

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет робототехніки та штучного інтелекту

(повне найменування факультету)

Кафедра електроніки, фізики та SMART-систем

(повне найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПУ РОБОТИ ТА КОНСТРУКЦІЇ
БЛОКУ КЕРУВАННЯ КЛІМАТ-КОНТРОЛЕМ АВТОМОБІЛЯ**

**RESEARCH INTO THE WORKING PRINCIPLE AND DESIGN OF
A CAR CLIMATE CONTROL UNIT**

спеціальність 171 Електроніка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Автомобільна електроніка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ЕЛ(АЕ)-41

ЧЕХМІР Іван Анатолійович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

ПРИСТУПА Станіслав Олексійович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

« » 2026 р.

Гарант освітньої програми:

к.т.н., доцент

Приступа Станіслав Олексійович

(підпис)

Луцьк – 2026 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій

Кафедра електроніки та телекомунікацій

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

Спеціальність: 171 Електроніка

Освітня програма: «Автомобільна електроніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«_____» _____ доц. В. ЗАБЛОЦЬКИЙ
2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

ЧЕХМІРУ Івану Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Дослідження принципу роботи та конструкції блоку керування клімат контролем автомобіля

Керівник роботи к.т.н., доцент Приступа Станіслав Олексійович

затверджені наказом закладу вищої освіти від «31» грудня 2025 року №560/01-02

2. Термін подання здобувачем кваліфікаційної роботи 04.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Steven Daly Automotive Air Conditioning and Climate Control Systems 2022. 304 p.

2. Charles Nehme Automotive HVAC: A Comprehensive Guide to Climate Control Systems 2023 319 p.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ

Розділ 1 Аналітичний огляд інформаційних джерел

Розділ 2 Схемне представлення та принцип функціонування клімат-контролю

Розділ 3 Технологічний процес діагностики та ремонту блока керування вентиляторами охолодження двигуна

Розділ 4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Висновки

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Демонстраційний матеріал у вигляді презентації Power Point.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Аналітичний огляд інформаційних джерел</i>	<i>Приступа С.О., доцент</i>		
<i>Схемне представлення та принцип функціонування клімат-контролю</i>	<i>Приступа С.О., доцент</i>		
<i>Технологічний процес діагностики та ремонту блока керування вентиляторами охолодження двигуна</i>	<i>Приступа С.О., доцент</i>		
<i>Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Заблоцький В. Ю., доцент</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Селепина Й. Р., доцент</i>		
<i>Гарант ОП</i>	<i>Приступа С. О., доцент</i>		
<i>Показник запозичень тексту</i>		_____ %	
<i>Академічна доброчесність</i>	<i>Приступа С.О., доцент</i>		

7. Дата видачі завдання

31 грудня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розділ 1 Аналітичний огляд інформаційних джерел</i>	до 14.02.2026 р.	
2.	<i>Розділ 2 Схемне представлення та принцип функціонування клімат-контролю</i>	до 14.03.2026 р.	
3.	<i>Розділ 3 Технологічний процес діагностики та ремонту блока керування вентиляторами охолодження двигуна</i>	до 14.04.2026 р.	
4.	<i>Розділ 4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях</i>	до 14.05.2026 р.	
5.	<i>Висновки</i>	до 20.05.2026 р.	
6.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	до 25.05.2026 р.	
7.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	до 30.05.2026 р.	
8.	<i>Нормоконтроль</i>	до 02.06.2026 р.	
9.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	до 03.06.2026 р.	
10.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	до 04.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Чехмір І. А.

(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Приступа С. О.

(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Чехмір І. А. Дослідження принципу роботи та конструкції блоку керування клімат-контролем автомобіля. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Автомобільна електроніка» спеціальності 171 Електроніка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел.

У роботі досліджено електронну систему клімат-контролю автомобіля. Основну увагу приділено датчикам, блоку керування та виконавчим механізмам. Проаналізовано архітектуру системи, принцип автоматичного регулювання параметрів клімат контролю.

Ключові слова: Клімат-контроль, блок керування, датчики, виконавчі механізми, Climatronic.

ANNOTATION

Chekhmir I. Research on the principle of operation and design of the car climate control control unit. Manuscript.

Bachelor's qualification work OP «Automotive Electronics» specialty 171 Electronics. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

Bachelor's qualification work consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of sources used.

The work investigates the electronic climate control system of a car. The main attention is paid to sensors, control unit and actuators. The system architecture, the principle of automatic adjustment of climate control parameters are analyzed.

Keywords: Climate Control, Control Unit, Sensors, Actuators, Climatronic.

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ	8
1.1 Загальні поняття про систему клімат контролю у автомобілі	8
1.2 Склад та архітектура системи	10
1.3 Датчики клімат-контролю	17
РОЗДІЛ 2 СХЕМНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ТА ПРИНЦИП ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ КЛІМАТ КОНТРОЛЮ.....	23
2.1 Регулювання температури кліматичної системи.....	23
2.2 Датчики температури, сонячної активності, та тиску фреону кліматичної установки	27
2.3 Виконавчі механізми заслінок та регулятор обертів електровентилятора системи клімат-контролю	33
РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ДІАГНОСТИКИ ТА РЕМОНТУ БЛОКА КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЯТОРАМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ДВИГУНА.....	38
3.1 Призначення, функції та конструктивні особливості блока керування вентиляторами VAG.....	38
3.2 Аналіз принципової електричної схеми БКВ та її компонентів....	41
3.3 Алгоритми керування вентиляторами.....	43
3.4 Типові несправності БКВ та їх первинна діагностика.....	44
3.5 Технологічний процес демонтажу та розбирання БКВ.....	45
3.6 Покроковий ремонт друкованої плати та перевірка компонентів.	46
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	49
4.1 Виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....	49
4.2 Заходи щодо приведення виявлених небезпечних і шкідливих виробничих факторів до нормативних вимог.....	50
ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55

ВСТУП

Сучасний автомобільний транспорт перебуває на етапі стрімкої інтелектуалізації та переходу до складних електронних систем керування. Однією з ключових систем, що безпосередньо впливає не лише на комфорт водія та пасажирів, а й на активну безпеку дорожнього руху, є система клімат-контролю (HVAC). Доведено, що підтримання оптимального мікроклімату в салоні (температури, вологості, швидкості та напрямку потоків повітря) знижує втомлюваність водія, покращує швидкість його реакції та запобігає запотіванню скла, що є критично важливим у складних погодних умовах.

Еволюція систем кондиціонування призвела до повної відмови від ручного керування на користь автоматизованих комплексів (наприклад, систем типу Climatronic). Сучасний блок керування клімат-контролем – це високотехнологічний електронний вузол, який працює за принципом замкненого контуру. Він безперервно обробляє масиви даних від розгалуженої мережі прецизійних датчиків: двозонних датчиків інтенсивності сонячного випромінювання на базі фотодіодів, п'єзорезистивних датчиків тиску холодоагенту, температурних сенсорів тощо.

Незважаючи на високу надійність таких систем, їхня апаратна та алгоритмічна складність створює значні труднощі під час діагностики, технічного обслуговування та ремонту. Відсутність глибокого розуміння фізичних принципів роботи електронних компонентів та логіки мікроконтролера часто призводить до помилкової заміни дорогих вузлів замість точкового усунення несправностей у схемотехніці. Саме тому детальне дослідження конструкції, електричних схем та алгоритмів роботи сучасних блоків керування клімат-контролем є надзвичайно актуальним завданням для галузі автомобільної електроніки.

Метою дипломної роботи є комплексне дослідження принципу роботи, конструктивних особливостей та схемотехніки сучасного блоку керування клімат-контролем автомобіля для підвищення ефективності методів його діагностики та обслуговування.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються такі основні завдання:

- дослідити фізичні принципи роботи та електричні характеристики первинних перетворювачів інформації (датчиків тиску, температури, сонячної активності).
- проаналізувати схемотехніку та алгоритми роботи виконавчих механізмів, зокрема керування сервоприводами за допомогою H-мостів та електронне ШІМ-регулювання обертів вентилятора свіжого повітря.
- розробити практичні рекомендації щодо алгоритмів пошуку несправностей та діагностики електронних компонентів системи.

Об'єктом дослідження є процес автоматизованого регулювання та підтримання мікроклімату в салоні сучасного легкового автомобіля.

Предметом дослідження є конструкція, електричні принципові схеми, апаратне забезпечення та алгоритми функціонування електронного блоку керування клімат-контролем.

Методи дослідження. Під час виконання дипломної роботи використовувались методи системного аналізу для вивчення архітектури електронних систем автомобіля, методи теорії електричних кіл та напівпровідникової електроніки для аналізу схемотехніки.

Під час виконання кваліфікаційної роботи бакалавра засоби штучного інтелекту використовувалися лише як допоміжний інструмент для пошуку інформації, удосконалення формулювань, редагування тексту та опрацювання літературних джерел. Усі результати дослідження, висновки та наведені твердження є результатом самостійної роботи автора. Інформація, отримана за допомогою генеративного штучного інтелекту, була додатково перевірена на достовірність, коректність і відповідність принципам академічної доброчесності.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Загальні поняття про систему клімат контролю у автомобілі

Основне завдання системи клімат-контролю в автомобілі забезпечити комфортні умови для водія та пасажирів особливо для далеких поїздок. Відмінність «клімату» від звичайної «підки» чи кондиціонера, полягає у тому, що мікроклімат у салоні регулюється автоматично. Також за бажанням водій чи пасажир може відкоригувати параметри, а саме температуру, інтенсивність обдуву, примусово увімкнути або вимкнути кондиціонер, увімкнути рециркуляцію також змінити напрямок потоку повітря [1].

Перші автомобільні опалювачі з'явилися досить рано у 1907 році представлено пристрій, що подає нагріте вихлопною системою повітря в салон. Такі пристрої пропонували безліч виробників.

Їх конструкція зазвичай була не складна: з вихлопної труби частина гарячих газів відводилася в теплообмінник, тобто радіатор у салоні. Якщо обігрів не був потрібен, просто закривали клапан подачі газів. Теплообмінник ставили на підлогу машини. Зрозуміло, до стандартної комплектації такі пристрої не входили, зате поставити його можна було на будь-яку машину з ДВЗ.

Пристрій був доволі небезпечним, тому що вихлопні гази могли потрапити в салон при порушенні герметичності радіатора, а регулювати температуру в салоні було складно, оскільки температура та тиск вихлопних газів постійно змінювалися. До того ж, систему потрібно було періодично прочищати, адже вихлоп на старих автомобілях був дуже брудним. Також існувала небезпека займання дерев'яних кузовів машин або інших деталей, що стикаються з обігрівачем. Загалом система не прижилася.

Перші машини з водяною помпою та термостатом, тобто з циркуляційною системою охолодження, з'явилися в середині двадцятих років. Для них невдовзі було створено й опціональні «підки» майже сучасної конструкції. Через маленький радіатор у салоні циркулювала гаряча вода із

системи охолодження двигуна, а сам радіатор обдувався електричним вентилятором.

Першою машиною, на якій обігрівач з'явився як вбудований елемент, прийнято вважати Nash. Починаючи з 1938 року на всі машини марки можна було замовити обігрівач салону типу рідини схожий на сучасний. Системою можна було керувати двома ручками на панелі приладів. Одна регулювала швидкість роботи вентилятора, інша – клапан подачі антифризу в радіатор обігрівача та заслінку змішування холодного забортного повітря з повітрям, яке подається з нагрітого радіатора. Чим вище була потрібна температура, тим більше антифризу і менше забортного повітря.

А вже в 1939 році в комплектації автомобіля Nash з'явилася система Nash Weather Eye, яку можна вважати прообразом систем клімат-контролю, температура повітря в ній підтримувалася автоматично.

Повітря не тільки підігрівалося, воно ще й проходило через фільтри, а в салоні повітрям, що нагнітається, підтримувався підвищений тиск, щоб дорожній пил і холодне повітря не проникали всередину через щілини.

Звичайно ж, жодних електронних блоків керування та температурних датчиків наприкінці 30-х не було. Для автоматичного регулювання температури обдування використовувався звичайний термостат. Обігрівач і клімат-контроль ставав компактнішим, досконалішим і дешевшим.

У 1980 році першим автомобілем в який було встановлено електронний клімат-контроль (рис. 1.1) був Cadillac (на моделях Eldorado та Seville), інженери додати електронний блок керування та цифровий дисплей.



Рисунок 1.1 – Блок керування клімат контролем у автомобілі Cadillac Eldorado [2]

У 1986 році компанія BMW представила автомобіль 7-series E32 в якому вперше з'явився електронний двозонний автоматичний клімат-контроль (рис. 1.2). В цю систему вже входили:

- крокові двигуни;
- датчики температури;
- повітряні заслінки;
- панель керування;
- блок управління;
- вентилятор;
- регулятор швидкості вентилятора;
- деталі нагрівача (радіатор, клапан обігрівача та додаткова помпа);
- деталі кондиціонера (випарник, запобіжний клапан, компресор, радіатор, допоміжний вентилятор, датчик тиску та осушувач).



Рисунок 1.2 – Панель керування клімат-контролю BMW 7-series E32 [3]

1.2 Склад та архітектура системи

Клімат-контроль в автомобілі – це доволі складний програмно-апаратний комплекс, який складається з великої кількості компонентів, що зображено на структурній схемі (рис. 1.3).

Ці елементи умовно можна розділити на три підгрупи:

- блок керування та панель керування кліматичною установкою;
- виконавчі механізми клімат-контролю;
- сенсори та давачі клімат-контролю.

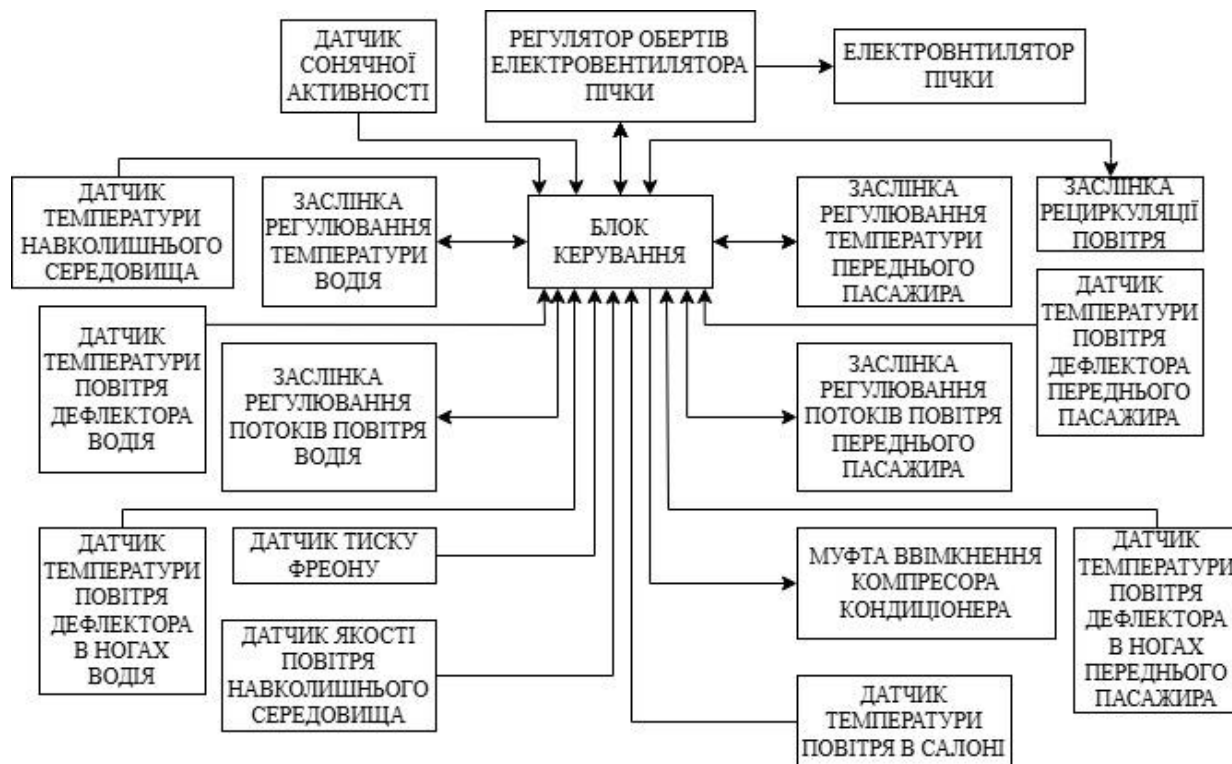


Рисунок 1.3 – Структурна схема системи клімат-контролю

Розгляд компонентів системи клімат-контролю та принцип їх роботи окремо. Зовнішня панель управління кліматичної установки зазвичай об'єднана з блоком керування. Його функція приймати сигнали від датчиків та керувати виконавчими механізмами. На кожному автомобілі вони виглядають по-різному, в старших авто управління здійснюється за допомогою натиснення на кнопки, на нових панель повністю сенсорна з вібровідгуком (рис. 1.4). Також на сучасних електромобілях керування усіма функціями авто здійснюється за допомогою одного сенсорного екрану, в тому числі керування клімат-контролем.



Рисунок 1.4 – Сенсорний блок керування клімат-контролем VW Passat B8 [4]

До виконавчих механізмів входять досить велика кількість елементів, зокрема електровентилятор обдуву салону (рис. 1.5) який є класичним електродвигуном з крильчаткою, що всмоктує повітря біля осі і під дією відцентрової сили видуває його назовні та створює примусовий потік повітря. Розміщуватись даний елемент може в салоні автомобіля під торпедою чи речовим ящиком, або під капотом авто ближче до перегородки між салоном та моторним відсіком. На кожному авто місце розміщення різне, від цього також залежить складність заміни електровентилятора, виходить даний елемент з ладу не часто але періодично, на деяких авто це може зайняти доволі багато часу, адже потрібно демонтувати передню панель в салоні автомобіля.



Рисунок 1.7 – Електровентилятор салону VW Tiguan 1

Не менш важливим елементом є регулятор обертів електровентилятора. В системі клімат-контролю використовується ШІМ-регулятор обертів електродвигуна (рис. 1.8). Встановлюються такі регулятори в корпусі пічки, та постійно обдувається повітрям для їх охолодження, тому що під час роботи доволі сильно нагріваються.



Рисунок 1.8 – ШІМ-регулятор обертів електровентилятора обдуву салону VW Tiguan 1 [5]

Принцип роботи заслінок клімат-контролю (рис. 1.9) полягає у механічному керуванні потоку повітря для розподілу та створення потрібної температури в салоні автомобіля. Кількість заслонок залежить від кількості зон клімат-контролю.

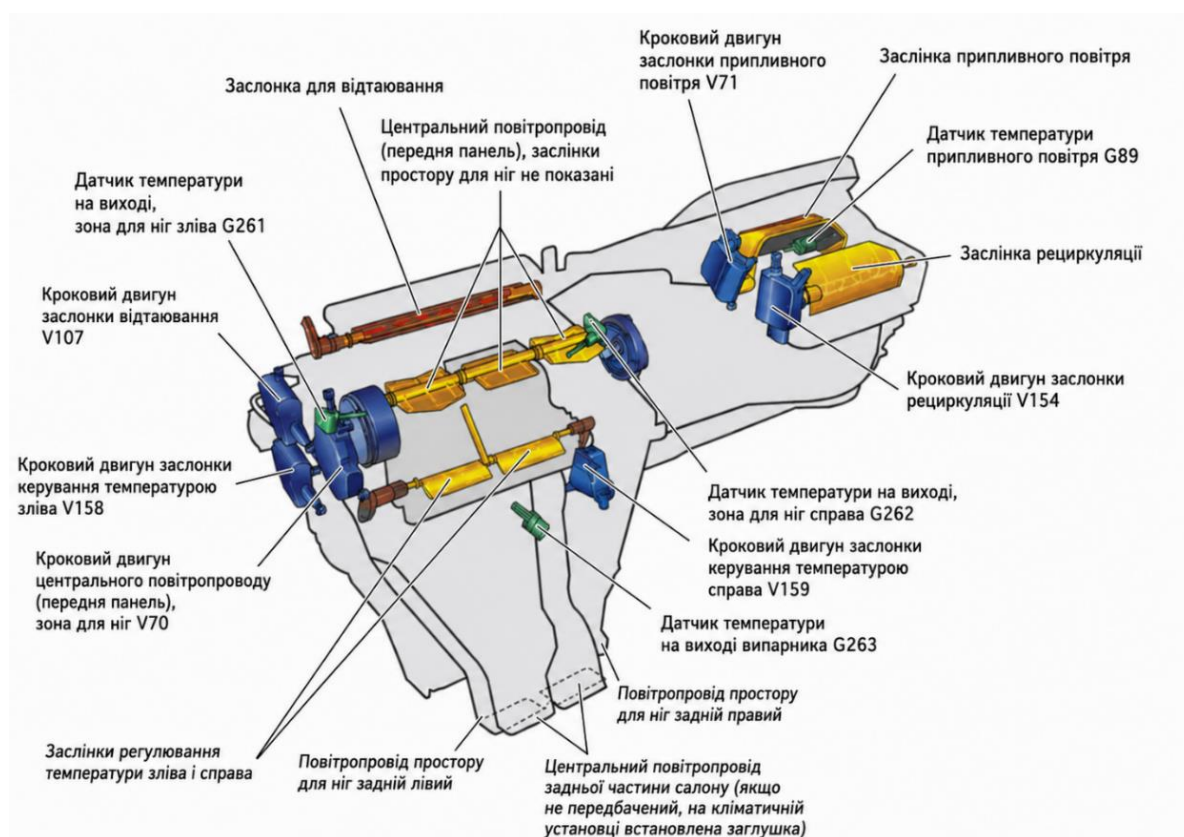


Рисунок 1.9 – Схема заслінок двозонного клімат-контролю та їх сервоприводів VW GOLF V

Загалом в системі клімат-контролю встановлено декілька заслінок, кожна має своє призначення. Температурні (змішувальні), їхня задача змішувати гаряче повітря від радіатора пічки та холодне повітря від випарника кондиціонера. Заслінка змінює положення тим самим регулюється температура повітря. Встановлюються в корпусі підігрівача салону.

Заслінки розподілу потоків повітря, змінюючи своє положення вони розподіляють потік повітря у задане місце, тобто на лобове скло, лице водія та/або пасажира або ж на ноги водія та/або пасажира. Встановлюються в корпусі підігрівача салону.

Заслінка рециркуляції повітря, така заслінка встановлена тільки одна в автомобілі це на залежить від кількості зон клімат-контролю. Призначення її перекривати доступ зовнішнього повітря до салону. Завдяки цьому вентилятор використовує одне й те саме повітря, це дозволяє швидше нагріти або охолодити салон, та уникнути неприємних запахів ззовні. Встановлюється переважно біля електровентилятора.

Усіма заслінками керують сервоприводи (рис. 1.10). Вони містять у собі кроковий електродвигун та датчик положення.



Рисунок 1.10 – Сервопривід заслінки керування температурою зліва VW Golf V [6]

Електромагнітні клапани пічки (рис. 1.11), застосовуються для регулювання потоку гарячої охолоджувальної рідини до радіатора підігрівача

який стоїть в салоні. Встановлюються на автомобілях преміального класу. Служать вони для більш точного регулювання температури в салоні. В основі покладено електромагнітний клапан, один якщо клімат-контроль однозонний або два якщо двозонний. Керує клапанами блок керування кліматичної установки. Встановлюються клапани переважно під капотом автомобіля, в деяких випадках разом з клапанами стоїть додаткова електропомпа, яка покращує циркуляцію охолоджувальної рідини в системі охолодження двигуна, це допомагає скоріше його нагріти.



Рисунок 1.11 – Електромагнітні клапани пічки з додатковою електропомпою
AUDI A6 C6 [7]

Клімат-контроль очевидно не може існувати без системи кондиціонування (рис. 1.12), тобто охолодження повітря яке потрапляє у салон автомобіля.

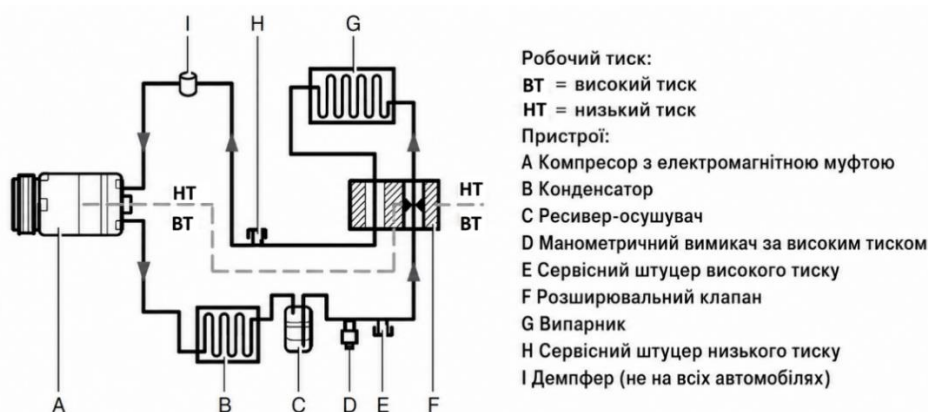


Рисунок 1.12 – Загальна функціональна схема системи кондиціонування

Автомобільний кондиціонер працює за рахунок циркуляції холодоагенту в замкненій системі:

- компресор стискає холодоагент, підвищуючи його тиск і температуру.
- у конденсаторі гарячий газ охолоджується та перетворюється на рідину.
- через ресивер-осушувач холодоагент очищується від вологи та забруднень.
- у розширювальному клапані тиск різко знижується, і холодоагент охолоджується.
- у випарнику холодоагент випаровується, забираючи тепло з повітря, яке проходить через нього.
- вентилятор подає охолоджене повітря в салон автомобіля.
- холодоагент у вигляді газу повертається до компресора, і цикл повторюється.

Муфта розташована на передній частині компресора (рис. 1.13) і складається з трьох основних компонентів. Шків з'єднаний пасовою передачею з колінчастим валом двигуна. Поки двигун працює, шків обертається постійно, незалежно від того, чи увімкнений кондиціонер чи ні. Він встановлений на підшипнику і вільно обертається навколо нерухомої частини компресора. Кільце з мідного дроту, тобто електромагнітна котушка жорстко закріплена на корпусі компресора (за шківом). Вона не обертається. Притискна пластина знаходиться перед шківом і жорстко закріплена на валу компресора. Між нею та шківом є невеликий зазор (близько 0,3–0,6 мм).



Рисунок 1.13 – Компресор кондиціонера VAG [8]

Принцип ввімкнення муфти кондиціонера. При ввімкненні кондиціонера, блок керування кліматом подає напругу на електромагнітну котушку. Котушка створює потужне магнітне поле, яке долає опір пружин і примагнічує притискну пластину до шківів. Завдяки силі тертя вони починають обертатися як єдине ціле, передаючи крутний момент на вал компресора.

1.3 Датчики клімат-контролю

Датчики температури, всього застосовується 8 таких сенсорів для двозонного клімат-контролю. А саме датчики температури (рис. 1.14) вхідного повітря, зовнішнього середовища, салону, випарника, повітропроводу ніг для правої та лівої сторони, також повітропроводу зони обличчя для правої та лівої сторони.

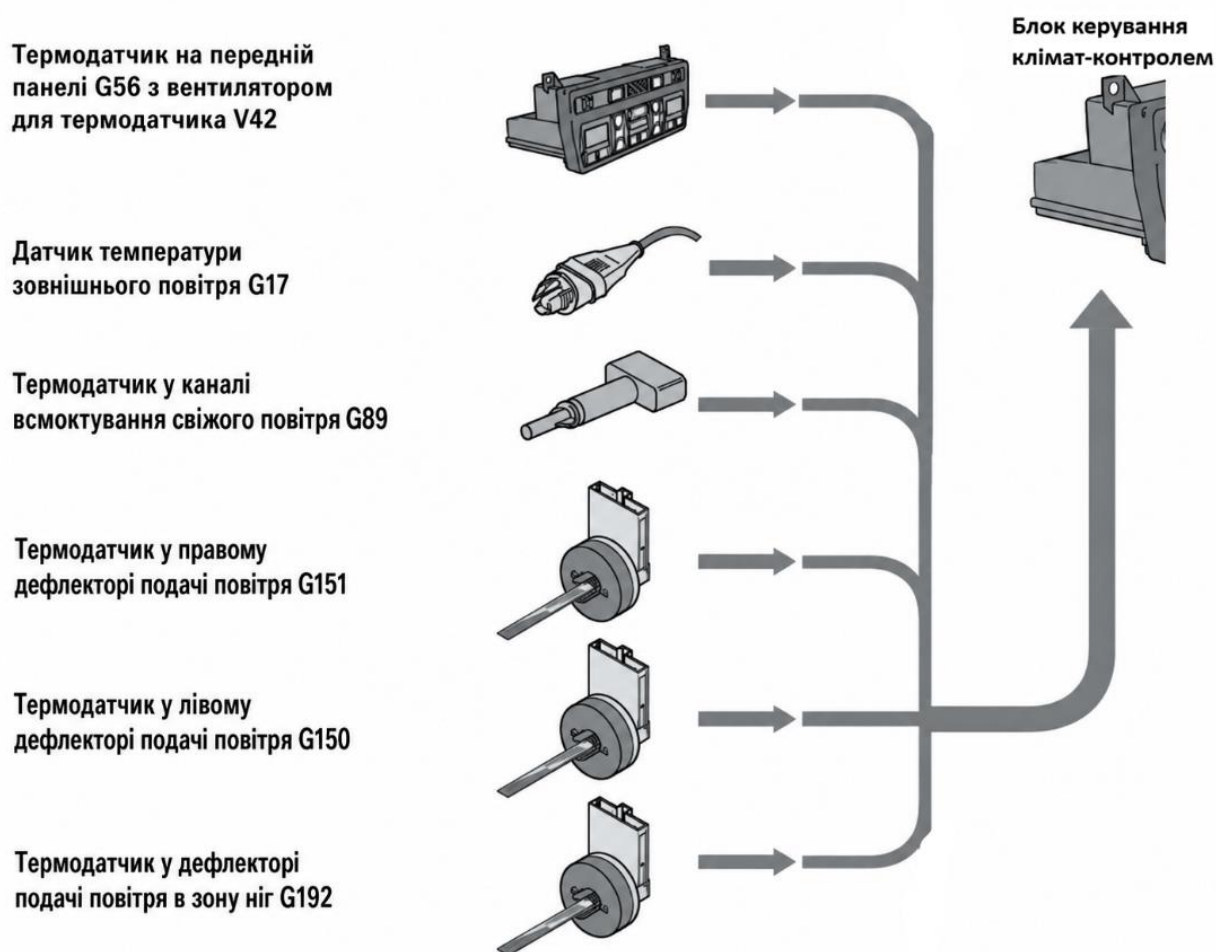


Рисунок 1.14 – Датчики температури в системі клімат-контролю Audi A6 C5

Принцип роботи усіх цих датчиків температури однаковий, в їх основу входить класичний напівпровідниковий елементи – терморезистор. Блок керування постійно подає на датчики опорну напругу, вона змінюється від зміни опору датчика. Блок керування отримує цю напругу та перетворює їх на коректні значення температури.

Датчик температури всередині салону зазвичай розміщується на самій панелі керування кліматичної установки (рис. 1.15) або всередині блоку керування. З датчиком може встановлюватися маленький електровентилятор, що всмоктує повітря до датчика.



Рисунок 1.15 – Блок керування клімат-контролем та датчик температури в ньому Skoda Octavia A7

Датчик температури випарника (рис. 1.16) розміщується безпосередньо після випарника, тобто вимірює температуру охолодженого повітря. Без цього датчика система може працювати не коректно, адже при занадто низькій температурі випарника від може обмерзнути та перекрити потік повітря. Щоб запобігти цього, блок керування контролює температуру та в потрібний момент може вимкнути муфту компресора кондиціонера.

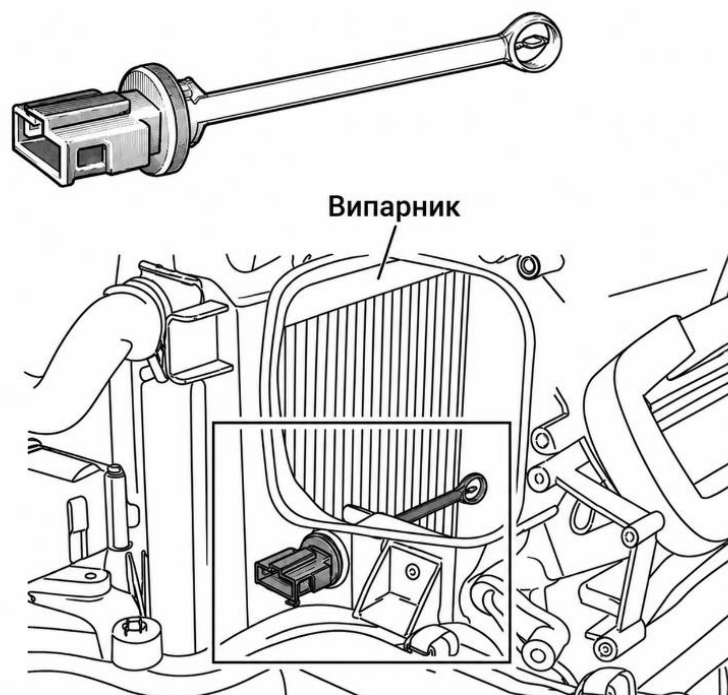


Рисунок 1.16 – Випарник та датчик його температури

Датчики температури, що знаходяться в повітропроводах (рис. 1.17), встановлюються безпосередньо перед дефлекторами, потрібні вони для відстеження та більш точного регулювання температури в автомобілі, застосовуються переважно в двох, трьох та чотирьох-зонних системах регулювання мікроклімату також від кількості зон залежить кількість датчиків.



Рисунок 1.17 – Датчик температури дефлектора [9]

Датчик температури навколишнього середовища, впливає на дозвіл ввімкнення компресора кондиціонера, та допомагає блоку керування

визначитись з якою інтенсивністю охолоджувати чи нагрівати салон. Встановлюються такі датчики зазвичай в решітці переднього бамперу (рис. 1.18).



Рисунок 1.18 – Датчик температури навколишнього середовища VW Golf V, розміщений в решітці переднього бамперу

Датчик сонячної активності (рис. 1.19) це компонент системи клімат-контролю, що вимірює рівень сонячного випромінювання, що потрапляє в салон. Основою датчика є фотодіод (чутливий елемент), саме він реагує на інфрачервоне світло. Сигнал надходить в блок керування клімат-контролем. Зі збільшенням чи зменшенням сонця, блок керування може збільшити чи зменшити температуру в салоні а також змінити інтенсивність потоку повітря від електроventильатора.



Рисунок 1.19 – Датчик сонячної активності VW Golf V

Розміщуються такі датчики в салоні авто переважно посередині передньої панелі ближче до лобового скла (рис. 1.20).



Рисунок 1.20 – Місце встановлення датчика сонячної активності VW Passat B6

Датчик тиску холодоагенту або ж фреону, розміщується зазвичай в підкапотному просторі (рис. 1.21), на трубі високого тиску системи кондиціонування.



Рисунок 1.21 – Розміщення датчику тиску фріону в автомобілі VW Golf IV

Принцип роботи датчику тиску фреону (рис. 1.22) полягає в тому, що тиск холодоагенту впливає на чутливий напівпровідниковий елемент. При зміні тиску в системі опорна напруга яка надходить від блоку керування також змінюється та надходить в блок керування, він розуміє який тиск в контурі високого тиску фреону.

13587668



Рисунок 1.22 – Датчик тиску фреону [10]

Датчик якості повітря (рис. 1.23) працює так само, як і кисневий датчик. Як вимірювальний елемент служить сенсор на основі суміші оксидів, виконаний за напівпровідниковою технологією. Чутливість сенсора підвищена шляхом внесення добавок каталізаторів - платини та паладіуму. Сенсор діє за робочої температури близько 350°C . Енергоспоживання невелике – близько 0,5 Вт.



Рисунок 1.23 – Датчик якості повітря Audi A6 C6 [11]

РОЗДІЛ 2

СХЕМНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ТА ПРИНЦИП ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ КЛІМАТ КОНТРОЛЮ

2.1 Регулювання температури кліматичної системи

Кліматична система сучасного автомобіля здебільшого виконана за схемою з автоматичним регулюванням температури в салоні автомобіля.

Вона звільняє водія від різноманітних операцій з ручним регулюванням, які описані вище. У систему регулювання водієм може бути введено велику кількість параметрів, одночасно можливе отримання попередньої оцінки результатів регулювання.

Для реалізації роботи з автоматичного регулювання кліматичної системи застосовується електронне цифрове регулювання температури, клімат-контроль (Climatronic), що дозволяє постійно підтримувати задану температуру в салоні автомобіля.

У своєму складі система автоматичного регулювання має такі основні пристрої: електронний блок керування, датчик температури зовнішнього повітря, датчик температури повітря в салоні автомобіля, виконавчі механізми системи опалення/кліматичної системи, тощо.

Робота кліматичної системи з автоматичним регулюванням ґрунтується на обробці блоком керування вхідних сигналів від сенсорів, та інших електронних пристроїв.

У свою чергу блок керування після обробки вхідних сигналів, здійснює управління виконавчими механізмами, серводвигунами обігрівача/кліматичної системи, які в свою чергу переміщують відповідні заслінки.

Кліматичні системи нового покоління мають зв'язок з іншими блоками керування автомобіля безпосередньо через CAN - шину.

Таким чином, при русі чи стоянці автомобіля відбувається постійний обмін даними з їхньою обробкою всієї системи керування двигуном, у тому числі й кліматичної системи.

На рисунку 2.1 показано схему розподілу сигналів кліматичної системи

в автоматичному режимі.

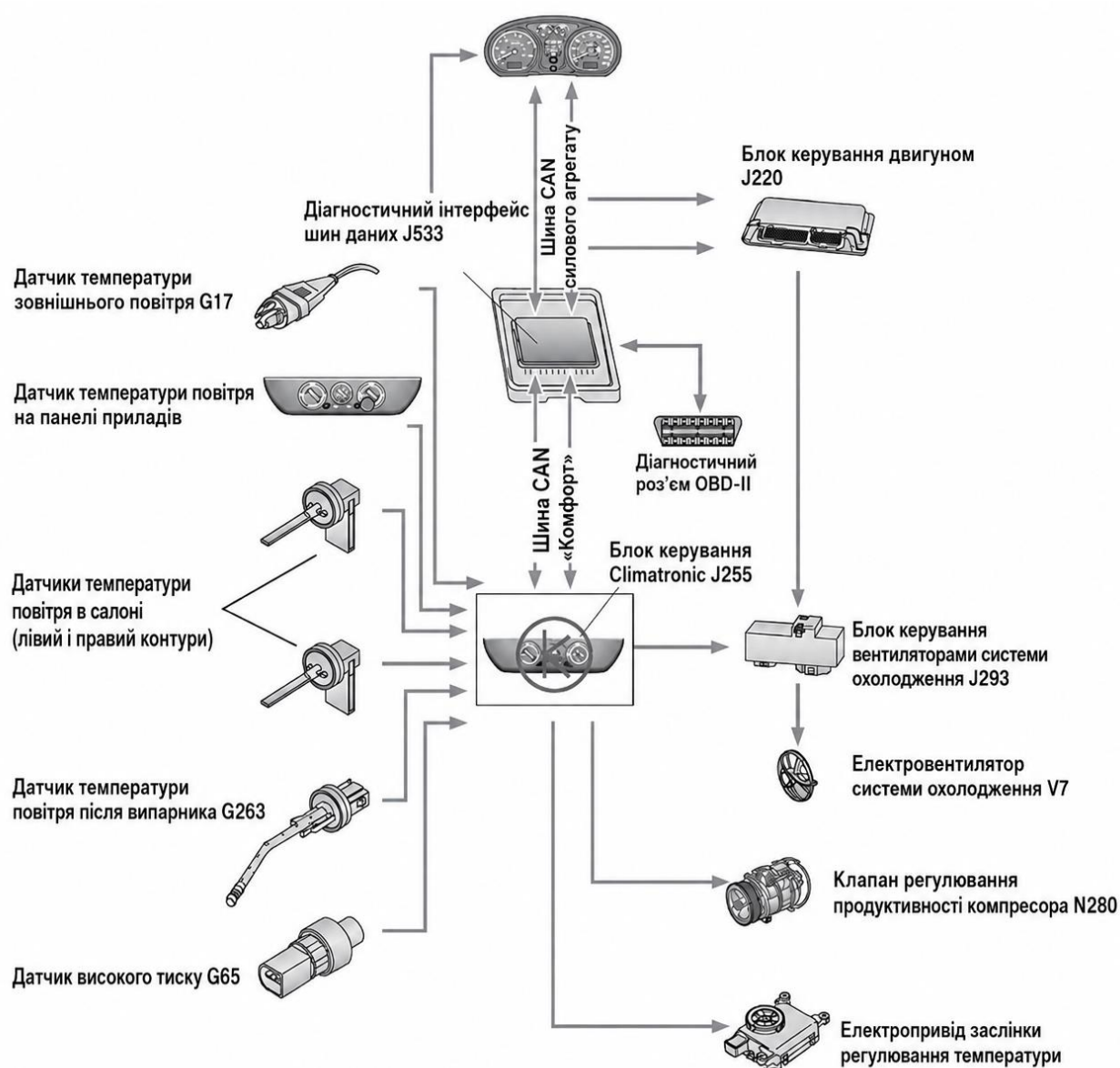


Рисунок 2.1 – Розподіл електричних сигналів від блоку керування клімат-контролю до компонентів системи

Двоступінний клімат-контроль (2C-Climatronic). На сьогодні така кліматична система є найпоширенішою. В даному випадку означає, що в автоматичному режимі забезпечується автономне регулювання параметрів мікроклімату в лівій та правій частинах салону, при цьому регулювання роботи вентилятора та розподілу потоків повітря здійснюється повністю для всього салону.

Розподіл повітряних потоків у салоні автомобіля під час роботи

кліматичної системи забезпечується спільною роботою багатьох вузлів. Конструкція містить у собі випарник кондиціонера, теплообмінник обігрівача, вентилятор подачі свіжого повітря, датчики, серводвигуни під час роботи яких електричні сигнали управління перетворюються на механічні, переміщуючи заслінки напрямку потоків повітря.

Розподіл повітряних потоків у салоні автомобіля виконується в такий спосіб. Під впливом розрідження, створюваного вентилятором повітря надходить до випарника, і далі, розгалужуючись, на два потоки, надходить у повітроводи. Основна частина потоку повітря проходить через теплообмінник. Після теплообмінника повітряні потоки розподіляються за допомогою серводвигунів, які переміщують заслінки, направляючи при цьому потоки повітря до дефлекторів у різних точках салону тобто на лобове скло або лице чи ноги водія та пасажирів. Наступна частина потоку повітря (менша) в обхід теплообмінника надходить до заслінок, що у свою чергу, регулюють подачу холодного повітря до салону автомобіля (схема розподіленого потоку повітря в кліматичній установці в режимі сильного охолодження – рисунок 2.2).

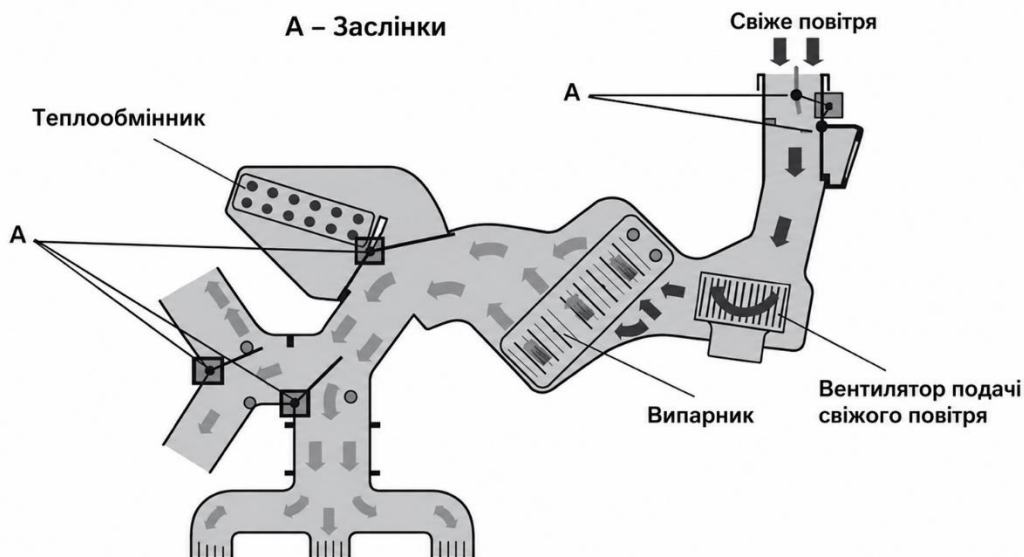


Рисунок 2.2 – Розподілення потоків повітря в клімат-контролі

Під час роботи кліматичної системи проводиться забір повітря для подальшої обробки. Є два види – це забір свіжого повітря та забір повітря безпосередньо із салону автомобіля (рециркуляція). У режимі рециркуляції зниження

температури повітря в салоні автомобіля здійснюється швидше, це досягається шляхом його багаторазового проходження через кліматичну систему. В режимі рециркуляції забезпечується виключення потрапляння забрудненого повітря в салон, неприємних запахів (вихлопні гази при міській їзді, присутність алергічних подразників тощо).

Якщо торкнутися негативних моментів режиму рециркуляції, слід врахувати, що у цьому режимі повітря несвіже, тому рекомендується його включати на обмежений час не більше 10 хв.

При тривалій роботі в цьому режимі вологість в салоні автомобіля стрімко зростає і як наслідок відбувається запотівання скла. На рисунку 2.3 показано розподіл потоків повітря в режимі рециркуляції повітря.

У сучасних системах кондиціювання режим рециркуляції здійснюється ручним, та автоматичним керуванням.

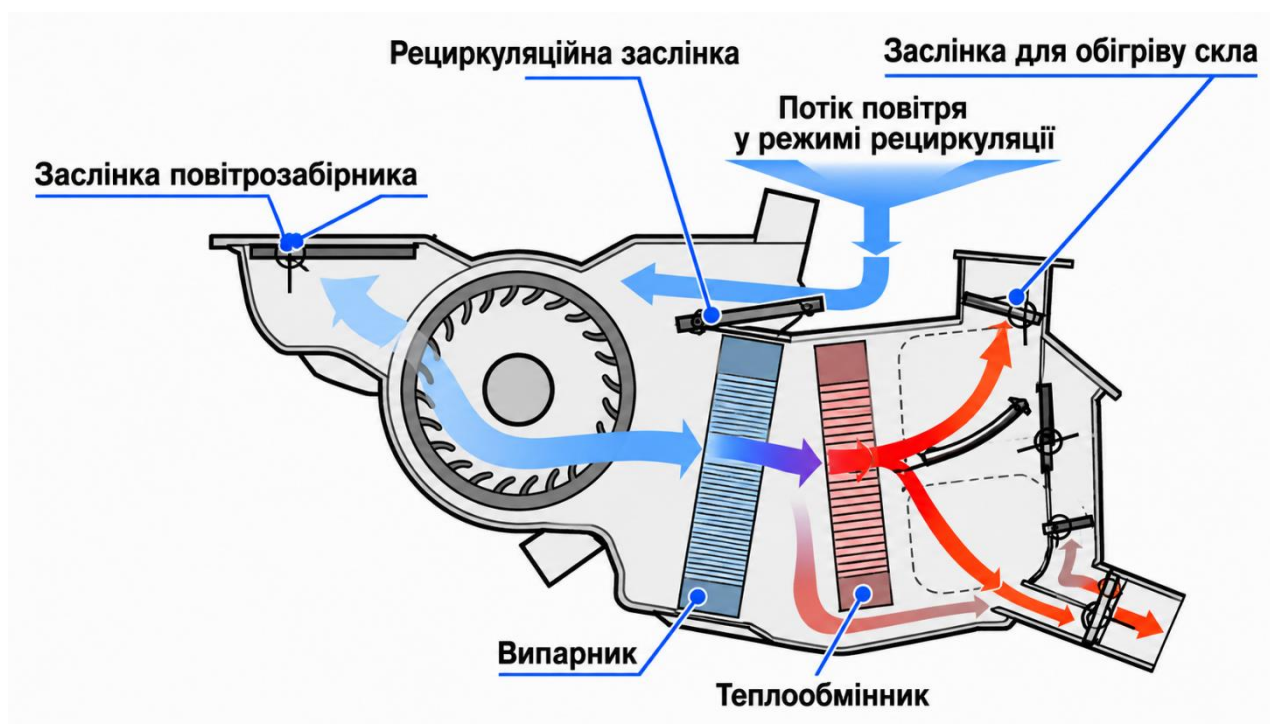


Рисунок 2.3 – Розподіл потоків повітря в режимі рециркуляції повітря

У ручному режимі після увімкнення клавіші «Рециркуляція» кліматична система перемикається з припливної вентиляції на внутрішньо салонний повітрообмін.

При цьому відбувається відповідне закриття заслінок, що забезпечують

приплив зовнішнього повітря та відкриття заслінки рециркуляції. В автоматичному режимі система керування мікрокліматом перемикає вхідний потік із припливною вентиляції на рециркуляцію, якщо концентрація шкідливих речовин у зовнішньому повітрі перевищує допустиму, а також при спільному включенні склоочисника та омивача вітрового скла.

Крім цього рециркуляція автоматично включається під час руху заднім ходом, щоб запобігти попадання відпрацьованих газів із вихлопної труби до салону. Після відновлення складу повітря за бортом рециркуляція автоматично припиняється. Контроль за концентрацією шкідливих речовин у зовнішньому повітрі забезпечує датчик забруднення повітря, як правило встановлений у підкапотному просторі.

2.2 Датчики температури, сонячної активності, та тиску фреону кліматичної установки

В системі 2C-Climatronic, в основі датчиків температури покладено NTC-терморезистори. NTC розшифровується як негативний температурний коефіцієнт. Це напівпровідниковий резистор, опір якого дуже сильно і нелінійно залежить від температури (табл. 2.1).

Принцип його роботи чим вища температура, тим нижчий опір та навпаки при охолодженні його опір стрімко зростає.

Це відбувається через фізичні властивості напівпровідникових матеріалів (зазвичай це суміші оксидів металів, таких як марганець, нікель, кобальт або мідь). При нагріванні теплова енергія вивільняє більше носіїв заряду (електронів) у матеріалі, що полегшує проходження електричного струму і, відповідно, зменшує опір.

Таблиця 2.1 – Відповідність опору та напруги терморезистора

Температура, °C	Опір NTC, кОм	Напруга на вході J255, В
–10	20,0	4,0
0	10,0	3,5
5	7,0	3,1
10	5,0	2,8
15	3,5	2,4
20	2,5	2,0
25	2,0	1,8

Датчики температури підключаються двома провідниками, один з них під'єднується на масу тобто на мінус, інший до блока керування клімат контролем, що зображено на рисунку 2.4.

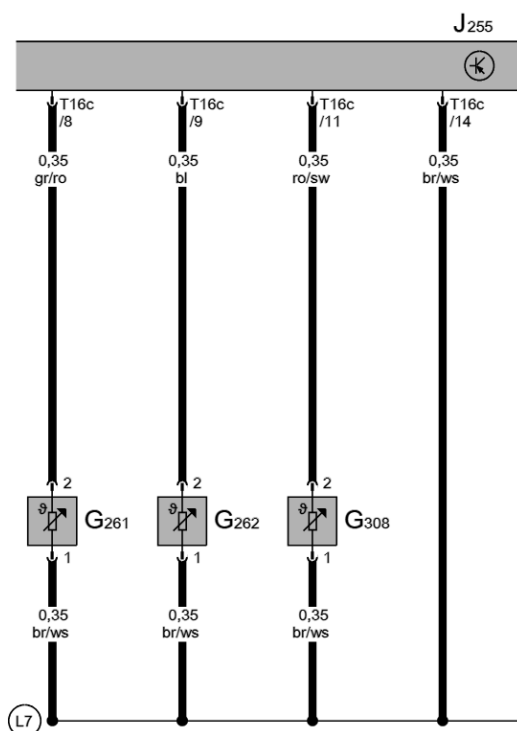


Рисунок 2.4 – Схема підключення датчиків температури G261 – для простору ніг зліва, G262 – для простору ніг справа, G308 – випарника, G255 – Блок керування Climatronic

Блок керування подає на датчики температури опорну напругу 5В і вимірює її в точці поділу. АЦП (аналоговий-цифровий перетворювач) в блоці керування перетворює аналоговий сигнал температури в цифровий. Таким чином блок керування знімає показники температури зі всіх датчиків, цю інформацію обробляє та в автоматичному режимі приймає рішення як керувати заслінками та електровентилятором.

В датчику сонячної активності встановлено 2 фотодіода. В основі роботи датчика лежить внутрішній фотоефект. Фотодіод – це напівпровідниковий прилад з р-п переходом, який генерує електричний струм під дією світлового випромінювання. Фотони сонячного світла (особливо в інфрачервоному спектрі, який несе найбільше теплової енергії) потрапляють на активну область напівпровідника, вони передають свою енергію електронам. Якщо енергія фотона перевищує ширину забороненої зони, утворюються електронно-діркові пари. Під дією вбудованого електричного поля р-п переходу ці носії заряду розділяються, створюючи фотострум. Оскільки в системі 2С-Climatronіс, датчик сонячної активності має складнішу конструкцію, ніж звичайний фоторезистор. Він повинен визначати не лише інтенсивність світла, але й кут падіння сонячних променів (рис 2.5), щоб розрахувати різницю нагріву для водія та пасажирів:

- оптична лінза (ковпачок): Темний напівсферичний ковпачок на панелі приладів працює як оптичний фільтр. Він відсікає частину видимого спектра і пропускає інфрачервоне випромінювання (теплове), що робить вимірювання релевантними до реального нагріву салону.

- два фотодіоди: Під ковпачком під кутом один до одного (або розділені оптичною призмою) розташовані два незалежні фотодіоди. Один спрямований у бік водія, інший – у бік переднього пасажирів.

- векторне обчислення: Залежно від положення сонця на небі, тінь від оптичного елемента або просто різний кут падіння променів призводить до того, що на один фотодіод потрапляє більше світла, ніж на інший.

Блок керування кліматом постійно аналізує струм від обох фотодіодів. Якщо обидва фотодіоди генерують однаковий струм, блок управління розуміє,

що салон прогрівається рівномірно, тоді пропорційно збільшується швидкість обдуву та знижує цільову температуру повітря, що видувається з дефлекторів, для зон водія та пасажирів. Якщо ж сонце світить з лівого боку (на водія), лівий фотодіод генерує більший струм. Блок керування отримує цей сигнал та подає більше охолодженого повітря через ліві дефлектори, а параметри для пасажирів залишає без різких змін.

Встановлюється такий датчик для того щоб скоріше зафіксувати тепло що надходить у салон автомобіля. Адже датчик температури салону має теплову інерцію тобто зафіксує різке підвищення тепла з затримкою.

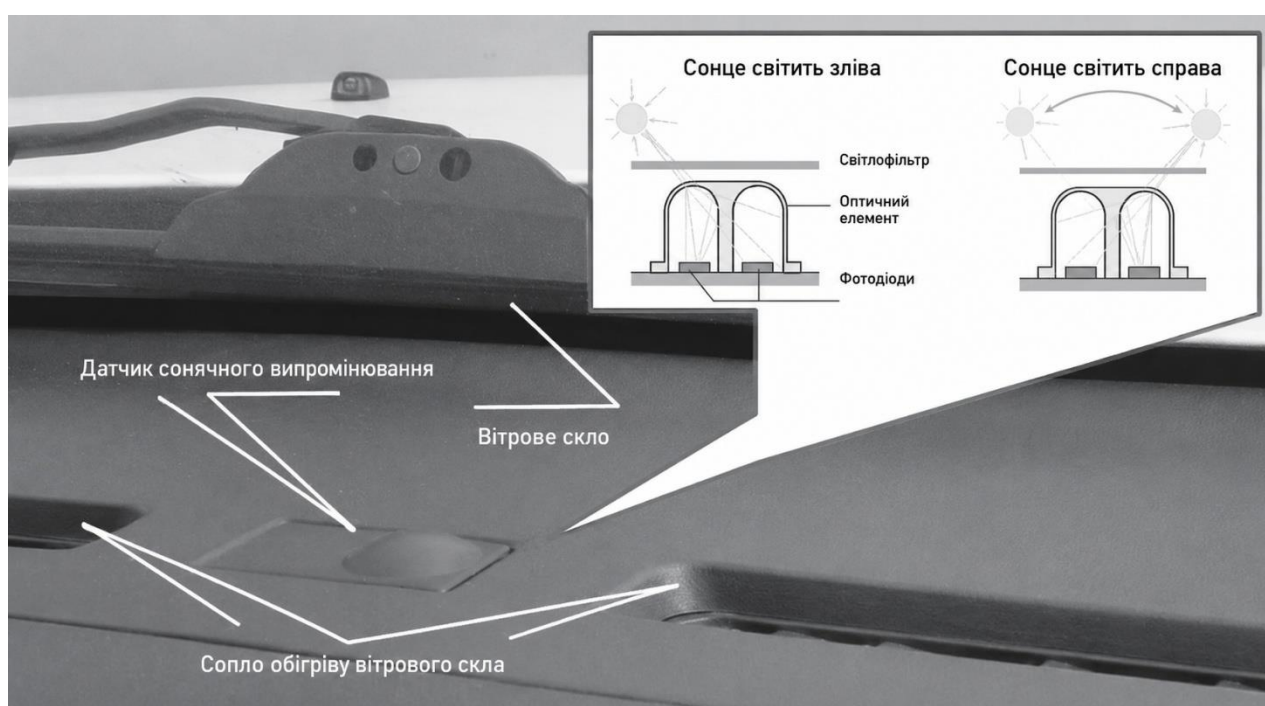


Рисунок 2.5 – Падіння світла на датчик сонячної активності

Підключається датчик до блока керування за допомогою чотирьох провідників, один з них масовий. Сам датчик складається звичайно з двох фотодіодів та аналогового-цифрового перетворювача. Завдяки цьому аналоговий сигнал від фотодіодів відразу перетворюється на цифровий та надходить до блоку керування (рис. 2.6).

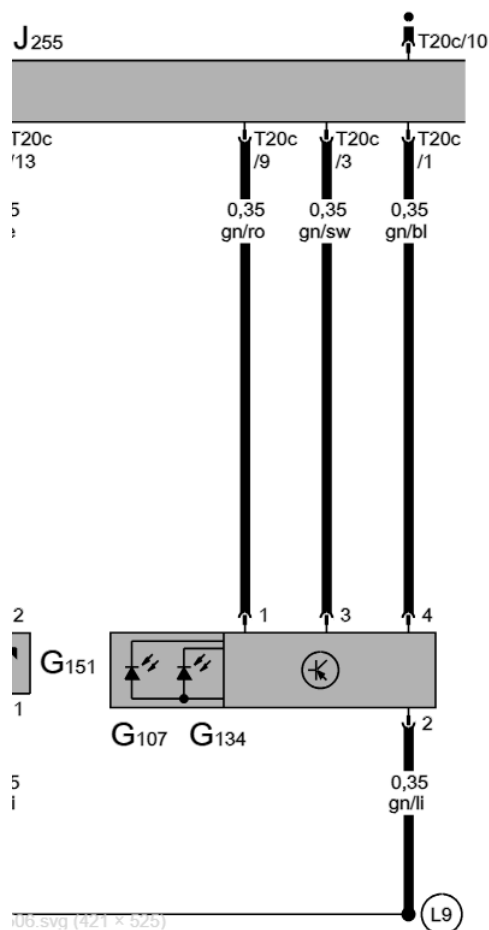


Рисунок 2.6 – Схема підключення датчика сонячної активності. G107 – Фотодіод 1, G134 – Фотодіод 2, J255 – Блок керування Climatronic

В системі Climatronic встановлюється електронний датчик тиску фреону, який безперервно передає інформацію про тиск до блоку керування.

Призначення датчика тиску:

- контроль кількості холодоагенту в системі;
- захист компресора від роботи без фреону;
- захист від надмірного тиску;
- керування продуктивністю компресора;
- керування швидкістю вентиляторів охолодження.

В основі датчика покладено напівпровідниковий тензорезистор, чутливий елемент виготовлений з монокристалу кремнію, завдяки цьому коефіцієнт його чутливості може досягати від 90 до 200. Це робить його придатним для вимірювання мікроскопічних деформацій. Також до складу датчика тиску входять, підсилювач сигналу напівпровідника та аналоговий-

цифровий перетворювач (рис. 2.7).

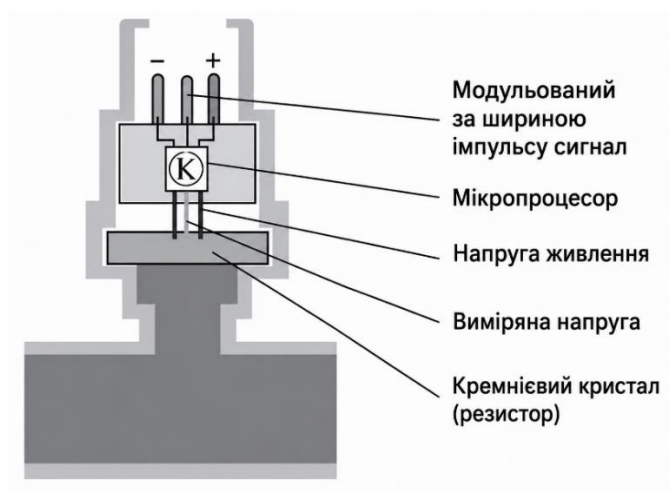


Рисунок 2.7 – Датчик тиску фреону

Підключається датчик тиску до блоку керування трьома провідниками (рис. 2.8), а саме:

- +12В живлення, підключається через запобіжник 5А;
- маса;
- сигнальний провідник до блоку керування.

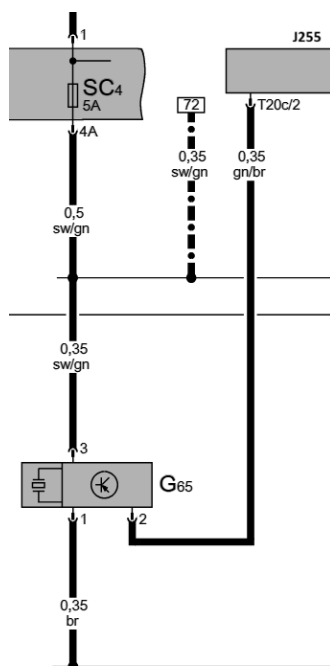


Рисунок 2.8 – Схема підключення датчика G65 – тиску фреону

Фізичний принцип роботи датчика тиску

- фреон у магістралі високого тиску тисне на монокристал кремнію.
- під дією монокристал зазнає мікроскопічної деформації (прогинається), що призводить до пропорційної зміни електричного опору тензорезистора.
- електронна мікросхема зчитує цей дисбаланс опорів і перетворює його на ШІМ-сигнал, що надходить до блока керування.

При нормальній роботі системи кондиціонування тиск варіюється від 5 до 20 бар. Якщо ж в магістралі високого тиску, його не достатньо, наприклад 2 бари, датчик про це сигналізує блоку керування, а він вимикає компресор кондиціонера. При роботі кліматичної системи в режимі охолодження, тиск може збільшуватись до рівня більше 20 бар, тоді блок керування клімат-контролю подає команду через CAN-шину до блока керування двигуном, для ввімкнення вентилятора охолодження двигуна, переважно вмикається перше положення швидкості.

2.3 Виконавчі механізми заслінок та регулятор обертів електровентилятора системи клімат-контролю

В системі Climatronic, використовуються дані сервоприводи:

- V68 – ліва температурна заслінка;
- V159 – права температурна заслінка;
- V71 – заслінка свіжого повітря;
- V154 – заслінка рециркуляції;
- V107 – заслінка відтаювання;
- V70 – центральна заслінка.

В системі Climatronic у сервоприводах встановлені не крокові двигуни, а класичні колекторні електродвигуни постійного струму з вбудованим датчиком положення для забезпечення зворотного зв'язку, та редуктор для плавного керування заслінкою (рис. 2.9).

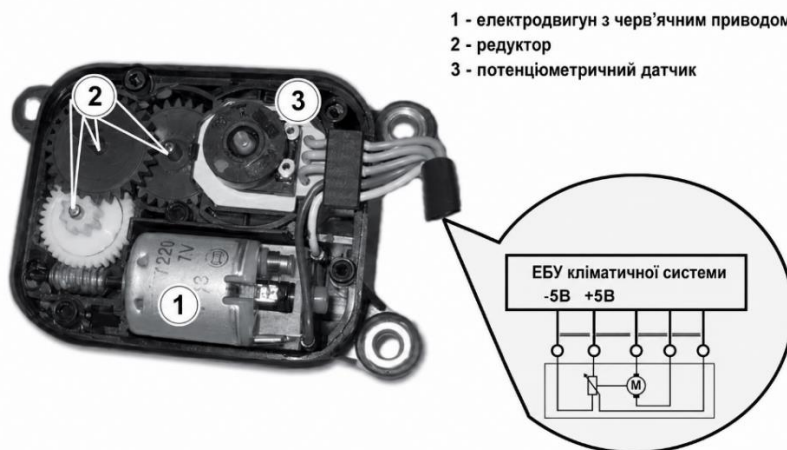


Рисунок 2.9 – Внутрішня схема сервоприводу Climatronix [12]

З'єднуються сервоприводи в такій системі з блоком керування за допомогою п'яти провідників, а саме 2 з них є силові для керування електродвигуном, та інші 3 для підключення датчика положення виконавчого механізму (рис. 2.10). Блок керування генерує напругу номіналом 12В на електродвигун через Н-міст, це зроблено, щоб здійснювати керування в обидві сторони.

Н-міст – це електронна схема, що дає можливість змінювати полярність напруги, що подається на навантаження. В блоці керування клімат контролем використовуються Н-мости побудовані на базі напівпровідникових ключів – зазвичай транзистори MOSFET (рис. 2.11).

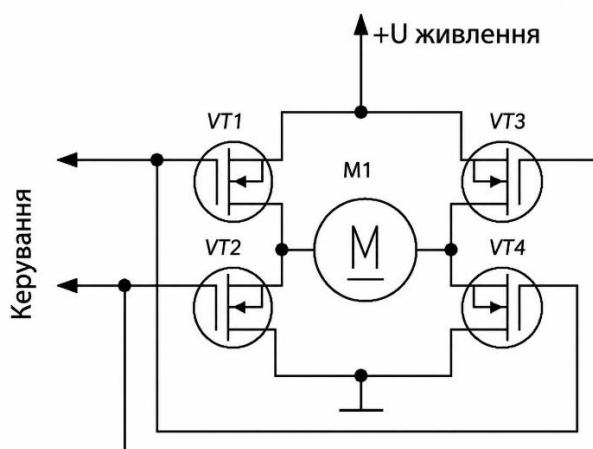


Рисунок 2.11 – Електросхема керування електродвигуном з використанням Н-мосту на базі транзисторів MOSFET.

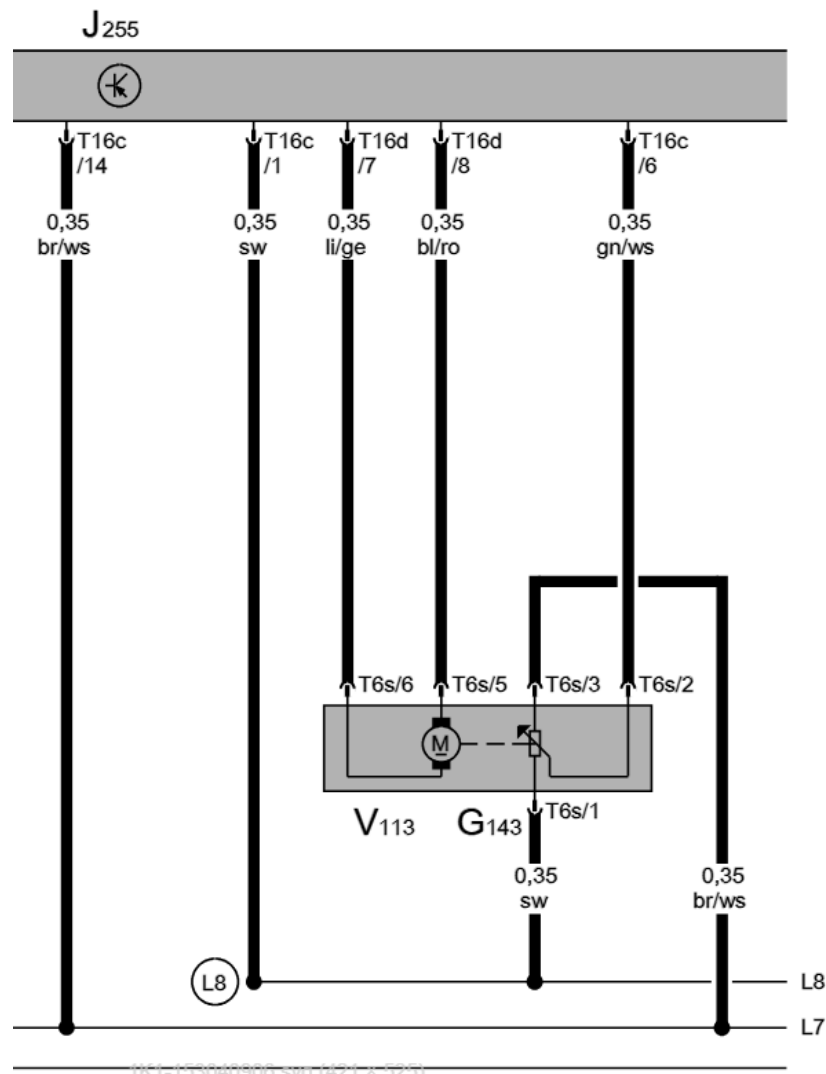


Рисунок 2.10 – Схема підключення V113 – електродвигуна та G143 – датчика положення сервопривода заслінки рециркуляції до J255 – блока керування Climatronic

Для вимірювання положення заслінок, блок керування подає на датчик положення опорну напругу номіналом 5В. В ролі датчика положення використовується звичайний змінний резистор (рис. 2.12). При зміні положення шестерні, що розміщена зверху резистивної плати, змінюється напруга, що подається на блок керування, у блоці вона проходить через АЦП та перетворюється на цифровий сигнал та надходить до мікропроцесора блоку керування. За рахунок цього блок керування кліматичної установки розуміє як розміщені заслінки, це допомагає точніше керувати температурою та потоками повітря в салоні автомобіля.

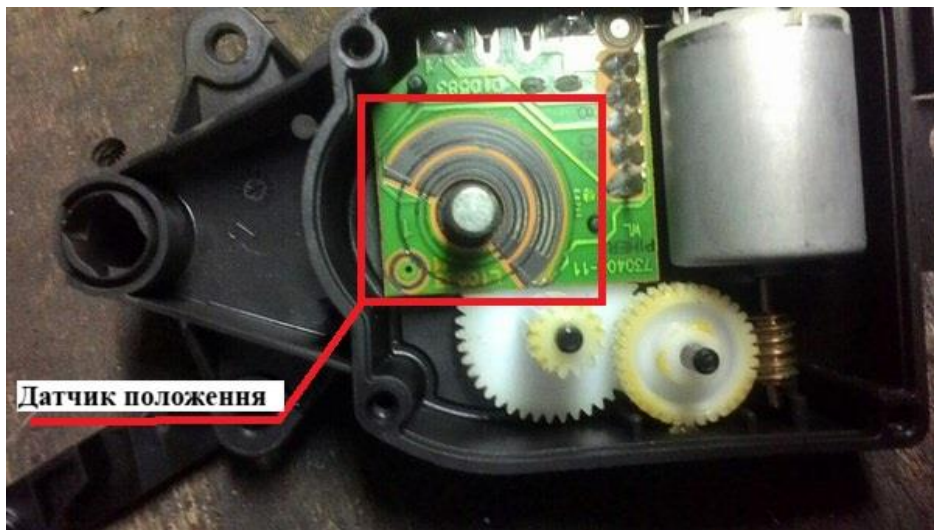


Рисунок 2.12 – Місце розміщення датчика положення сервоприводу заслінки

Для правильної роботи клімат-контролю, блоку потрібна інформація про електричні межі датчиків положення заслінок коли вони повністю відкриті та закриті. З часом роботи системи відбувається знос механічної частини, тому для коректного регулювання температури та контролю справності системи потрібно проводити процедуру адаптації сервоприводів заслінок. Під час цього процесу блок керування повністю відкриває та закриває заслінки, та впевнюється, що електродвигуни та датчики положень повністю відпрацьовують. Провести процедуру адаптації можна за допомогою діагностичного обладнання або ж натисненням на певні клавіші панелі керування.

Блок керування обертами електровентилятора клімат-контролю, розміщений безпосередньо в корпусі самого нагнітача, це зроблено для його охолодження. Це повністю електронний ШІМ-контролер, побудований на базі твердотільних елементів. Це дозволяє керувати електровентилятором плавно та з вищою ефективністю. Підключається регулятор (рис. 2.13) до блоку кліматичної установки за допомогою чотирьох провідників:

- постійна напруга 12В від запобіжника номіналом 40А;
- запалення 12В від блока керування клімат-контролем;
- масовий провід;
- ШІМ-сигнал від блока керування клімат-контролем.

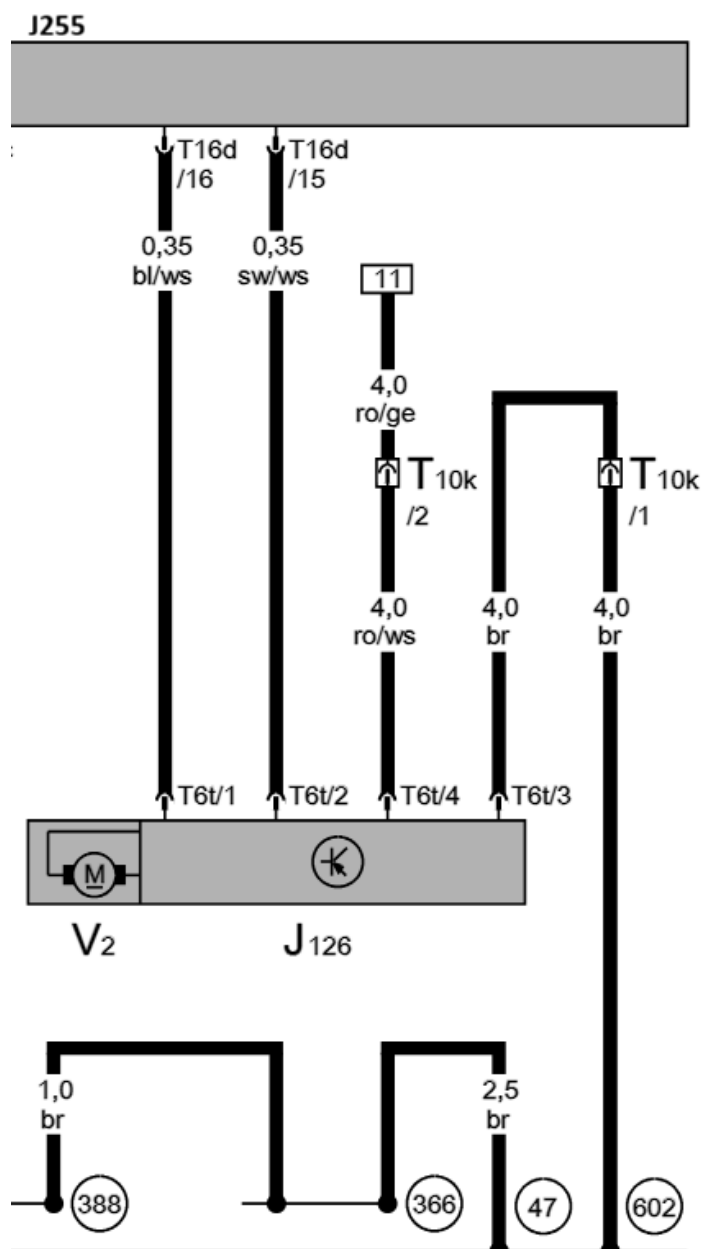


Рисунок 2.13 – Підключення J126 – регулятора обертів та V2 – електродвигуна до J255 – блоку керування клімат-контролем

Електроventилятор безпосередньо підключається до регулятора обертів, за допомогою двох провідників живлення плюсового та масового.

РОЗДІЛ 3

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ДІАГНОСТИКИ ТА РЕМОНТУ БЛОКА КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЯТОРАМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ДВИГУНА

3.1 Призначення, функції та конструктивні особливості блока керування вентиляторами VAG

Сучасні системи охолодження двигунів внутрішнього згоряння та системи клімат-контролю вимагають точного та надійного електронного керування для забезпечення оптимального теплового режиму роботи силового агрегату. Одним із ключових елементів таких систем у автомобілях концерну Volkswagen AG (VAG) є блок керування вентиляторами охолодження двигуна (рис. 3.1, 3.2) (далі – БКВ). Зокрема, даний електронний модуль широко застосовувався на низці популярних моделей, таких як Volkswagen Passat B4, Golf 3, Vento, Polo 3 та Corrado.

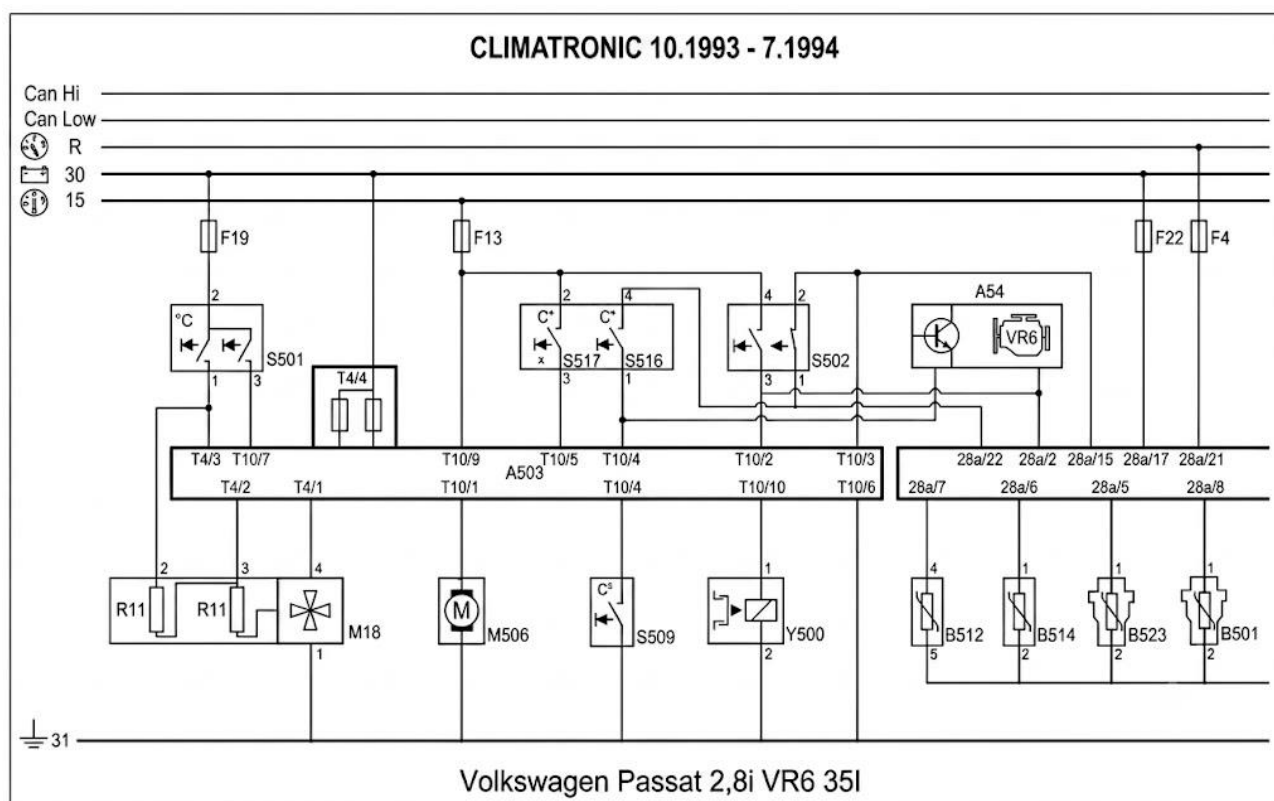


Рисунок 3.1 – Електросхема підключення блоку клімат-контролю VW Passat B4 [13]

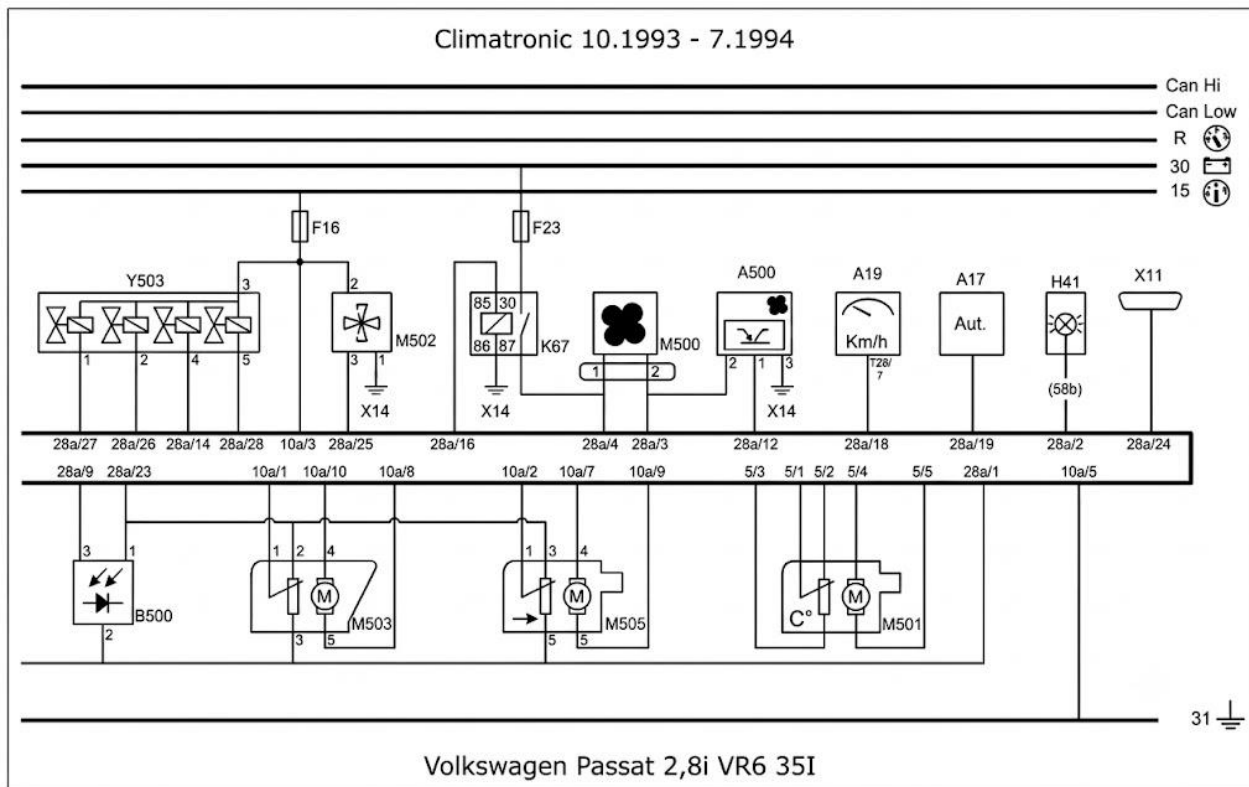


Рисунок 3.2 – Електросхема підключення блоку клімат-контролю VW Passat B4 [14]

Головне призначення БКВ полягає у забезпеченні своєчасного ввімкнення та вимкнення електровентиляторів радіатора на різних швидкостях залежно від температури охолоджувальної рідини, а також у координації роботи системи клімат-контролю. Коректна робота цього вузла є критично важливою, оскільки його відмова може призвести до перегріву двигуна, виходу з ладу компресора кондиціонера або неможливості запуску системи клімат-контролю.

Позначення елементів на електросхемі:

- A500 – Модуль керування двигуном вентилятора обігрівача салону;
- A503 – Модуль керування вентилятором охолодження;
- A515 – Модуль керування блоком клімат-контролю;
- B500 – Датчик сонячного світла (інсоляції);
- B501 – Датчик температури впускного повітря;
- B512 – Датчик температури панелі приладів;
- B514 – Датчик температури зовнішнього повітря;

- B523 – Датчик температури охолоджувальної рідини;
- M500 – Вентилятор обігрівача салону;
- M501 – Серводвигун заслінки змішування температури;
- M502 – Мікровентилятор для датчика температури;
- M503 – Серводвигун заслінки динамічного тиску;
- M505 – Серводвигун центральної заслінки;
- M506 – Додатковий насос охолоджувальної рідини (для циркуляції після зупинки) ;
- S501 – Термовимикач вентилятора охолодження;
- S502 – Подвійний перемикач високого тиску;
- S509 – Термовимикач роботи вентилятора після зупинки двигуна;
- S516 – Термовимикач відключення кондиціонера;
- S517 – Термовимикач 3-ї швидкості вентилятора охолодження;
- Y500 – Електромагнітна муфта;
- Y503 – Блок клапанів для керування заслінками;
- A17 – Автоматична коробка передач;
- A19 – Спідометр;
- A54 – ЕБУ (Електронний блок керування);
- H41 – Габаритні ліхтарі;
- K67 – Реле;
- M18 – Вентилятор охолодження;
- R11 – Резистор;
- X11 – Діагностичний роз'єм;
- X14 – Масова точка з'єднання;
- X24 – Точка з'єднання дротів;
- X32 – Багатоcontactний роз'єм.

На практиці, якщо в автомобілі не запускається система клімат-контролю, найбільш поширеними є дві причини: недостатній рівень холодоагенту (фреону) в системі або несправність самого блока керування вентиляторами. Відмова БКВ часто супроводжується повною або частковою

втратою працездатності вентиляторів (наприклад, зникає друга швидкість), відсутністю реакції на сигнали датчиків температури двигуна та тиску фреону.

3.2 Аналіз принципової електричної схеми БКВ та її компонентів

Блок керування вентиляторами VAG 357 919 506 має досить складну схемотехніку, яка об'єднує силові реле, аналогові схеми затримки часу, логіку блокування та транзисторні ключі. Для глибокого розуміння процесів, що відбуваються в блоці, необхідно детально розглянути його внутрішню структуру та принципову електричну схему.

На платі БКВ розміщено кілька електромагнітних реле (рис. 3.3, 3.4), які виконують ключові комутаційні функції. Якщо розглядати плату з боку компонентів, можна виділити наступні реле:

- реле №1 відповідає за ввімкнення другої швидкості вентилятора охолодження.
- реле №2 відповідає за ввімкнення третьої (максимальної) швидкості вентилятора.
- реле №3 керує ввімкненням додаткової помпи охолоджувальної рідини (циркуляційного насоса).
- реле №4 (розташоване з протилежного боку) реле ввімкнення соленоїда електромагнітної муфти компресора кондиціонера.

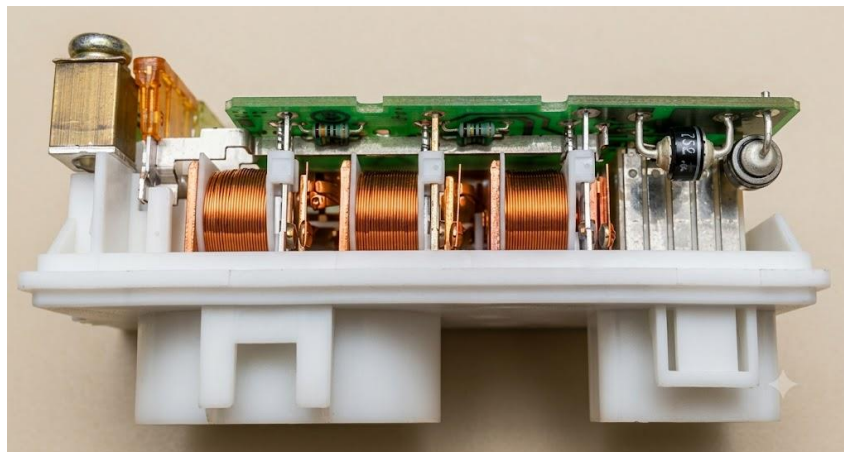


Рисунок 3.3 – Вид на блок з одного боку, видно реле №1, №2 та №3

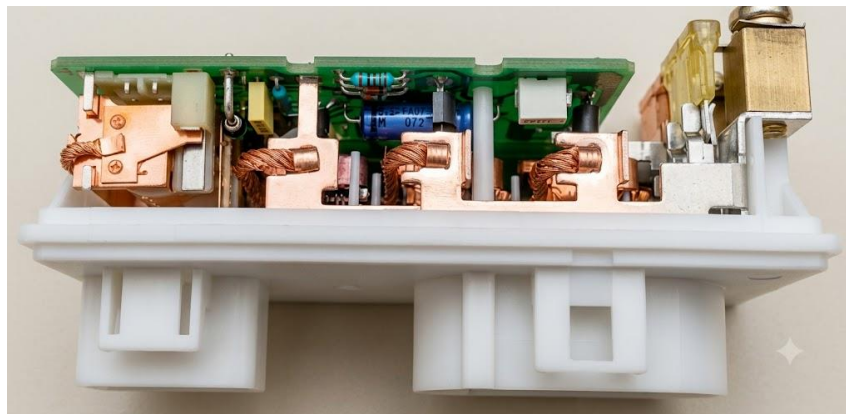


Рисунок 3.4 – Вид на блок з іншого боку (розвернутий на 180°), видно реле №4

Схемотехнічні рішення (рис. 3.5), застосовані інженерами VAG у даному блоці, є досить специфічними. Наприклад, схема затримки вимкнення (after-run) додаткової помпи реалізована на базі спеціалізованої інтегральної мікросхеми U6049B. Згідно з технічною документацією (DATASHEET), ця мікросхема була розроблена саме для задання часу вибігу вентиляторів охолодження після зупинки двигуна. Однак у цьому БКВ її використано для керування додатковою помпою. Схема її ввімкнення практично повністю відповідає типовій схемі з технічної документації, за винятком номіналів часозадавального ланцюга (конденсатор C4 та резистор R4), які визначають тривалість роботи помпи після вимкнення запалювання.

Додаткова помпа запускається за кількох умов: при ввімкненні запалювання (через контакт роз'єму T10/9), а також після вимкнення запалювання від датчика першої швидкості вентилятора на радіаторі (одночасно з самим вентилятором від контакту T4/3). Також у системі передбачено термоперемикач S509 (контакт T10/4), який є ще одним керуючим фактором. Блок має окремий вбудований запобіжник номіналом 5А, який захищає саме коло додаткової помпи.

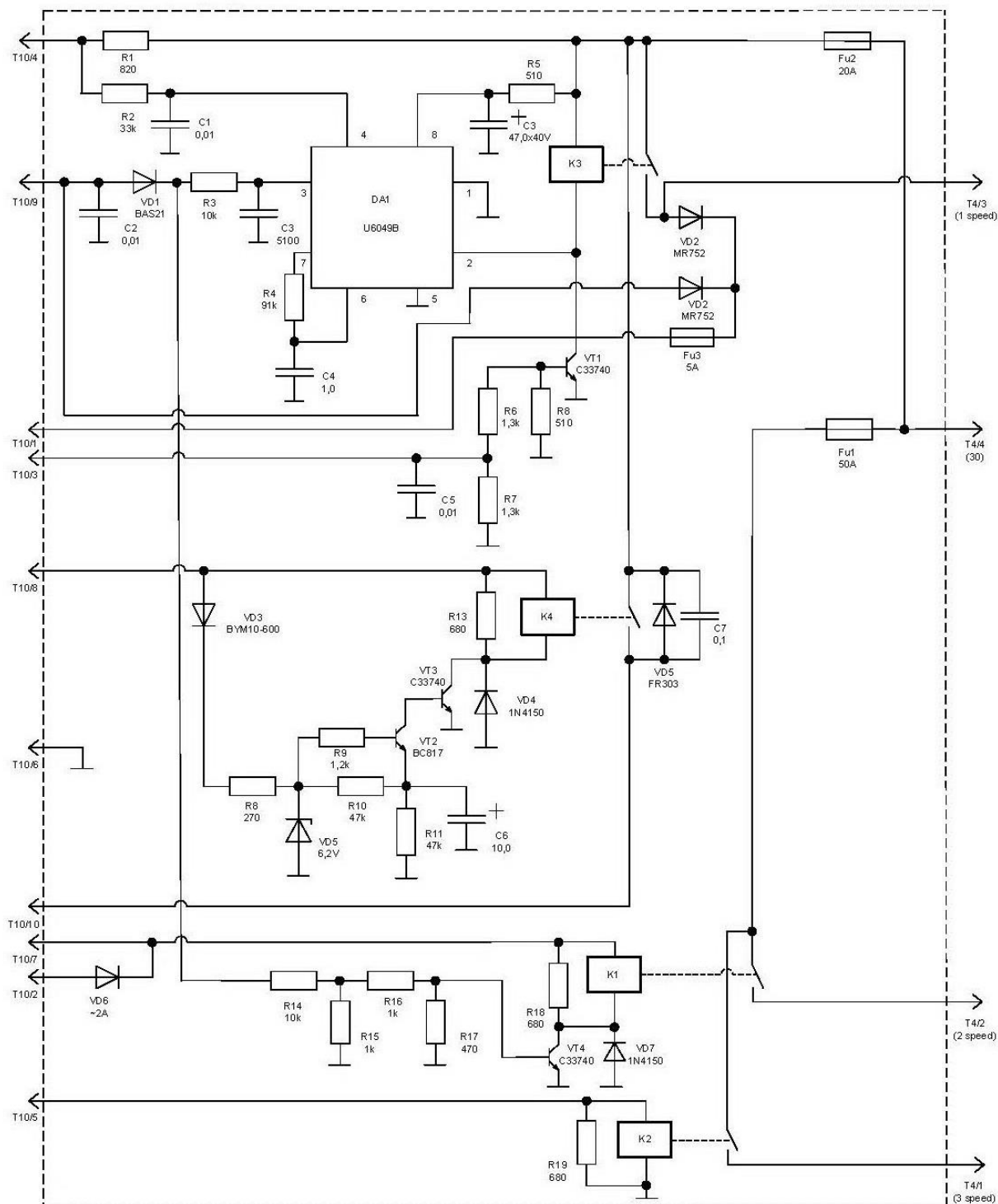


Рис. 3.5 – Детальна принципова електрична схема блока керування вентиляторами із зазначенням номіналів компонентів [15]

3.3 Алгоритми керування вентиляторами

Робота вентиляторів радіатора підпорядкована суворій логіці, яка залежить від температурних показників та тиску в системі кондиціонування. Запуск вентилятора здійснюється не лише від температурних датчиків двигуна

(1-ша швидкість при 87 °С, 2-га швидкість при 102 °С) та на корпусі термостата (3-тя швидкість при 110°С), але й від датчика тиску в системі кондиціонування.

При активації системи клімат-контролю вентилятор радіатора примусово вмикається на першу швидкість незалежно від температури двигуна. Це необхідно для забезпечення конденсації холодоагенту в радіаторі кондиціонера. Якщо тиск у системі кондиціонування продовжує зростати і досягає першого порогового значення (близько 5 атмосфер), датчик тиску відправляє сигнал на контакт Т10/2 БКВ, що призводить до примусового ввімкнення другої швидкості вентилятора, навіть якщо температура охолоджувальної рідини становить лише 60-70°С.

Особливий принцип роботи другої швидкості охолодження. Інженери передбачили систему блокування, яка унеможлиблює роботу другої швидкості при вимкненому запалюванні, що запобігти швидкому розряджанню акумуляторної батареї.

Схема реалізована наступним чином: при ввімкненні запалювання напруга з клеми 15 (через запобіжник №14) надходить на контакт Т10/7 блока. Далі через розв'язувальний діод VD1 та ділянки напруги R1,R2 та R3,R4 напруга зміщення (приблизно 0,76 В) подається на базу транзистора Q1. Транзистор відкривається і формує так званий «мінус» для котушки реле №1. Лише за умови відкритого транзистора Q1, надходження «плюса» від датчика радіатора на контакт Т10/7 призведе до замикання контактів реле та ввімкнення другої швидкості.

Третя швидкість вентилятора є аварійною та реалізована за значно простішою, але надійною схемою. Сигнал від температурного датчика на двигуні надходить безпосередньо на контакт Т10/5 і прямо живить обмотку реле №2, запускаючи вентилятор на максимальні оберти.

3.4 Типові несправності БКВ та їх первинна діагностика

В процесі експлуатації автомобіля водії найчастіше стикаються з

декількома характерними поломками системи охолодження, пов'язаними з блоком керування вентиляторами.

Втрата другої швидкості вентилятора охолодження:

Ця проблема є дуже підступною, оскільки перша швидкість та вибіг помпи можуть працювати нормально, не викликаючи підозр у водія. Температура двигуна може циклічно зростати до 110 °C (до моменту ввімкнення третьої швидкості) і різко падати. Під час тестування шляхом замикання контактів 2-3 на роз'ємі радіатора реле в БКВ не спрацьовує.

Причиною часто стає відсутність напруги керування на транзисторному ключі Q1. Діагностика передбачає перевірку наявності «мінуса» на відповідній ніжці реле №1 при появі сигналу на ввімкнення. Якщо «мінусова» ніжка підключена до маси через зустрічно ввімкнений діод, а ключовий транзистор закритий через відсутність напруги запалювання, реле не спрацює.

Практика показує, причиною може бути перегорання запобіжника (наприклад, №14 або №19 на 10А чи 15А). Переважно запобіжники мають декілька призначень в автомобілі, в цьому випадку запобіжник №19 відповідає за другу швидкість вентилятора охолодження та за ліхтарі заднього ходу. Причина перегорання може бути пов'язана переважно з перетиранням проводки.

3.5 Технологічний процес демонтажу та розбирання БКВ

Для проведення компонентного ремонту блоку його необхідно зняти з автомобіля та розібрати. Процес вимагає акуратності, щоб не пошкодити крихкий пластиковий корпус та елементи друкованої плати:

- перед початком робіт обов'язково потрібно знеструмити автомобіль, достатньо від'єднати мінусову клему акумуляторної батареї.

- для демонтажу блоку потрібно від'єднати масивні контактні колодки (Т10 та Т4) від БКВ. Блок, як правило, закріплений на кронштейні біля радіатора або під капотом з лівого боку. Відкрутити кріпильні болти.

– для початку процесу розбирання необхідно витягнути всі зовнішні ножові запобіжники з корпусу БКВ, а також викрутити стрічкові запобіжники (якщо такі передбачені конструкцією).

– блок повністю герметичний, це реалізовано для захисту від вологи. За допомогою тонкої викрутки або спеціального пластикового інструменту необхідно по всьому периметру нижньої частини акуратно підважити кришку корпусу та відділити від неї шар заводського герметика. Друкована плата виявиться у вільному доступі для візуального огляду та вимірювань.

3.6 Покроковий ремонт друкованої плати та перевірка компонентів

Після відкриття блоку розпочинається етап інструментальної та візуальної діагностики. Технологія ремонту складається з наступних кроків:

Крок 1. Візуальний огляд на наявність дефектів та пошкоджень

За допомогою збільшувального скла або мікроскопа плата уважно оглядається з боку друкованих провідників. Значні вібрації та перепади температур під капотом часто призводять до деградації припою навколо силових контактів реле та роз'ємів (утворення мікротріщин). При виявленні таких дефектів старий припій необхідно видалити та надійно пропаяти контакти свіжим припоєм марки ПОС-61 (або аналогічним) із застосуванням нейтрального флюсу.

Крок 2. Діагностика напівпровідникових елементів

Використовуючи мультиметр у режимі перевірки діодів, здійснюється перевірка ключових напівпровідників на платі:

– діоди захисту від переполюсовки та розв'язки: перевіряються діоди типу 1N4150, FR303. Падіння напруги в прямому напрямку має становити 0,5–0,7 В, у зворотному напрямку мультиметр повинен показувати нескінченність.

– SMD компоненти: на платі присутні SMD діоди (наприклад, BAS21 у корпусі SOT23 з маркуванням JSp), транзистори NPN-типу в аналогічному корпусі, а також специфічний стабілітрон у скляному циліндричному корпусі

MELF DO213AB (має кольорове маркування – білу та зелену смуги).

Крок 3. Перевірка та заміна електромагнітних реле

У разі, якщо котушка реле справна, але реле не комутує навантаження, причиною може бути підгоряння силових контактів. Котушки реле перевіряються омметром (опір має бути в межах норми для реле з напругою живлення 12В). Якщо контакти реле сильно зношені або залиплі, реле випаюється цілком за допомогою термоповітряної паяльної станції або паяльника з широким жалом, після чого замінюється на аналогічне.

Крок 4. Тимчасові рішення

У випадках, коли причину відсутності напруги на базі транзистора Q1 (зникнення другої швидкості) оперативно усунути неможливо (наприклад, не знайдено плаваюче коротке замикання в салонній проводці автомобіля, яке постійно вибиває запобіжник), допускається застосування тимчасового рішення. Воно полягає у встановленні перемички паралельно діоду VD2. Це дозволяє примусово обійти блокування транзистора. Однак слід враховувати наслідки: у цьому випадку друга швидкість вентилятора не буде вимикатися після вимкнення запалювання доти, поки охолоджувальна рідина не охолоне до порогу розмикання термодатчика. Це може призвести до значного розряду акумулятора, тому таке рішення розглядається виключно як крайній і тимчасовий захід.

Крок 5. Завершення ремонту та збірка БКВ

Після завершення паяльних робіт залишки флюсу обов'язково змиваються спеціальним розчинником (наприклад, ізопропиловим спиртом) оскільки активний флюс може викликати корозію провідників. Плату слід покрити шаром захисного електроізоляційного лаку для захисту від конденсату.

Збирання БКВ проводиться у зворотній послідовності. Перед встановленням кришки на посадкове місце необхідно нанести шар свіжого автомобільного силіконового герметика (стійкого до високих температур) для забезпечення повної герметичності корпусу.

Стендове тестування:

Перед встановленням на автомобіль рекомендується перевірити працездатність блоку на столі за допомогою лабораторного блоку живлення (12-14В). Симулюючи подачу «плюса» на відповідні піни роз'єму (T10/2, T10/7, T10/5), слід переконатися у чіткому спрацьовуванні відповідних реле. Також перевіряється таймер мікросхеми U6049В (вибіг помпи) шляхом короткочасної подачі керуючого імпульсу.

Встановлення на автомобіль та фінальне налаштування:

Блок монтується на штатне місце, підключаються роз'єми, встановлюються запобіжники. Для перевірки на автомобілі необхідно запустити двигун і проконтролювати моменти ввімкнення першої, другої швидкостей вентилятора під час нагрівання рідини, а також перевірити запуск першої швидкості одразу після ввімкнення системи кондиціонування. Якщо система працює стабільно, температура утримується в робочому діапазоні (87-95 °С), і вентилятори своєчасно вимикаються, ремонт можна вважати успішним.

Особливу увагу після ремонту слід приділити виявленню прихованих коротких замикань у проводці автомобіля, які могли вивести блоку керування з ладу.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Охорона праці є системою правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на забезпечення безпеки, збереження здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності.

Розроблення заходів з охорони праці під час виконання кваліфікаційної роботи спрямоване на мінімізацію ризику виробничого травматизму та професійних захворювань, що можуть виникати внаслідок впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Дослідження, діагностика, ремонт та конструювання блоків керування клімат-контролем автомобіля передбачає роботу з електронними компонентами, вимірювальними приладами та, за потреби, безпосередньо з бортовою мережею транспортного засобу.

Під час діагностики та ремонту електронних блоків керування (ЕБК) на працівника (інженера-електроніка, автоелектрика) можуть впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- ураження електричним струмом: від обладнання, що живиться від мережі 220 В (осцилографи, лабораторні блоки живлення, паяльні станції), або внаслідок короткого замикання в бортовій мережі автомобіля (12 В / 24 В).

- термічні фактори: небезпека опіків під час роботи з паяльним обладнанням (температура жала паяльника може сягати 300-400 °С) або гарячого повітря від термофена.

- хімічні фактори: виділення шкідливих аерозолів та газів (випари свинцю, каніфолі, флюсів) під час паяльних робіт; ризик контакту з холодоагентами (наприклад, фреоном R134a або R1234yf) при монтажі/демонтажі блоку в автомобілі, що може викликати обмороження шкіри та подразнення дихальних шляхів.

- психофізіологічні фактори: зорове перенапруження під час роботи з

дрібними SMD-компонентами на друкованій платі; статичне фізичне перевантаження через тривале перебування у сидячому положенні.

– організаційні фактори: недостатнє освітлення робочої зони.

До виконання робіт з ремонту та обслуговування автомобільної електроніки допускаються особи, які досягли 18-річного віку, пройшли медичний огляд, мають відповідну групу з електробезпеки (не нижче II-ї для роботи з приладами до 1000 В) та визнані придатними за станом здоров'я. Перед початком самостійної роботи працівники повинні пройти вступний та первинний інструктаж з охорони праці.

Працівник, який виконує діагностику та ремонт електронних блоків, повинен дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку, використовувати засоби індивідуального та колективного захисту, підтримувати порядок на робочому місці, володіти навичками надання домедичної допомоги при ураженні електричним струмом.

4.2 Заходи щодо приведення виявлених небезпечних і шкідливих виробничих факторів до нормативних вимог

Причини виробничого травматизму під час роботи з автомобільною електронікою можуть бути зумовлені технічними, технологічними та організаційними факторами. До технічних причин належать несправність електроінструменту, порушення ізоляції проводів, відсутність заземлення приладів або несправність вентиляційних систем. Технологічні причини пов'язані з порушенням температурних режимів паяння або неправильним підключенням контактів, що може призвести до короткого замикання.

Аналіз безпеки праці свідчить, що найчастіше нещасні випадки та погіршення здоров'я відбуваються внаслідок знехтування правилами електробезпеки та відсутності належної вентиляції робочого місця.

Для приведення умов праці до нормативних вимог під час дослідження блоку клімат-контролю передбачено такі заходи:

1. Електробезпека та захист обладнання:

– усі корпуси вимірювальних приладів та паяльних станцій, які живляться від мережі змінного струму, повинні бути надійно заземлені.

– робоче місце має бути обладнане пристроєм захисного відключення (ПЗВ).

– для запобігання пошкодженню мікросхем блоку клімат-контролю статичною електрикою, а також для додаткової безпеки працівника, обов'язковим є використання антистатичного браслета, який підключається до шини заземлення.

2. Захист від шкідливих хімічних виділень:

– робоче місце для паяння друкованих плат обов'язково обладнується місцевою витяжною вентиляцією. Це запобігає потраплянню токсичних парів флюсу та припою в дихальні шляхи працівника.

– приміщення, де проводяться роботи, повинно мати загальнообмінну припливно-витяжну вентиляцію.

3. Ергономіка та освітлення:

– для зниження зорового напруження під час роботи з електронними компонентами використовується комбіноване освітлення: загальне освітлення приміщення доповнюється місцевим (безтіньові настільні лампи).

Для роботи з мікрокомпонентами (SMD) блоку управління клімат-контролем застосовуються оптичні системи (настільні лупи з підсвічуванням або цифрові мікроскопи).

4. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): Робота з радіоелектронікою та автомобільними системами кондиціонування вимагає комплекту засобів індивідуального захисту:

– захисні окуляри – обов'язкові при проведенні паяльних робіт (захист очей від мікрокрапель розігрітого припою або флюсу), а також при монтажі/демонтажі блоку в автомобілі (захист від випадкового викиду холодоагенту під тиском).

– спецодяг – халат з антистатичної або бавовняної тканини для запобігання накопиченню статичного заряду.

– захисні рукавички – під час демонтажу блоків з автомобіля або роботи

поблизу магістралей кондиціонера необхідно використовувати захисні рукавички для запобігання порізам об металеві краї панелей та термічним опікам.

Організація робочого місця за стандартами охорони праці не лише гарантує збереження здоров'я працівника, а й підвищує точність і надійність проведення дослідницьких та ремонтних робіт з електронними блоками автомобіля.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломної роботи було проведено комплексне дослідження принципів роботи, схемотехніки та конструктивних особливостей електронних блоків керування сучасними системами клімат-контролю (на прикладі систем типу Climatronic). На основі проведеного аналізу можна зробити такі основні висновки:

- доведено, що сучасний клімат-контроль трансформувався з механічної системи у складну електронно-обчислювальну мережу. Блок керування сьогодні є спеціалізованим мікрокомп'ютером, який працює за алгоритмами замкненого контуру, постійно адаптуючи роботу виконавчих механізмів до мінливих зовнішніх і внутрішніх теплових навантажень.

- встановлено, що для предиктивного (випереджального) регулювання температури сучасні системи використовують високотехнологічні датчики. Зокрема, двозонний датчик інтенсивності сонячного випромінювання на базі фотодіодів дозволяє компенсувати променевий нагрів салону, враховуючи кут падіння променів. Датчики тиску холодоагенту еволюціонували від простих контактних реле до п'єзорезистивних перетворювачів із вбудованими мікросхемами, які передають інформацію мікроконтролеру у вигляді цифрового ШІМ-сигналу, що значно підвищує точність моніторингу та захисту компресора.

- проаналізовано перехід від аналогового до імпульсного керування потужністю. Використання твердотільних ШІМ-контролерів на базі потужних MOSFET-транзисторів для керування вентилятором свіжого повітря забезпечило безступеневе регулювання обертів, мінімізацію теплових втрат та підвищення загальної надійності вузла порівняно з класичними резисторами.

- досліджено схемотехніку інтегральних Н-мостів, які відповідають за реверсивне керування сервоприводами заслінок. Застосування колекторних двигунів постійного струму в поєднанні з лінійним потенціометричним зворотним зв'язком дозволяє системі з високою точністю позиціонувати заслінки. Визначено, що критично важливою процедурою для коректної

роботи алгоритму блоку керування є регулярна програмна адаптація (встановлення базових параметрів) крайніх положень приводів.

Загальний підсумок: Отримані в ході дослідження результати та систематизовані матеріали щодо логіки роботи та апаратного забезпечення кліматичних систем мають високу практичну цінність. Їх впровадження в діагностичні алгоритми станцій технічного обслуговування дозволить суттєво скоротити час пошуку несправностей, уникнути невиправданої заміни дорогих електронних модулів та підвищити якість ремонту сучасних автомобілів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основне завдання системи клімат-контролю в автомобілі URL: https://vbavto.ua/blog/klimat-kontrol-v-avtomobili-shcho-tse-take-printsip-roboti-ta-dlia-chogo-vin-potriben?srsltid=AfmBOoohHRiMVT6VlwiY5u2Gv5LZErpYNaPeNpcagjivgm6oN_YtTRP7 (дата звернення: 15.04.2026 р.).
2. Блок керування клімат контролем у автомобілі Cadillac Eldorado URL: https://www.ebay.com/b/A-C-Heater-Controls-for-Cadillac-Seville/33545/bn_1341554 (дата звернення: 15.04.2026 р.).
3. Панель керування клімат-контролем BMW E32 URL: <https://ukr-auto.com.ua/ua/elektronika/blok-keruvannya-komfortu/blok-keruvannya-klimat-kontrolyu/blok-upravlinnya-klimat-kontrolem-bmv-7-e32-64111390810> (дата звернення: 15.04.2026 р.).
4. Сенсорний блок керування клімат-контролем VW Passat B8 URL: <https://motopoland.com.ua/ua/catalog/volkswagen-passat-b8--blok-upravlenyya-klymatom/1/> (дата звернення: 15.04.2026 р.).
5. Регулятор обертів електровентилятора обдуву салону VW Tiguan 1 URL: <https://bus-shop.com.ua/vw-tiguan-2007-2016-autoparts/obogrev--kondicionirovanie-volkswagen-tiguan-2007-2016/reostat--rezistor-pechki-vw-tiguan-2007-2016/reostat--rezistor-pechki-7-kontaktov-volkswagen-tiguan--folkswagen-tiguan-2007-2016-30939753-swag-germanija> (дата звернення: 15.04.2026 р.).
6. Сервопривід заслінки керування температурою зліва VW GOLF V URL: https://avto.pro/catalog/volkswagen/golf/motor-zaslonki-pechki-m4168/?srsltid=AfmBOooOeQZN_ZOTcIvHsWm2ga9xqqLMAs2FK7PN2VkpKo_AQINoyBAHQ (дата звернення: 15.04.2026 р.).
7. Електромагнітні клапани пічки з додатковою електропомпою AUDI A6 C6 URL: <https://restauro.com.ua/ua/auto-catalog/audi-a6-c6/klapan-pecki/1/> (дата звернення: 15.04.2026 р.).

8. Компресор кондиціонера VAG URL: <https://carsun.com.ua/ua/products/vag-1k0820859s?srsltid=AfmBOoqpIhPoxVAPeWLY3Jj1fCL1ztOatwJej58x2kIpr9Di0k4BqGcw> (дата звернення: 15.04.2026 р.).
9. Датчик температури дефлектора URL: https://razbus.com.ua/ru/volkswagen-passat-b6-2005-2010-datchik-temperature-vozduha-v-salone_29201-1072?srsltid=AfmBOopQzHBVSXIDerOs90TR8Jk6eFna2TWR-6mZeCLrauX2_nPVgi6n (дата звернення: 15.04.2026 р.).
10. Датчик тиску фреону URL: <https://prom.ua/p1600673190-datchik-davleniya-freona.html> (дата звернення: 15.04.2026 р.).
11. Датчик якості повітря Audi A6 C6 URL: <https://detali-if.com.ua/ua/p2506505637-sensor-kachestva-vozduha.html> (дата звернення: 15.04.2026 р.).
12. Внутрішня схема сервоприводу Climatronic URL: <https://driver.top/exp/45566/> (дата звернення: 17.05.2026 р.).
13. Електросхема підключення блоку клімат-контролю VW Passat B4 URL: <https://vwts.com/articles/cooling/blok-upravleniya-ventilyatorom.html> (дата звернення: 20.05.2026 р.).
14. Електросхема підключення блоку клімат-контролю VW Passat B4 URL: <https://vwts.com/forum/topic/240381/page-10#post-3652593> (дата звернення: 20.05.2026 р.).
15. Детальна принципова електрична схема блока керування вентиляторами із зазначенням номіналів компонентів URL: <https://www.diagram.com.ua/list/comp/comp74.shtml> (дата звернення: 20.05.2026 р.).