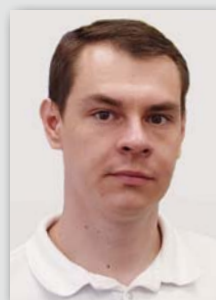


Analiza parametrów pracy układu napędowego

Hybryda w ruchu



GRZEGORZ GALANT

SPECJALISTA DS. TECHNICZNO-HANDLOWYCH
TEXA POLAND

POPULARNOŚĆ POJAZDÓW Z NAPĘDEM HYBRYDOWYM STAŁE ROŚNIE. DZISIAJ OFERTA PRAWIE KAŻDEGO LICZĄCEGO SIĘ PRODUCENTA POJAZDÓW OBEJMUJE PRZYNAJMNIEJ JEDEN MODEL HYBRYDOWY. PRODUCENCI CHĘTNIE SIĘGAJĄ PO TĘ TECHNOLOGIĘ, PONIEWAŻ POMAGA SPEŁNIĆ RYGORYSTYCZNE NORMY EMISJI SPALIN



Różnorodność dostępnych technologii hybrydowych jest ogromna. W tym artykule skupimy się na rozwiązaniu firmy Toyota. Na przykładzie modelu RAV-4 XA40 z 2016 roku z silnikiem spalinowym 2.5i Hybrid 2AR-FXE o łącznej mocy układu 145 kW wykonamy analizę pracy systemu podczas jazdy. Rejestrowanie wybranych parametrów oraz ich późniejszą analizę umożliwił najnowszy sprzęt firmy Texa Navigator TXT Multihub z oprogramowaniem IDC5 CAR.

Napęd hybrydowy w rozpatrywanym samochodzie składa się głównie z silnika spalinowego pracującego w cyklu Atkinsona, silnikogeneratora MG1, silnikogeneratora MG2, przekładni oraz akumulatora trakcyjnego. Samochód ma możliwość jazdy w trybie wyłącznie elektrycznym przy wykorzystaniu tylko silnikogeneratora MG2. Do rozruchu silnika spalinowego wykorzystywany jest silnikogenerator MG1 – służy on również do realizowania zmiany przełożenia przekładni e-CVT poprzez zmianę prędkości

obrotowej i momentu obrotowego. Zadaniem silnikogeneratora MG2 jest napędzanie pojazdu lub wspomaganie w tej czynności silnika spalinowego. Może on również odzyskiwać energię podczas hamowania.

Na początku przeanalizujemy, jak wyglądają parametry w poszczególnych stanach pracy układu napędowego. Gdy jest włączony jedynie zapien, pojazd nie porusza się, silnik spalinowy jest wyłączony, a pozycja pedału przyspieszenia równa jest 0%. Parametry przedstawia rys. 1. Prędkość i moment obrotowy silnikogeneratorów MG1 oraz MG2 wynosi 0.

Podczas delikatnego ruszania oraz przy odpowiednio naładowanym akumulatorze trakcyjnym pojazd porusza się tylko za pomocą silnikogeneratora MG2. Wygenerowany moment obrotowy wynosi prawie 53 Nm (rys. 2). W takich warunkach widać, że silnikogenerator MG1 nie wytwarza żadnej energii.

Gdy poziom naładowania akumulatora trakcyjnego spadnie poniżej wartości progowej (nawet jeśli pojazd jest w stanie spoczynku), uruchamiany jest silnik spalinowy, co zapewnia ładowanie akumulatora przez silnikogenerator MG1 (rys. 3). Obroty silnika stabilizowane są na poziomie 1280 obr./min. Moment obrotowy z wartością ujemną pokazuje, że silnikogenerator stawia opór, czyli pracuje w trybie generatora. Uwagę zwraca również wysoka wartość prędkości ob-

rotowej silnikogeneratora MG1 (ponad 4500 obr./min).

Jeżeli pojazd porusza się z niewielką prędkością, a energii w akumulatorze trakcyjnym jest na tyle mało, że jazda tylko za pomocą napędu elektrycznego nie jest możliwa, wspomaga on lekko silnik spalinowy. Wartość momentu obrotowego generowanego przez MG2 wynosi jedynie 4,25 Nm. Silnikogenerator MG1 znajduje się w tym czasie w trybie wytwarzania prądu do ładowania akumulatora trakcyjnego (rys. 4).

Pracę układu podczas jazdy lepiej obrazują wykresy. Skupmy się na wartościach momentów i prędkościach obrotowych poszczególnych silników podczas dynamicznego przyspieszania, jazdy ze stałą prędkością w warunkach pozamiejskich oraz hamowaniu z wykorzystaniem układu hybrydowego.

Rys. 5 pokazuje, jak zachowuje się układ napędowy podczas gwałtownego przyspieszania. Na wykresie wyszczególniono parametry dla trzech punktów czasowych, zestawiono je w postaci tabelarycznej dla wyższej czytelności i interpretacji wyników (tab. 1). Pierwszy punkt pomiarowy obejmował początek przyspieszania i jak widać, największą rolę odgrywał silnik elektryczny MG2, generując 123 Nm. Pojazdy z układem hybrydowym są tak oszczędne podczas jazdy miejskiej między innymi dlatego, że najwięcej energii zużywane jest na wprawienie samochodu w ruch. Maksymalny moment obrotowy silnika elektrycznego jest dostępny od najniższych obrotów, więc wykorzystuje się go przy każdym ruszaniu z miejsca. Obroty silnika spalinowego wynosiły tylko 1184 obr./min. Silnikogenerator MG1 nawet w pierwszej fazie generował już prąd do akumulatora trakcyjnego.

Mniej więcej w połowie przyspieszania (punkt 2), kiedy obciążenie jest największe, silnikogenerator MG2 nadal bardzo mocno wspomaga silnik spalinowy (moment obrotowy 107 Nm). Widać jednak, że silnik spalinowy pracuje z wysoką prędkością obrotową, wynoszącą około 3700 obr./min, by w głównej mierze realizować napęd pojazdu i napędzać silnikogenerator MG1 do wytwarzania prądu (moment obrotowy MG1 -48,75 Nm).

RYS. 1. PARAMETRY DLA POJAZDU W SPOCZYNKU – ZAŁĄCZONY TYLKO ZAPŁON

Obroty silnika	0 obr/min
Prędkość pojazdu	0 km/h
Silnik- generator liczba obrotów (MG2)	0 obr/min
Moment obrotowy silnika-generatora (MG2)	-0.00 Nm
Dostępna wartość momentu obrotowego silnika-generatora (MG2)	-0.00 Nm
Liczba obrotów silnika-generatora (MG1)	0 obr/min
Moment obrotowy silnika-generatora (MG1)	-0.00 Nm
Dostępna wartość momentu obrotowego silnika-generatora (MG1)	-0.00 Nm
Pozycja pedału gazu	0.0 %

RYS. 2. PARAMETRY POJAZDU PODCZAS RUSZANIA W TRYBIE CZYSTO ELEKTRYCZNYM

Obroty silnika	0 obr/min
Prędkość pojazdu	1 km/h
Silnik- generator liczba obrotów (MG2)	110 obr/min
Moment obrotowy silnika-generatora (MG2)	52.75 Nm
Dostępna wartość momentu obrotowego silnika-generatora (MG2)	56.12 Nm
Liczba obrotów silnika-generatora (MG1)	-152 obr/min
Moment obrotowy silnika-generatora (MG1)	-0.00 Nm
Dostępna wartość momentu obrotowego silnika-generatora (MG1)	-0.00 Nm
Pozycja pedału gazu	6.5 %

RYS. 3. PARAMETRY W STANIE ŁADOWANIA AKUMULATORA TRAKCYJNEGO – SILNIK SPALINOWY URUCHOMIONY, POJAZD NA POSTOJU

Obroty silnika	1280 obr/min
Prędkość pojazdu	0 km/h
Silnik- generator liczba obrotów (MG2)	0 obr/min
Moment obrotowy silnika-generatora (MG2)	-8.00 Nm
Dostępna wartość momentu obrotowego silnika-generatora (MG2)	-7.75 Nm
Liczba obrotów silnika-generatora (MG1)	4681 obr/min
Moment obrotowy silnika-generatora (MG1)	-7.50 Nm
Dostępna wartość momentu obrotowego silnika-generatora (MG1)	-6.00 Nm
Pozycja pedału gazu	0.0 %

RYS. 4. PARAMETRY UKŁADU TRAKCYJNEGO DLA POJAZDU PODCZAS DELIKATNEGO PRZYSPIESZANIA

Obroty silnika	1248 obr/min
Prędkość pojazdu	6 km/h
Silnik- generator liczba obrotów (MG2)	462 obr/min
Moment obrotowy silnika-generatora (MG2)	4.25 Nm
Dostępna wartość momentu obrotowego silnika-generatora (MG2)	8.00 Nm
Liczba obrotów silnika-generatora (MG1)	4310 obr/min
Moment obrotowy silnika-generatora (MG1)	-9.63 Nm
Dostępna wartość momentu obrotowego silnika-generatora (MG1)	-8.38 Nm
Pozycja pedału gazu	10.5 %