

Rafał Setlak, Arnold Gałązka
Politechnika Śląska, Gliwice

UKŁAD STOP & GO W SYSTEMIE NAPĘDOWYM MILD HYBRID SAMOCHODU OSOBOWEGO

STOP&GO IN MILD HYBRID PASSANGER CAR DRIVE SYSTEM

Abstract: : Main goal of article was design, develop and control of Stop&Go system in Mild Hybrid Drive using supercondensator and starter with permanent magnets. Many researches and tests were done to determine real and then representative cycles of drive in Silesian agglomeration in Gliwice and Zabrze. Road researches enabled carrying out analysis of fluidity of traffic in cities and setting a percentage shares of movement micro stages (selected accelerations, driving with constant speed, braking, stopover)

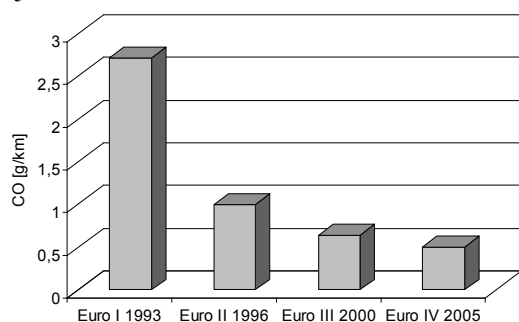
Researches of usefulness of supercondensators' system as an energy source in process of starting an internal combustion engine were done. Usage of supercondensators as an energy source of starting led to improvement of economic indicators of the Stop & Go system. Supercondensator has a 1000 times bigger durability than PbPbO₂ battery with around 40 times smaller mass.

Researches of real characteristics of the car Fiat Palio Weekend 1,2 8V were done for calculations of traditional characteristics The Stop & Go system was designed and produced for this vehicle

A starter, which will have NeFeB magnets built in stator instead of induction winding, was designed. A modernization of the starter is necessary because of different type of working – frequent starting of the internal combustion engine. A project of the Stop & Go system was carried out in the Fiat Palio car a project of the Stop & Go system for Mild Hybrid drive and verification of correctness of working has been carried out in the Fiat Palio car

1. Wstęp

Zastosowanie napędów typu Mild Hybrid pozwala na spełnienie coraz ostrzejszych norm czystości spalin dla nowych pojazdów. Niskie nakłady inwestycyjne przy budowie tego systemu mogą spowodować, że takie układy będą montowane w coraz większej ilości samochodów. System ten najlepiej sprawdza się w mieście, gdzie specyfika ruchu wymusza częste postoje samochodów.



Rys. 1. Limity dwutlenku węgla dla samochodów z silnikami ZI

Polityka Unii Europejskiej w zakresie emisji CO₂ opiera się na raportach IPCC. Normy Euro ustanawiane przez Unię Europejską dla wszystkich pojazdów z silnikami spalinowymi (ZI i ZS) umożliwiają kontrolę emitowanych przez

nie spalin, w których wyróżnia się następujące składniki cząstek spalin: tlenek węgla CO, węglowodory i ich pochodne HC tlenek azotu NO_x, cząstki stałe PM oraz zadymienie.

2. Cel projektu i metodyka badań

Celem projektu było opracowanie, koncepcji i algorytmu działania systemu Stop&Go w napędzie Mild Hybrid dla wybranego samochodu oraz przeprowadzenie badań cykli jezdnych.

Badania drogowe miały na celu wyznaczenie realnych, a następnie określenie reprezentatywnych cykli jazdy pojazdów w miastach Gliwice i Zabrze.

Wykonano pomiary procesu rozruchowego wybranego silnika spalinowego zasilanego z akumulatora PbPbO₂ oraz superkondensatora.

Wyznaczano rzeczywiste charakterystyki zewnętrzne silnika samochodu Fiat Palio Weekend 1,2 8V, dla potrzeb budowy modelu matematycznego pojazdu. Opracowano zakres modernizacji rozrusznika do badanego samochodu i wykonano projekt systemu Stop & Go dla Mild Hybrid sterowanego sygnałem kontrolki ładowania, prędkościomierza i pedału sprzęgła.

3. Rzeczywiste cykle jezdne

Do badań rzeczywistych cykli jazdy został wykorzystany samochód Fiat Palio, który został wyposażony w układ rejestracji danych Data Logger z układem GPS.



Rys. 2. Samochód wykorzystywany podczas badań cykli jazdy

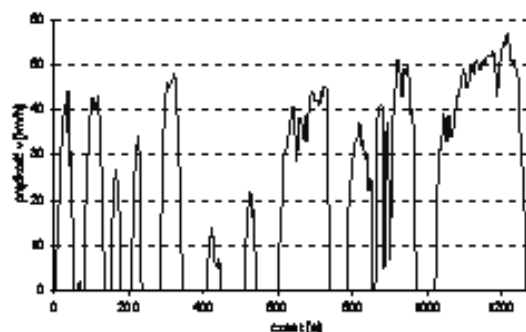
Do wyznaczenia reprezentatywnych cykli jazdy w wybranych miastach aglomeracji śląskiej przeprowadzono szereg jazd próbnych, których celem było wyznaczenie natężenia ruchu w różnych porach dnia. Ostatecznie wybrano cztery trasy badawcze:

- Gliwice – Zabrze o długości 8,2 km - osiedle Kopernika i ulice: Toszecka, Bohaterów Getta Warszawskiego, Traugutta, Chorzowska i początek ulicy Wolności,
- Trasa Zabrze o długości 9,4 km – ulice: Wolności, Gen. De Gaulle’a, Roosevelta F., 3 Maja, Makoszowska i początek ulicy Leśniczkiej,
- Trasa Gliwice – centrum o długości 9,5 km – ulice: Bolesława Krzywoustego, Akademicka, Częstochowska, Jana Śliwki, Jasnogórska, Kościuszki, Jana Pawła II, Zwycięstwa, Dworcowa,
- Trasa Gliwice o długości 16,4 km - osiedla Kopernika i ulice: Toszecka, Bohaterów Getta Warszawskiego, Traugutta, Chorzowska, Knurowska, Sikorskiego W., Kujawska, Błonie, Pszczyńska, Wrocławska, Akademicka, Bolesława Krzywoustego.

Przeprowadzono pomiary czasu jazdy, prędkości (rys. 3), długości trasy i obliczono przyspieszenia, opóźnienia i czasy postoju (rys. 4), co pozwoliło na opracowanie własnego cyklu reprezentatywnego. Pierwszy cykl opracowano dla Zabrza „Stop & Go Zabrze”, a drugi cykl został opracowany dla Gliwic „Stop & Go Gliwice”. Na każdej z wybranych tras pomiary

przeprowadzono trzykrotnie w różnych dniach i różnych porach dnia.

Zastosowanie systemu „Stop & Go” w napędzie Mild Hybrid pozwoli obniżyć czas pracy silnika nawet o 34% na badanej trasie nr 3, co w dalszej części pracy będzie przeliczane na ilość zaoszczędzonego paliwa, czyli opłacalność danego systemu.

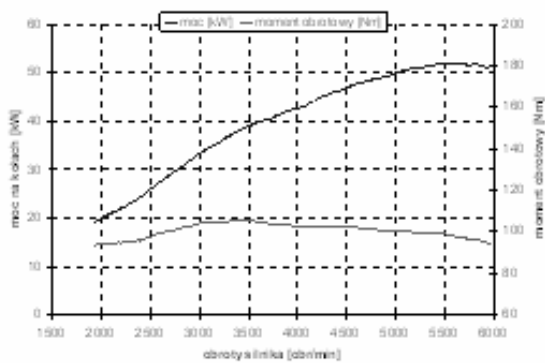


Rys. 3. Zmiany prędkości samochodu podczas badań na trasie 1 w fazie porannej próba 2



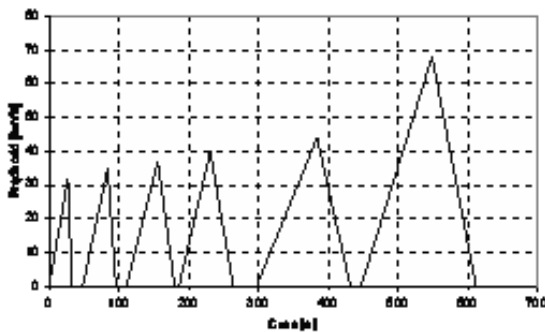
Rys. 4. Procentowy udział fazy przyspieszania, ustalonej, hamowania i postoju dla trasy 1 Gliwice - Zabrze

Dla potrzeb budowy modelu matematycznego pojazdu przeprowadzono badania charakterystyk rzeczywistych badanego samochodu. W tym celu przeprowadzono pomiary na hamowni podwoziowej MAHA dla zasilania samochodu zarówno benzyną bezołowiową Pb 95 oraz gazem LPG. Następnie porównano charakterystykę rzeczywistą silnika Fiata Palio Weekend 1,2 8V podaną przez producenta z charakterystyką zewnętrzną otrzymaną na hamowni MAHA (rys. 5).



Rys. 5. Charakterystyki rzeczywiste zewnętrzne silnika 1,2 8V zasilane benzyną Pb 95

Największy błąd względny (charakterystyki producenta i rzeczywista) otrzymano przy zasilaniu gazem LPG i wynosił 16%. Na rysunku 6 pokazano opracowany przykładowy cykl zaępczy dla Zabrza.



Rys. 6. Przebieg prędkości w cyklu jazdy dla Zabrza- cykl jezdny „Stop & Go Zabrze”

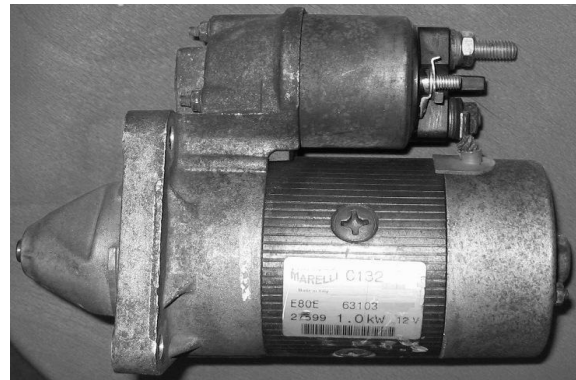
Cykl jezdny „Stop & Go Zabrze” składa się z trzech kolejnych faz po sobie następujących: przyspieszanie, hamowanie, bieg jałowy.

Droga całkowita cyklu wynosi około 5,1km, a całkowity czas przejazdu wynosi ponad 10 minut, z czego 1,5 minuty to postój na biegu jałowym.

4. Projekt systemu STOP & GO dla Mild Hybrid

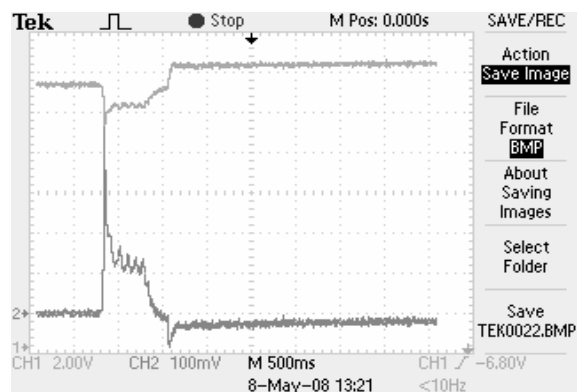
Projekt systemu Stop & Go dla układu napędowego Mild Hybrid wykonano w oparciu o dane badanego samochodu Fiat Palio. Rozruszniki stosowane w samochodach, gdzie nie jest zainstalowany układ Stop & Go są projektowane na pracę dorywczą. Dlatego też kolejnym etapem badań było przystosowanie rozrusznika do pracy w częstszych cyklach rozruchowych. Zbadano czasy rozruchu i wyliczono energię potrzebną do rozruchu rozrusznika szerego-

wego prądu stałego Magnetti Marelli-Denso E80E 12 V 1,0 kW (rys. 7).



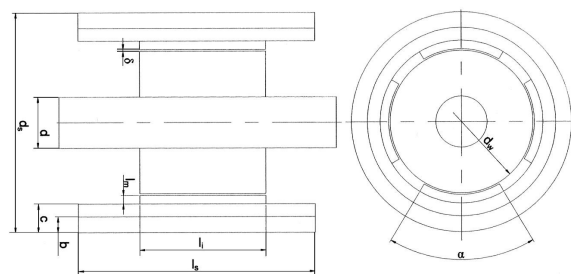
Rys. 7. Rozrusznik Magnetti Marelli-Denso E80E 12 V 1,0 kW

W wyniku przeprowadzonych pomiarów dobrano superkondensator rozruchowy i dokonano serii rozruchów testowych z zasilaniem rozrusznika jedynie z superkondensatora. Celem pomiarów rozruchowych silnika było obliczenie energii zużywanej do rozruchu silnika, jak i czasów rozruchu.



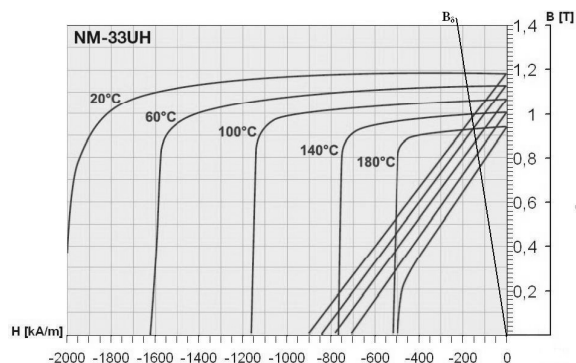
Rys. 8. Widok okna oscyloskopu podczas rozruchu silnika spalinowego z wykorzystaniem akumulatora

Dla badanego rozrusznika zaproponowano modernizację polegającą zastąpieniu uzwojenia wzbudzenia magnesami trwałymi. Dobrano magnesy trwałe NdFeB typu N33UH (rys. 9)



Rys. 9. Widok wirnika zmodernizowanego rozrusznika z magnesami trwałymi

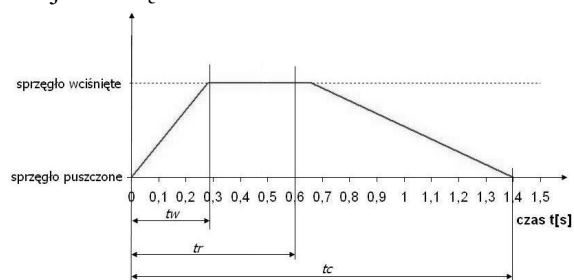
Charakterystykę odmagnesowania dobranych magnesów pokazano na rysunku 10.



Rys. 10. Charakterystyka odmagnesowania magnesu neodymowego NdFeB N33UH $B, J=f(H)$ oraz prosta szczeliny powietrznej

5. Projekt układu Stop & Go do napędu Mild Hybrid samoczynnego wyłączenia i załączenia silnika

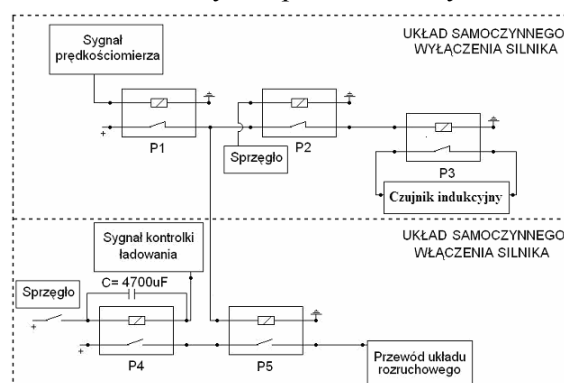
W ramach projektu przeprowadzono badania reakcji kierowcy podczas jazdy w mieście. W ramach tych badań zmierzono czas reakcji od momentu naciśnięcia sprzęgła, wrzucenia biegu, aż do momentu puszczenia sprzęgła np. podczas ruszania ze światła drogowych. Celem pomiarów czasu reakcji było sprawdzenie czy silnik w samochodzie zdąży się uruchomić zanim kierowca puści sprzęgło przy włączonym biegu w celu ruszenia, a co za tym idzie wybranie odpowiednich sygnałów, które będą sterowały układ Stop & Go samoczynnego wyłączenia jak i włączenia samochodu.



Rys. 11. Przebieg czasu reakcji kierowcy mierzony od momentu wciśnięcia sprzęgła ($t=0$ s) do momentu jego puszczenia ($t=1,4$ s) dla przypadku szybkiego ruszenia samochodu z miejsca t_w – minimalny czas reakcji wciśnięcia sprzęgła, t_r – maksymalny czas rozruchu silnika t_c – całkowity czas reakcji mierzony od momentu wciśnięcia sprzęgła, jego przytrzymanie, a następnie puszczenie sprzęgła

Po wykonaniu serii pomiarów dla czasów reakcji od momentu naciśnięcia sprzęgła, wrzucenia

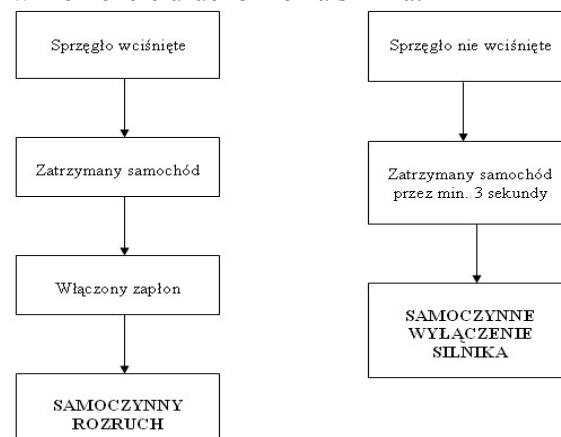
biegu, aż do momentu puszczenia sprzęgła wybrano te wyniki, które mogłyby spowodować, iż samochód nie zdąży się uruchomić, czyli rozpatrzono przypadek, w którym kierowca chce jak najszybciej ruszyć np., gdy samochód stoi na światłach drogowych i jako pierwszy w kolejce będzie musiał ruszyć z miejsca. Taki właśnie przypadek pokazuje rysunek 11, i jak można zauważyć czas rozruchu $t_r=0,6$ s, który jest czasem o najdłuższym rozruchu (wynikający z wcześniejszych pomiarów rozruchowych rozrusznika) wystarczy na to, aby samochód uruchomił się w odpowiednim czasie. Schemat blokowy połączeń opracowanego układu Stop & Go dla Mild Hybrid pokazano na rysunku 12.



Rys. 12. Schemat blokowy połączeń układu STOP & GO dla Mild Hybrid

Sygnał z prędkościomierza zastosowano w celu wyłączenia układu samoczynnego wyłączenia silnika podczas jazdy.

Sygnał kontrolki ładowania zastosowano w celu wyłączenia układu samoczynnego włączenia silnika (tak, aby rozruch nie dokonywał się bez przerwy), ponieważ kontrolka ładowania gaśnie w momencie uruchomienia silnika.



Rys. 13. Schemat działań dążących do samoczynnego załączenia i wyłączenia silnika w badanym pojeździe

System Stop & Go powinien nie uaktywniać się w następujących warunkach:

- zbyt niska temperatura silnika samochodu,
- skrajne temperatury zewnętrzne (poniżej – 10°C, powyżej +30°C) przy włączonej klimatyzacji,
- przy włączeniu funkcji usuwania zaparowania przedniej szyby,
- przy włączonym biegu wstecznym.

6. Wnioski

System Stop & Go został opracowany w celu wyłączenia silnika spalinowego podczas postoju pojazdu na zakorkowanych ulicach miast. Przeprowadzone badania cykli jazdy samochodu w Gliwicach i Zabrzu pozwoliły na wyznaczenie czasu, w którym silnik badanego pojazdu może być wyłączony w czasie postoju na biegu jałowym.

Podstawowe założenia projektu systemu Stop & Go:

- projekt systemu Stop & Go musi być tani i zasada działania musi być prosta,
- silnik spalinowy pojazdu uruchamiamy naciskając pedał sprzęgła w taki sposób, że po wciśnięciu pedału sprzęgła, włączany jest pierwszy bieg, następnie puszczane sprzęgło i pojazd rusza,
- silnik spalinowy pojazdu wyłącza się po trzech sekundach postoju na biegu jałowym (pedał sprzęgła musi być puszczony),
- czas wyłączenia pojazdu w czasie postoju na biegu jałowym wynosić, co najmniej 9 sekund,
- do wykonania rozruchu niezbędny jest włączony zapłon,
- wyłączenie silnika trwa 3 sekundy, aby kierowca mógł zdecydować, czy wyłączyć silnik, albo pozostawić silnik włączony na biegu jałowym (na przykład przy dojeżdżaniu do sygnalizacji świetlnej, gdy lampa sygnalizatora zmienia się z czerwonej na zieloną),
- minimalny czas postoju wynosi 9 sekund, ponieważ wyłączenie silnika trwa aż 3 sekundy, a rozruchu silnika i włączenia pierwszego biegu trwa około 1 sekundy. Całkowity czas wyłączenia silnika wynosi 5 sekund, a to według producentów samochodów osobowych pozwala ograniczyć zużycie paliwa.

Literatura

[1]. Biuletyn Europejskiego Prawa Ochrony Środowiska nr 16 z dnia 26.02.2007 r.

[2]. Komunikat Komisji do Rady i Parlamentu Europejskiego z dnia 07.02.2007 r. zawierający wyniki przeglądu wspólnotowej strategii na rzecz zmniejszenia emisji CO₂ pochodzących z samochodów osobowych i lekkich pojazdów dostawczych.

[3]. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego i Rady: Ramy prawne podstawą dla zwiększenia konkurencyjności przemysłu motoryzacyjnego w XXI w. Stanowisko Komisji w sprawie sprawozdania końcowego grupy wysokiego szczebla CARS 21.

[4]. Rozporządzenie Parlament Europejskiego i Rady z dnia 19.12.2007 r. określające normy emisji dla nowych samochodów osobowych w ramach zintegrowanego podejścia Wspólnoty na rzecz obniżenia poziomów emisji CO₂ pochodzących z samochodów dostawczych.

[5]. Wajand A.J., Wajand T.J.: *Tłokowe silniki spalinowe średnio- i szybkoobrotowe*. Wydaw. Naukowo techniczne Warszawa 1993, 2005

[6]. Zębiewicz J.: *Fiat Albea, Siena i Palio Weekend*. Wydaw. Komunikacji i Łączności 2002.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008-2011 jako projekt badawczy

Autorzy artykułu zostali nagrodzeni Nagrodą Koncernu FIAT za najlepszą pracę pt: „Projekt systemu Stop & Go do ekologicznego samochodu osobowego” realizowaną z tematyki techniki samochodowej w roku 2008.