

Tomasz WAWRZY尼亚K*

BADANIE POBORU ENERGII W UKŁADZIE ZAPŁONOWYM STOSOWANYM W JEDNOSTKACH BEZZAŁOGOWYCH

W artykule przedstawiono wyniki badań zużycia energii przez układ zapłonowy CDI stosowany w jednostkach bezzałogowych. Szczególną uwagę zwrócono na wyjaśnienie zjawisk elektrycznych odpowiedzialnych za dynamiczne zmiany poboru prądu w funkcji prędkości obrotowej.

1. WSTĘP

Układ wybrany do badań należy do grupy układów zapłonowych działających na zasadzie gromadzenia energii w kondensatorze - CDI. Przeznaczeniem układu są jednostki bezzałogowe – latające, wodne oraz lądowe, gdzie istotna jest masa, rozmiary oraz pobór energii ze źródła zasilania bateryjnego. Jego specyficzne zastosowanie wymusiło na producencie znalezienie rozwiązań, które w efekcie przyczyniły się do utraty pewnych cech przypisywanych układom CDI. Badania skierowano na wyjaśnienie i zrozumienie działania tak skonstruowanego układu, począwszy od sposobu montażu elementów a skończywszy na analizie uzyskanych wyników pomiarów oraz przebiegów zarejestrowanych na oscyloskopie. Wnikliwa obserwacja oddziaływania zmian parametrów wejściowych układu na parametry wyjściowe oraz wewnętrzne, pozwoli oszacować możliwości modyfikacji układu.

2. OPIS BADANEGO UKŁADU

Przedmiotem badań jest dostępny obecnie na rynku układ zapłonowy firmy Rcexl. Znajduje on szerokie zastosowanie wśród konstruktorów jednostek sterowanych radiowo – bezzałogowe samoloty, pojazdy lądowe oraz łodzie. Zasilany z małych akumulatorów zapewnia poprawny zapłon mieszanki paliwowej w użytych do napędu silnikach spalinowych. Podstawowe parametry dostarczone przez producenta zamieszczono w tabeli 1, natomiast poglądowe zdjęcie na rysunku 1. Niewielkich rozmiarów układ zapłonowy do pracy wymaga jedynie instalacji magnesu na piaście silnika, ustawienia wstępnego kąta wyprzedzenia zapłonu oraz podłączenia do pakietu akumulatorów zalecanych przez producenta.

* Politechnika Poznańska.

Tabela 1. Dane techniczne badanego układu [4]

PARAMETER	Type (single and twin)	MIN	TYPICAL	MAX	UNIT
Input voltage	all	4.0V	4.8V	6V	V
Current consumption	all	35mA(0rpm) 300mA(8000rpm)	45mA(0rpm) 430mA(8000rpm)	60mA(0rpm) 580mA(8000rpm)	
rpm range	all		900-9000		rpm
Output voltage	all	10	12-16	35	kV
Weight	single	105	110	125	g
	twin	155	160	175	g
Range of working temperature	all	-10	25	85	C
Hall sensor Range of working temperature	all	-45	25	150	C
Angle of controlling the pre-ignition	all	4	10(<2000rpm) 35(>4000rpm)	35	degrees
Size of Magnet	all	3	4	5	mm
Guaranteed Hours of Operation	all		>2000 hours		25C (5000rpm)
Ignition Case	all	ABS+nickiel-plate			



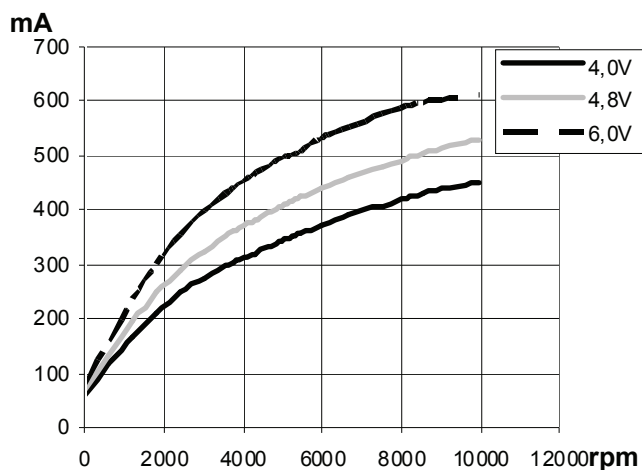
Rys. 1. Fotografia badanego układu zapłonowego [3]

2. BADANIE POBORU PRĄDU

Badany układ zapłonowy zasilany jest z baterii akumulatorów, gdzie bardzo istotną rzeczą staje się fakt czasu pracy urządzenia. Wiąże się to z poborem energii w czasie, a zatem prądu przy znanym napięciu znamionowym baterii. Z danych technicznych (tab.1) możemy odczytać wartość pobieranego prądu dla dwóch prędkości obrotowych silnika przy zadanym napięciu zasilania. Pobór prądu zbadano w całym zakresie prędkości obrotowych domniemanego silnika dwusuwowego. W miejsce czujnika magnetycznego podłączono odpowiednio zaprogramowany mikrokontroler, za pomocą którego imitowano impulsy odpowiadające danej prędkości obrotowej szczytywane z piasty domniemanego silnika. Jako źródła zasilania użyto regulowanego zasilacza stabilizowanego z dołączoną szeregowo rezystancją odpowiadającą uśrednionej wartości rezystancji wewnętrznej połączonych w szereg czterech typowych ogniw NiMh. W celu zbadania wpływu wartości napięcia na odpowiedź układu, pomiarów dokonano przy trzech poziomach napięcia zasilającego odpowiadających zakresom podanym przez producenta. Wyniki pomiarów zamieszczono w tabeli 2 i zilustrowano na wykresie (rys 2).

Tabela 2. Wyniki pomiaru prądu w zależności od prędkości obrotowej

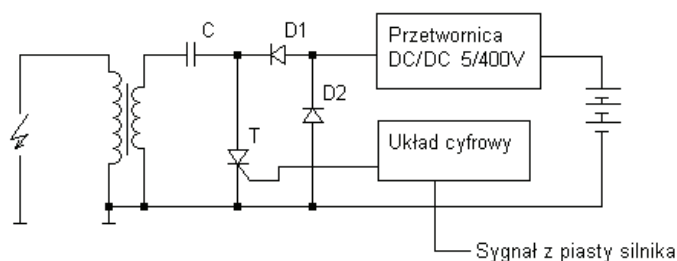
Obroty [obr/min]	4,0V	4,8V	6,0 V
	I		
	[mA]	[mA]	[mA]
0	59	68	83
600	115	133	161
1200	166	194	236
1800	211	248	302
2400	248	290	353
3000	275	324	398
3720	303	359	438
4260	319	380	465
4980	343	407	495
5400	356	423	505
6000	372	438	533
6660	391	457	550
7500	407	478	575
8520	430	503	596
9960	451	528	610



Rys. 2. Wykres zależności poboru prądu w funkcji prędkości obrotowej silnika

3. POMIAR NAPIĘCIA NA KONDENSATORZE GROMADZĄDZYM ENERGIĘ

Decydującym elementem układu zapłonowego CDI jest kondensator, w którym to gromadzona jest energia potrzebna do wytworzenia iskry za pomocą cewki zapłonowej. Dla wyjaśnienia działania układu na rysunku 3 umieszczono schemat jego fragmentu. Napięcie podniesione przez przetwornicę do wartości kilkuset Voltów przez diodę D1 powoduje ładowanie kondensatora C. W chwili zmiany stanu sygnału z czujnika układ cyfrowy załącza tyrystor T. W efekcie naładowany kondensator zostaje zwarty do uzwojenia cewki zapłonowej. Gwałtowny przyrost prądu w uzwojeniu pierwotnym cewki zapłonowej, a więc i strumienia magnetycznego, powoduje wyindukowanie wysokiego napięcia w uzwojeniu wtórnym i przeskok iskry na elektrodach świecy zapłonowej.

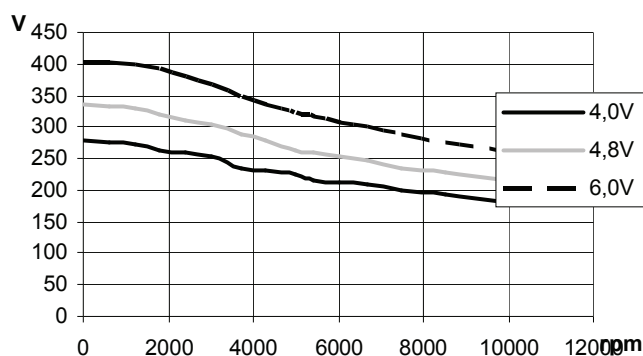


Rys. 3. Schemat ideowy fragmentu badanego układu zapłonowego

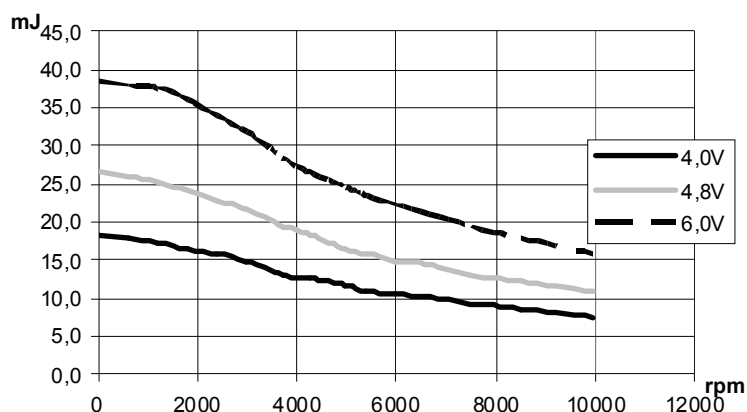
Miarą przekazanej do cewki zapłonowej energii jest wartość napięcia, do którego został naładowany kondensator C tuż przed załączeniem tyrystora. Natomiast szybkość, z jaką kondensator C jest ładowany przez przetwornicę, będzie miała odbicie w pobieranym przez układ prądzie. By móc oszacować wartość energii gromadzonej w pojemności oraz wyjaśnić kształt charakterystyk z rysunku 2 wykonano pomiary napięcia względem prędkości obrotowej oraz napięcia zasilania układu zapłonowego. Wyniki pomiarów i obliczeń energii przedstawiono w tabeli 3 oraz zilustrowano rysunkach 4 i 5.

Tabela 3. Wyniki pomiarów napięcia i obliczeń energii zgromadzonej w kondensatorze

Obroty [obr/min]	4,0 V		4,8 V		6,0 V	
	Uc [V]	Wc [mJ]	Uc [V]	Wc [mJ]	Uc [V]	Wc [mJ]
0	280	18,4	336	26,5	404	38,4
600	276	17,9	332	25,9	402	38,0
1200	272	17,4	328	25,3	400	37,6
1800	264	16,4	320	24,1	392	36,1
2400	260	15,9	312	22,9	380	33,9
3000	252	14,9	304	21,7	368	31,8
3720	236	13,1	288	19,5	348	28,5
4260	232	12,6	280	18,4	336	26,5
4980	224	11,8	264	16,4	324	24,7
5400	216	11,0	260	15,9	316	23,5
6000	212	10,6	252	14,9	308	22,3
6660	208	10,2	248	14,5	300	21,2
7500	200	9,4	236	13,1	288	19,5
8520	192	8,7	228	12,2	276	17,9

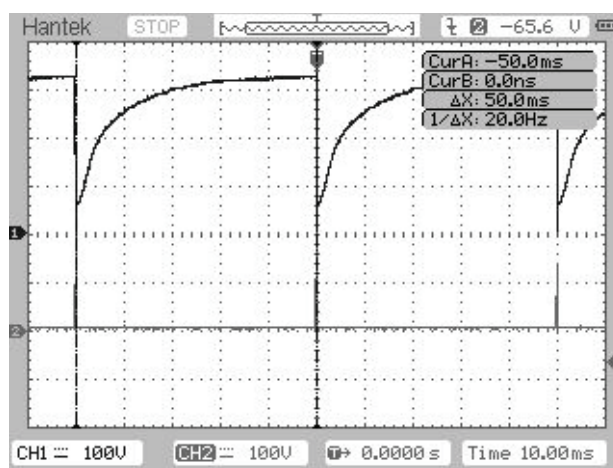


Rys. 4. Charakterystyka napięcia na kondensatorze w funkcji prędkości obrotowej

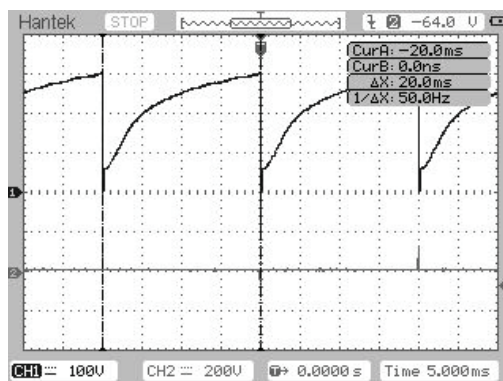


Rys. 5. Charakterystyka energii zgromadzonej w kondensatorze w funkcji prędkości obrotowej

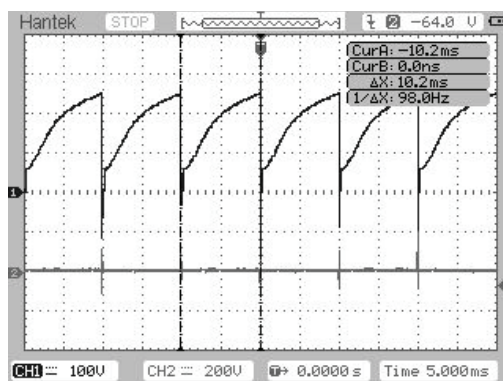
Już pierwsze spojrzenie na wyżej wymienioną tabelę daje wiele do myślenia, układy CDI znane są z faktu stałej energii wyładowania iskrowego wynikającego z możliwości szybkiego ładowania kondensatora. W badanym układzie mamy do czynienia z wyraźnym spadkiem napięcia, a więc i energii gromadzonej w kondensatorze. Dla wyjaśnienia takiego zachowania układu poniżej przedstawiono przebiegi zarejestrowane na oscyloskopie. Można z nich odczytać, że czas ładowania kondensatora jest dłuższy niż odstępy pomiędzy jego rozładowaniem na cewce zapłonowej.



Rys. 6. Czas pełnego naładowania kondensatora zarejestrowany na oscyloskopie (1) 1200obr/min, 4,8 V



Rys. 7. Czas ładowania kondensatora zarejestrowany na oscyloskopie (1) 3000rpm, 4,8 V



Rys. 8. Czas ładowania kondensatora zarejestrowany na oscyloskopie(1). 6000rpm, 4,8 V

Na powyższych rysunkach widać wyraźnie wpływ prędkości obrotowej na napięcie, do którego przetwornica podnosząca napięcie jest w stanie naładować kondensator. Ta charakterystyczna cecha układu pozwala wyjaśnić przebiegi prądu pobieranego z baterii (rys. 2). Można więc przypuszczać, że producent celowo określił wydajność przetwornicy napięcia by zachować niski pobór prądu, zapewniając jednocześnie minimalną energię iskry zapłonowej przy maksymalnej prędkości obrotowej silnika.

4. PODSUMOWANIE

Przedstawione wyniki badań pozwalają zrozumieć zasadę działania układu zapłonowego wykorzystującego zjawisko gromadzenia energii w kondensatorze. Głębsza analiza pozwala stwierdzić, iż istnieje możliwość ograniczenia poboru prądu przez układ bez negatywnego wpływu na pracę silnika spalinowego.

Producent układu zapłonowego zapewnia poprawną pracę silnika w pełnym, przez siebie podanym, zakresie prędkości obrotowej. Oznacza to, że przy maksymalnych obrotach, kiedy mamy do zapalenia większą ilość mieszanki paliwowo powietrznej, układ generuje najmniejszą energię iskry zapłonowej. Można zatem założyć, że minimalna wartość energii, do której ładowany jest kondensator wystarczy do poprawnego zapłonu w całym zakresie prędkości obrotowej. Skutkiem takiego podejścia będzie znaczne zmniejszenie poboru prądu przez układ zapłonowy w środkowym zakresie prędkości obrotowej silnika.

LITERATURA

- [1] Ocioszyński J., "Elektrotechnika i elektronika pojazdów samochodowych", Warszawa 2008.
- [2] Parchański J., "Miernictwo elektryczne i elektroniczne", Warszawa 2012.
- [3] www.semotelproducts.com (26.01.2013)
- [4] www.rcexl.com (26.01.2013)

STUDY OF ENERGY CONSUMPTION IN THE IGNITION SYSTEM USED IN UNMANNED UNITS

This paper presents the results of energy consumption CDI ignition system used in unmanned units. Particular attention was paid to the explanation of electrical effect responsible for the dynamic changes in power consumption as a function of speed.