

Andrzej MET

Aleksander ŁATKA

Politechnika Śląska

Instytut Metrologii Elektrycznej i Elektronicznej

FOTOELEKTRYCZNY UKŁAD DO ODTWARZANIA WYKRESÓW

Streszczenie. W artykule przedstawiono schematy, zasadę działania oraz podstawowe parametry zaprojektowanego i zbudowanego układu do odtwarzania wykresów. W układzie zastosowano fotopowielacz.

Wstęp

Opisany w opracowaniu układ służy do przetwarzania wykresów na proporcjonalne sygnały elektryczne (prąd lub napięcie) za pomocą oscyloskopu i fotopowielacza. Uzyskany w ten sposób sygnał elektryczny można dalej przetwarzać. Przykładem takiego przetwarzania może być opisana w pracy [5] metoda obliczania charakterystyk częstotliwościowych fazowych na podstawie znanych charakterystyk częstotliwościowych amplitudowych.

Analiza znanych z publikacji [1], [2], [3] układów od odtwarzania wykresów wykazała, że są one trudne w realizacji technicznej lub mało dokładne. Próby realizacji propozycji układu opisanego w pracy [2], opartego na metodzie fotoelektrycznej z fotodiodą, wykazały jego nieprzydatność do omawianych zadań ze względu na zbyt małą czułość optyczną.

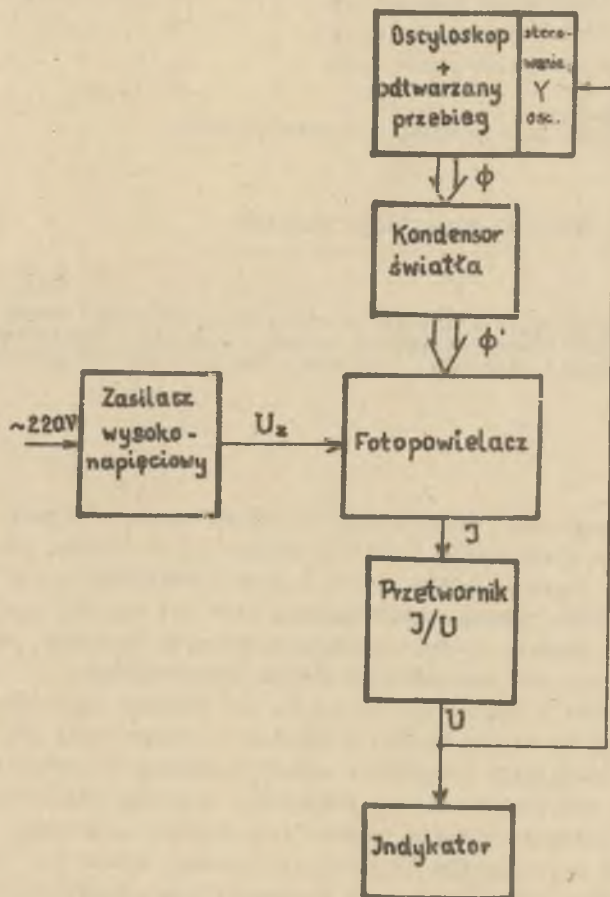
Dalsze próby doprowadziły do fotoelektrycznego układu do odtwarzania przebiegów graficznych, opartego na fotopowielaczu. Zmierzone i podane parametry zbudowanego układu świadczą o jego przydatności w zastosowaniach pomiarowych.

Zasada działania układu

Zasada działania układu polega na śledzeniu przez plamkę świetlną oscyloskopu krawędzi szablonu w kształcie analizowanego przebiegu dzięki podaniu na oś Y wzmacniacza oscyloskopu sygnału sprzężenia zwrotnego z fotopowielacza.

Na rysunku 1 przedstawiono schemat blokowy układu do odtwarzania wykresów. Układ składa się z: fotopowielacza sprzężonego optycznie poprzez kondensator i elektrycznie z oscyloskopem, na którego oknie znajduje się szablon w kształcie odtwarzanego przebiegu; z przetwornika I/U oraz indy-

katora napięcia wyjściowego. Fotopowielacz ustawiono naprzeciw okna oscyloskopu, w którym umieszczono szablon w kształcie odtwarzanego przebiegu. Szybkość odtwarzania zależy od ustawienia prędkości podstawy czasu.



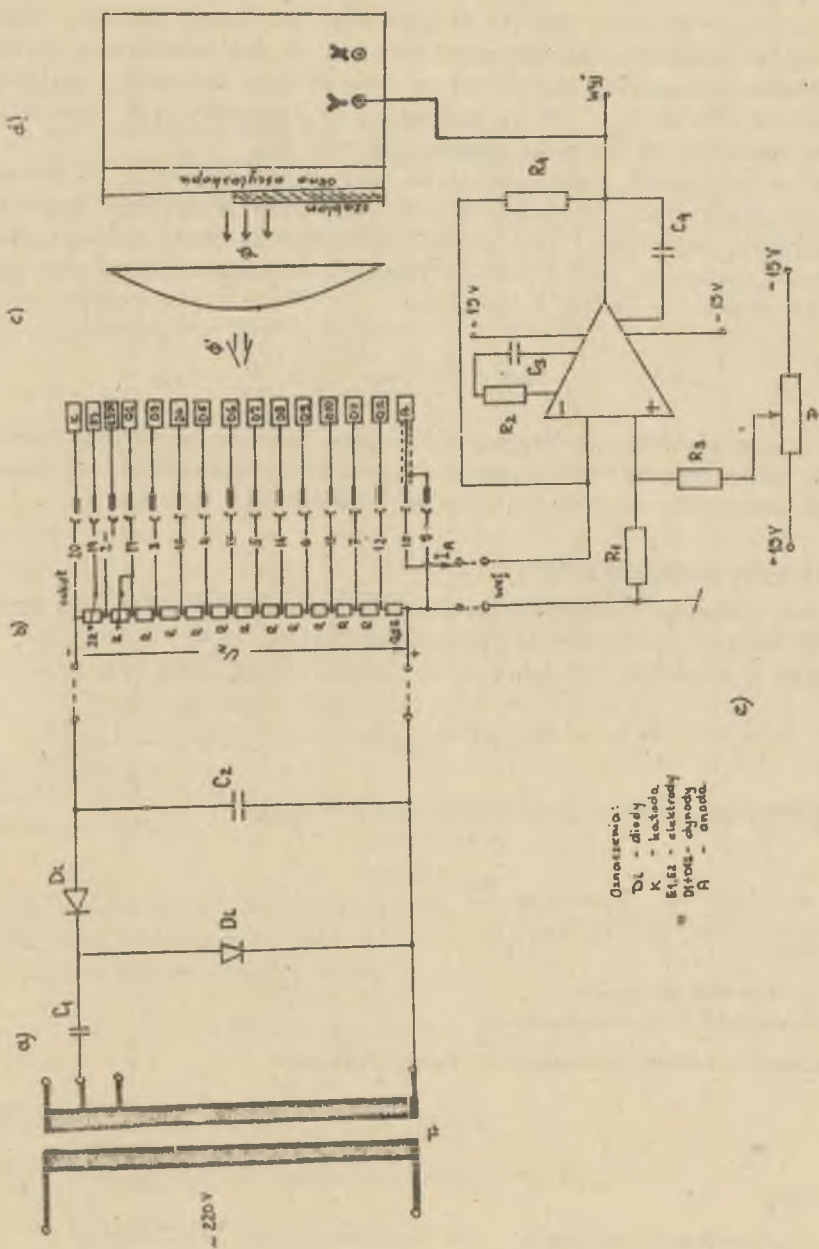
Rys. 1. Schemat blokowy fotoelektrycznego układu do odtwarzania wykresów

Opis elementów układu

W układzie zastosowano fotopowielacz typu M12FS52A firmy VEB Carl Zeiss Jena. Schemat fotopowielacza w układzie pomiarowym przedstawiono na rys. 2b.

Do pomiarów użyto oscyloskopu typu OKS - 512A firmy Radiotechnika - Wrocław (rys. 2d).

Między oknem oscyloskopu a fotopowielaczem umieszczono w światłoszczelnej obudowie kondensor światła (rys. 2c), którego celem jest skupienie światła pochodzącego z plamki oscyloskopu.



Rys. 2. Schemat elektryczny poszczególnych części układu:
 a) zasilacz wysokonapięciowy, b) fotoopowieściacz w układzie pomiarowym, c) kondensator
 loskop z szablonem, d) oscyloskop z szablonem, e) przetwornik I/U

Przy napięciu zasilania $U_{zmax} = 1400$ V czułość fotopowielacza wynosi $S = 113 \mu A/lm$. W praktyce okazało się, że przy tak dużej czułości układ jest wrażliwy na zakłócenia optyczne. Zbadano, że dla odtworzenia przebiegu graficznego osiąga się wystarczającą czułość przy napięciu zasilania fotopowielacza około $U_z = 700$ V. Napięcie o tej wartości daje podwajacz napięcia zbudowany wg schematu podanego na rys. 2a.

Sygnałem wyjściowym z fotopowielacza jest prąd anodowy I_A . Ponieważ wzmacniacz przesunięcia pionowego Y oscyloskopu jest sterowany napięciowo, w układzie zastosowany jest przetwornik prądu na napięcie (rys. 2e). Przetwornik zbudowany jest w oparciu o wzmacniacz operacyjny $\mu A 709$. Przetworzenie odbywa się według zależności:

$$U_{wyj} = R_4 I_{wej} \quad (1)$$

Napięcie wyjściowe z przetwornika I/U jest podawane na wejście Y oscyloskopu, będąc jednocześnie sygnałem wyjściowym całego układu. W czasie pomiarów uzyskiwano wartość napięcia wyjściowego $U_{wyj} = 10$ V.

Podstawowe parametry układu

Poniżej zostanie przeprowadzone rozumowanie, którego celem jest wyprowadzenie funkcji przetwarzania statycznego układu.

Zgodnie z równaniem (1) napięcie wyjściowe układu równa się:

$$U_{wyj} = R_4 I_{wej}$$

Prąd wyjściowy - anodowy z fotopowielacza równa się:

$$I_{wyj} = \Phi S, \quad (2)$$

przy czym:

- Φ - strumień świetlny,
- S - czułość fotopowielacza.

Strumień świetlny wpadający do fotopowielacza:

$$\Phi = S_p J, \quad (3)$$

przy czym:

- S_p - powierzchnia widocznej z szablonu plamki oscyloskopu,
- J - jasność plamki.

Przesunięcie plamki oscyloskopu w osi Y:

$$Y = k U_{\text{wej}} + Y_p, \quad (4)$$

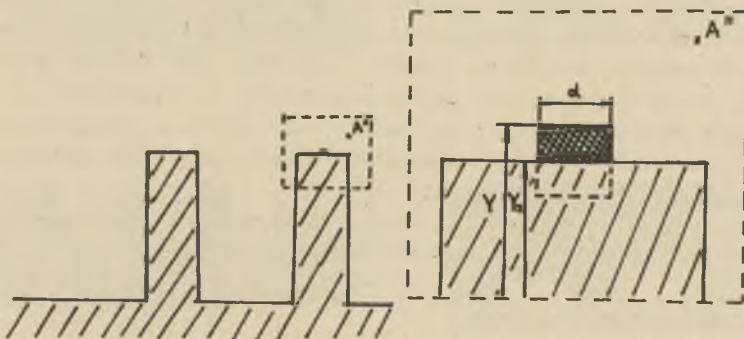
przy czym:

k - czułość wzmacniacza osi Y oscyloskopu,

Y_p - przesunięcie początkowe plamki oscyloskopu.

Po uwzględnieniu równań (1), (2), (3), (4) a także faktu, że prąd wyjściowy fotopowielacza jest równy prądowi wejściowemu przetwornika I/U ($I_{\text{wyj}} = I_{\text{wej}}$) oraz że napięcie wyjściowe przetwornika I/U jest równe napięciu wejściowemu oscyloskopu ($U_{\text{wyj}} = U_{\text{wej}}$) uzyskuje się zależność określającą przesunięcie plamki oscyloskopu w osi Y:

$$Y = k R_4 S_p S J + Y_p. \quad (5)$$



Rys. 3. Ilustracja do wzoru 6 opisującego powierzchnię plamki widocznej zza szablony

Dla uproszczenia rozważań przyjęto, że widoczna zza szablony część plamki oscyloskopu ma kształt prostokątny (rys. 3). Jej powierzchnię można wyliczyć korzystając ze wzoru:

$$S_p = d(Y - Y_z), \quad (6)$$

przy czym:

d - stała szerokość plamki,

Y_z - wartość zadana szablonem przesunięcia osi Y,

$Y - Y_z \rightarrow 0$, gdy czułość $k \rightarrow \infty$.

Po wykonaniu dalszych przekształceń uzyskuje się zależność opisującą napięcie wyjściowe układu:

$$U_{wyj} = \frac{S_p + d(Y_z - Y_p)}{d k} = \frac{S_p}{d k} + \frac{Y_z - Y_p}{k} . \quad (7)$$

Pierwszy składnik wzoru (7) reprezentuje systematyczny błąd przetwarzania, drugi składnik - wartość dokładną przetwarzania. Składnik błędu można wyrazić stosując wzory (5), (1), (6) jako:

$$\frac{S_p}{d k} = \frac{Y - Y_p}{k^2 R_4 S J d} . \quad (8)$$

Ze wzoru (8) wynika, że minimalizację składnika błędu można uzyskać przez zwiększenie: czułości k , wzmocnienia przetwornika I/U , czułości S fotopowielacza, jaskrawości J plamki oscyloskopu przy zachowaniu jej rozmiarów. Zwiększenie szerokości plamki d powoduje zmniejszenie błędu przetwarzania dla grzbietów odtwarzanych przebiegów, a zwiększenie dla zboczy. Zwiększenie wymienionych parametrów jest celowe w przypadku całkowitego wyeliminowania zakłóceń fotoelektrycznych. Wymienione zależności zostały potwierdzone w czasie badań.

O przydatności metrologicznej układu do odtwarzania przebiegów graficznych decydują jego parametry fotoelektryczne.

A. Stosunek sygnału do szumu:

Stosunek sygnału do szumu zdefiniowano według zależności:

$$\delta = 20 \log \frac{U_{wyj \max}}{U_{sz}} , \quad (9)$$

przy czym:

$U_{wyj \max}$ - maksymalne napięcie wyjściowe przetwornika I/U ,

U_{sz} - napięcie szumów na wyjściu przetwornika I/U .

W czasie pomiarów zmierzone i wyliczone:

$$\delta = 20 \log \frac{4}{80 \cdot 10^{-3}} = 34 \text{ dB}.$$

Badania wykazały możliwość osiągnięcia $\delta = 50 \text{ dB}$ bez zmian układowych.

a)



b)



c)



d)



Rys. 4. Zdjęcia odtwarzanych wykresów i ich szablony:

a) przebieg trójkątny, b) przebieg piłkowy, c) przebieg prostokątny, d) przebieg kombinowany

B. Prędkość przetwarzania:

Prędkość przetwarzania można najlepiej zdefiniować maksymalną stromością zbocza, które jest jeszcze analizowane przez układ. W układzie podanym na rys. 1 zmierzono maksymalną prędkość przetwarzania, badając nachylenie zboczy sygnału wyjściowego w przypadku gdy szablon ma kształt okresowego przebiegu prostokątnego.

$$V_p = 4/3 \cdot 10^4 \text{ V/s.}$$

Na rys. 4a przedstawiono szablony wykresów w postaci przebiegu trójkątnego, piłowego, prostokątnego i kombinowanego. Na rysunku 4b pokazano zdjęcia oscyloskopowe odtworzonych przebiegów.

Podsumowanie

Parametry proponowanego układu, jego prosta oraz wykorzystanie ogólnie dostępnego oscyloskopu świadczą o możliwości stosowania układu w pracach przy odtwarzaniu przebiegów graficznych. Układ może znaleźć zastosowanie nie tylko w metrologii, lecz także przy automatyzacji procesów przemysłowych oraz projektowaniu obwodów elektronicznych, np. gdy istnieje potrzeba przetwarzania charakterystyk amplitudowych na fazowe. Układ może także pracować jako średniej klasy generator funkcji okresowej o dowolnym kształcie.

Układ został zgłoszony w Ośrodku ds. Wynalazczości i Ochrony Patentowej Politechniki Śląskiej pod numerem P-200237.

LITERATURA

- [1] Bielecki M.: Układ odczytujący przebiegi zarejestrowane na taśmie papierowej. V Krajowa Konferencja Metrologii i Budowy Aparatury Pomiarowej. Tom III, Poznań 1972.
- [2] Rydzewski J.: Oscyloskop elektroniczny, WKiŁ, Warszawa 1976.
- [3] Katalogi firmy Hewlett - Packard-77.
- [4] Katalog firmy SESCOSEM. Scalone obwody liniowe, 1975.
- [5] Łatka A.: Metody obliczania charakterystyk częstotliwościowych fazowych za pomocą znanych charakterystyk częstotliwościowych amplitudowych. Materiały ogólnokrajowej Konferencji Metrologów, Poznań 1977.

УСТАНОВКА ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА ГРАФИКОВ

Р е з ю м е

В статье приведены схемы, принцип действия и основные параметры запроек-
тированной и построенной установки для воспроизводства графиков. В установ-
ке применен электронный фотоумножитель.

A PHOTOELECTRIC SYSTEM FOR REPRODUCTION OF DIAGRAMS

S u m m a r y

Schemes, operating principle and the basic parameters of the system de-
signed and constructed for the reproduction of diagrams has been presen-
ted in the article.

The system utilises a photomultiplier tube.