

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ЇЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

Нечаус Андрій Олександрович, канд. техн. наук, доцент каф. АЕ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: nechaus@ukr.net, ORCID: [0000-0001-8833-0802](https://orcid.org/0000-0001-8833-0802)

Андрущак Віктор Миколайович, студент,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: aebt21avm@stud.khadi.kharkov.ua

Сучасний автомобіль важко уявити без системи клімат-контролю. У найбільш загальному виконанні, така система (HVAC – Heating, Ventilation and Air Conditioning) складається з підсистем обігріву, вентиляції та кондиціонування повітря [1]. Додатково, на таку систему покладаються функції підтримання вологості повітря, нейтралізації в ньому шкідливих речовин, фільтрації та обеззараження, а також обігріву стекол для забезпечення їх прозорості. Крім того, до системи клімат-контролю можна віднести обігрів сидінь, руля та внутрішнє освітлення салону. На відміну від традиційних автомобілів, система HVAC для електромобіля має певні особливості, які пов'язані з відсутністю джерела механічної та теплової енергії, яким є двигун внутрішнього згоряння. Тобто функціонування системи HVAC забезпечується за рахунок ємності бортових акумуляторних батарей, які визначають запас ходу електромобіля.

Як свідчать дослідження [2], енергоспоживання системи кондиціонування повітря складає близько третини всього низьковольтного навантаження електромобіля. Друге місце посідає система освітлення – близько 25%, а третє – система склоочищення та приводу стекол – близько 10%. В такому разі, можна вважати, що вдосконалення системи HVAC є одним з основних шляхів зниження витрат енергії і, як наслідок, збільшення запасу ходу електромобіля.

Метою роботи є визначення шляхів підвищення ефективності системи HVAC електромобіля, зменшення її енергоспоживання, в тому числі за рахунок впровадження сучасних технологій електричного обладнання, електронних систем та алгоритмів керування.

Підсистема вентиляції є більш простою у складі HVAC, оскільки у більшості випадків, зовнішнє повітря потрапляє у салон автомобіля за рахунок перепаду тиску повітря, який виникає при русі автомобіля. Однак, при зупинці такого перепаду не виникає, тому, до складу підсистеми вентиляції повинен бути включений пристрій створення примусового руху повітря – вентилятор з електромашинним приводом, який також використовується підсистемами опалення та кондиціонування. Також використовуються заслонки з електричним приводом, які забезпечують перекривання каналу надходження зовнішнього повітря у салон електромобіля та перерозподілу потоків повітря у салоні.

Підсистема опалення включає електричні нагрівальні елементи, в яких здійснюється перетворення електричної енергії на теплоту, та які обдуваються повітрям, що циркулює в салоні або надходить ззовні. Кількість енергії, яку споживає система обігріву напряму залежить від різниць дійсної та бажаної

температури у салоні, а також кількості нагрівальних елементів при багато зонній системі клімат-контролю.

Підсистема кондиціонування найбільш складна серед усіх підсистем HVAC, оскільки включає в себе додатково компресор та вентилятор обдуву конденсатора, тобто, по-суті, ще два електричні двигуна.

Таким чином, основними споживачами електричної енергії системи клімат-контролю є електричні двигуни, які забезпечують привод вентиляторів та компресора, а також нагрівальні елементи. Двигуни заслонок, електричні клапани, індикатори та датчики цієї системи працюють короткочасно або споживають невелику частину енергії. Тобто основним напрямом вдосконалення системи HVAC слід вважати саме заходи спрямовані на забезпечення ефективності електромашинних приводів.

Шляхи зменшення енергоспоживання:

- використання сучасних електричних двигунів, зокрема безщіткових двигунів постійного або змінного струму зі збудженням від постійних магнітів. Такі двигуни на теперішній час мають найкращі енергетичні характеристики, що визначає переважне їх використання як тягових двигунів електромобілів;

- застосування для живлення двигунів підвищеної напруги. Зокрема розглядаються пропозиції щодо застосування напруг 24, 48 та 60 В, підвищення напруги зумовлює зменшення струму живлення, що особливо актуально для двигуна компресора, потужність якого найвища;

- застосування сучасних методів електронного керування двигунами: пропорційно-інтегральне, поле-орієнтоване, просторово-векторне керування, які дозволяють підвищити ефективність електричних двигунів за рахунок контролю механічних параметрів їх режиму роботи;

- застосування сучасних електронних та мікропроцесорних систем керування системами автомобільної електрики та електроніки, які пропонують провідні виробники [3].

Як приклад організації системи керування HVAC розглянуто структуру пропоновану Texas Instruments Incorporated (рис. 1) [4].

Система передбачає використання сучасних технологій та методів перетворення параметрів електричної енергії постійного струму, які входять до складу блоку Power supply, реалізацію сучасних методів керування крокових двигунів (Damper motor driver) та сучасних електричних двигунів постійного струму (Blower motor driver), а також керування електричними нагрівачами (Defrost driver). Передбачено підключення сигнальних датчиків, датчиків температури та струму, керування виконавчими елементами системи HVAC.

Для кожного функціонального модуля пропонованої системи є декілька варіантів реалізації, які відрізняються можливими технічними характеристиками, що можуть задовольнити потреби конкретного технічного рішення проєктованої системи HVAC, а також наведено технічну документацію та рекомендації щодо їх монтажу та налаштування. Наведені технічні характеристики та схемні рішення дозволяють провести математичне моделювання та наступні порівняльні розрахунки для визначення кількісних показників зменшення енергоспоживання системи HVAC.

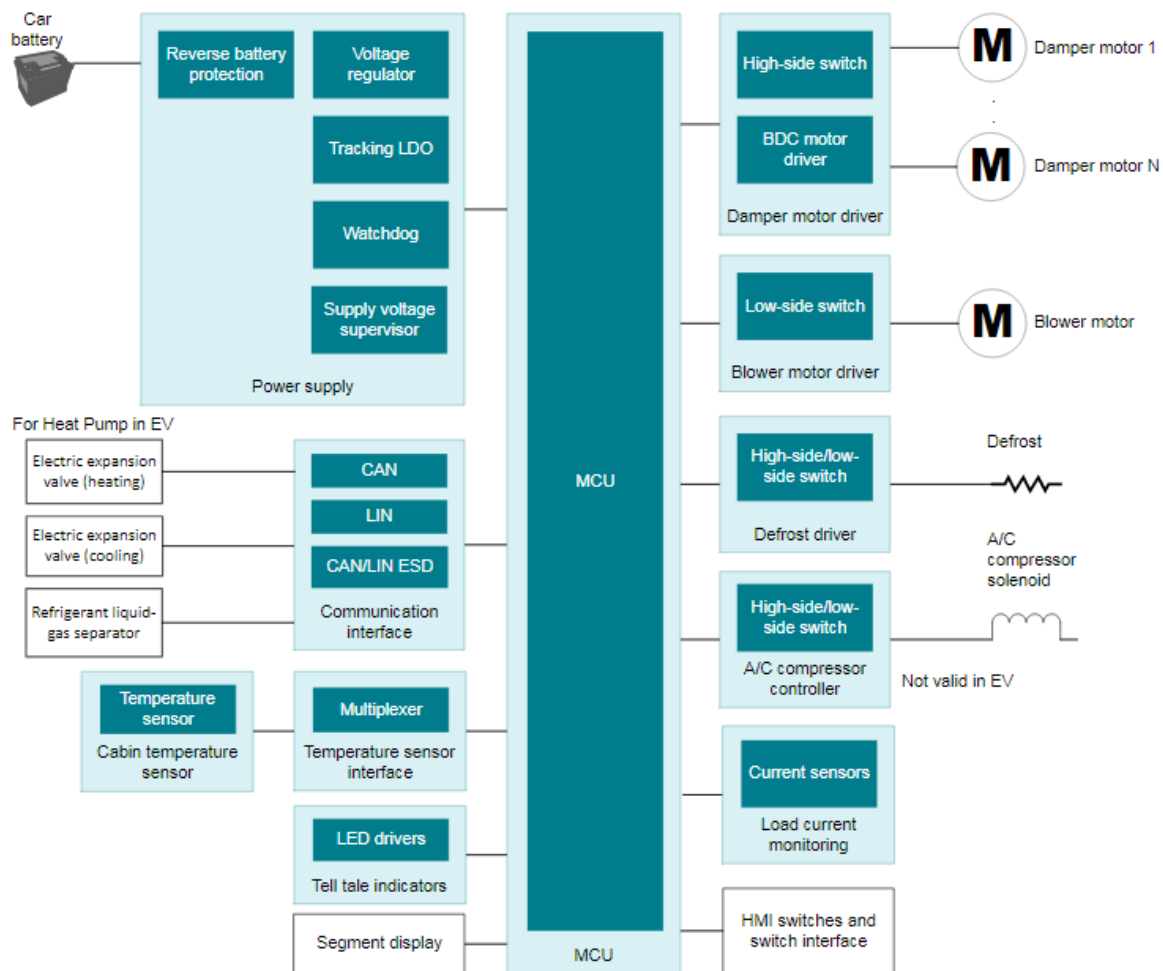


Рисунок 1 – Система керування для HVAC електромобіля від Texas Instruments Incorporated [4]

Висновки

На підставі проведених досліджень визначено, що за рахунок використання сучасних методів керування агрегатами та елементної бази електронних компонентів системи HVAC електромобіля можливо зменшити її енергоспоживання, чисельні результати можливо отримати в ході подальших досліджень.

Література

1. K. Reif (Ed.), Automotive Mechatronics, Bosch Professional Automotive Information, DOI 10.1007/978-3-658-03975-2_25, © Springer Fachmedien Wiesbaden 2015. – 538 p.
2. Elish Ganesh, Yashas Shetty, Bipin Waikhom, C.M. Vilas & Kiran C.H. Review of Researches on HVAC System Load on Electric Vehicles. International Journal of Applied Engineering Research and Development (IJAERD). Vol. 12, Issue 1, Jun 2022, pp.15 – 22.
3. Hybrid, electric & powertrain systems. [Електронний ресурс]. <https://www.ti.com/applications/automotive/hev-ev-powertrain/overview.html>.
4. Automotive HVAC control module. Products and reference designs. [Електронний ресурс]. <https://www.ti.com/solution/automotive-hvac-control-module>.