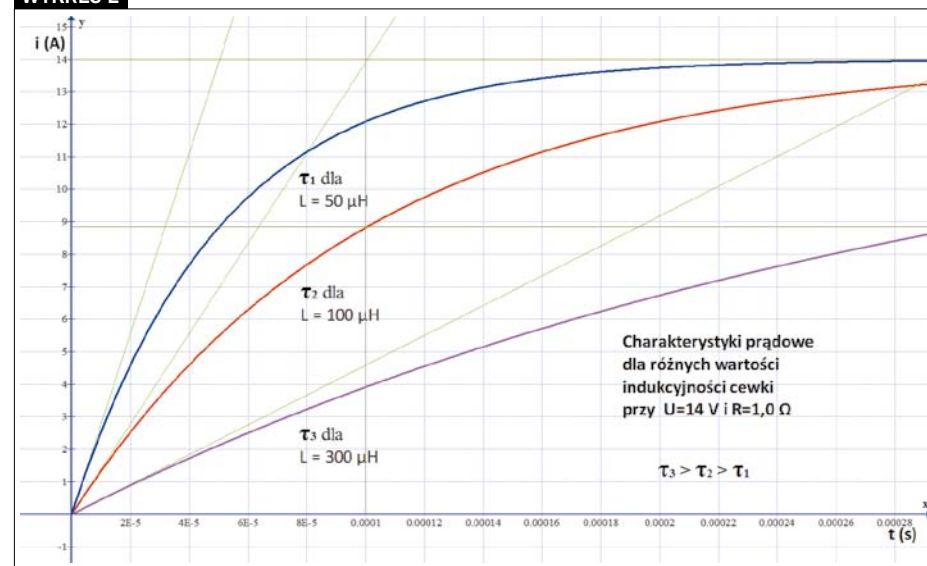


Przy założeniu stałej rezystancji cewki, zgodnie z wcześniej podanym wzorem, stała czasowa τ będzie zależała tylko od jej indukcyjności. Im jest ona większa, tym prąd przez nią płynący wolniej osiąga poziom nasycenia, co widać na kolejnym wykresie [2].

WYKRES 2



W wyniku swoistej inercji elektrycznej, proporcjonalnej do kąta nachylenia stycznej krzywej prądowej w stosunku do osi czasu, dochodzi do opóźnienia zadziałania elektrozaworu wtryskiwacza. Zjawisko to można wyjaśnić, odwołując się do prawa indukcji elektromagnetycznej Faradaya oraz prawa Lenza, zwanego również „regułą przekory”. Określa ona kierunek indukowanego pola magnetycznego w zjawisku indukcji elektromagnetycznej.

Wnioski z rozważań na temat stałej czasowej τ obwodu RL wtryskiwacza elektromagnetycznego są obarczone pewnym błędem, z powodu zmienności

Podniesienie napięcia – faza Booster

W wyniku kompromisu konstrukcyjnego przyjęto rozwiązanie uwzględniające realne możliwości wykonania elektromagnesu, z góry narzucając rezystancję i indukcyjność cewki wtryskiwacza. Wzajemne dopasowanie parametrów obwodu elektrycznego wtryskiwacza uzyskuje się poprzez odpowiednie ukształtowanie charakterystyki prądu sterującego pracą zaworu elektromagnetycznego, polegające na znacznym podwyższeniu napięcia w pierwszej fazie procesu sterowania (tzw. faza Booster) do wartości 50-80 V. Wykorzystuje się do tego celu energię przepięć indukcyjnych gromadzonych w kondensatorze. Dzięki temu opóźnienie reakcji elektromagnesu wtryskiwacza uniezależnia się w dużym stopniu nie tylko od niekorzystnego wpływu indukcyjności cewki, lecz przede wszystkim od zmiennych warunków zasilania panujących w instalacji elektrycznej, jak również od wzrastającej wraz z wiekiem pojazdu szkodliwej rezystancji połączeń elektrycznych.

Napięcie w instalacji elektrycznej pojazdu najczęściej utrzymuje się na poziomie ok. 14 V, a więc dla jego kilkukrotnego zwiększenia wykorzystuje się zjawisko samoindukcji (prawo Faradaya). Zgodnie

z nim, w zamkniętym obwodzie elektrycznym znajdującym się w zmiennym polu magnetycznym można spodziewać się powstania siły elektromotorycznej indukcji ϵ , równej szybkości zmian pola magnetycznego przechodzącego przez powierzchnię rozpiętą na tym obwodzie, zgodnie ze wzorem:

$$\epsilon = -z \frac{d\Phi_B}{dt} = -L \frac{di}{dt},$$

gdzie:

ϵ – siła elektromotoryczna indukcji,

z – ilość zwojów cewki,

$\frac{d\Phi_B}{dt}$ – szybkość zmian strumienia magnetycznego,

L – indukcyjność cewki,

$\frac{di}{dt}$ – szybkość zmian prądu.

Energię zgromadzoną w cewkach wtryskiwaczy uzyskuje się w następstwie przepięć indukcyjnych, powstałych w obwodzie elektrycznym wskutek nagłego ograniczenia lub rozłączenia przepływu prądu płynącego przez elektrozawór, co jest nieodłącznym elementem procesu sterowania. Wartość energii zgromadzonej w cewce wtryskiwacza jest wprost proporcjonalna do indukcyjności cewki L i kwadratu płynącego przez nią prądu / wg wzoru:

$$E = \frac{1}{2} L I^2.$$

Kondensatory w sterownikach systemu wtryskowego CR są ładowane w wyniku wielokrotnych, zaprogramowanych przepięć elektrycznych, przypadających na jeden cykl pracy wtryskiwacza elektromagnetycznego.

Charakterystyki prądowe sterowania cewki elektromagnesu przedstawia wykres [3] na sąsiedniej stronie.

Widoczne są na nim dwie przykładowe krzywe prądowe wyznaczone dla dwóch różnych napięć zasilania (1-50 V i 2-14 V) przy stałych parametrach elektrycznych cewki wtryskiwacza, tj. rezystancji $R = 1,0 \Omega$ oraz indukcyjności $L = 100 \mu H$. Linia pozioma oznaczona cyfrą 3 wyznacza wartość prądu przyciągania kotwicy elektromagnesu. Przy chwilowym napięciu zasilania 50 V (faza Booster) pojawia się ona już po 26 μs , a przy zasilaniu poziomym ok. 14 V – dopiero po 190 μs . Z uwagi na duże wahania napięcia w instalacji pojazdu – od rozruchu do stanu nor-

malnej pracy silnika, bez dodatkowych zabiegów dostosowujących krzywą prądową reakcje wtryskiwacza na sygnał sterujący następowałyby z różnymi opóźnieniami, co jest jednoznaczne z niedopuszczalnym zróżnicowaniem wielkości dawek paliwa.

Wpływ rezystancji obwodu elektrycznego wtryskiwacza

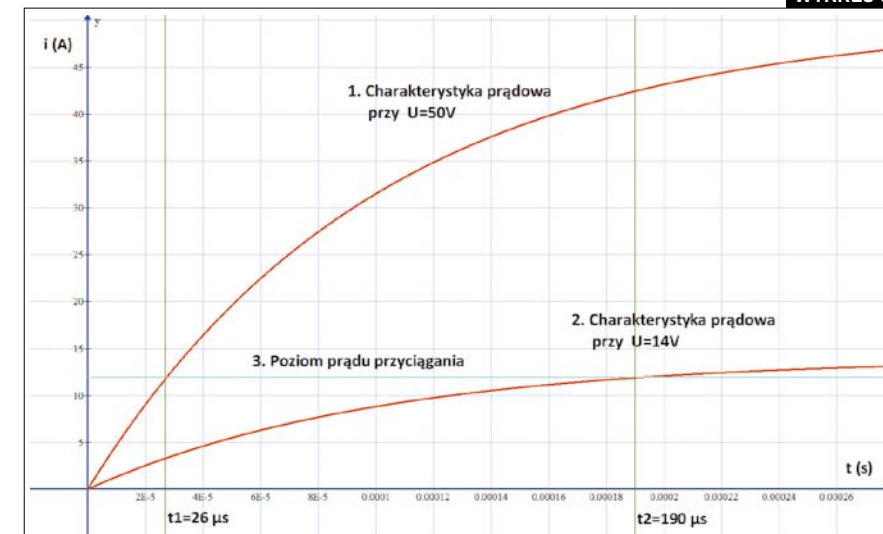
Innym niepokojącym zjawiskiem w obwodach elektrycznych systemów CR jest ich nadmierna rezystancja. Na kolejnym wykresie porównane zostały charakterystyki prądu zasilającego cewkę elektrozaworu wtryskiwacza przy rezystancji 1 Ω i 5 Ω . W tym drugim wypadku wartość prądu stała się niewystarczająca do przyciągnięcia zwory elektromagnesu. (patrz wykres 4).

Takim ograniczeniom nie zapobiega zastosowanie fazy Booster i w efekcie ich wystąpienia wtryskiwacz przestaje działać. Nadmierna wartość rezystancji jest pewnego rodzaju patologią układu zasilania elektrycznego. Najczęstszą jej przyczyną okazuje się niestaranna naprawa wiązki przewodów albo po prostu wyeksploatowanie instalacji elektrycznej pojazdu.

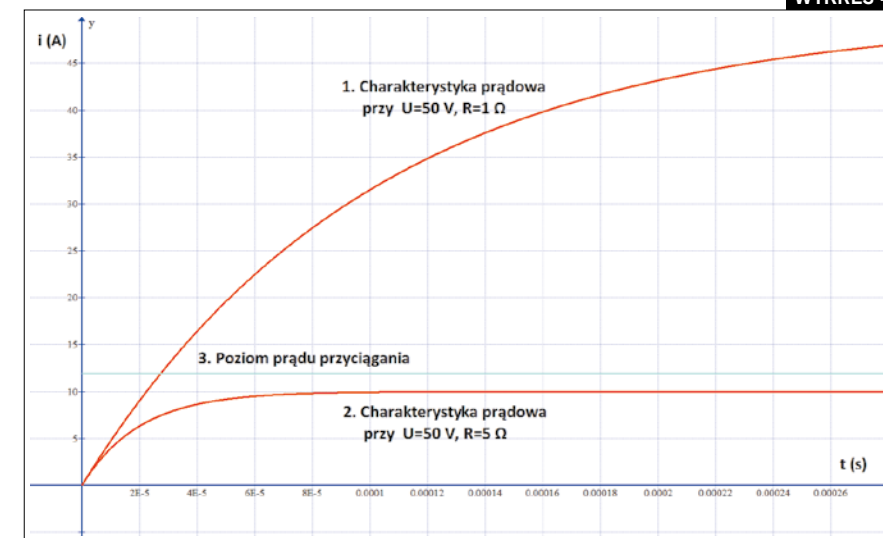
Zwykle nie zdajemy sobie sprawy z tego, jaki wpływ na ograniczenie dawek wtryskiwanego paliwa mają nieprawidłowe rezystancje w elektrycznych obwodach wtryskiwaczy. Badania przeprowadzone w naszym laboratorium wykazały, że obniżenie o połowę prądu sterującego pracą wtryskiwacza spowodowało aż pięciokrotne zmniejszenie dawki pilotażowej (dotryskowej) paliwa. Dopuszczalna rezystancja obwodu elektrycznego zasilającego wtryskiwacze CR nie powinna przekraczać wartości $R = 50 m\Omega$.

Z uwagi na różnorodność systemów wtryskowych CR, jak również na bogactwo asortymentowe wtryskiwaczy pochodzących od wielu producentów, przytoczone powyżej wartości liczbowe mają charakter wyłącznie dydaktyczny (poglądowy, orientacyjny) i nie powinny być wykorzystywane jako wzorcowe. To samo dotyczy charakterystyk prądowych, których celem jest tu jedynie zobrazowanie procesów elektrycznych zachodzących podczas sterowania wtryskiwaczami elektrycznymi systemów CR.

WYKRES 3



WYKRES 4



Inne aspekty niewłaściwej pracy systemu CR

Analizując wpływ momentu wtrysku na pracę silnika, należy zwrócić uwagę na dysfunkcję systemu CR dotyczącą opóźnionej reakcji elektromagnetycznego zaworu wtryskiwacza. Niekontrolowane opóźnienie i niewłaściwa dawka wtrysku niekorzystnie wpływają na parametry trakcyjne i kulturę pracy silnika, jak również zwiększają emisję spalin. Zbyt małe dawki pilotażowe lub ich brak są wyjątkowo uciążliwe dla kierowców z powodu irytująco głośnej pracy silnika. Następstwem niewłaściwych dawek dotryskowych może być także zanik aktywnej regeneracji filtra DPF, a w konsekwencji – jego zablokowanie. Zdarzają się również problemy z rosnącym poziomem oleju silnikowego, co zazwyczaj świadczy o wielokrotnych, nieudanych próbach zainicjowania przez sterownik

systemu CR regeneracji filtra cząstek stałych.

Problem niewłaściwych dawek paliwowych powstaje również w wyniku niefachowej naprawy wtryskiwaczy, zwłaszcza w zakresie regulacji skoku kulki lub ustalenia odległości płyty twornika od elektromagnesu (tzw. szczelina powietrzna). Powiększanie skoku zwory poprzez zmianę szczeliny początkowej powoduje powiększenie wartości prądu rozruchu elektromagnesu wtryskiwacza, znacznie wydłużając opóźnienie jego otwarcia. Najczęściej jest to powodem całkowitego braku małych dawek związanych z przedwtryskiem i dotryskiem paliwa. Stosowanie profesjonalnych urządzeń i narzędzi oraz fabrycznych technologii, a także wykorzystywanie oryginalnych części zamiennych daje szansę naprawy, po której zregenerowany wtryskiwacz niemal nie różni się od oryginału. Cdn.



STANOWISKO PROBIERCZE BOSCH DO BADANIA SYSTEMÓW WTRYSKOWYCH DIESLA

FOT. GLADYSER BOSCH SERVICE

FOT. GLADYSER BOSCH SERVICE