

PRZETWORNIK NAPIĘCIE - CZĘSTOTLIWOŚĆ W UKŁADZIE ILORAZOWYM

dr inż. Eligiusz Pawłowski

Politechnika Lubelska, Wydział Elektryczny, ul. Nadbystrzycka 38 A, 20-618 LUBLIN

E-mail: elekp@elektron.pol.lublin.pl

W referacie przedstawia się układ przetwornika o wyjściu częstotliwościowym realizującego funkcję ilorazu dwóch napięć. Omawia się jego zasadę działania oraz wyniki badań eksperymentalnych. Opracowany układ może współpracować z parametrycznymi przetwornikami rezystancyjnymi (czujnikami tensometrycznymi, termorezystancyjnymi, magnetorezystancyjnymi itp.) i umożliwia uniezależnienie wyjściowego sygnału częstotliwościowego od wahań napięcia lub prądu zasilającego. Zwraca się uwagę na możliwości praktycznych zastosowań przedstawionego układu do realizacji systemów pomiarowych wykorzystujących sygnał częstotliwościowy w roli nośnika informacji pomiarowej.

The paper presents Voltage-to-Frequency Converters with dual voltage inputs. This circuit converts the ratio of two voltages to an equivalent frequency without a separate analog divider. Range of input voltages is 0 .. -14 V, full-scale output is 14 kHz. Error of output frequency in standard mode is less than 0.03 % and in ratio mode is less than 0.2 %.

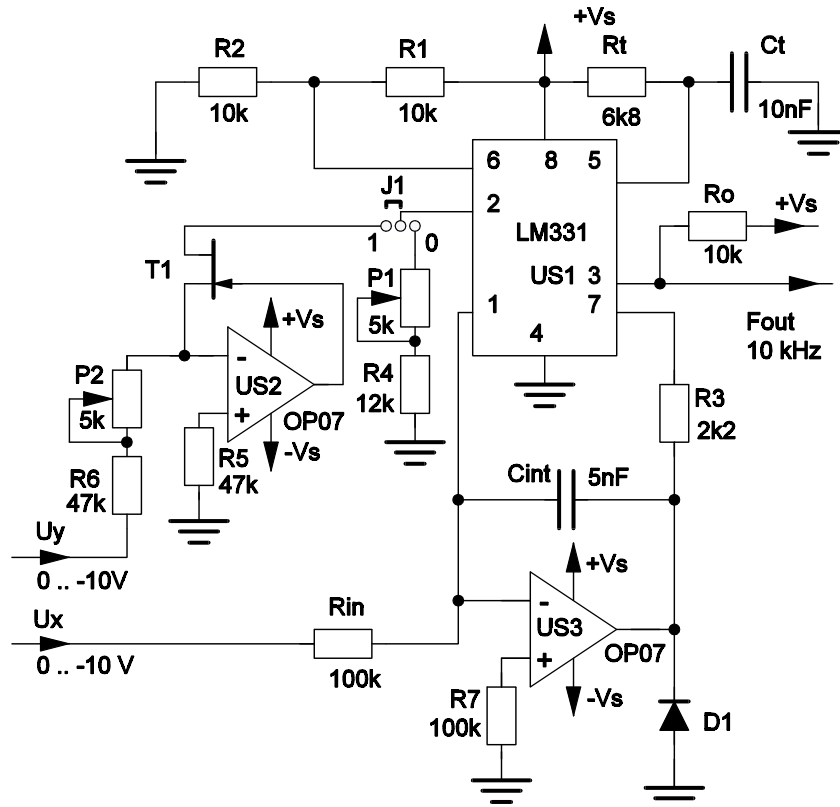
1. Wprowadzenie

Sygnał wyjściowy każdego czujnika parametrycznego jest zależny nie tylko od wartości przetwarzanej wielkości fizycznej, ale również od zasilającego go napięcia. W układzie pomiarowym współpracującym z takim czujnikiem jest więc konieczne zastosowanie odpowiednio stabilnego źródła napięcia zasilającego lub też układu ilorazowego, umożliwiającego uwzględnienie i skorygowanie ewentualnych zmian wartości tego napięcia. Zagadnienie to może być rozwiązane na wiele sposobów, zależnie od struktury dalszej części współpracującego z przetwornikiem układu pomiarowego, a zwłaszcza od przyjętej metody przetwarzania analogowo-cyfrowego. W przypadku zastosowania w układzie pomiarowym przetwarzania sygnału wyjściowego z czujnika parametrycznego w sygnał częstotliwościowy jest korzystne i możliwe zrealizowanie funkcji ilorazowej już na samym początku toru pomiarowego. W pracy przedstawiono zrealizowany na potrzeby takich właśnie zastosowań ilorazowy przetwornik napięcie-częstotliwość, omówiono jego strukturę, zasadę działania oraz wyniki przeprowadzonych badań jego podstawowych parametrów.

2. Struktura przetwornika

Zrealizowany układ przetwornika ilorazowego przedstawiono na Rys.1. Bazuje on na standardowej konfiguracji przetwornika U/F [1], uzupełnionej o dodatkowy układ sterowanego źródła prądowego. Zastosowany scalony układ US_1 przetwornika U/F typu LM 331 wykorzystuje znaną metodę równoważenia ładunku [2]. Współpracuje on z integratorem zrealizowanym na wzmacniaczu operacyjnym US_3 , którego stała całkowania jest określona przez rezystancję wejściową przetwornika R_{in} oraz kondensator C_{int} . Elementy D_3 i R_3 poprawiają warunki pracy integratora. Dzielnik rezystorowy $R_1 - R_2$ ustala napięcie przełączania dla wewnętrznego komparatora w układzie US_1 , stabilizującego napięcie na kondensatorze integratora. Obwód $R_t - C_t$ określa czas trwania impulsu prądowego równoważącego ładunek doprowadzony do integratora z wejścia U_x przetwornika, a suma

rezystancji P_1 i R_4 ustala wartość tego prądu, przy czym należy pamiętać, że napięcie na nóżce 2 układu US_1 jest stabilizowane przez układy wewnętrzne na wartość 1.89 V (typowo). Zworka J_1 ustawiona w pozycji „0” umożliwia skonfigurowanie przetwornika do pracy w układzie standardowym oraz w pozycji „1” do pracy w układzie ilorazowym. Wzmacniacz US_2 wraz z tranzystorem T_1 i rezystorami R_5 , R_6 , P_2 tworzy układ źródła prądowego sterowanego napięciem wejściowym U_y . Potencjometry P_1 i P_2 umożliwiają regulację nachylenia charakterystyki przetwarzania i uzyskanie znamionowej wartości częstotliwości wyjściowej równej 10 kHz. Jednocześnie zastosowanie precyzyjnych wzmacniaczy OP07 o ultraniskim napięciu niezrównoważenia pozwoliło na zrezygnowanie z obwodów regulacji charakterystyki dla początku zakresu.



Rys.1. Schemat przetwornika napięcie-częstotliwość w układzie ilorazowym

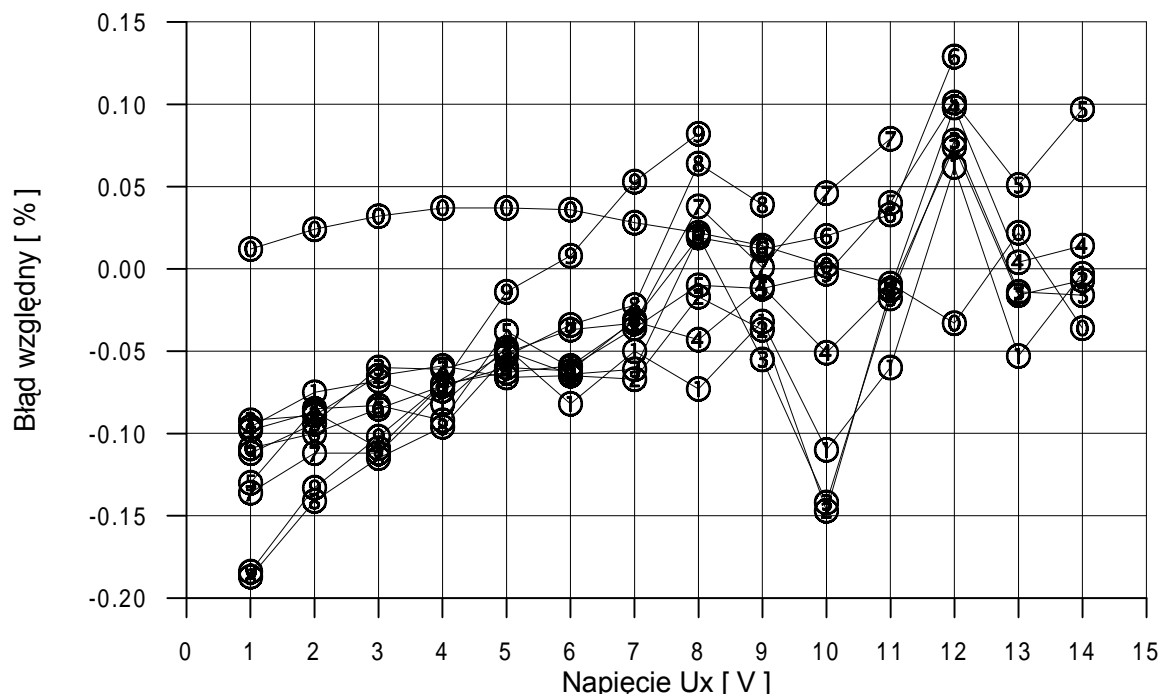
Znamionowy zakres napięć wejściowych U_x i U_y wynosi 0 .. -10V, ale przetwornik pracuje również prawidłowo aż do napięć rzędu -14V. Częstotliwość sygnału wyjściowego F_{out} dla przetwornika pracującego w układzie standardowym [1] jest określona wzorem (1), a dla układu ilorazowego wzorem (2).

$$F_{out} = \frac{U_x}{1.89 \text{ V}} \times \frac{R_4 + P_1}{R_{in}} \times \frac{1}{1.1 \times R_t C_t} \quad (1)$$

$$F_{out} = \frac{U_x}{U_y} \times \frac{R_6 + P_2}{R_{in}} \times \frac{1}{1.1 \times R_t C_t} \quad (2)$$

3. Uzyskane parametry

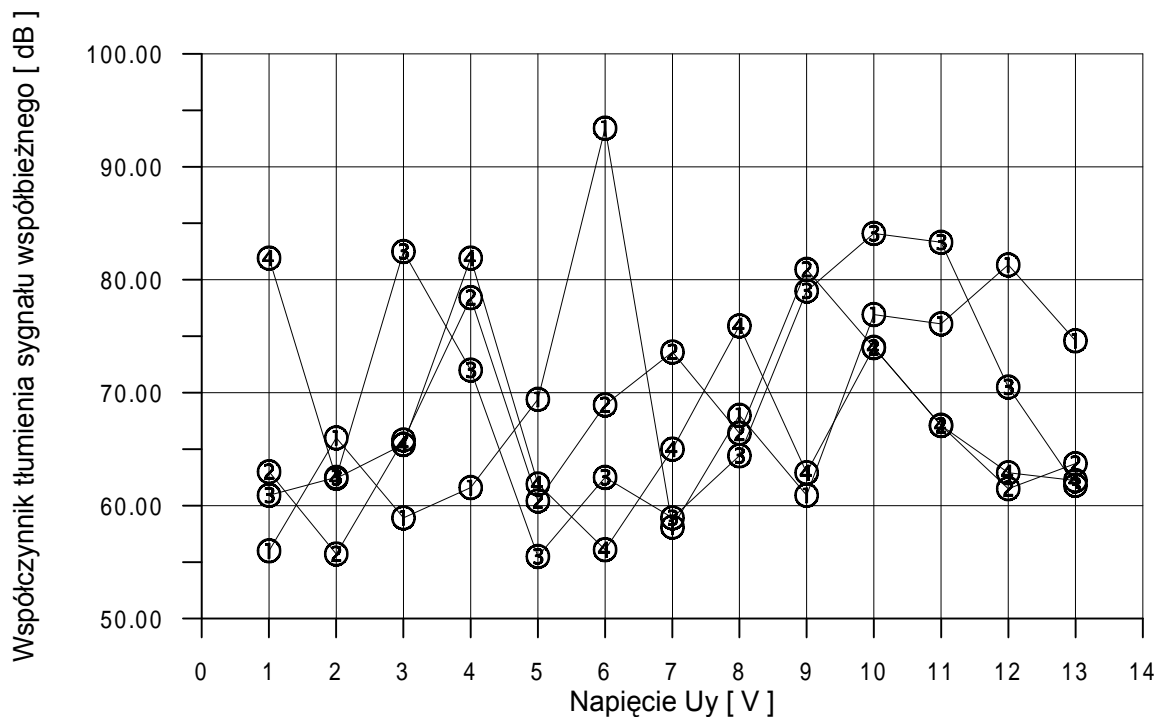
Dla zrealizowanego układu przetwornika wyznaczono doświadczalnie jego podstawowe parametry przy pracy w układzie standardowym i ilorazowym. Na Rys.2. przedstawiono względny błąd przetwornika odniesiony do wartości znamionowej $F_{out} = 10$ kHz.



Rys.2. Względny błąd przetwornika odniesiony do wartości znamionowej $F_{out}=10$ kHz :
w układzie standardowym ① oraz w układzie ilorazowym - dla napięcia U_y
od -14 V ① do -6 V ⑩, kolejne wykresy co 1 V

Wykres ① sporządzony dla przetwornika w układzie standardowym w pełni potwierdza jego dane katalogowe [1]: błąd przetwarzania nie przekracza wartości 0.03 % i osiąga największe wartości w połowie zakresu. Również poza katalogowym zakresem przetwarzania błędy mieszczą się w podanym przedziale, praktycznie aż do $U_x = -14$ V. Wykresy od ① do ⑩ przedstawiają analogicznie błędy przetwornika pracującego w układzie ilorazowym, dla napięcia U_y w zakresie od -14 V do -6 V, przy czym kolejne wykresy są wykonane co 1 V. W tym przypadku błędy przetwarzania są większe, nie przekraczają jednak wartości 0.2 %. Należy zwrócić uwagę, że dopuszczalny zakres napięcia wejściowego U_x jest zależny od wartości napięcia U_y . Dla poprawnej pracy przetwornika napięcie U_x nie powinno być większe co do wartości bezwzględnej o więcej niż około 2 V od napięcia U_y . Na rys.3. przedstawiono współczynnik CMRR tłumienia sygnału współbieżnego dla przetwornika pracującego w układzie ilorazowym. Współczynnik CMRR obliczano zgodnie ze wzorem (3), biorąc pod uwagę zmianę częstotliwości wyjściowej ΔF_{out} spowodowaną zmianą napięcia ΔU_x , przy stałym stosunku napięć U_x/U_y równym kolejno: 14/10 ①, 10/10 ②, 8/10 ③ oraz 5/10 ④.

$$CMRR = 20 \log \frac{\frac{\Delta F_{out}}{F_{out}}}{\frac{\Delta U_x}{U_x}} \quad (3)$$



Rys.3. Współczynnik tłumienia sygnału współbieżnego dla przetwornika w układzie ilorazowym, dla stosunków napięć U_x/U_y równych: 14/10 ①, 10/10 ②, 8/10 ③, 5/10 ④.

Jak widać na wykresach, dla badanego przetwornika współczynnik CMRR tłumienia sygnału współbieżnego w każdym przypadku jest większy od 55 dB i osiąga wartości rzędu 90 dB.

4. Podsumowanie

Zrealizowany przetwornik napięcie-częstotliwość w układzie ilorazowym pracuje zgodnie z oczekiwaniami. Jego zastosowanie w prosty sposób umożliwia skuteczne wyeliminowanie szkodliwej zależności sygnału wyjściowego czujnika parametrycznego od napięcia zasilającego. Z powodzeniem może być również wykorzystany do przetwarzania sygnałów w tych przypadkach, w których wynik pomiaru jest ilorazem dwóch wielkości. Zrealizowanie operacji dzielenia w jednym układzie razem z przetwarzaniem w sygnał częstotliwościowy korzystnie wpływa na sumaryczny błąd toru pomiarowego. Zakres zastosowań układu może być również rozszerzony poprzez dostosowanie jednego lub obu jego wejść do sygnału prądowego, co wymaga tylko usunięcia odpowiedniego rezystora wejściowego. W takiej konfiguracji możliwy jest bezpośredni pomiar rezystancji, np. czujnika termorezystancyjnego.

Literatura

- [1] Data Acquisition DataBook - National Semiconductor 1995.
- [2] Kulka Z., Libura A., Nadachowski M.: Przetworniki analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe. WKiŁ, Warszawa 1987.