

**Temat ćwiczenia: Przetwornica impulsowa DC-DC typu buck pracująca  
w zamkniętym układzie regulacji**

**1. Pojęcie przekształtników impulsowych**

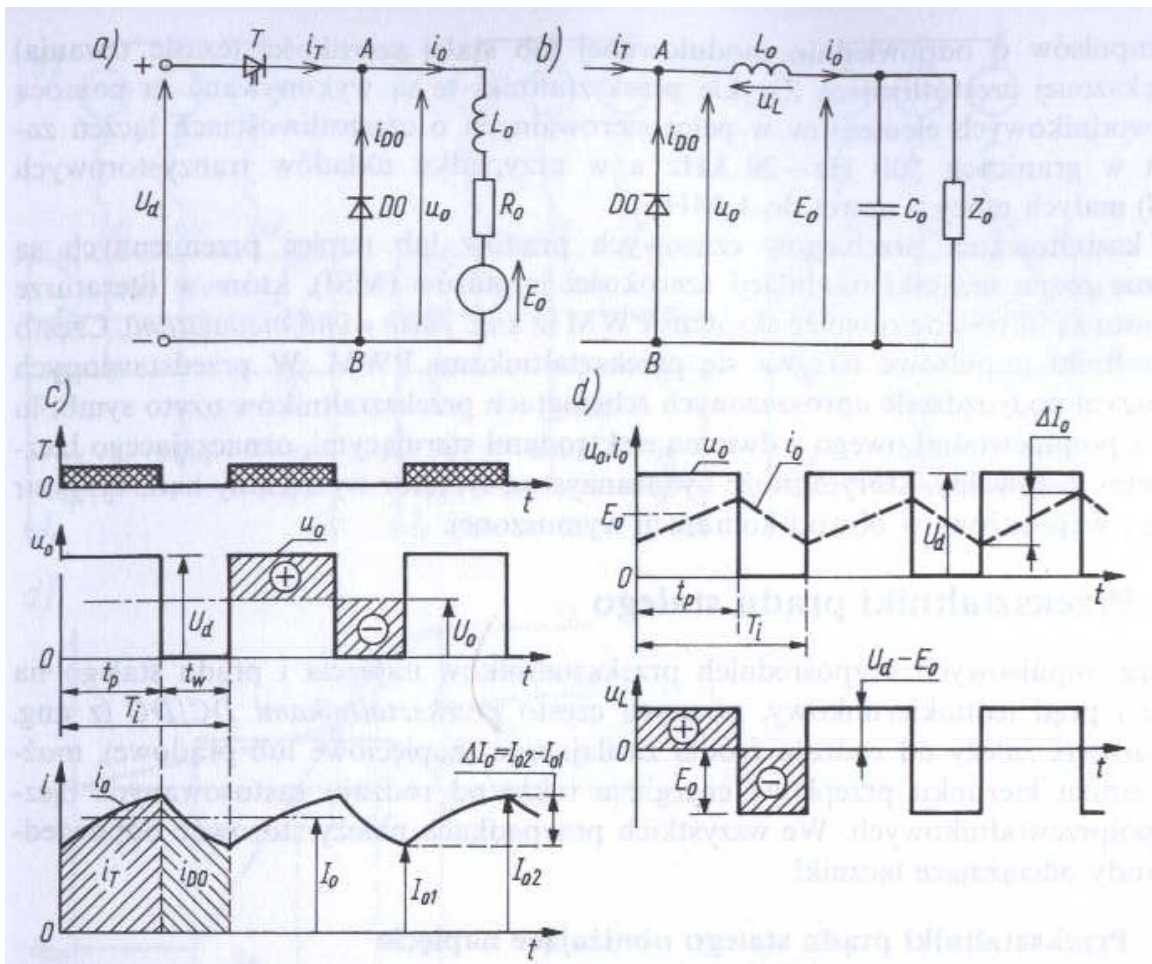
Przekształtniki energii prądu stałego w energię prądu stałego mogą być realizowane jako tzw. układy impulsowe. Ich charakterystyczną cechą jest formowanie przebiegów wielkości wejściowych lub wyjściowych w postaci ciągu impulsów o odpowiednio modulowanej szerokości (czasie trwania) oraz częstotliwości. Zwykle układy te bazują na elementach półprzewodnikowych w pełni sterowalnych (tranzystor, tyrystor wyłączalny) pracujących z częstotliwościami łączeń w granicach 500Hz – 20kHz, a przypadku tranzystorów małej mocy wykonanych w technologii CMOS – nawet kilka Mhz.

Struktura impulsowych przekształtników DC/DC zależy od rodzaju źródła zasilającego (napięciowe lub prądowe), możliwości zmian kierunku przepływu energii, a także od rodzaju zastosowanych łączników półprzewodnikowych. We wszystkich jednak przypadkach należy implementować odpowiednie obwody odciążające łączniki.

**2. Przetwornica DC/DC typu buck**

Najliczniejszą grupę przekształtników DC/DC stanowią układy przekształcające napięcie stałe na napięcie jednokierunkowe o regulowanej wartości średniej, mniejszej lub co najwyżej równej wartości napięcia wejściowego. Układy takie nazywamy przerywaczami napięcia stałego lub przekształtnikami obniżającymi napięcie (buck converter).

Na rys. 1 zaprezentowano uproszczony schemat części silnoprądowej przekształtnika oraz wybrane przebiegi napięć i prądów. Napięcie wejściowe jest doprowadzane do odbiornika za pomocą cyklicznie załączanego i wyłączanego klucza półprzewodnikowego (T). Ze względu na obecność indukcyjności po stronie obciążenia, konieczne jest zastosowanie diody (D0), zwanej diodą rozładowczą. Dotyczy to zarówno często występującego w praktyce odbiornika zawierającego oprócz indukcyjności źródło napięcia (np. silnik prądu stałego), jak również układów z wyjściowym filtrem indukcyjno-pojemnościowym (rys. 1b).



Rys. 1. Przetwornica DC/DC typu buck: a) schemat układu obciążonego odbiornikiem RLE, b) odbiornik z dodatkowym filtrem LC, c) wybrane przebiegi napięć i prądu układu, d) uproszczone przebiegi napięć i prądu układu (przy pominięciu rezystancji odbiornika)

Załączenie klucza T powoduje pojawienie się na odbiorniku napięcia równego w przybliżeniu napięciu zasilania ( $U_d$ ). Przy wyłączonym kluczu napięcie na odbiorniku jest bliskie zeru (przypadek bez filtra wyjściowego), a prąd odbiornika płynie przez diodę D0. Wartość średnią napięcia odbiornika wyraża wzór:

$$U_o = U_d \frac{t_p}{T_i}, \quad (1)$$

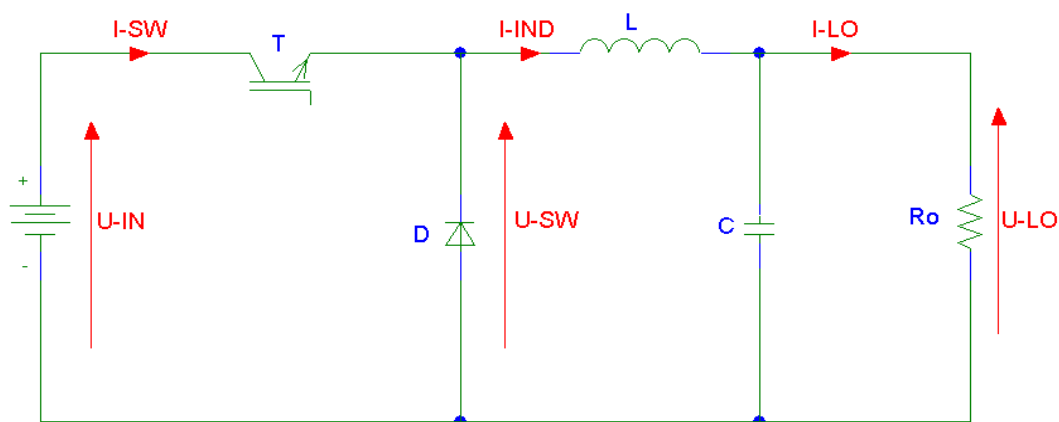
gdzie:  $t_p$  – czas załączenia klucza T,  $T_i$  – okres impulsowania klucza,  $U_o$  – wartość średnia napięcia odbiornika,  $U_d$  – napięcie zasilania.

Przy stałej wartości napięcia zasilającego, wartość średnią odbiornika można regulować poprzez zmianę stosunku  $t_p/T_i$ . W konsekwencji uzyskujemy możliwość regulacji wartości średniej napięcia wyjściowego poprzez zmianę:

- czasu załączenia klucza  $t_p$  przy stałym okresie impulsów  $T_i$ ,
- okresu impulsowania  $T_i$  przy stałym czasie załączenia klucza  $t_p$ ,
- czasu załączenia  $t_p$  i okresu impulsowania  $T_i$ .

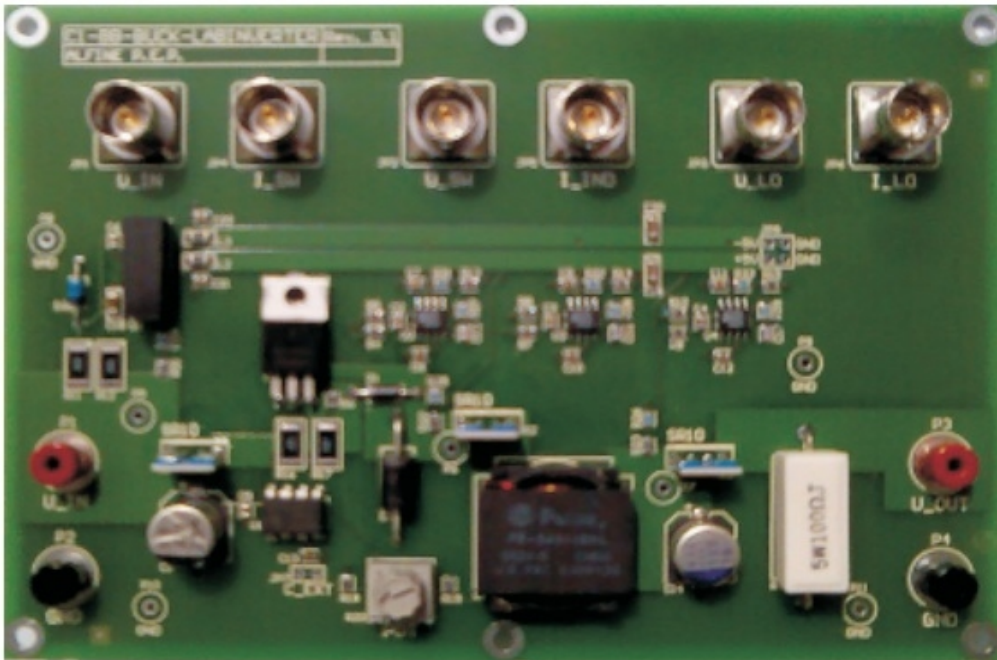
### 3. Układ laboratoryjny przetwornicy

Uproszczony schemat części silnoprądowej układu laboratoryjnego zaprezentowano na rys. 2.



Rys. 2. Uproszczony schemat części silnoprądowej przetwornicy laboratoryjnej

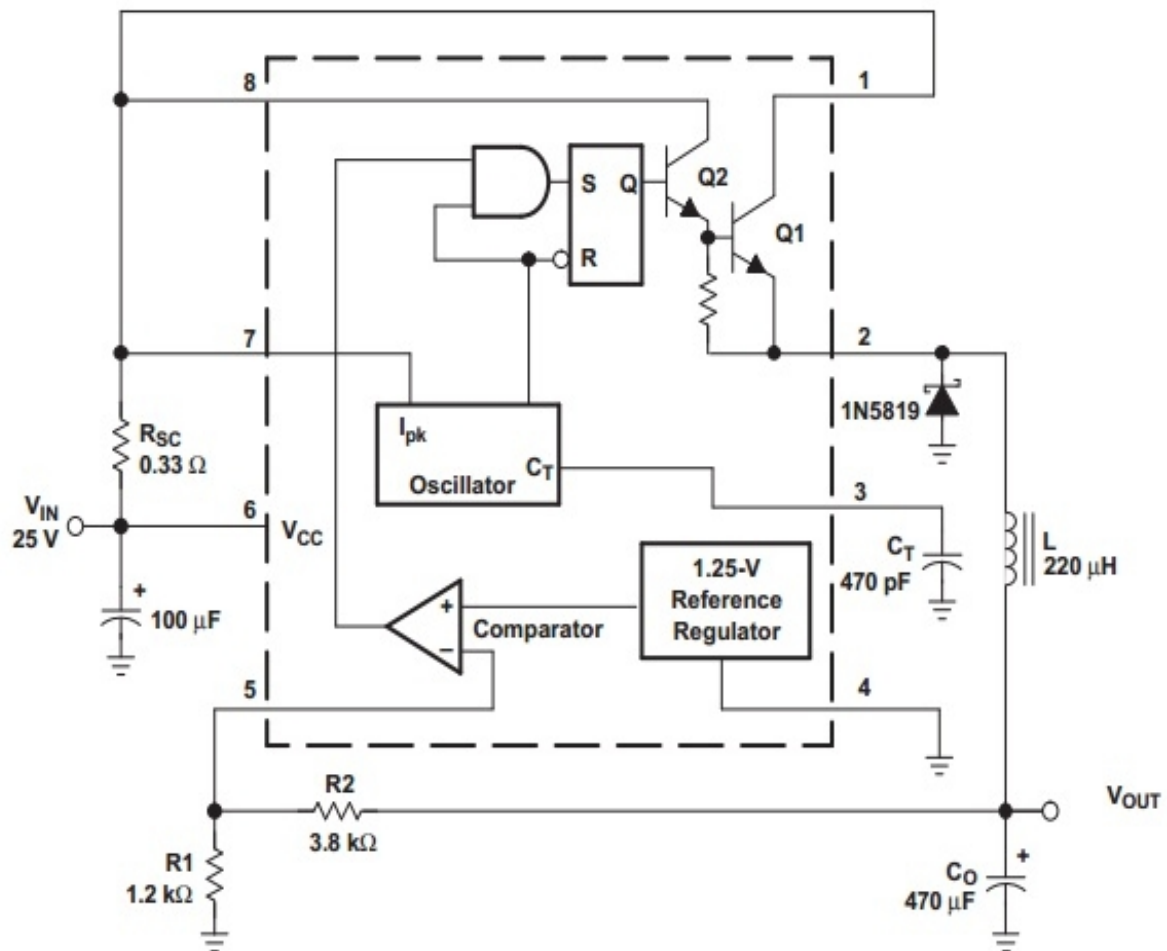
Na rysunku zaznaczono (kolorem czerwonym) sygnały, które zostały wyprowadzone na gniazda BNC układu pomiarowego. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwa jest obserwacja ich przebiegów za pośrednictwem oscyloskopu. Zdjęcie układu przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Układ eksperymentalny przetwornicy DC/DC typu buck

Prezentowana przetwornica pracuje w układzie regulacji zamkniętej – zaimplementowano regulator napięcia typu delta. W konsekwencji system sterowania (bazujący na układzie scalonym MC33063A firmy Texas Instruments) odpowiedzialny jest za utrzymywanie napięcia odbiornika możliwe bliskiemu napięciu zadanemu, przy zmieniających się warunkach zasilania oraz obciążenia przekształtnika.

Regulator typu delta jest zintegrowany w układzie scalonym MC33063A (rys. 4). Konsekwencją jego zastosowania jest brak stałej częstotliwości przełączeń tranzystora części silnoprowądowej przekształtnika. Jednak jego maksymalna częstotliwość pracy określona została przez częstotliwość wewnętrznego oscylatora (rys. 4).



Rys. 4. Sposób połączenia układu MC 33063A dla przetwornicy typu buck

Dyskretny sygnał wyjściowy z komparatora porównującego wartość napięcia zadanego z rzeczywistym napięciem wyjściowym układu jest zapamiętywany w przerzutniku RS z częstotliwością pracy oscylatora. Z kolei wyjście Q przerzutnika RS steruje pracą tranzystora (Q2), który załącza tranzystor (Q1) części silnopądowej przekształtnika. Sygnał sterujący pracą tranzystorów nie może zatem zmienić swojego stanu częściej niż wynika to z częstotliwości pracy oscylatora. Zaletą opisywanego regulatora jest łatwy sposób doboru jego parametrów.

#### **4. Specyfikacja techniczna przetwornicy**

Podstawowe parametry przetwornicy laboratoryjnej podano poniżej:

- maksymalna chwilowa wartość napięcia zasilania: 15V,
- znamionowa wartość napięcia zasilania: 8-12V,
- wartość średnia napięcia wyjściowego (regulowana): 4,8-6,7V,
- wartość maksymalna prądu wyjściowego: 2,5A,
- wartość progu ograniczania prądu wejściowego: 3,0A,
- wzmocnienie przetworników pomiarowych prądu: 0,20V/A,
- wzmocnienie przetworników pomiarowych napięcia: 0,20V/V.

#### **5. Program ćwiczenia obejmuje m.in.:**

- a) analizę wybranych przebiegów napięć i prądów układu dla różnych warunków pracy układu (rejestracja przebiegów za pomocą oscyloskopu cyfrowego),
- b) badanie wpływu zmian parametrów obciążenia ( $R_o = \text{var}$ ) na pracę przekształtnika pracującego w układzie regulacji zamkniętej przy zachowaniu stałej wartości napięcia referencyjnego ( $U_{\text{ref}} = \text{const}$ ),
- c) badanie wpływu zmian wartości napięcia zasilającego na pracę przekształtnika pracującego w układzie regulacji zamkniętej przy zachowaniu stałej wartości napięcia referencyjnego ( $U_{\text{ref}} = \text{const}$ ),
- d) wyznaczenie charakterystyki napięcia wyjściowego w funkcji napięcia wejściowego dla wybranych wartości rezystancji obciążenia,
- e) sformułowanie wniosków na podstawie uzyskanych wyników badań.