

Władysław Ciężyński, Edward Hrynkiewicz

PRZETWORNIK NAPIĘCIA ZMIENNEGO  
NA ZUNIFIKOWANY SYGNAŁ 0-5 mA PRĄDU STAŁEGO

Streszczenie. W pracy przedstawiono układ przetwornika napięcia zmiennego na prąd stały 0-5 mA zbudowanego w oparciu o prostownik operacyjny i dokładne źródło prądu stałego. Przetwornik posiada ograniczenie prądowe oraz możliwość przesuwania zera charakterystyki statycznej. Oprócz opisu działania, w pracy zamieszczono także krótką analizę własności dynamicznych układu.

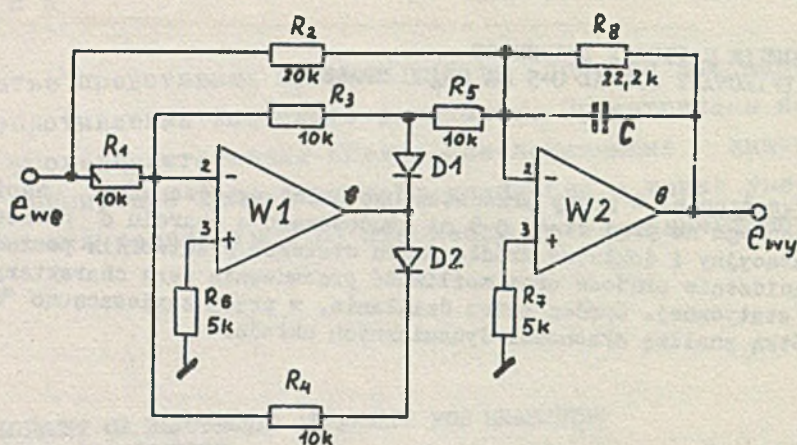
1. Wstęp

Przetwarzanie napięć zmiennych o amplitudach w zakresie wartości mniejszych od kilka woltów na sygnały w postaci napięć lub prądów stałych przy pomocy prostych układów diodowych nie zapewnia wystarczającej dokładności, ze względu na kształt charakterystyki prądowo-napięciowej diody, a dla napięć mniejszych od dziesiątych części wolta jest w ogóle niemożliwe. Umieszczenie diody w pętli sprzężenia zwrotnego wzmacniacza operacyjnego pozwala na obniżenie dolnej granicy prostowanych napięć do wartości rzędu miliwoltów [1].

Najczęściej stosowany układ tak zbudowanego prostownika dwupołkowego przebiegów symetrycznych (np. sinusoidalnych) przedstawia rys.1.

Wzmacniacz operacyjny W1 działa jako prostownik jednopółkowy o wzmocnieniu równym - 1 [1,3,4]. Wzmacniacz W2 pracuje w układzie sumatora, przy czym na jego wejście wprowadzony jest sygnał  $e_{we}(t)$  oraz napięcie wyjściowe prostownika jednopółkowego (to ostatnie z dwukrotnie większą wagą). W efekcie napięcie wyjściowe w układzie bez kondensatora C odwzorowuje wartość bezwzględną sygnału wejściowego. Wartość opornika  $R_B$  można dobrać w ten sposób, aby (jak na rys.1) war-

tość średnia napięcia wyjściowego była liczbowo równa wartości skutecznej napięcia wejściowego (dla sinusoidy  $R_3 = 1,11 R_2$ ). Kondensator C pełni rolę filtra.



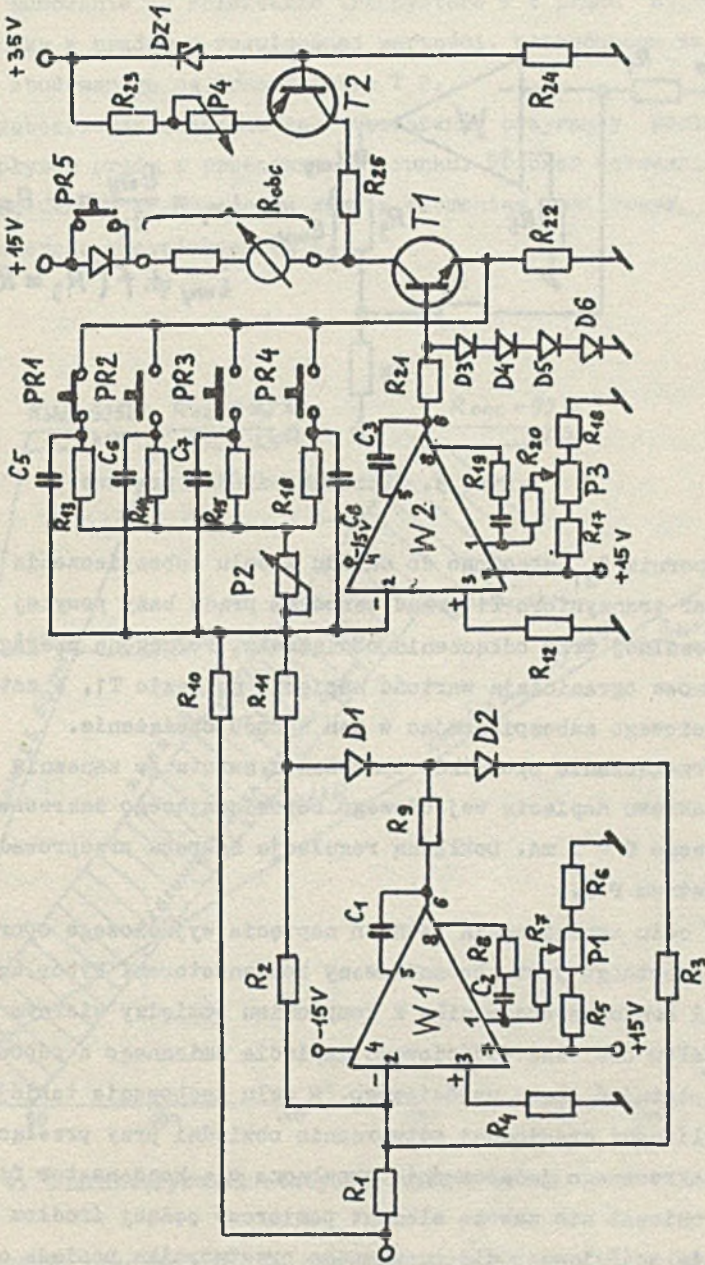
Rys. 1. Przetwornik pełnookresowy

## 2. Opis wykonanego modelu

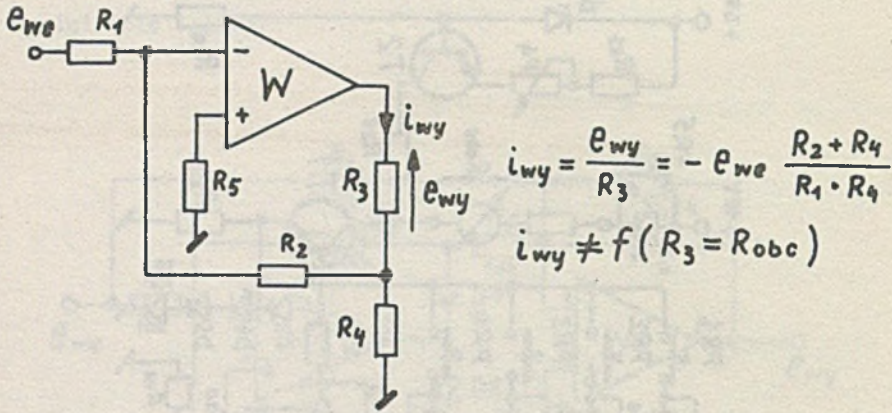
Przedstawiona na rys. 1 idea została wykorzystana do budowy przetwornika napięcia sinusoidalnego na standardowy sygnał w postaci prądu stałego o natężeniu 0-5 mA, który znajduje zastosowanie w zunifikowanych układach regulacji (rys. 2).

Napięcie ujemnego sprzężenia zwrotnego wzmacniacza W 2 pobierane jest z emitera tranzystora T1, dzięki czemu wzmacniacz W 2 i tranzystor T1 stanowią sterowane źródło prądowe. Należy zwrócić uwagę, że rozwiązanie źródła prądowego odpowiada ogólnemu schematowi podanemu na rys. 3.

Role opornika  $R_3$  (z rys. 3) spełnia w zbudowanym modelu oporność  $R_{21}$  i złącze baza - emiter tranzystora T1. Układ stabilizuje zatem prąd emitera tranzystora T1 na poziomie zależnym od  $e_{we}$ , niezależnie od zmian włączonego w obwód kolektora T1 obciążenia.



Rys. 2. Schemat ideowy przetwornika napięcia zmiennego na prąd stały 0-5 mA



Rys. 3. Sterowane źródło prądowe

Opornik  $R_{21}$  włączono do układu w celu zabezpieczenia złącza baza - emiter tranzystora T1 przed wzrostem prądu bazy powyżej wartości dopuszczalnej przy odłączeniu obciążenia. Połączone szeregowo 4 diody krzemowe ograniczają wartość napięcia na bazie T1, a zatem i prądu wyjściowego zabezpieczając w ten sposób obciążenie.

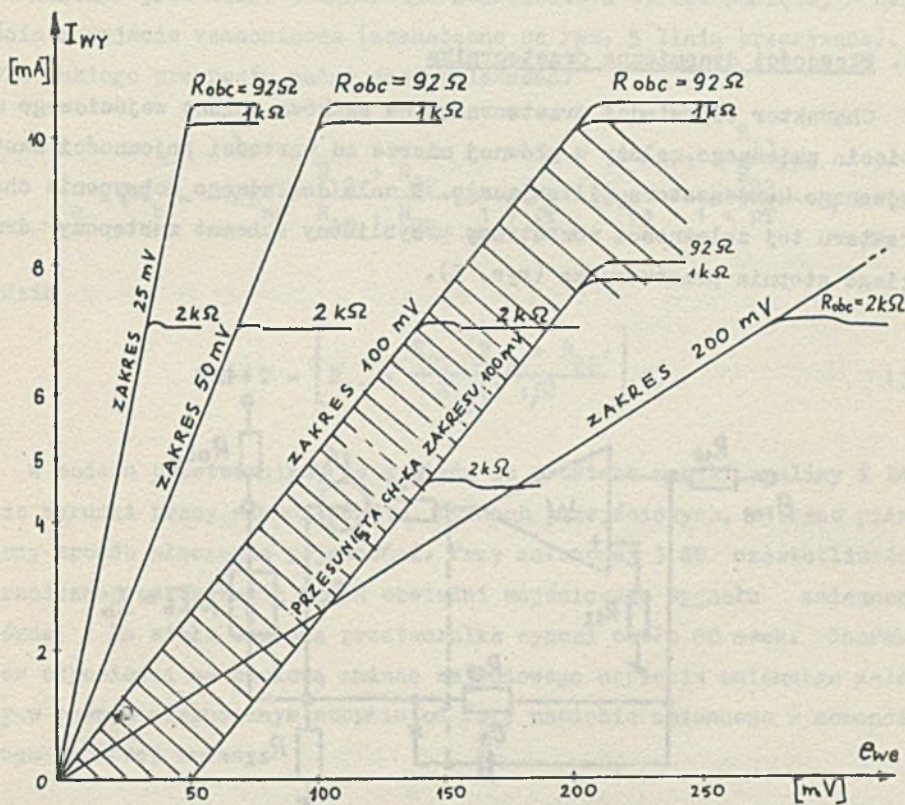
Przełączanie oporników sprzężenia zwrotnego zapewnia skokową zmianę zakresu napięcia wejściowego odpowiadającego zakresowi prądu wyjściowego 0 - 5 mA. Dokładną regulację zakresu przeprowadza się potencjometrem P 2.

W celu zmniejszenia tętnień napięcia wyjściowego opornik sprzężenia zwrotnego jest zbocznikowany kondensatorem. Wybór wartości pojemności kondensatora wynika z kompromisu pomiędzy wiernym odtwarzaniem kształtu obwiedni wejściowego napięcia zmiennego a odpowiednią amplitudą tętnień prądu wyjściowego. W celu zachowania takiej samej częstotliwości granicznej odtwarzania obwiedni przy przełączaniu opornika zakresowego jednocześnie przełącza się kondensator filtrujący.

Ponieważ nie zawsze element pomiarowy będący źródłem zmiennego napięcia wejściowego dla omawianego przetwornika posiada charakterystykę przechodzącą przez zero (np. indukcyjny czujnik przemieszczenia), przetwornik musi mieć możliwość przesuwania charakterystyki. Rozwiąza-

no to poprzez sumowanie na kolektorze tranzystora T 1 prądu wyjściowego przetwornika z prądem o regulowanej wartości, pochodzącym ze źródła prądowego zbudowanego na tranzystorze T 2.

Dioda D 7 zabezpiecza włączane jako obciążenie przyrządy pomiarowe przed przepływem prądu w przeciwnym kierunku. Podczas zerowania potencjometrem P4 układu przetwornika wraz z elementem pomiarowym, dioda D 7 jest zwierana przyciskiem PR 5.



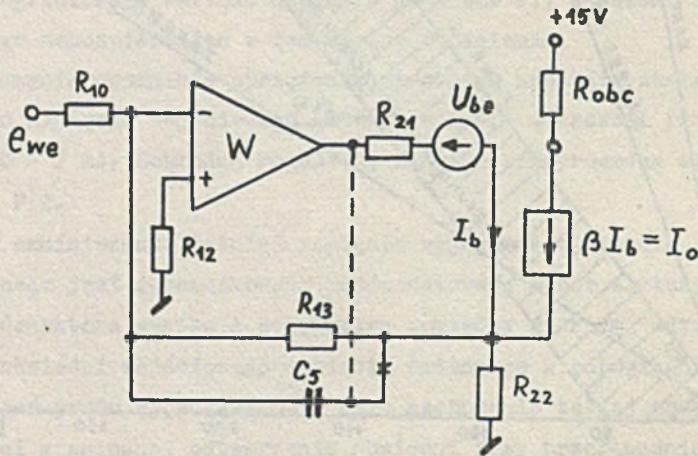
Rys. 4. Charakterystyki statyczne przetwornika

Charakterystyki przetwornika są przedstawione na rys. 4. Ograniczenie prądu wyjściowego na poziomie ok. 7 mA przy oporze obciążenia 2 k wynika z nasycania się tranzystora T 1. Przy małych wartościach

oporności obciążenia prąd wyjściowy jest ograniczany na poziomie ok. 10,5 mA w wyniku działania diod D 3 - D 6. Tak wysokie ustawienie poziomu ograniczania wynikało z konieczności przesuwania charakterystyki. W układzie bez przesuwania charakterystyki, przy zachowaniu tej samej wartości opornika R<sup>22</sup>, należałoby włączyć tylko 3 diody szeregowo, co zapewniłoby ograniczenie na poziomie ok. 6 mA, a zatem maksymalne przeciążenie włączonego na wyjście przyrządu pomiarowego mogłoby wynosić 20%.

### 3. Własności dynamiczne przetwornika

Charakter odpowiedzi przetwornika na skokową zmianę wejściowego napięcia zmiennego zależy w głównej mierze od wartości pojemności zastosowanego kondensatora filtrującego. W celu dokładnego uchwycenia charakteru tej zależności rozpatrzmy przybliżony schemat zastępczy drugiego stopnia przetwornika (rys. 5).



Rys. 5. Schemat zastępczy źródła prądowego

Analiza tego schematu prowadzi do zależności:

$$I_o = \beta I_b = -\alpha E_{we} \left[ \frac{R_{13}}{R_{10} R_{22}} \cdot \frac{1}{1 + p R_{13} C_5} + \frac{1}{R_{10}} \right]. \quad (1)$$

Jest to zatem w zasadzie przebieg inercji I rzędu o stałej czasowej  $R_{13} C_5$ , jeśli nie liczyć nieznacznego skoku początkowego, za który jest odpowiedzialny drugi składnik w nawiasie wyrażenia (1).

Możliwe jest także podłączenie kondensatora wprost pomiędzy wejście a wyjście wzmacniacza (zaznaczone na rys. 5 linią przerywaną).

Dla takiego przypadku ważna jest zależność:

$$I_o = \beta I_b = -\alpha E_{we} \frac{R_{13} + R_{22}}{R_{10} \cdot R_{22}} \cdot \frac{1}{1 + pT} - \alpha U_{be} \frac{(1 + \frac{R_{13}}{R_{22}}) pC}{1 + pT}, \quad (2)$$

gdzie

$$T = \left[ R_{13} + \frac{R_{21} (R_{13} + R_{22})}{R_{22} (1 + \beta)} \right] C_5. \quad (3)$$

W modelu przetwornika, ze względu na prostsze wyniki analizy i lepsze warunki pracy wzmacniacza w stanach przejściowych, wybrano pierwszy sposób włączenia pojemności. Przy założonej 3 dB częstotliwości granicznej odtwarzania zmian obwiedni wejściowego sygnału zmiennego równej 2 Hz stała czasowa przetwornika wynosi około 80 msek. Charakter odpowiedzi na skokową zmianę wejściowego napięcia zmiennego zależy w pewnym nieznacznym stopniu od fazy napięcia zmiennego w momencie jego skokowej zmiany.

#### 4. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów można stwierdzić, że liniowość charakterystyki przetwornika wynosi około 0,2%. Takie stwierdzenie wynika z faktu, że autorzy nie rozporządzali źródłem napięcia

zmiennego o lepszej stałości amplitudy, a także z tego, że pomiary wykonywano przy pomocy przyrządów klasy 0,2.

Przy zasilaniu przetwornika ze specjalnie zbudowanego stabilizatora własności przetwornika nie zależały od napięcia sieci w granicach 150 - 250 V.

Częstotliwość napięcia wejściowego przy zastosowanych korekcjach wzmacniaczy operacyjnych może zmieniać się w zakresie 20 Hz - 2 kHz, co nie powoduje błędów większych niż 0,5%. Wpływ zmian temperatury otoczenia w zakresie 0 - 40°C nie jest większy od 0,5%.

#### LITERATURA

1. Ciążyński W., Hrynkiewicz E.: Analiza prostownika operacyjnego, PAK 1973 - zgłoszone do druku.
2. Stabrowski M.: Stabilizatory sterowane napięcia i prądu stałego, WNT, Warszawa 1972.
3. Kulawik M.: Praca dyplomowa na Wydziale Automatyki Politechniki Śląskiej, Gliwice 1972.
4. Katalogi firm: Texas Instruments, Fairchild i in.

#### ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В СИГНАЛ 0-5 мА ПОСТОЯННОГО ТОКА

#### Р е з ю м е

В статье представлена принципиальная схема преобразователя переменного напряжения в сигнал постоянного тока, построенная на основании двух операционных усилителей. Преобразователь имеет четыре диапазона входного переменного напряжения и унифицированный выход 0-5 мА постоянного тока.

Дан также краткий анализ динамических свойств преобразователя.



## AC - DC VOLTAGE TO CURRENT CONVERTER WITH 0 - 5 MA OUTPUT

### S u m m a r y

The paper presents description of AC - DC voltage to current converter based on the operational rectifier and the precision current sink. The converter has four input voltage ranges and 0 - 5 MA DC output. The short analysis of converter dynamic properties is also included.