигун приводу компресора, перепускні клапани потоків теплоносія, тощо). Діод VD1 запобігає

Опробування електронних блоків на дизель-генераторному стенді з тепловим акумулятором [3] показало, що рівень відхилень від встановлених температур регулювання теплових потоків не перевищує $\pm 2,5$ °С, що є повністю достатнім для пристроїв даного класу.

Висновки.

Розроблені електронні схеми для автоматичної системи керування тепловими потоками в теплообмінниках рекуперативного типу для будівельних машин, що мають двигуни внутрішнього згорання. Описані схеми забезпечують безперервність контролю та регулювання, оскільки вони побудовані на аналоговому принципі дії.

Застосування однотипних блоків та елементної бази дозволяє значно спростити виготовлення, обслуговування та ремонт системи автоматики.

Опробування розроблених блоків в автоматичній системі регулювання теплових потоків на передпускових режимах прогріву двигуна внутрішнього згорання та накопичення тепла відпрацьованих газів показало високу стабільність підтримання температури та надійність роботи.

Література

1. Патент на корисну модель № 50378. Система регулювання температури охолоджуючої рідини двигуна внутрішнього згорання для приводу електроагрегата. МКП (2009) F01P 3/22, Опубл.10.06.2010 Бюл. №11 / Грицук І.В., Краснокутська З.І., Адров Д.С. – 6с.
2. Термопреобразователи сопротивления и термопары - характеристики, схемы, рекомендации. – Режим доступу: http://news.schem.net/articles/circuit_542.php. - Назва з екрану.
3. Адров Д.С., Грицук І.В., Прилепський Ю.В., Дорошко В.І. Тепловий акумулятор як засіб підвищення ефективності пуску стаціонарного двигуна в умовах низьких температур // Збірник наук. праць ДонІЗТ, вип. 27.- Донецьк, 2011.- С. 117 – 126.