POZNAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY ACADEMIC JOURNALS
No 80 Electrical Engineering 2014

Tomasz WAWRZYNIAK*
Ryszard NAWROWSKI*

ZASTOSOWANIE PRZETWORNICY BUCK – BOOST W UKŁADZIE ZAPŁONOWYM CDI

W artykule opisano budowę układu zapłonowego CDI zasilanego ze źródła bateryjnego, o napięciu 3,7 – 4,8 V, przeznaczonego do mikrosilników spalinowych. Przedstawiono rozwiązania konstrukcyjne pozwalające na zintegrowanie układu, w którym główną rolę pełni odpowiednio zaprogramowany mikrokontroler. Szczególną uwagę zwrócono na możliwości jakie daje zastosowanie przetwornicy buck- boost ładującej kondensator gromadzący energię.

SŁOWA KLUCZOWE: układ zapłonowy, CDI, MCU, przetwornica

1. WSTĘP

Najczęściej stosowanym typem przetwornicy DC/DC w układach CDI jest samowzbudny generator z dzieloną indukcyjnością. Oparty na transformatorze z odpowiednio podzielonym uzwojeniem pierwotnym i kilku dodatkowych elementach generuje w uzwojeniu wtórnym podwyższone napięcie. Takie rozwiązanie pozwala w łatwy sposób ładować kondensator gromadzący energię do właściwego napięcia. Wadą tego rozwiązania jest brak możliwości kontrolowania przetwornicy w zależności od potrzeb związanych ze skracającym się cyklem ładowania i rozładowania kondensatora. Oznacza to, że zaprojektowana na osiągniecie stanu stabilnego przetwornica przy zerowych obrotach silnika nie może przekroczyć dopuszczalnego napięcia wynikającego z konstrukcji układu zapłonowego. Natomiast przy maksymalnych obrotach, gdzie czas na naładowanie kondensatora jest najkrótszy, dochodzi do niepełnego naładowania. Rozwiązaniem powyższego problemu jest zastosowanie układu pozwalającego na pełną kontrolę cyklu ładowania kondensatora niezależnie od prędkości obrotowej silnika spalinowego.

2. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

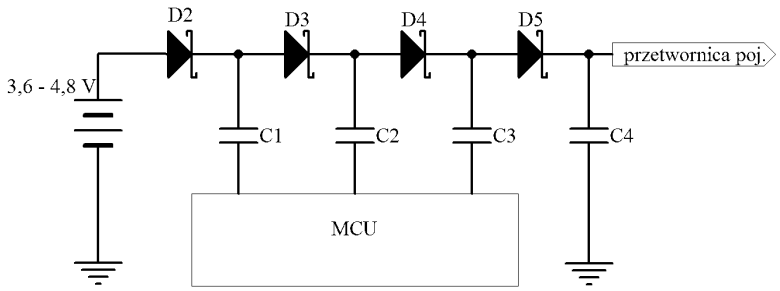
Przeznaczeniem układu zapłonowego jest generowanie iskry zapłonowej o założonych parametrach dla mikrosilników spalinowych o pojemnościach od 10 do 50 cm^3. Zasilanie bateryjne dobrano na podstawie istniejących źródeł energii,

* Politechnika Poznańska.

przy uwzględnieniu masy i gabarytów dostępnych ogniw. Ma to szczególne znaczenie zwłaszcza przy zastosowaniu układu zapłonowego do najmniejszych silników, które mają niewielką masę i rozmiary. Decydując się na przetwornicę buck-boost wzięto także pod uwagę rozmiary układu zapłonowego, gdzie odpowiedni transformator jest co najmniej dwukrotnie większy od wymaganej cewki do uzyskania zbliżonych parametrów przetwornicy. Do poprawnej pracy wybranego układu należało uwzględnić:

- częstotliwość pracy przetwornicy,
- indukcyjność cewki,
- napięcie zasilania układu zapłonowego,
- napięcie do którego będzie ładowany kondensator gromadzący energię,
- minimalny czas ładowania wynikający z maksymalnej prędkości obrotowej silnika spalinowego,
- właściwości elektryczne klucza ładującego cewkę.

Podsumowując wyżej wymienione cechy okazało się niemożliwym do wykonania poprawnie działającego układu, bez dodatkowego źródła napięcia koniecznego do sterowania wybranym tranzystorem MOSFET, który wraz ze wzrostem maksymalnego napięcia dren – źródło wymaga odpowiednio wyższego napięcia bramki wynikającego z jego konstrukcji. Dla tranzystora pracującego poprawnie do napięcia równego 600 V potrzeba minimum 10 V do pełnego wysterowania. Korzystając z wolnych zasobów użytego do sterowania całym układem zapłonowym mikrokontrolera wykonano układ przetwornicy pojemnościowej (rys. 2.1) bazującej na cyklicznym przeładowywaniu kondensatorów.



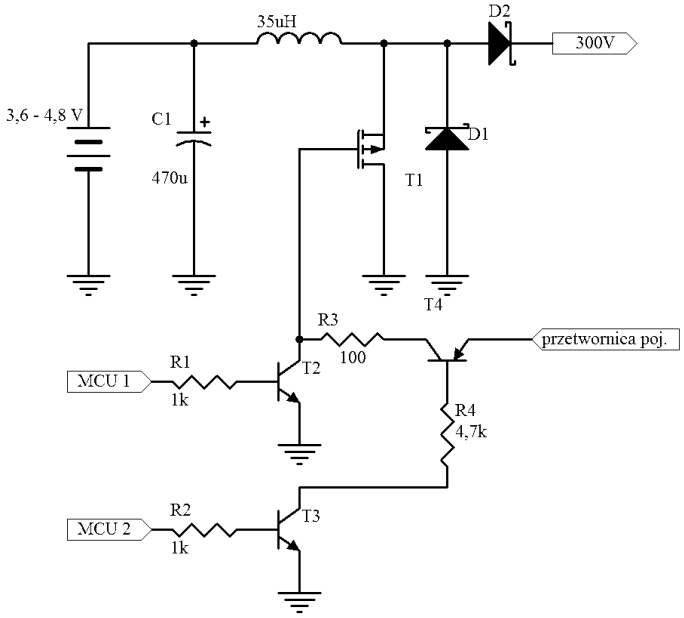
Rys. 2.1. Schemat ideowy powielacza napięcia bazującego na wolnym porcie mikrokontrolera

Uzyskanie dodatkowego źródła napięcia o wartości przekraczającej minimum potrzebne do prawidłowego wysterowania tranzystora kluczującego pozwoli na realizację przetwornicy buck-bost. Ponadto umożliwi rezygnację z zastosowania tyrystora w obwodzie cewki zapłonowej, który po załączeniu nie miałby możliwości przejścia w stan zaporowy. Wiąże się to z brakiem separacji galwanicznej obwodu zasilania układu zapłonowego z obwodem cewki

zapłonowej. Oznacza to, że napięcie zasilania pomniejszone o spadek napięcia na diodzie prostowniczej będzie minimalną wartością na kondensatorze gromadzącym energię niezależnie od stanu układu wyłączając chwilę generacji iskry zapłonowej.

3. OBWÓD PRZETWORNICY

Na poniższym rysunku (rys. 3.1) przedstawiono schemat ideowy przetwornicy impulsowej typu buck-boost, wraz z dodatkowymi elementami koniecznymi do prawidłowego wysterowania kluczem T1 ładującym cewkę.



Rys. 3.1. Schemat ideowy zastosowanej przetwornicy impulsowej

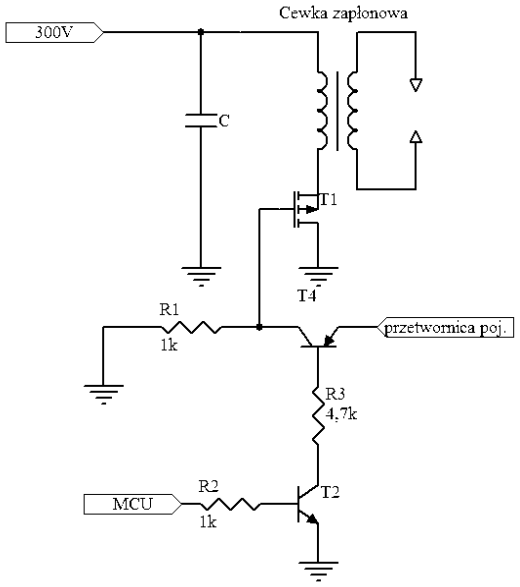
Pracą przetwornicy steruje mikrokontroler, sygnał MCU 1 odpowiada za częstotliwość oraz wypełnienie przebiegu, natomiast MCU 2 za włączanie i wyłączanie przetwornicy. Takie rozwiązanie pozwala kontrolować proces ładowania kondensatora gromadzącego energię na dwa niezależne sposoby:

- zmiana wypełnienia przebiegu,
- czas trwania ładowania kondensatora.

Te dwa czynniki pozwalają na dopasowanie przetwornicy do napięcia źródła zasilania oraz zmieniać wartość energii generowanej iskry zapłonowej w czasie pracy silnika spalinowego. Pozwala to na uwzględnienie warunków pracy silnika spalinowego takich jak temperatura silnika/otoczenia i obciążenie przy zadanej wydajności źródła zasilania.

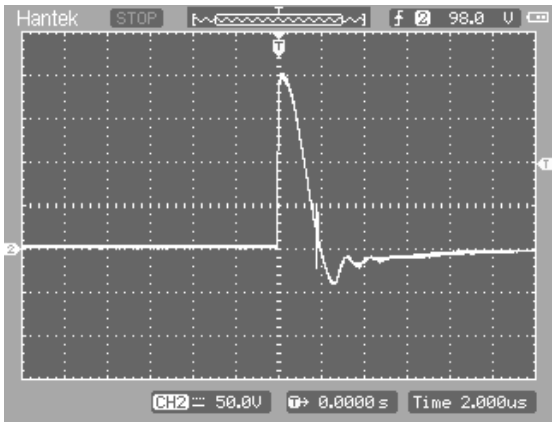
4. OBWÓD KONDENSATORA I CEWKI

W typowych rozwiązaniach elementem roboczym łączącym naładowany kondensator z cewką zapłonową jest tyrystor. Rozwiązanie to w odniesieniu do zastosowania opisanej w poprzednim punkcie przetwornicy nie daje poprawnych rezultatów. Z jednej strony powstaje wspomniany w punkcie 2 problem z rozłączaniem tyrystora, z drugiej natomiast kondensator ładowany jest poprzez szeregowo połączone pierwotne uzwojenie cewki zapłonowej. Oznacza to, że podczas ładowania kondensatora krótkimi impulsami charakterystycznymi dla wybranego typu przetwornicy mamy do czynienia ze spadkami napięć i wzrostem zakłóceń w obwodzie ładowania. By rozwiązać oba problemy zastosowano tranzystor Mosfet oraz odmienny sposób przekazywania energii z kondensatora do cewki zapłonowej (rys. 4.1)



Rys. 4.1. Schemat obwodu cewki zapłonowej z tranzystorem Mosfet

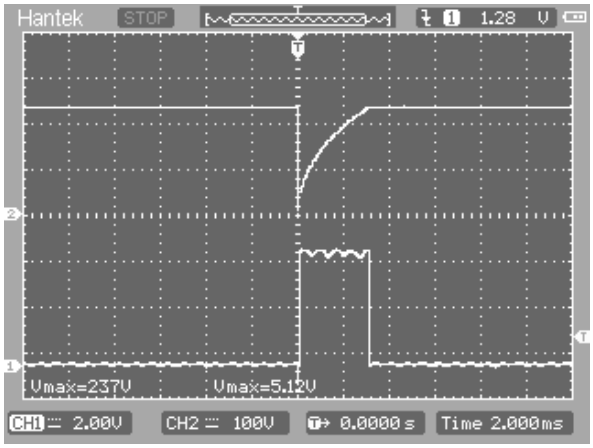
Powyższe rozwiązanie zapewnia poprawną pracę układu zapłonowego, obwód ładowania kondensatora C zamknięto bezpośrednio do masy, natomiast obwód cewki zapłonowej dołączany jest za pomocą tranzystora T1 do naładowanego kondensatora. Ponadto oscylacje gasnące towarzyszące zjawisku połączenia kondensatora z cewką w typowym rozwiązaniu, są szybko dławione przez obwód ładowania (rys. 4.2). Efekt ten wymusza przepływ większego prądu przez uzwojenie pierwotne cewki zapłonowej oraz wydłużenie czasu trwania iskry.



Rys. 4.2. Przebieg napięcia na uzwojeniu pierwotnym cewki zapłonowej

5. PODSUMOWANIE

Wykonany układ zapłonowy CDI w całości oparty jest na mikrokontrolerze. Pozwala to na zmiany jego parametrów z poziomu wgranego programu. Na rysunku 5.1 przedstawiono przebieg napięcia na kondensatorze oraz sygnału z MCU trwającego 3ms, wpływającego na czas jego ładowania.



Rys. 5.1. Przebieg napięcia ładowania kondensatora (2) oraz sygnału sterującego MCU2 (1)

Ponadto umożliwia dołączenie zestawu czujników nadzoru stanu pracy silnika. Dobrane elementy elektroniczne umożliwiają zminimalizowanie gabarytów układu bez strat jego funkcjonalności, natomiast dolny zakres napięć zasilania użycie pojedynczego ogniwa litowo jonowego lub litowo polimerowego. Dla całego

systemu zapłonowego przy zastosowaniu najmniejszego silnika spalinowego istotne będą masa oraz rozmiary kompletnego układu zapłonowego.

Właściwy dobór ustawień w programie mikrokontrolera skutkuje liniową zależnością energii wyładowania względem prędkości obrotowej z możliwością jej zmian w stanach pracy silnika wymagających większej energii iskry zapłonowej (rozruch zimnego silnika). Przewidziano także opcję generowania wielu iskier (mutli-spark) przy niskich obrotach silnika.

LITERATURA

[1] Ocioszyński J., "Elektrotechnika i elektronika pojazdów samochodowych", Warszawa 2008.
[2] Parchański J., "Miernictwo elektryczne i elektroniczne", Warszawa 2012.
[3] Kardaś M. „Mikrokontrolery AVR Język C – Podstawy programowania" Szczecin 2013.
[4] Ericson R.W. „DC-DC Power converters" Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering 2007.
[5] Kazimierczuk Marian K. "Pulse-width Modulated DC-DC Power Converters" John Wiley & Sons 2008.

APPLICATION CONVERTER BUCK - BOOST IN THE CDI IGNITION SYSTEM

The article describes the construction of CDI ignition system powered by a battery source, a voltage of 3.7 - 4.8 V, intended for micromotors gas. The paper presents design solutions allow the integration of the system, in which the main role is played properly programmed microcontroller. Particular attention was paid to the opportunities offered by the use of buck-boost converter charging capacitor energy storage.