

Marian URBAŃCZYK
Instytut Fizyki
Politechniki Śląskiej

Feliks STACHURSKI
Instytut Metrologii Elektrycznej i Elektronicznej
Politechniki Śląskiej

WZMACNIACZ Z AUTOMATYCZNYM I PROGRAMOWANYM WYBOREM WSPÓŁ- CZYNNIKA WZMOCNIENIA ORAZ AUTOMATYCZNĄ DYSKRYMINACJĄ ZNAKU

Streszczenie. W artykule opisano zasadę działania wzmacniacza. Przedstawiono wyniki pomiarów, analizę błędów oraz charakterystyki układu modelowego. Opisano zastosowanie wzmacniacza.

1. Wstęp

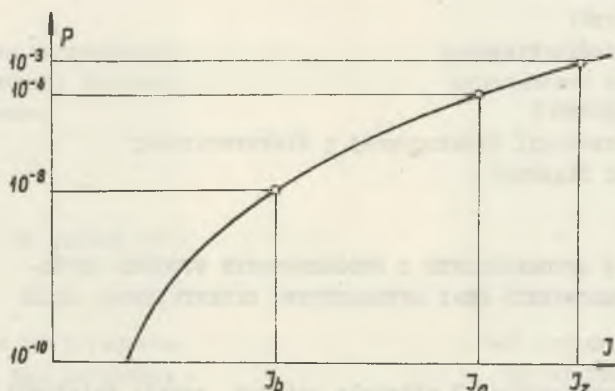
Przełączanie zakresu pomiarowego wzmacniacza przy pomiarze ma na celu zwiększenie dokładności pomiaru połączonego z przetwarzaniem, np. przetwarzaniem analogowo-cyfrowym (A/C). Sygnał z układu pomiarowego jest podawany na wejścia przetwornika A/C i musi być dostatecznie duży, aby mógł zostać następnie przetworzony na postać cyfrową z wymaganą dokładnością. Najczęściej do przetwarzania A/C wykorzystuje się z układu pomiarowego sygnał napięciowy.

Przełączanie zakresów jest automatyczne, ponieważ określana jest wartość wielkości mierzonej oraz zostaje podjęta decyzja o zmianie zakresu sygnału pomiarowego. Automatyka pomiarów jest jednym z ważniejszych ogniw kompleksowej automatyzacji procesów produkcyjnych.

Koncepcję rozwiązania układu uzależniono od pracy tego układu w specyficznych warunkach, jakie występują w podziemiach kopalń węgla kamiennego. Ze względu na występujące w podziemiach kopalń mieszaniny wybuchowe par i gazów istotne jest zagadnienie iskrobezpieczeństwa. Prawdopodobieństwo P zapalenia się mieszaniny wybuchowej zależy od wielkości przepływającego prądu. Przy zwiększaniu natężenia prądu liczba zapaleń rośnie (rys. 1). Norma PN/E - 081107 "Urządzenia i obwody elektryczne iskrobezpieczne w kopalniach węgla kamiennego" [13] określa wartości prądów i napięć jako iskrobezpieczne, jeśli prawdopodobieństwo P zapalenia się mieszaniny wybuchowej jest równe 10^{-8} .

Urządzenia iskrobezpieczne z uwagi na niewielką wartość przenoszanej energii jest konstrukcją różniącą się od wykonania konwencjonalnego. Urządzenie jest przeznaczone do współpracy z przetwornikiem analogowo-cyfrowym do zdalnych pomiarów. Urządzenie pracujące w podziemiach kopalń węgla

kamiennego może znajdować się w znacznym oddaleniu od przetwornika A/C.

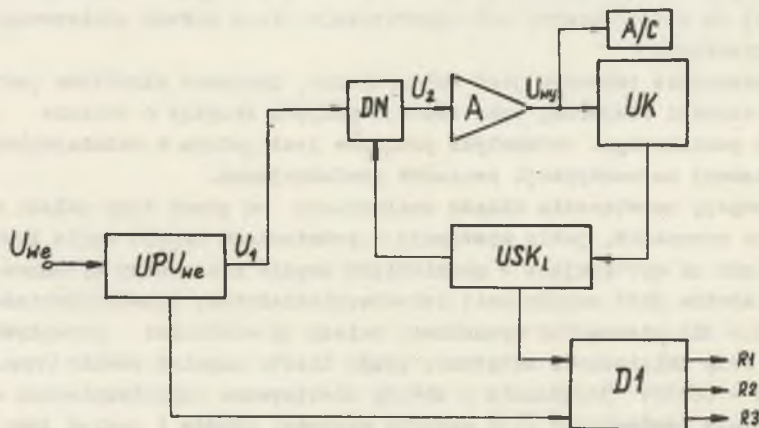


Rys. 1. Zależność prawdopodobieństwa P zapalenia się mieszaniny wybuchowej od wartości przepływającego prądu I :

I_b - prąd iskrobezpieczny, I_a - prąd awaryjny, I_z - prąd zapalający

2. Ogólna zasada działania wzmacniacza

Sygnał napięciowy z układu pomiarowego zostaje podany na wejście wzmacniacza. Układ polaryzacji napięcia wejściowego (U_{we}), w przypadku gdy na-

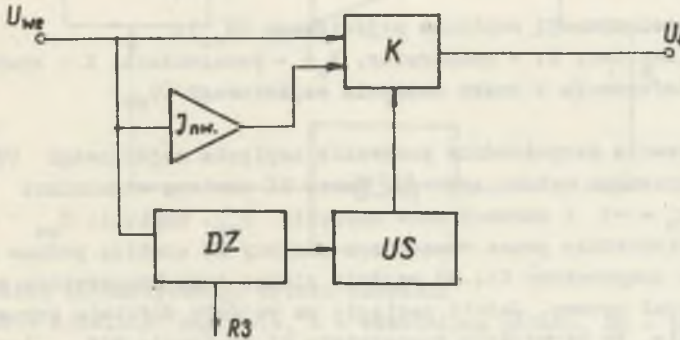


Rys.2. Wzmacniacz z automatycznym wyborem współczynnika wzmocnienia i określeniem polaryzacji napięcia wejściowego (U_{we});
 DN - dzielnik napięcia, A - wzmacniacz układu, A/C - wyjście analogowo-cyfrowe, UPU_{we} - układ polaryzacji napięcia wejściowego U_{we} ,
 UK - układ kontrolny znaku napięcia U_{wy} , USK_1 - układ sterowania kluczami, D1 - dekodery kodujące informacje wyjściowe

pięcie U_{we} jest ujemne, dokonuje inwersji tego napięcia. Następnie dodatni sygnał napięciowy U_{we} jest podany na układ, który automatycznie dokonuje wyboru współczynnika wzmocnienia k , wybierając odpowiedni zakres dzielnika napięciowego (DN). Wybór zakresu dzielnika DN jest dokonywany tak, aby napięcie wyjściowe (U_{wy}) nie przekraczało wartości granicznej (U_{gr}), która może być ustalona. Schemat blokowy wzmacniacza przedstawia rys. 2. Schemat dodatkowo zawiera dekodery D1, kodujące informacje wyjściowe układu sterowania kluczami tranzystorowymi oraz układu polaryzacji napięcia wejściowego.

3. Układ polaryzacji napięcia wejściowego

Ze stosowanych metod polaryzacji wielkości mierzonej, np.: metoda inwersji wielkości mierzonej, metoda podwójnego porównania, metoda wzorca pomocniczego wybrano metodę pierwszą (rys. 3). Metoda pierwsza jest znacznie prostsza w porównaniu z dwoma pozostałymi i korzystniejsza, ponieważ układ tej metody jest mniejszy niż metod pozostałych.



Rys. 3. Metoda inwersji wielkości mierzonej:

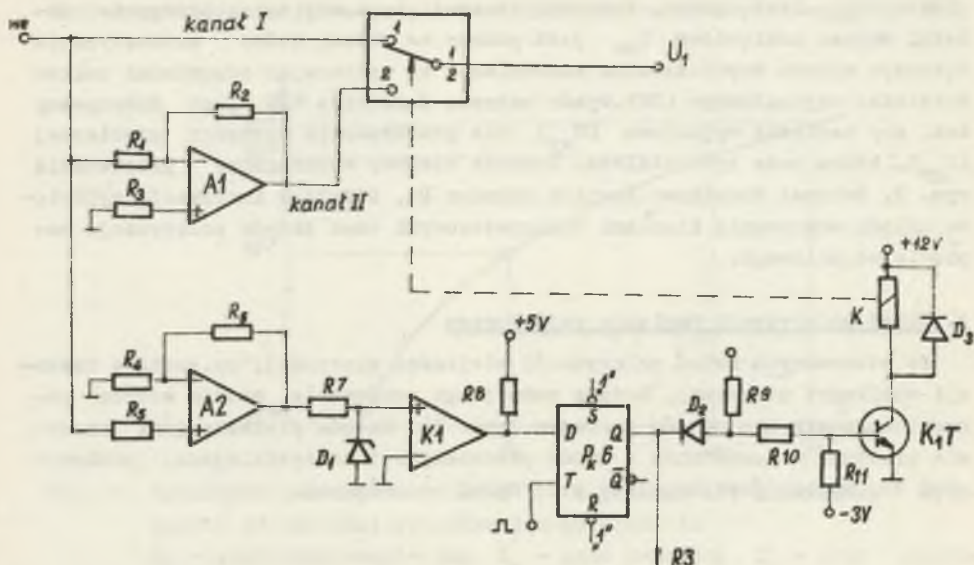
I_{nw} - inwerter, K - kontaktron, DZ - dyskryminator znaku, US - układ sterowania, R3 - informacja o znaku napięcia wejściowego (U_{we})

Sposób działania układu można przedstawić prostą zależnością matematyczną:

$$U_1 = |U_{we}|, \quad (1)$$

przy czym: U_{we} - sygnał wejściowy,
 U_1 - sygnał wyjściowy dyskryminatora.

Rolę dyskryminatora znaku w układzie spełnia komparator scalony (K1), sterujący przełącznikiem kanałów (rys. 4).



Rys. 4. Układ polaryzacji napięcia wejściowego (U_{we}):

A1 - inwerter, K1 - komparator, P_{k6} - przerzutnik, K - kontaktron,
R3 - informacja o znaku napięcia wejściowego (U_{we})

Kanał I zapewnia bezpośrednie podawanie napięcia wejściowego (U_{we}) do układu automatycznego wyboru zakresu. Kanał II zawiera wzmacniacz A1 o wzmacnieniu $k_u = -1$ i odwraca znak napięcia U_{we} . Napięcie U_{we} wzmacnione dziesięciokrotnie przez wzmacniacz scalony A2 zostaje podane na dodatnie wejście komparatora K1. Na wejście ujemne tego komparatora podawany jest potencjał zerowy. Jeżeli napięcie na wejściu dodatnim komparatora K1 jest dodatnie, to na wyjściu komparatora K1 występuje "1" logiczna (ok. 5V). Sygnał ten podawany jest na wejście wpisujące przerzutnika scalonego (P_{k6}). Z chwilą pojawienia się "1" logicznej na wejściu taktującym T przerzutnika P_{k6} "1" logiczna zostaje przepisana z wejścia D na wyjście Q tego przerzutnika. Jeśli napięcie podane na wejście dodatnie komparatora K1 jest ujemne, wówczas na wyjściu Q przerzutnika P_{k6} występuje "0" logiczne. Wyjście przerzutnika P_{k6} steruje kluczem tranzystorowym (K_{1T}). Gdy na wyjściu Q przerzutnika P_{k6} występuje "0" logiczne, klucz K_{1T} złącza kontaktron (K) i następuje przełączenie styków kontaktronu w położenie 2-2 (kanał II). W przeciwnym przypadku styki kontaktronu K znajdują się w położeniu 1-1 (kanał I).

Informację o znaku napięcia dostarcza aktualny stan przerzutnika P_{k6} . Komparator K1 posiada strefę nieczułości (S_n), która wynosi około 5 mV.

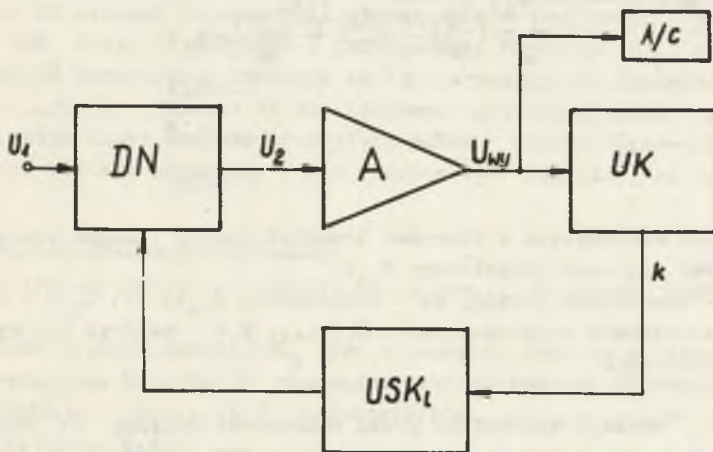
Wzmacniacz A2 zapewni prawidłową pracę układu polaryzacji napięcia wejściowego w zakresie napięć wejściowych, mieszczących się w strefie nieczułości (S_n) komparatora K1.

Czas jednego cyklu pracy układu polaryzacji napięcia U_{we} jest określony przez czas zadziałania i zwalniania styków kontaktronu, które odpowiednio wynoszą $2(1)^*$ oraz $1(0,4)^*$ ms. Opóźnienie wnoszone przez pozostającą część układu jest bardzo małe (rzędu ns) i nie jest uwzględnione. Innym układem, który można zastosować, jest układ polaryzacji napięcia U_{we} z modułową funkcją przejścia [5].

4. Układ automatycznego wyboru zakresu

Na rys. 5 przedstawiono schemat blokowy układu, a na rys. 6 schemat ideowy układu.

Napięcie U_1 zostaje podane na dzielnik rezystancyjny DN.



Rys. 5. Układ automatycznego wyboru zakresu:

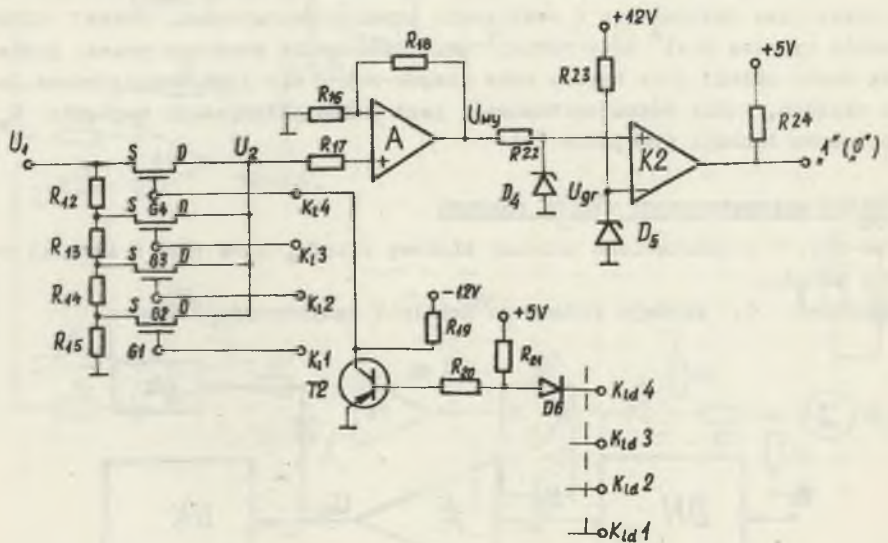
DN - dzielnik napięcia, A - wzmacniacz układu, UK - układ kontroli napięcia U_{wy} , USK_1 - układ sterowania kluczami, A/C - wyjście analogowo-cyfrowe

Napięcie U_2 z dzielnika posiada wartość określoną zależnością:

$$U_2 = \frac{U_1}{n}, \quad (2)$$

przy czym: n - przyjmuje wartości - $n = 1; 3; 30$ i 300 w zależności od założonego klucza (K_{11}, \dots, K_{14}).

* wartości podane w nawiasach zostały wyznaczone doświadczalnie dla zastosowanego kontaktronu modelu.



Rys. 6. Układ wzmacniacza z kluczami tranzystorowymi i układ kontroli wartości napięcia wyjściowego U_{wy} :

A - wzmacniacz układu, K2 - komparator, $K_{1d}^1, \dots, K_{1d}^4$ - wejścia tranzystorów dopasowujących, K_1^1, \dots, K_1^4 - wejścia kluczy tranzystorowych

Napięcie U_2 zostaje wzmacnione przez wzmacniacz scalony A. Wzmacniacz A posiada stały współczynnik wzmocnienia $k_A = 300$. Napięcie U_{wy} na wyjściu wzmacniacza A jest określone wyrażeniem:

$$U_{wy} = U_2 k_A \quad (3)$$

Na podstawie wyrażień: (1), (2) i (3) otrzymuje się:

$$U_{wy} = U_{we} \frac{k_A}{n}, \quad (4)$$

wobec tego:

$$U_{wy} = U_{we} k, \quad (5)$$

przy czym:

$$k = \frac{k_A}{n}$$

W zależności od załączonego klucza (K_{11}, \dots, K_{14}) napięcie U_{we} zostaje wzmacnione k razy.

Współczynnik wzmacnienia K dobierany jest w taki sposób, by napięcie wyjściowe (U_{wy}) nie przekroczyło wartości napięcia granicznego (U_{gr}), która może być ustalona, ale jednocześnie, aby ekstremalnie zbliżyło się do tej wartości.

Kontroli wartości napięcia U_{wy} dokonuje komparator scalony (K2). Na wejście dodatnie komparatora K2, podawane jest napięcie U_{wy} . Wartość tego napięcia zostaje porównana z napięciem U_{gr}^* , które jest podawane na wejście ujemne tego komparatora.

Gdy $U_{wy} < U_{gr}$ na wyjściu komparatora K2 występuje "0" logiczne. W przeciwnym przypadku występuje "1" logiczna. Binarny sygnał wyjściowy z komparatora K2 stanowi informację, na podstawie której układ sterowania kluczami USK_1 (rys. 5) decyduje o przełączeniu napięcia U_{wy} na odpowiedni stopień wzmacnienia. Wówczas następuje załączenie odpowiedniego klucza (K_{11}, \dots, K_{14}). Klucze te są zbudowane na tranzystorach polowych, przy czym każdy klucz posiada na wejściu układ dopasowujący (K_{1d1}, \dots, K_{1d4}). Klucz zostaje załączony przez podanie "1" logicznej na jego wejście.

4.1. Układ sterowania kluczami USK_1

Schemat blokowy układu przedstawiono na rys. 7, a schemat ideowy na rys. 8.

Zasadniczą częścią układu USK_1 jest rejestr R. Jest to rejestr przesuwający rewersyjny. Rejestr R zbudowany jest z czterech przerzutników scalonych. Wyjścia (Q_1, \dots, Q_4) przerzutników (P_{k1}, \dots, P_{k4}) sterują kluczami (K_{11}, \dots, K_{14}).

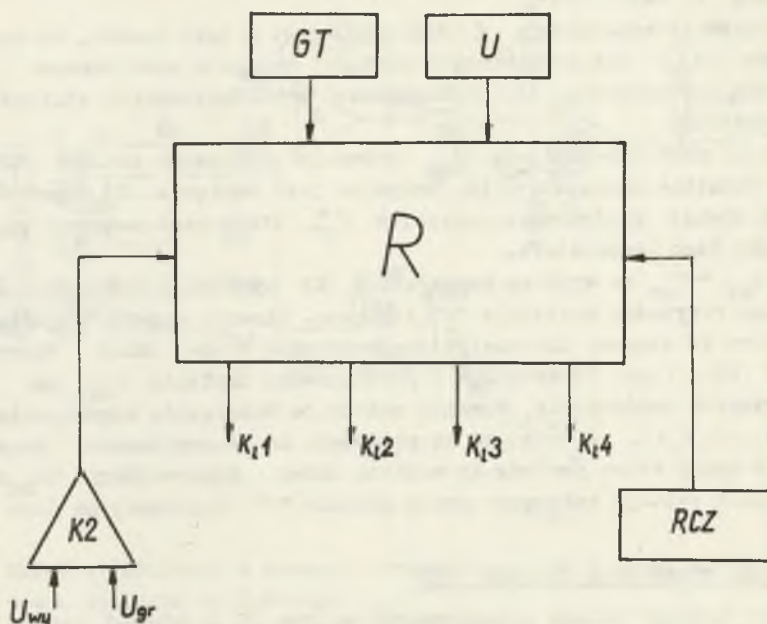
Cykl pracy układu USK_1 zaczyna się od wpisania do rejestru R początkowego stanu kluczy. Powyższy stan rejestru R uzyskuje się przez podanie impulsu "Z" z układu rozdzielacza czasowego na wejście \bar{S} przerzutnika P_{k1} oraz na wejścia R pozostałych przerzutników rejestru R.

Równocześnie zostaje odblokowana bramka B6, która zapewnia podawanie impulsów taktujących z generatora taktu (GT) na wejścia taktujące przerzutników rejestru R.

Na wyjściu (Q_1) pierwszego przerzutnika rejestru R występuje "1" logiczna, a na wyjściach pozostałych przerzutników (Q_2, Q_3 i Q_4) występuje "0" logiczne. Taki stan rejestru R odpowiada zamknięciu klucza K_{11} . Klucz K_{11} zapewnia wzmacnienie $k_{u1}=1$.

Jeśli dla wzmacnienia $k_{u1}=1$ sygnał wyjściowy komparatora K2 posiada wartość odpowiadającą "0" logicznemu ($U_{wy} < U_{gr}$), wówczas jedynka logiczna z wyjścia Q_1 zostaje przesunięta na wyjście Q_2 drugiego przerzutnika rejestru R. Na pozostałych wyjściach Q_3 i Q_4 przerzutników rejestru R

*w modelu przyjęto wartość napięcia granicznego $U_{gr} = 3,3 \text{ V}$

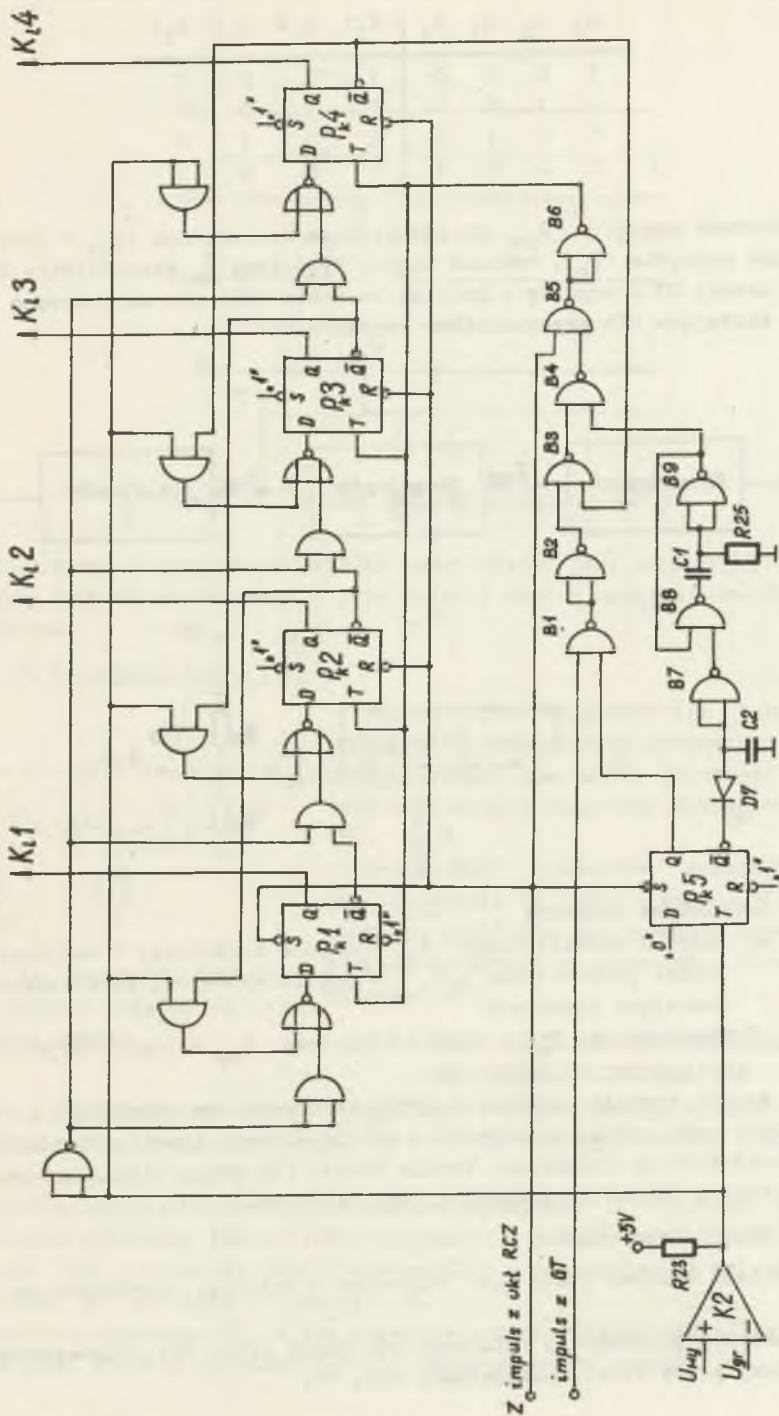


Rys. 7. Układ sterowania kluczami:

GT - generator taktu, U - uniwibrator, R - rejestr rewersyjny synchroniczny 4-bitowy, K2 - komparator, RCZ - rozdzielacz czasowy

występuje nadal "0" logiczne. Zostaje wtedy załączony klucz $K_{1,2}$ i układ wzmacniacza ma wzmocnienie $k_{u2} = 3$. Przy następnych impulsach taktujących "1" logiczna zostaje przesunięta do dalszych przerzutników rejestru R. Proces trwa do chwili, gdy sygnał wyjściowy z komparatora K2 zmieni wartość z "0" logicznego na "1" logiczną. Nastąpi to wówczas, gdy $U_{wy} > U_{gr}$. Wtedy na wyjściu \bar{Q}_5 przerzutnika P_{k5} pojawia się "0" logiczne. Sygnał wyjściowy \bar{Q}_5 zablokuje bramkę B4 oraz jednocześnie generator taktu (GT).

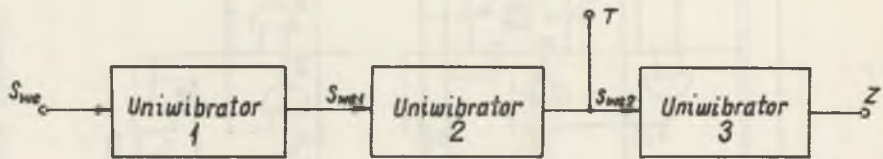
Zmiana stanu wyjścia \bar{Q}_5 przerzutnika P_{k5} z "0" logicznego na "1" logiczną powoduje uruchomienie uniwibratora UB zbudowanego z bramek logicznych B8 i B9 oraz rezystancji R25 i pojemności C1 (rys. 8). Impuls prostokątny z uniwibratora jest wprowadzany na wejścia taktujące (T) przerzutników rejestru R. Następuje wówczas praca rewersyjna rejestru R i "1" logiczna zostaje przesunięta z n-tego przerzutnika na n-1 przerzutnik. Tablicą wartości funkcji dla układu sterowania kluczami ma postać:



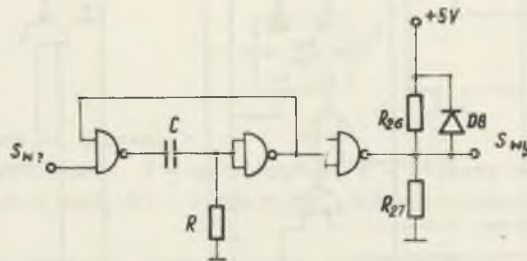
Rys. 8. Schemat ideowy układu sterowania kluczem

Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	$K_{1,1}$	$K_{1,2}$	$K_{1,3}$	$K_{1,4}$
1	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	1

Gdy wartość napięcia U_{we} po największym wzmocnieniu ($k_{u4} = 300$) nie przekroczy napięcia U_{gr} , wówczas sygnał wyjściowy \bar{Q}_4 przerzutnika P_{k4} zablokuje bramkę B3 i impulsy z generatora taktu (GT) nie są podawane na wejścia taktujące (T) przerzutników rejestru R.



a)



b)

Rys. 9. Rodzielacz czasowy:

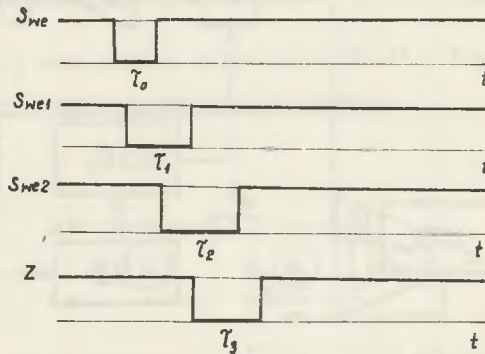
- łańcuch uniwibratorów: S_{we} - impuls wejściowy, T - wejście taktujące przerzutnika P_{k6} , Z - impuls wyjściowy uniwibratora ustawiający rejestr R
- Uniwibrator: S_{we} - impuls wejściowy, S_{wy} - impuls wyjściowy

W ten sposób zostaje zakończony wybór współczynnika wzmocnienia. Cykl pracy układu może zostać powtórzony w chwili podania impulsu startu (S) na wejście rozdzielacza czasowego. Impuls startu (S) może być generowany przez centralną jednostkę sterującą, np. komputer.

4.2. Rodzielacz czasowy

Rozdzielacz czasowy (RCZ) jest zbudowany z łańcucha uniwibratorów (rys. 9a).

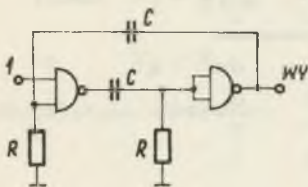
Uniwibratory zbudowano z funkcyjów scalonych (rys. 9b). Uproszczony wykres czasowy pracy układu przedstawia rys. 10.



Rys. 10. Wykres czasowy działania układu

Czas trwania impulsu na wyjściu uniwibratora jest niezależny od czasu trwania impulsu wejściowego i jest funkcją stałej czasowej obwodu RC uniwibratora.

4.3. Generator taktu (GT)



Rys. 11. Generator taktu:
1 - wejście układu, WY -
wyjście układu

Sygnał wyjściowy generatora taktu jest przebiegiem prostokątnym niesymetrycznym o częstotliwości $f = 1 \text{ kHz}$. Generator taktu jest zbudowany z funkcyj scalonych (rys. 11).

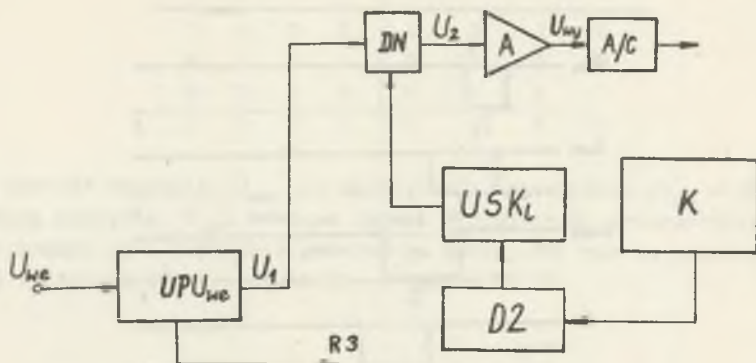
Generowanie impulsów rozpoczyna się z chwilą podania na jedno z wejść (1) "1" logicznej. Amplituda generowanych impulsów odpowiada wielkości standardowej, przyjętej w układach TTL.

4.4. Wzmacniacz z programowanym wyborem współczynnika wzmocnienia

Innym rozwiązaniem układu wzmacniacza z automatycznym wyborem współczynnika wzmocnienia jest wzmacniacz z programowanym wyborem współczynnika wzmocnienia (rys. 12).

Wyboru odpowiedniego współczynnika wzmocnienia k dokonuje centralna jednostka sterująca (komputer). Informacja z komputera (2-bitowa) steruje układem USK_1 . Pozostałe układy wzmacniacza z programowanym wyborem współczynnika k są takie jak na rys. 2.

Syntezę dekodera (D2) w tym układzie przeprowadzono, stosując tablicę Karnauha. Tablica wartości funkcji dekodera D2 ma postać:



Rys. 12. Wzmacniacz z programowanym wyborem współczynnika wzmocnienia i określeniem polaryzacji napięcia wejściowego (U_{we}):
 DN - dzielnik napięcia, A - wzmacniacz układu, A/C - wyjście analogowo-cyfrowe, UPU_{we} - układ polaryzacji napięcia wejściowego (U_{we}), D2 - dekodery kodującej informację (R1,R2) o wyborze współczynnika wzmocnienia z komputera, K - komputer, R3 - informacja o znaku napięcia wejściowego (U_{we}), USK₁ - układ sterowania kluczami

R1	R2	K ₁ 1	K ₁ 2	K ₁ 3	K ₁ 4
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

5. Wyniki pomiarów

Zbudowano model omówionego urządzenia i wykonano następujące pomiary przy użyciu tego modelu:

5.1. Maksymalny czas wyboru współczynnika wzmocnienia

Całkowity czas trwania 1 cyklu pracy urządzenia składa się z czasu określenia polaryzacji napięcia $U_{we}(t_p)$ oraz czasu określenia współczynnika wzmocnienia (t_k). Czas określenia współczynnika wzmocnienia jest równy czasowi pracy układu sterowania. Czas określenia polaryzacji (t_p) wynosi 2 ms, natomiast czas określenia współczynnika wzmocnienia (t_k) wynosi 4 ms.

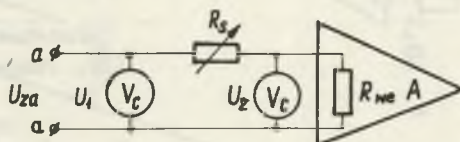
Maksymalny czas trwania 1 cyklu pracy urządzenia wynosi:

$$t_{max} = t_p + t_k = 6 \text{ ms} \quad (6)$$

Całkowity czas trwania 1 cyklu pracy urządzenia z programowanym wyborem współczynnika wzmocnienia jest równy czasowi t_p . Maksymalny czas wyboru współczynnika wzmocnienia jest mniejszy od założonego, który wynosi 20 ms.

Pomiarów dokonano przy pomocy falomierza PFL-16 z błędem $\delta \% < 10^{-5}$.

5.2. Pomiar rezystancji wejściowej urządzenia



Rys. 13. Układ do pomiaru rezystancji wejściowej R_{we}

Wykonano pomiar rezystancji wejściowej kanału I i kanału II. Rezystancję wejściową kanału I zmierzono, podając na zaciski a - a układu pomiarowego (rys. 13) napięcie wejściowe dodatnie.

Zmieniając polaryzację tego napięcia na przeciwną zmierzono rezystancję wejściową kanału II.

Rezystancję wejściową wyznaczono z warunku:

$$\text{jeżeli } U_2 = \frac{1}{2} U_1,$$

$$\text{to } R_g = R_{we}$$

Odpowiednio otrzymano

$$R_{weI} = 31 \text{ k}\Omega$$

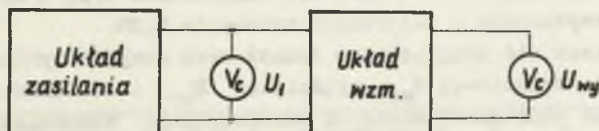
$$R_{weII} = 32 \text{ k}\Omega$$

Pomiaru napięć dokonano woltomierzem cyfrowym.

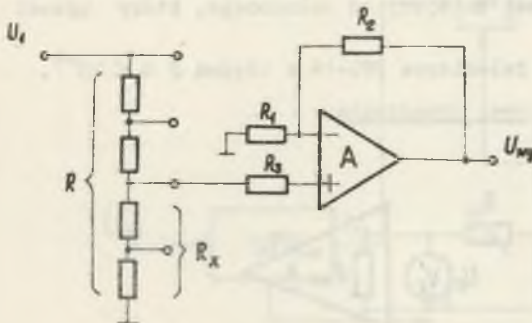
5.3. Określenie niedokładności urządzenia

W celu określenia niedokładności urządzenia na poszczególnych zakresach przeprowadzono pomiary napięć na wejściu i w temperaturach $t_1 = 20^\circ\text{C}$, $t_2 = 50^\circ\text{C}$ i $t_3 = -15^\circ\text{C}$.

Na rys. 15 przedstawiono uproszczony układ do analizy błędu granicznego wzmacniacza.



Rys. 14. Układ do pomiaru napięcia wyjściowego U_{wy}



Rys. 15. Układ do analizy błęd granicznego

Napięcie wyjściowe określone jest następującą zależnością:

$$U_{wy} = U_2 \frac{R_x}{R} k_A \quad (7)$$

$$\text{a wzmacnienie } k_A = 1 + \frac{R_2}{R_3} \quad (8)$$

Podstawiając wzór (8) do (7), otrzymuje się:

$$U_{wy} = U_2 \frac{R_x}{R} \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) \approx U_2 \frac{R_x}{R} \frac{R_2}{R_3} \quad (9)$$

Wystąpienie uchybu granicznego jest mało prawdopodobne, dlatego podano średni uchyb kwadratowy, obliczony według wzoru:

$$\left| \frac{\Delta U_{wy}}{U_{wy}} \right| = \sqrt{\left| \frac{\Delta R_x}{R_x} \right|^2 + \left| \frac{\Delta R}{R} \right|^2 + \left| \frac{\Delta R_1}{R_1} \right|^2 + \left| \frac{\Delta R_2}{R_2} \right|^2} \quad (10)$$

$$\frac{\Delta U_{wy}}{U_{wy}} = 2\%$$

przy czym:

$$\Delta R_x = \Delta R = \Delta R_1 = \Delta R_2 = 5\%$$

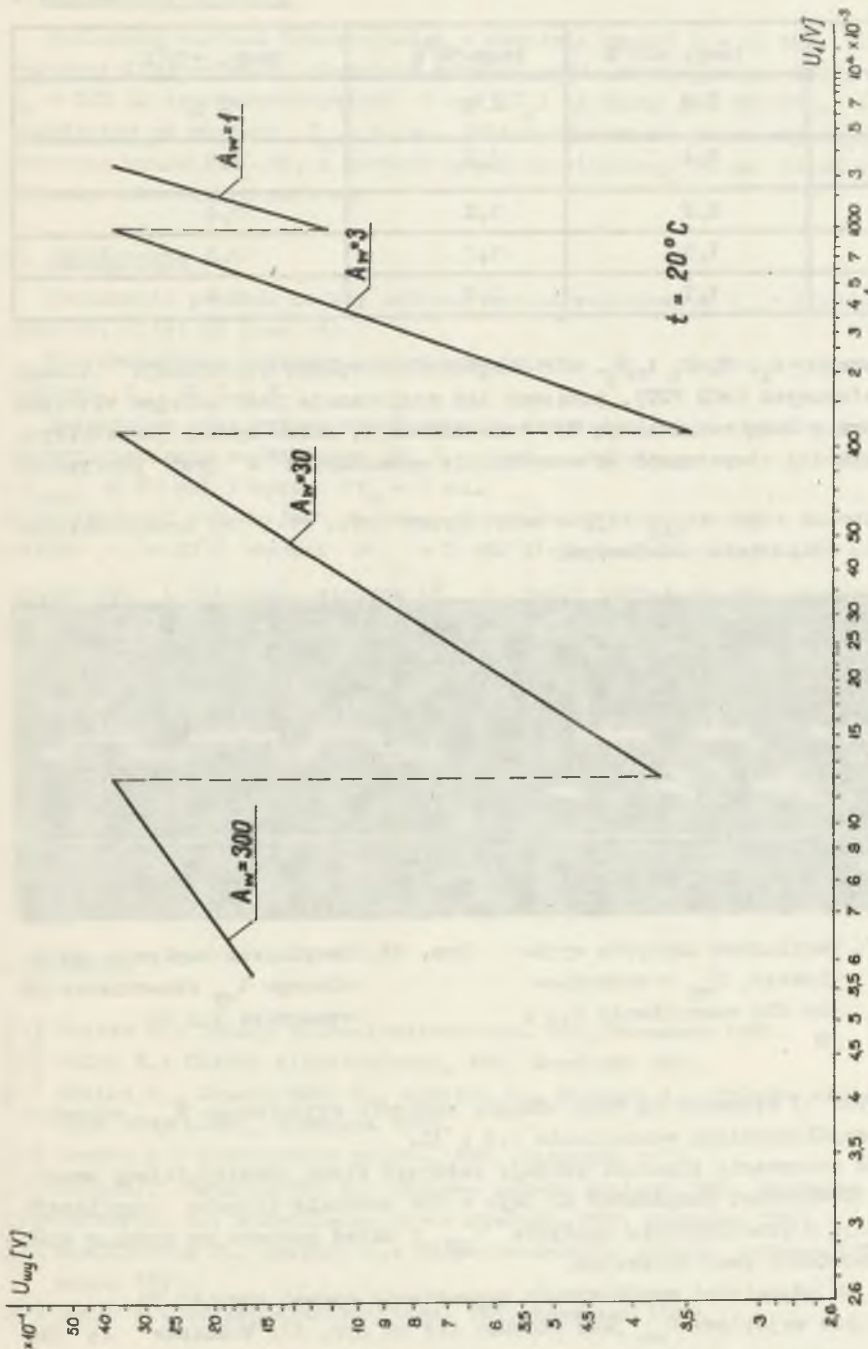
$$R_x = 300\Omega ; R = 30 \text{ k}\Omega ;$$

$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega ; R_2 = 300 \text{ k}\Omega$$

Na podstawie pomiarów obliczono uchyby wzmacniacza (tablica 1), które są błędami kwadratowymi. Charakterystykę $U_{wy} = f(U_1)$ dla wszystkich zakresów przedstawia rys. 16.

Analiza wyników pracy wzmacniacza wykazała, że urządzenie nie spełnia wymagań klasy dokładności (założono 1%). Dla uzyskania założonej klasy dokładności należy zastosować w układzie wzmacniacza oraz w dzielniku (R_1 , R_4) rezystancje o tolerancji wykonania 0,2%.

W obliczeniach nie uwzględniono dodatkowych uchybów wynikających z wpływu rezystancji: wejściowej R_{we} , wyjściowej R_{wy} i obciążenia R_{obc} wzmacniacza A oraz skończonej wartości współczynnika wzmocnienia k_A tego wzmacniacza, ponieważ decydujący wpływ na niedokładność urządzenia mają



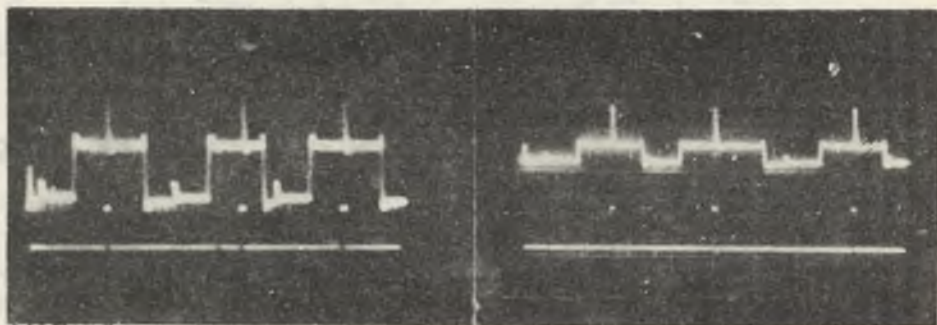
Rys. 16. Charakterystyka $U_{wy} = f(U_1)$ dla temperatury $t_1 = 20^\circ\text{C}$

Tablica 1

k_A	temp. +20°C	temp+50°C	temp. -15°C
	± %	± %	± %
300	2,4	1,2	2,5
30	2,2	1,2	2,4
3	1,9	1,7	2,3
1	1,7	2,0	1,4

rezystancje R_x , R , R_1 i R_2 . Nie uwzględniono wpływu rezystancji kluczy tranzystorowych (MOS FET), ponieważ ich rezystancja jest kolejno włączana szeregowo z dużą rezystancją R_{17} wzmacniacza A, która wynosi 300 k Ω (rys. 6). Wpływ tej rezystancji na wzmocnienie wzmacniacza A jest pomijalnie mały.

Za pomocą oscyloskopu zdjęto oscylogramy (rys. 17 i 18) przedstawiające pracę urządzenia modelowego.



Rys. 17. Oscylogram napięcia wyjściowego, U_{wy} - wzmacniacza dla wzmocnienia 1,3 i 30

Rys. 18. Oscylogram napięcia wyjściowego U_{wy} wzmacniacza dla wzmocnień 3 i 30

Na rys. 17 widoczne są trzy stopnie napięcia wyjściowego U_{wy} , odpowiadające współczynnikom wzmocnienia 1,3 i 30.

Układ sterowania kluczem próbuje załączyć klucz czwarty, dający wzmocnienie 300-krotne. Komparator K2 daje w tym momencie (impuls szpilkowy) informację o przekroczeniu napięcia U_{gr} i układ powraca do stanu, w którym wzmocnienie jest 30-krotne.

Na rys. 18 odpowiedni współczynnik wzmocnienia wynosi również 30.

Napięcie wyjściowe U_{we} jest większe niż na rys. 17. Widoczne są dwa stopnie napięcia wyjściowego U_{wy} , w którym wzmocnienie wynosi 3 i 30.

Oscylogramy zostały zdjęte przy pomocy oscyloskopu OSA 601.

6. Iskrobezpieczeństwo

Obliczona wartość indukcyjności w obwodzie wynosi $L = 48 \text{ mH}$. Dla tej wartości indukcyjności odczytano wartość prądu zapalającego, która wynosi $I_z = 200 \text{ mA}$ (z charakterystyki $L = f(I_z)$ wg normy PN 081107), a prąd bezpieczny ma wartość $I_b = 80 \text{ mA}$. Obliczona wartość prądu zapalającego w obwodzie wynosi 150 mA , a wartość prądu bezpiecznego 15 mA . Układ spełnia warunki iskrobezpieczeństwa.

7. Zakończenie

Urządzenie posiada cztery zakresy napięć wejściowych U_{we} : $0 \div 10 \text{ mV}$, $10 \div 100 \text{ mV}$, $0,1 \div 1 \text{ mV}$ oraz $1 \div 3 \text{ V}$

Dla wszystkich zakresów napięć wzmacniacza U_{we} napięcie wyjściowe ma wartość $U_{wy} \leq 3,3 \text{ V}$.

Maksymalny czas wyboru współczynnika wzmocnienia k z określeniem polarizacji napięcia wejściowego (U_{we}) jest mniejszy od założonego ($t_{mzał} \leq 20 \text{ ms}$) i wynosi $\delta t_m = 6 \text{ ms}$.

Niedokładność układu jest większa od założonej ($\delta_{zał} = 1\%$) i dla temperatury $t_1 = 20^\circ\text{C}$ wynosi $\delta_{t_1} = 2,4\%$. Niedokładność układu (δ) można zmniejszyć i osiągnąć założoną ($\delta_{zał}$), jeśli zastosuje się rezystancje o tolerancji $0,2\%$ w układzie wzmacniacza A.

Urządzenie charakteryzuje się znaczną miniaturyzacją oraz pewnością działania dzięki zastosowaniu układów scalonych.

Układ wzmacniacza z automatycznym wyborem współczynnika wzmocnienia posiada dodatkowo dekodery D1, który może współpracować z systemem CRPD.

Układ jest iskrobezpieczny.

Układ wzmacniacza posiada wersję przeznaczoną do współpracy z komputerem (programowany wybór współczynnika wzmocnienia k). Urządzenie zostało przeznaczone do prac rozwojowych kompleksowej automatyzacji kopalń.

LITERATURA

- [1] Biało M.: Układy mikroelektroniczne. WKT, Warszawa 1969.
- [2] Golde W.: Układy elektroniczne, WNT, Warszawa 1970.
- [3] Kalicz J., Orzechowski T., Rodacki P., Wleciał A.: Cyfrowe układy scalone TTL. OJDEJ, Warszawa 1971.
- [4] Korzec Z.: Tranzystory polowe, WNT, Warszawa 1973.
- [5] Kulka Z., Nadachowski M.: Liniowe układy scalone, WKŁ, Warszawa 1974.
- [6] Mędrzycki J.: Wzmacniacze prądu stałego, WNT, Warszawa 1965
- [7] Misiurewicz P., Grzybek M.: Półprzewodnikowe układy cyfrowe, WNT, Warszawa 1975.
- [8] Seely S.: Układy elektroniczne. WNT, Warszawa 1972.

- [9] Sowiński A.: Cyfrowa technika pomiarowa, WKŁ, Warszawa 1975.
- [10] Traczyk W.: Projektowanie tranzystorowych układów przełączających, WNT, Warszawa 1966.
- [11] Traczyk W.: Układy cyfrowe automatyki. WNT, Warszawa 1974.
- [12] Zagajewski T.: Układy elektroniki przemysłowej, WNT, Warszawa 1972.
- [13] Polska Norma PN/E - 081107.
- [14] Philips Katalog. Digital and linear integrated circuit, 1972.
- [15] Sescosem Katalog. Circuit intégré linéaire et logique. 1972.

УСИЛИТЕЛЬ С АВТОМАТИЧЕСКИМ И ПРОГРАММИРОВАННЫМ
ВЫБОРОМ КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛИТЕЛЯ И С АВТОМАТИЧЕСКОЙ
ПОЛЯРИЗАЦИЕЙ ВВОДНОГО НАПЯЖЕНИЯ

Р е з ю м е

В статье описан принцип действия усилителя. Представлены результаты измерений, анализ погрешностей и характеристики исследованной модели. Описано применение усилителя.

AMPLIFIER WITH AUTOMATIC AND PROGRAMMED SELECTION OF
AMPLIFICATION FACTOR AS WELL AS AUTOMATIC DISCRIMINATION OF
INPUT VOLTAGE POLARITY

S u m m a r y

In the article the principle of amplifier's operation has been described. The measurements results and analysis of errors as well as characteristics of the analysed model are given and the application of the amplifier described.