

<https://guide.openenergymonitor.org/setup/> (дата звернення: 11.09.2020).

Смирнов Олег Петрович, д.т.н, доцент, професор кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, SmirnovO@gmail.com

Марченко Антон Валерійович, аспірант кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, anton.marchenko.1994@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДА TESLA MODEL S

Tesla Model S – п'ятидверний [електромобіль](#) виробництва [американської](#) компанії [Tesla Motors](#). Електромобіль Tesla Model S вперше був представлений на Франкфуртському автосалоні в 2009 р., продажі в США почалися в червні 2012 р. Технічні характеристики модельного ряду Tesla Model S в базовій комплектації наведені у таблиці [1], [2], [3].

Таблиця – Технічні характеристики модельного ряду Tesla Model S

Технічні характеристики	S40	S60	S70	S75	S85	S90	S100
Ємність батареї, кВт·год	40	60	70	75	85	90	100
Потужність, кВт	200	250	290	290	290	325	585
Крутний момент, Нм	430	430	440	440	440	480	600
Розгін до 100 км/год, с	6,5	5,8	5,8	4,5	5,4	4,4	2,4
Максимальна швидкість, км/год	180	210	230	230	230	250	250
Дальність пробігу, км	224	375	420	401	502	557	632

Порівняльні механічні характеристики електродвигунів автомобілів Tesla Model S наведені на рисунку 1.

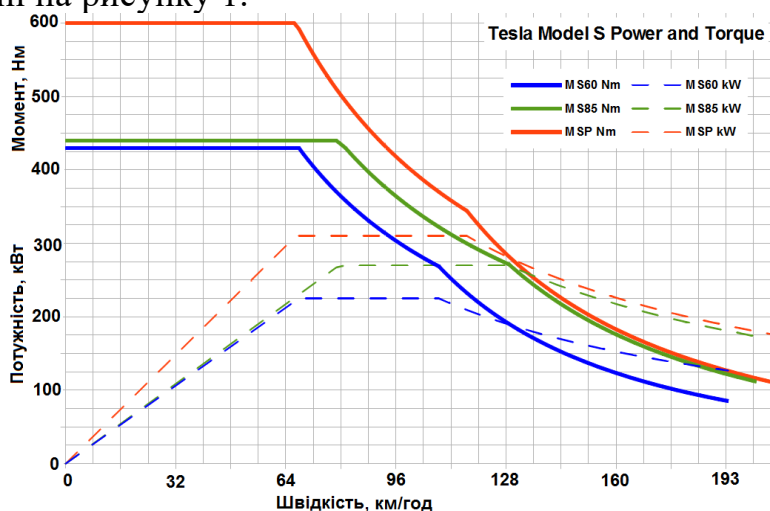


Рисунок 1 – Механічні характеристики електродвигунів автомобілів Tesla Model S

У серпні 2016 р. компанія Tesla представила нову модифікацію Model S P100D. Запас ходу збільшився до 632 км на одному заряді, а до 100 км/год електромобіль розганяється за 2,4 с. Проведемо аналіз та розглянемо особливості компоновки електропривода Tesla Model S P100D, яка виконана як п'ятидверний fastback з повністю алюмінієвим кузовом. У маркуванні P100D перша буква P – це версія автомобіля Perfomans, буква D – означає привід 4x4 (Dual Motor), тобто по одному електромотору на кожен вісь. Передній Drive Unit для модифікації 4x4 Performance застосовує асинхронний електродвигун типу 270 HP потужністю 200 кВт та з максимальними обертами 18 000 об/хв. Задній Drive Unit для модифікації 4x4 Performance застосовує асинхронний електродвигун з мідним ротором типу 503 HP потужністю 370 кВт та з максимальними обертами 16 000 об/хв.

Задній приводний блок прикріплений до заднього підрамника кріпленнями переднього і заднього редукторів, які вбудовані в корпус коробки передач, а третє кріплення кріпиться на корпусі двигуна. Коробка передач на автомобілі відсутня. Її замінив редуктор з передавальним числом 9.73. Передача завжди одна, електродвигун механічно постійно пов'язаний з колесами.

Інвертор отримує живлення від тягової акумуляторної батареї напругою 400 В постійного струму, перетворює його в змінний струм і подає напругу на електродвигун. Пікові значення струму можуть досягати 1400 А. Такий струм, як і максимальна сумісна потужність електричних двигунів 570 кВт - це лише пікові значення, які можуть використані досить короткочасно. Під час руху на практиці спостерігається значно нижча потужність та струм живлення.

Інвертор містить два процесори цифрових сигналів (DSP) на платі управління. Головний DSP управляє двигуном, контролює працездатність системи приводу і обробляє запити водія. Другий DSP (званий «Педальний монітор») – це монітор безпеки, який може зупинити генерацію крутного моменту, якщо струми двигуна, швидкість або стан педалі акселератора вказують на те, що основний DSP працює неправильно. Програмована вентильна матриця (FPGA) на платі управління управляє різними схемами безпеки і захисту на апаратному рівні.

Інвертор контролює температуру двигуна і силової електроніки. Він відправляє запити на охолодження двигуна і внутрішньої електроніки на терморегулятор. Немає прямого контролю потоку охолоджуючої рідини або швидкості обертання вентилятора від перетворювача; терморегулятор управляє системою для цілей, які оптимізовані по дальності і ефективності. Якщо температурні межі перевищені, приводний інвертор обмежує крутний момент двигуна до тих пір, поки температура не повернеться в номінальний робочий діапазон.

Двигун, коробка передач і приводний перетворювач мають загальну систему рідинного охолодження. Охолоджуюча рідина надходить на сторону двигуна приводу і проходить через коробку передач і приводний інвертор через ряд внутрішніх проходів.

Рекуперативне гальмування досягається за допомогою інвертора для створення негативного крутного моменту і відповідного струму, що протікає від електричного двигуна до батареї. Рекуперативне гальмування дозволено тільки при активованій системі контролю стійкості і ABS. Контроль тяги реалізований в системі контролю стійкості в моделі S з командами обмеження крутного моменту, що посилаються інвертору при зменшенні тяги.

Tesla Model S показує інформацію про пробіг, ґрунтуючись на заряді батареї і статистикою споживання заряду. Цей підрахунок не враховує перепади висоти і можливий вітер. Чим повільніше рухається автомобіль, тим менше опір повітря і довше пробіг.

На графіку (рисунок 2) наведена залежність між швидкістю і максимальним пробігом, а також залежність між витратою енергії і швидкістю.

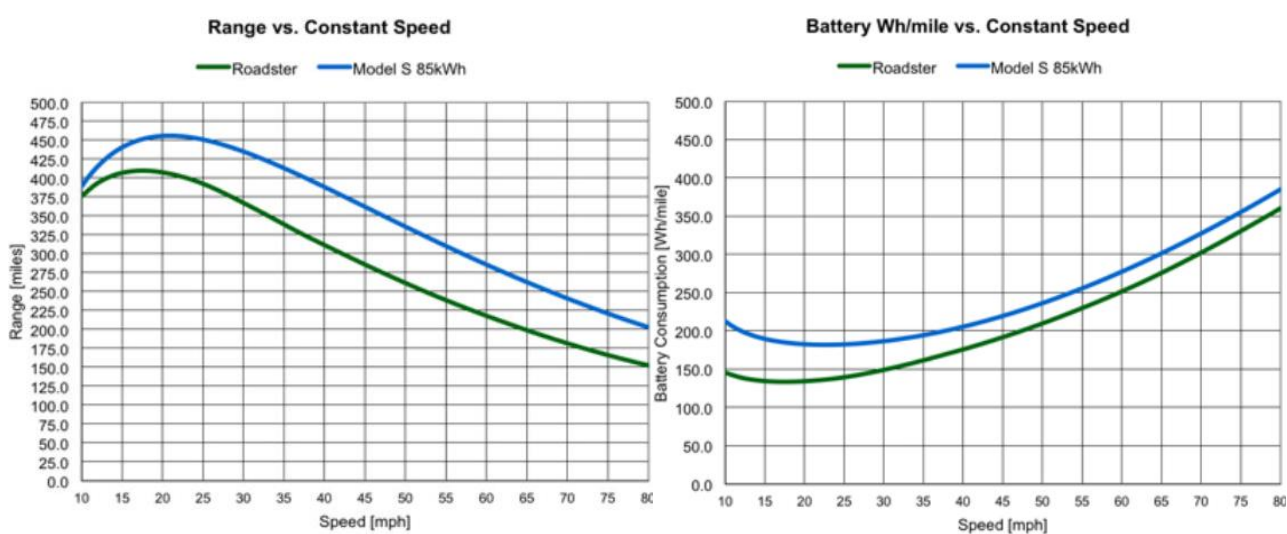


Рисунок 2 – Залежність між швидкістю і максимальним пробігом, залежність між витратою енергії і швидкістю

Проведений аналіз та дослідження особливостей електроприводу автомобіля Tesla Model S демонструє, що мається наступна тенденція розвитку електромобіля:

- збільшується енергоємність батареї (з 40 кВт·год до 105 кВт·год) при цьому збільшується дальність пробігу на одному заряді з 224 км до 665 км. Доведено також що, чим повільніше рухається автомобіль, тим довше пробіг, а найбільш економна швидкість електромобіля складає від 15 км/год до 45 км/год;

- збільшується потужність двигунів (з 200 кВт до 585 кВт) при цьому знижується час розгону від 0 км/год до 100 км/год з 6,5 с до 2,4 с.

Література

1. 2012 Tesla Model S: EPA Range Of 265 Miles, 89 MPGe Efficiency. URL: https://www.greencarreports.com/news/1077122_2012-tesla-model-s-epa-range-of-265-miles-89-mpge-efficiency (дата звернення 02.09.2020)

2. Tesla 60 kWh Model S Deliveries Delayed To January-February, Entry Level Until March-April. URL: <https://insideevs.com/news/316982/tesla-60-kwh-model-s-deliveries-delayed-to-january-february-entry-level-until-march-april/> (дата звернення 02.09.2020)
3. Tesla Model S. <https://www.tesla.com/models> (дата звернення 02.09.2020)

Данець Сергій Віталійович, к.т.н, заступник завідувача відділу - завідувач сектору автотехнічних досліджень Харківського науково-дослідного експертно-криміналістичного центру МВС України, danez@ukr.net. +380509583725

ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНА ПРИГОДА – СУЧАСНА МІЖНАРОДНА ПРОБЛЕМА.

За даними Всесвітньої організації здоров'я (ВОЗ) щорічно в дорожньо-транспортних пригодах (ДТП) у світі гине близько 1,35 млн.

У країнах з низьким та середнім рівнем доходу збитки від ДТП досягають 3 % валового внутрішнього продукту країн, що разом складає понад 100 млрд. доларів США. Дорожньо-транспортний травматизм разом зі СНІДом, самогубством, і вбивством стають основними причинами загибелі молодих людей у віці 5–29 років [2].

Основні фактори, які за даними ВОЗ впливають на показники ДТП – це рівень доходу країни (низький, середній, високий), транспортна політика в галузі безпеки руху (її наявність, відсутність), стан дорожньої інфраструктури і якість медичної допомоги. ВОЗ виділяє п'ять основних елементів, які повинні визначати національні плани країн в галузі безпеки дорожнього руху – це управління безпекою дорожнього руху, більш безпечні дороги і мобільність, більш безпечні транспортні засоби (ТЗ), більш безпечна поведінка учасників дорожнього руху, відповідні заходи після ДТП [3]. Аналогічні вимоги з акцентом на профілактику безпеки дорожнього руху створені, постійно підтримуються та удосконалюються і в нашій країні.

Згідно статистичними даними патрульної поліції України кількість загиблих у ДТП і поранених із року в рік залишається дуже великою. Так у 2020 році відбулося 160675 ДТП, у яких загинуло 3454 людини, отримали поранення 32736 [4].

Найбільш небезпечними районами України в плані кількості ДТП є великі міста такі, як Київ, Одеса, Харків, Дніпропетровськ, Львів (дивись таблицю 1):

Таблиця 1. Розподіл ДТП за регіонами.

Регіон	Усього ДТП	ДТП с постраждалими		
		усього	загинуло	травмовано
АР Крим	0	0	0	0
Вінницька	3408	692	150	882
Волинська	2909	807	124	984
Дніпропетровська	11301	2102	189	2583
Донецька	4100	1028	123	1308