УДК 658.512.22.011.56

М.В. Підгорний, доцент, канд. техн. наук,
О.В. Огій, асистент,
М.А. Коваль, студент
Черкаський державний технологічний університет
бул. Шевченка, 460, м. Черкаси, Україна, 18006
pmv1971pmv@rambler.ru

СИНТЕЗ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ САЛОНУ АВТОМОБІЛЯ, ПОБУДОВАНОЇ НА ОСНОВІ ЕЛЕМЕНТУ ПЕЛЬТЬЄ

Застосовується системний підхід до створення систем кондиціонування салону автомобіля. Створюється математична модель системи, яка дозволяє отримати процедура розв'язку задачі синтезу структури системи кондиціонування.

Ключові слова: *система кондиціонування, математична модель, детерміновані і стохастичні процеси, елемент Пельтьє*

Вступ. Значне зростання температури в салоні автомобіля під час спекотного періоду приводить до трагічних наслідків. За даними інформаційної агенції "РБК - Україна" від задухи в автомобілі щорічно гине 54 особи. Питання охолодження салону автомобіля під час стоянки постають гостро, оскільки водії залишають автомобілі без нагляду [1,2].

Актуальність роботи. На сьогоднішній день спостерігається велике зростання кількості автомобілів як у великих, так і малих містах, що веде за собою появу на дорогах скупчень автомобілів, і як наслідок підвищення температури в салоні автомобіля. Через підвищення температури постає проблема створення зручного мікроклімату в салоні автомобіля. Поява кондиціонерів частково вирішила цю задачу, але спричинила збільшення витрати палива на 7%...10%. Даний вид обладнання є економічно невигідним, тому що він відбирає потужність двигуна від 1 до 10 кВт в залежності в розмірів автомобіля.

На сьогоднішній день велика увага приділяється екологічності тих чи інших конструкторських рішень. Перспективність мають системи кліматконтролю на основі елемента Пельтьє, які на сьогодні мало поширені. Спрямованість світових зусиль на зниження викидів вуглекислого газу в атмосферу і зростання цін на традиційні енергоносії стають стимулом для техніки з живленням від сонячних батарей.

Безперечно, що енергоспоживання системи кондиціонування при паралельному використанні сонячної батареї знизиться. Крім того, використання теплової енергії Сонця може розширити межі застосування холодильних машин.

Запропонована авторами система є екологічною до навколишнього середовища, тому що не створює жодних викидів, забезпечує комфорт водія в спеку і дає можливість незначного, заряду акумулятора в холодну пору року, коли спостерігається утруднений запуск двигуна.

Постановка задачі дослідження. Метою дослідження є синтез системи кондиціювання салону автомобіля.

Вихідними даними є тип елементів системи кондиціювання салону автомобіля (СКСА), обрані відповідно до зовнішніх умов експлуатації автомобіля. Крім того відома множина основних режимів роботи підсистем СКСА і закон взаємодії в кожному із цих режимів.

Побудова математичної моделі дозволить отримати процедуру розв'язку визначення величини навантаження в основних режимах роботи СКСА, виділення найбільшого й найменшого із цих значень і вибір елементів СКСА за потужністю й тривалістю використання в режимі експлуатації.

Результатом розв'язку буде значення навантаження елементів СКСА у кожному режимі функціонування; тривалість кожного режиму.

Створення дослідницької моделі багатокомпонентної СКСА. Структура сучасної багатокомпонентної СКСА, а також її еволюція описуються теоретико-множинною моделлю [3] (таблиця 1), відповідно до якої СКСА складається з множини ієрархічно взаємозалежних рівнів $Level = \{Level1,...,Level8\}$. На кожному рівні формується множина компонентів $K_i = \{K_{i1},...,K_{iY}\}$, що реалізує множину функцій $F_i = \{F_{i1},...,F_{iY}\}$. Крім того для кожної із множин K_i і F_i в процесі еволюції можуть бути виділені дві наступні підмножини: підмножина компонентів, що змінюється $\Delta K_i = \{K_{i1},...,K_{iY1}\}$, і функцій, що змінюються $\Delta F_i = \{F_{i1},...,F_{iY1}\}$; підмножина компонентів, що не змінюється $\delta K_i = \{K_{i1},...,K_{iY2}\}$ і функцій, що не змінюються $\delta F_i = \{F_{i1},...,F_{iY2}\}$. При цьому $\Delta K_i \cup \delta K_i = K_i$; $\Delta K_i \cap \delta K_i = \varnothing$; $\Delta F_i \cup \delta F_i = F_i$; $\Delta F_i \cap \delta F_i = \varnothing$.

Таблиця 1 – Структура ієрархічної моделі багатокомпонентної СКСА

Рівень	Компоненти СКСА	Змінна частина компонентів СКСА	Інформація (конфігурація), що обробляється при створенні системи
$Level1$	Множина функціональних підсистем $\{КФП_1,...,КФП_L\}$	Множина функціональних підсистем , що змінюється $\{\Delta КФП\}$	– Кількість підсистем СКСА; – модель надійності ПЗ; – Перелік станів, у яких може знаходитися підсистема;
$Level2$	Множина блоків $\{КБ_1,...,КБ_M\}$	Множина блоків, що може змінюватися для функціональних підсистем , що змінюється $\{\Delta КБ^{ФПi}\}$	– Кількість блоків, що використовується і кратність резервування для кожного з них;
$Level3$	Множина функціональних вузлів блоків $\{КФВ_1,...,КФВ_N\}$	Множина функціональних вузлів, що може змінюватися для кожного з блоків $\{\Delta КФВ^{ФБi}\}$	– Кількість функціональних вузлів, що використовується, і кратність резервування для кожного з них;
$Level4$	Множина елементів $\{КЕ_1,...,КЕ_P\}$	Множина елементів, що може змінюватися для кожного з функціональних вузлів $\{\Delta КЕ^{ФУi}\}$	– Кількість елементів, що використовуються, і кратність резервування для кожного з них;
$Level5$	Множина програм процесів $\{КПЗ_1,...,КПЗ_T\}$	Надійність ПЗ враховується в складі функціональних підсистем	
$Level6$	Множина програмних модулів $\{КМ_1,...,КМ_O\}$		
$Level7$	Множина алгоритмів $\{КА_1,...,КА_R\}$		
$Level8$	Множина констант та параметрів $\{ККП_1,...,ККП_S\}$		

Вказана модель дозволить отримати характеристики детермінованих або випадкових процесів навантаження на СКСА. Основні припущення: протягом кожного режиму процес навантаження на СКСА вважаємо стаціонарним, хоча б у вузькому розумінні; тривалість суми перехідних режимів є величина більш високого порядку в порівнянні із сумарною тривалістю основних режимів навантаження; в множині елементів СКСА існують підмножини, робота елементів яких функціонально залежна один від одного; робота елементів СКСА однієї підмножини не залежить від роботи елементів СКСА іншої підмножини.

Методи розв’язку – методи суми детермінованих і стохастичних процесів: детермінованих функцій часу; функцій від випадкових параметрів, що є функціями часу; детермінованих і випадкових процесів.

Результатами розв’язку задачі будуть або детерміновані залежності $W(t)$, або закони розподілу випадкової величини $W(t)$:

$P_{wl} = P_l\{W(t) = hw\}$, $h > 0$, $w = 0, 1,2,..., \Omega_l$, $l = 1,2,..., L$ у кожному з L режимів роботи. Якщо відомо, що час циклу T (циклічний характер роботи, властивий кожному механізму багаторазового використання),

$$T = t_1 + t_2 + ... + t_L, \qquad l = 1,2,..., L, \qquad P_l = t_l / T,$$

де t_l - час l-го режиму циклу, то щільність розподілу навантаження на елементи СКСА за цикл визначиться співвідношенням:

$$P_w = \sum_{l=1}^{L} P_{wl} P_l, \qquad w = 0, 1,2,..., \max_l \Omega_l. \tag{1}$$

На рисунку 1 зображено структурну схему проектованої системи кондиціювання

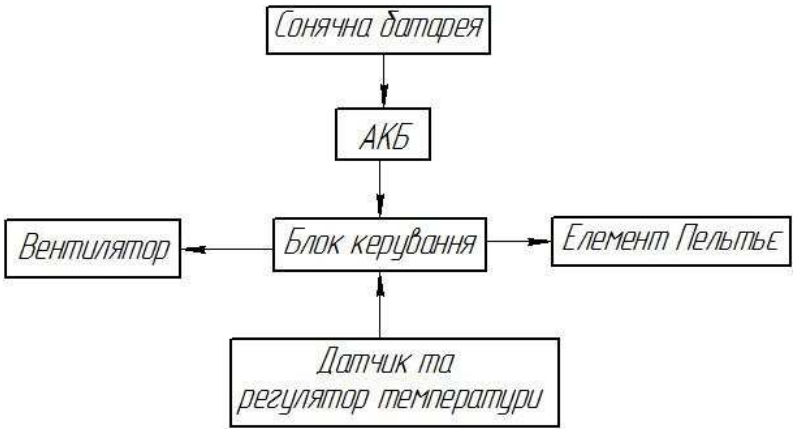


Рисунок 1 – Структурна схема СКСА

Оцінка впливу навантаження елементів СКСА на ефективність охолодження об'єкта $Q = Q(W_c)$ і визначає граничні значення навантаження на СКСА.

Метою керування об'єктом в екстремальних умовах будемо вважати вибір стратегій, що забезпечували б максимум ефективності охолодження об'єкта в процесі його функціонування [3]. Цільова функція задачі повинна відображати множину зовнішніх умов функціонування об'єкта X у множину можливих значень його показників ефективності Q. Система обмежень задачі повинна враховувати: інтервали й характер зміни параметрів зовнішніх умов; передбачити характеристики підсистем об'єкта, що використовуються у процесі досягнення мети; характеристики мети; множину можливих значень потужності W_c; енергетичні потреби підсистем об'єкта.

Результатом розв’язку задачі, крім набору правил розв’язку або розподілів розв’язку, буде отримане значення $Q(W_c)$ – максимальний показник ефективності функціонування об'єкта. Розв’язуючи задачу при різних значеннях W_c, можливо отримати відповідні значення величини $Q(W_c)$, а отже, і зміну показника його ефективності

$$\Delta Q(W_c) = \frac{Q(\infty) - Q(W_c)}{Q(\infty)} \tag{2}$$

При цьому отримаємо граничні значення потужності $W_1 \overset{D}{=} \{\inf W_c : Q(W_c) = 1\}$, $W_2 \overset{D}{=} \{\sup W_c : Q(W_c) = 1\}$. Ці значення визначають нижню і верхню границі можливих значень потужності системи електроживлення СККСА, що проектується.

Фізична основа елемента Пельтьє, який працює в даній схемі, дозволяє знизити температуру салону автомобіля ГАЗ-3110 «Волга» на 10ºС.

При протіканні електричного струму через елемент Пельтьє в ньому виникають два теплових потоки: Пельтьє и Джоуля, також виникає ЕРС Зеебека, величина, якої пропорційна перепаду температур на термоелектричному елементі. Еквівалентна схема елемента Пельтьє показана на рисунку 2. Взаємозв’язок електричних і теплових процесів відображають рівняння [4]:

$$\Delta U_{П} = IR_{П}^{E} - \Delta E_{зб}, \tag{3}$$

$$\Delta E_{зб} = K_{зб} \Delta T_{П}, \tag{4}$$

де $\Delta U_{П}$ – падіння напруги на елементі Пельтьє, I – електричний струм, що проходить через елемент Пельтьє, $R^{E}_{П}$ – електричний опір елемента Пельтьє, $\Delta E_{зб}$ – ЕРС Зеебека, $K_{зб}$ – коефіцієнт Зеебека, $\Delta T_{П}$ – перепад температур на елементі Пельтьє.

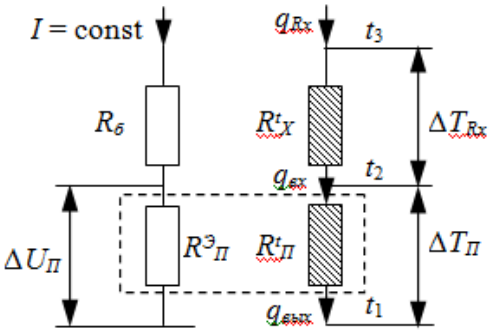


Рисунок 2 – Еквівалентна схема елемента Пельтьє

Проведені дослідження дають змогу отримати оптимальні режими функціонування, при яких забезпечується максимальний потік охолодження в системі елемента Пельтьє.

Схема підключення термоелектричного елементу в дослідній установці представлена на рисунку 3. Результати вимірів на елементі Пельтьє типу TEC1-12706 представлено на рисунку 4.

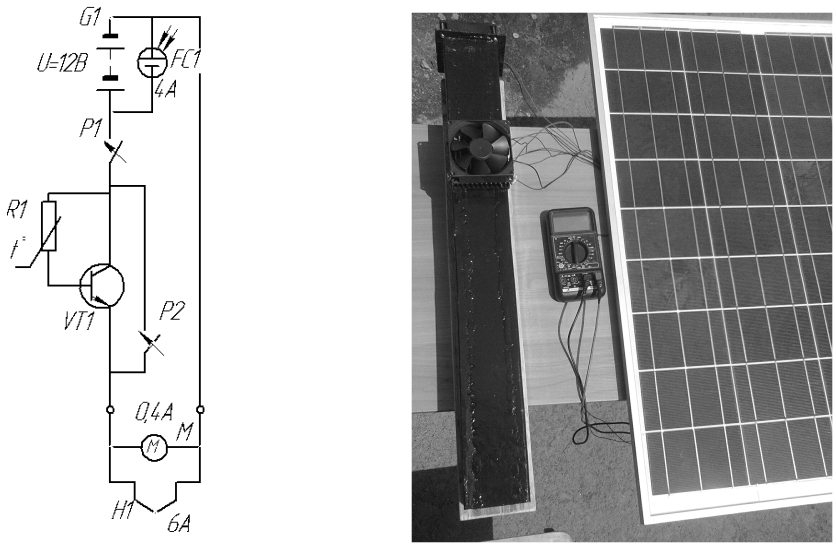
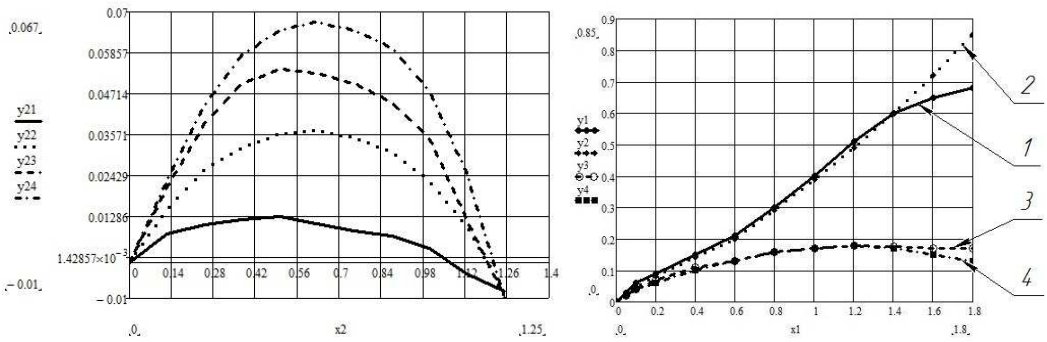


Рисунок 3 – Схема електрична та натурна модель

З рисунку 4,а випливає, що максимальна чутливість елементу Пельтьє знаходиться в діапазоні значень електричного струму 0,5…0,6 А. Графік залежності сигналу від струму, що протікає через елемент Пельтьє зображено на рисунку 4,б. Із отриманих кривих мається можливість визначити час досягнення елементом Пельтьє максимальної ефективності, який становить близько 4 с, що дозволяє створювати швидкоючі прилади СКСА.



а б

Рисунок 4 – Сигнал на термопарі вимірювального приладу EMOS M-92A при різних зразках (радіаторів) та різних значеннях електричного струму (а) та залежності сигналу на термопарі від струму, який протікає через елемент Пельтьє (б).
де: 1 – виділення тепла на гарячій стороні елемента Пельтьє; 2 – апроксимація рівнянням $q = 0{,}28I + 0{,}39I^2$;
3 – поглинання тепла на холодній стороні елемента Пельтьє; 4 – апроксимація рівнянням $q = 0{,}28I - 0{,}39I^2$

Висновки:

1. В дослідженні запропоновано модель багатокомпонентної СКСА на основі елемента Пельтьє.
2. Розроблено і виготовлено дослідний пристрій СКСА для визначення наступних характеристик: часу наростання теплового потоку та чутливості елементу Пельтьє.
3. Розроблений пристрій дозволяє проводити експериментальні наукові дослідження з визначення закону керування СКСА.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Термоэлектрический радиационно-конвективный кондиционер для транспортных средств / О.Д. Ткаченко, В.В. Толстых, В.А. Джунь, В.Д. Яшин // Холодильная техника. – 1983. – №1. – С. 11–14.
2. Назаров В.И. Бытовые и автомобильные кондиционеры : справочник / В.И. Назаров, В.И. Рыженко. – М. : Издательство Оникс, 2006. – 32 с. – ISBN 5-488-00630-3.
3. Тимченко А.А. Основи системного підходу та системного аналізу об’єктів нової техніки / А.А. Тимченко. – К. : Либідь, 2004. – 288 с. – ISBN 5-8238-0609-4.
4. Bulat L.P. Development of the research project on environmental cooling systems based on the Peltier effect. / L.P. Bulat // Programs and abstracts of the 17 ICT, Nagoya, Japan. – 1998. – P.67 – 71.

Надійшла до редакції 22.04.2013 р.

Пидгорный Н.В., Огий А.В., Коваль М.А. Синтез системы кондиционирования салона автомобиля, построеной на основе элемента Пельтье

Применяется системный подход к созданию систем кондиционирования салона автомобиля.

Ключевые слова: система кондиционирования, математическая модель, детерминированные и стохастические процессы, элемент Пельтье.

Pidhorny N.V., Ogiy A.V., Koval M.A. Synthesis of car air conditioning, based on Peltier element

Used a systematic approach to the creation of air car conditioning. Creates a mathematical model of a system that provides a solution for the problem of synthesis procedure for the structure of the air-conditioning.

Keywords: conditioning, mathematical model, Peltier element.