ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЇЗДОВИХ ВИПРОБУВАЛЬНИХ ЦИКЛІВ ДЛЯ ОЦІНКИ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Толочко О.І., д.т.н., проф., Носихін М.М., магістрант
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Актуальність зниження експлуатаційних витрат електроенергії силовими установками в транспортних засобах набуває в сучасному світі все більшої значущості, в зв'язку з високою вартістю акумуляторних батарей. Аналіз економічності дозволяє здійснити обґрунтований вибір системи керування та забезпечити мінімальні витрати енергії при його експлуатації. Для її оцінки використовують їздові цикли – залежності швидкості руху електротранспорту від часу, які дозволяють визначити витрати електроенергії в умовах експлуатації.

Мета роботи – виконати аналітичний огляд існуючих їздових циклів, які дозволяють оцінити споживання електроенергії акумуляторних електромобілів.

Матеріали дослідження. Як випливає з огляду літератури [1] та [2], з осені 2018 року введено новий їздовий цикл (на вимоги і умови якого треба орієнтуватися при оцінках показників будь-яких транспортних засобів). Раніше використовували інші їздові цикли. Наприклад, з 1992 року по теперішній час використовують Європейський їздовий цикл NEDC (New European Driving Cycle) [3], Американський цикл (з більш жорсткими вимогами і нормами) EPA (Environmental Protection Agency), Японський цикл JCO8 (Japan Cycle).

Європейський цикл руху (NEDC) призначений для оцінки рівня шкідливих викидів автомобільних теплових двигунів і економії палива [4]. Даний цикл моделює типову діаграму руху на європейських дорогах. Він почав використовуватися з 1-го січня 1992 року та описує рух в місті і на трасі.

Спочатку розроблений для автомобільних транспортних засобів з бензиновими ДВЗ, цей їздовий цикл тепер також використовується для автомобілів з дизельним двигуном і для оцінки споживання електроенергії і дальності пробігу гібридних і акумуляторних електромобілів [5]. Цикл NEDC (рис. 1) складається з двох частин: цикл ECE-15 – фаза міського руху (повторюється 4 рази, допустимі значення інтервалів часу – від 0 с до 780 с); цикл EUDC – рух по автобану (по трасі), тривалість від 780 с до 1180 с.

Основні умови:

- Температура навколишнього середовища 20 - 30 ° С.
- Довжина випробувального ділянки 11 км.
- Тривалість циклу 20 хвилин.

Цикл складається з двох фаз:

- Рух в місті тривалістю 13 хвилин
- Рух за межами міста тривалістю 7 хвилин.

Середня швидкість близько 33 км / ч.
Частка часу стоянки 25%.
Максимальна швидкість 120 км / ч.

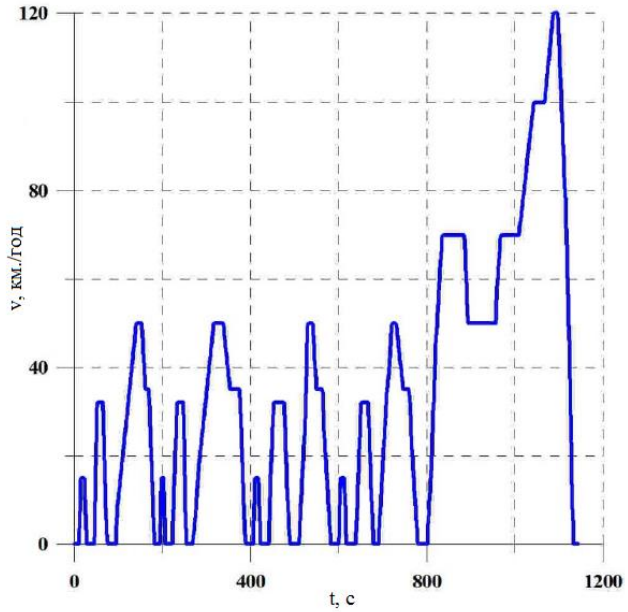

Рисунок 1 – Цикл NEDC для системи керування електромобілем

Починаючи з вересня 2017 року, для вступаючих на ринок нових легкових автомобілів діють нові значення витрат, які визначаються згідно з новим стандартом WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle). WLTP – це всесвітньо узгоджена процедура випробувань легкових автомобілів (рис. 2), яка ініціює єдину в світовому масштабі методику випробувань для визначення витрати палива і викидів вихлопних газів. WLTP реформує методику вимірювань і випробувань, яка застосовується автовиробниками. Всесвітньо узгоджена процедура випробувань легкових автомобілів призначена для випробувань легкових автомобілів і легких вантажних автомобілів.

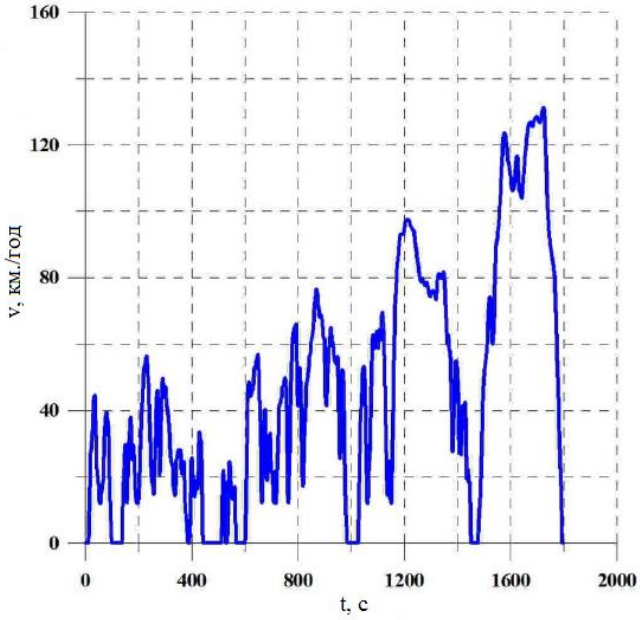

Рисунок 2 – Цикл WLTP для системи керування електромобілем

Основні умови:

- Температура навколишнього середовища 23 ° С.
- Довжина випробувального ділянки 23 км.
- Тривалість циклу 30 хвилин.
- Він складається з чотирьох фаз (низька, середня, висока, надвисока).
- Середня швидкість 47 км / ч.
- Частка часу стоянки 13%.
- Максимальна швидкість понад 130 км / ч.
- В оцінку включено масу автомобіля.

При порівнянні їздових циклів WLTP та NEDC можна побачити, що вони відрізняються тим, що в циклі WLTP використані довші відстані, більш короткий час стоянки. Крім того, методика випробувань для вимірювання витрати палива і викидів CO2 автомобіля перенесена на випробувальний стенд. Порівняємо умови тесту WLTP та NEDC (числа в дужках):

- Тривалість тесту 30 хв (20 хв).
- Довжина тестової дистанції 23,5 км (11 км).
- Час простою 13%, тобто 3,9 хв (25%, тобто 5 хв).
- Число зупинок / розгонів 12 (22). Швидкість руху: середня 46,6 км / год, (34 км / год) максим. 131 км / год (120 км / год).
- Фази тесту: низька, середня, висока, надвисока швидкість руху; режим "Місто" для електромобілів (міська, заміська).
- Враховується вплив всього обладнання на аеродинаміку, масу і момент опору коченню (раніше нічого не бралося до уваги).

Використовуючи цей прийнятий в даний час в усьому світі цикл руху при моделюванні, будемо оцінювати за аналогією з витратою органічного палива автомобілем витратою електроенергії електромобіля, який забезпечується акумуляторною батареєю. Отже, маючи умови, відповідні WLTP, можна оцінити витрата електроенергії на електромобілі.

Крім цього є ще два їздові цикли, а саме такі: японський та американський [6].

Тестування електромобіля згідно японського циклу проходить наступним чином [6]: проводиться 10-15 режимних циклів тривалістю 660 с, що імітують характерні умови руху транспорту в Токіо. Причому, перші три цикли тесту з максимальною швидкістю руху 40 км / год мають 10 режимів, а останній цикл з максимальною швидкістю руху 70 км / год – 15 режимів.

Американський цикл – це більш складний їздовий цикл для випробувань легкових електромобілів, які використовуються в США [8]. У ньому практично немає сталих режимів руху. Довжина умовного шляху в такому циклі – 17,8 км, час його виконання – 1877 с, максимальна швидкість руху – 91,2 км / год, середня швидкість руху – 34,1 км / год. Витрати електроенергії вимірюються при роботі електродвигуна (електродвигунів) в випробувальному їздовому циклі FTP 75 (Federal Test Procedure – 55% часу) і тестовому циклі Highway (45% часу).

Висновки. Причиною погіршення економічності електродвигунів електромобілів в умовах експлуатації є несправності та відхилення від оптимальних регулювань в його системах керування. Тому підтримання системи керування в технічно справному стані – є однією з умов економної витрати електроенергії. Найбільш повну інформацію про технічний стан електромобіля в цілому дають перевірки за їздовими циклами, які включають найбільш вживані в умовах експлуатації неусталені режими. Проаналізувавши аналітичний огляд їздових циклів можна зробити висновок, що найбільш доцільно використовувати NEDC, хоча інші цикли теж коректно оцінюють витрати електроенергії.

Перелік посилань

1. Ездовые циклы. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://avtonov.svoi.info/nedc.php#sthash.Mjrkjszb.TPqJdgZu.dpbs
2. Европейский цикл движения NEDC для типовых испытаний. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ustroistvo-avtomobilya.ru/sistemy-snizheniya-toksichnosti/evropejskij-tsikl-dvizheniya-nedc-dlya-tipovyh-ispytanij/
3. Новые стандарты в измерении расхода топлива. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.audi.ru/ru/web/ru/innovations/wltp-lp.html
4. WORLD HARMONIZED LIGHT-DUTY VEHICLES TEST PROCEDURE. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Worldwide_Harmonised_Light_Vehicles_Test_Procedure
5. Philipp Vetter Дослідження VW Golf показників економічної рентабельності після 100 тис. км. пробігу. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://habr.com/ru/post/449644/
6. Monica Tutuianu, Alessandro Marotta, Heinz Steven, Eva Ericsson, Takahiro Haniu, Noriyuki Ichikawa, Hajime Ishii Development of a World-wide Worldwide harmonized Light duty driving Test Cycle (WLTC). – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2014/wp29grpe/GRPE-68-03e.pdf
7. Jakob Seiler WLTP for realistic test procedures. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.vda.de/en/topics/environment-and-climate/exhaust-emissions/wltp-worldwide-harmonized-light-vehicles-test-procedure.html
8. Joachim Demuynck, Dirk Bosteelsb, Michel De Paepea, Cécile Favreb, John Mayb, Sebastian Verhelsta Recommendations for the new WLTP cycle based on an analysis of vehicle emission measurements on NEDC and CADC. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://biblio.ugent.be/publication/3057761/file/3057782