ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1974

Seria: Automatyka z. 26 Nr kol. 395

Jerzy Mazur, Henryk Kolka, Edward Przeniosło

ULEPSZENIE DO ELEKTRONICZNEGO UKŁADU POMIARU OPORNOŚCI ZWARĆ

Streszczenie. Artykuł przedstawia zasadę działania układu służącego do pomiaru oporności zwarć. Przedstawiono także pewne modyfikacje układu zapewniające znaczne poszerzenie zakresu pomiarowego i zmniejszenie wpływu temperatury w stosunku do pierwotnego urządzenia.

1. Wstęp

W artykule został przedstawiony skrócony opis członu pomiarowego zabezpieczenia odległościowego wykonanego przez Zakłady Pomiarowo-Badawcze Energetyki ENERGOPOMIAR w Gliwicach i przeznaczonego do zabezpieczenia linii energetycznych pracujących w sieci z uziemionym punktem gwiazdowym [1] [2]. Układ ten posiadał następujące wady:

- ograniczenie pomiaru w zakresie małych oporności zwarć wynikające z nieliniowych charakterystyk maksiselektora i miniselektora,
- duży wpływ temperatury na charakterystyki pomiarowe układu i związane z tym dalsze zmniejszenie zakresu pomiarowego.

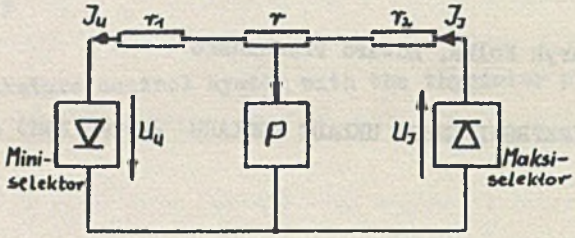
W dalszej części artykułu zostały przedstawione wprowadzone przez autorów modyfikacje układu zapewniające polepszenie jego charakterystyk pomiarowych. Człon pomiarowy składa się z trzech podstawowych układów: maksiselektora, miniselektora i przekaźnika pomiarowego.

2. Zasada pomiaru rezystancji

Zasada pracy tego układu opiera się na porównaniu w układzie mostkowym dwóch prądów:

- proporcjonalnego do napięcia (z miniselektora),
- proporcjonalnego do prądu (z maksiselektora).

Zasadę porównania tych prądów przedstawia rys. 2.1.



Rysż 2.1. Schemat blokowy członu pomiarowego

gdzie

P - przekaźnik pomiarowy

r_1, r_2, r - mostek umożliwiający strojenie układu

Warunek pracy takiego układu można określić następująco: przekaźnik pomiarowy zadziała w przypadku, gdy

$$C_1 U_U - C_2 U_J < 0,$$

przy czym współczynniki proporcjonalności C_1 i C_2 zależą głównie od podziału oporów r, r_1 i r_2. Ponieważ napięcie U_U jest napięciem miniselektora i jest proporcjonalne do minimalnego napięcia z wszystkich mierzonych napięć, a napięcie U_J jest napięciem maksiselektora i jest proporcjonalne do maksymalnego prądu z wszystkich mierzonych prądów, zatem zasadę działania układu pomiarowego można opisać zależnością

$$k' U - k'' J < 0$$

lub

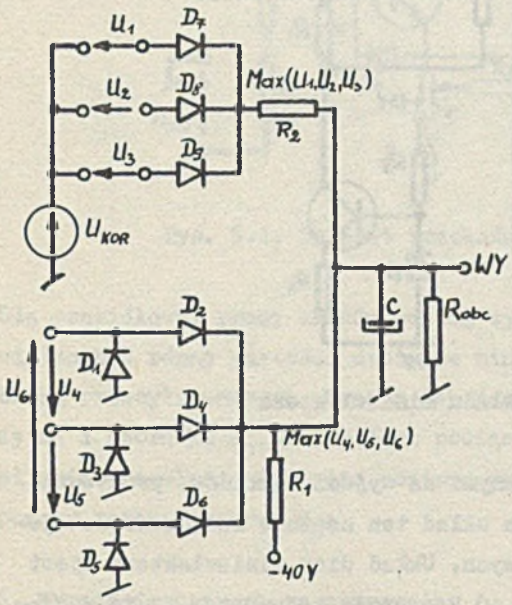
$$\frac{U}{J} < \frac{k''}{k'}.$$

Inaczej mówiąc, układ zadziała w przypadku, gdy stosunek wartości napięcia w przekładnikach napięciowych do prądu w przekładnikach prądo-

wych będzie mniejszy od wartości $\frac{k''}{k}$, którą to wartość można nastawić w układzie. Nazywamy tą wartość impedancją rozruchową członu pomiarowego.

3. Maksiselektor

Maksiselektor jest układem, który z grupy napięć doprowadzonych na jego wejście wybiera wartość maksymalną (co do wartości bezwzględnej). Doprowadzone napięcia są proporcjonalne do mierzonych prądów. Schemat takiego układu został przedstawiony na rys. 3.1.

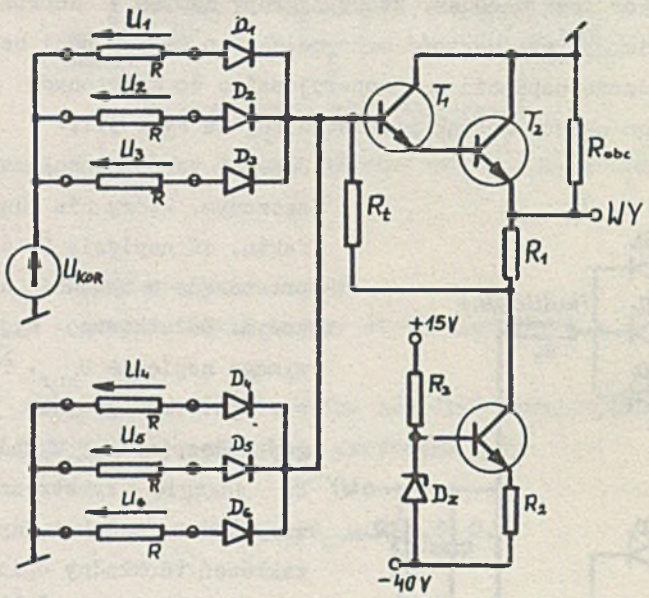


Rys. 3.1. Schemat układu maksiselektora

Schemat ten jest schematem uproszczonym, który nie uwzględnia faktu, iż napięcia U_1 do U_6 są prostowane w układzie dwupołówkowym. Dodatkowego wyjaśnienia wymaga napięcie U_{kor}. To napięcie występuje jedynie wówczas, gdy zabezpieczany układ przesyła energię symetrycznie we wszystkich fazach i gdy brak jest zakłóceń (dokładny opis pracy tego układu jest w [2]). Przy braku przesyłu energii ($U_1 \div U_6 = 0$) napięcie na obciążeniu ma wartość 1,2 ÷ 1,5 V. Wynika to stąd, że w przypadku braku napięć wejściowych na wyjściu pojawia się napięcie równe podwójnemu spadkowi napięcia na diodzie. Opornik R_2 pozwala na regulację charakterystyki wyjściowej maksiselektora.

4. Miniselektor

Jest to układ, który ze wszystkich doprowadzonych napięć stałych wybiera najmniejsze. Otrzymane napięcie podawane jest na układ separatora pomiarowego. Układ miniselektora jest przedstawiony na rys.4.1.

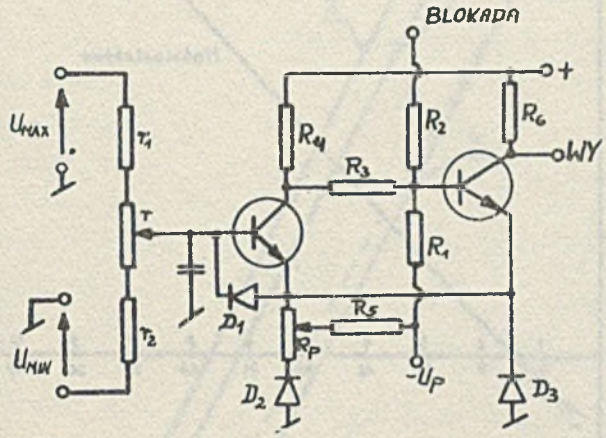


Rys. 4.1. Schemat układu miniselektora

Oporniki R są opornikami załączonymi na wyjściu układów prostowniczych i filtrujących, przy czym na układ ten zostało załączone uzwojenie wtórne przekładników napięciowych. Układ diod miniselektora jest wstępnie polaryzowany napięciem - 40 V poprzez tranzystor T3.Ze względu na duży wpływ obciążenia, którym jest obwód pomiarowy, na napięcie wyjściowe miniselektora zastosowany został separator w układzie Darlingtona. Aby zmniejszyć wpływ temperatury na punkt pracy układu, zastosowano kompensację za pomocą termistora R_t. Układ, w jakim pracuje tranzystor T3 zapewnia zmniejszenie wpływu zmian napięcia zasilającego na punkt pracy układu.

5. Przekaźnik pomiarowy

Człon pomiarowy przedstawiony na rys. 5.1 jest przerzutnikiem Schmitta.

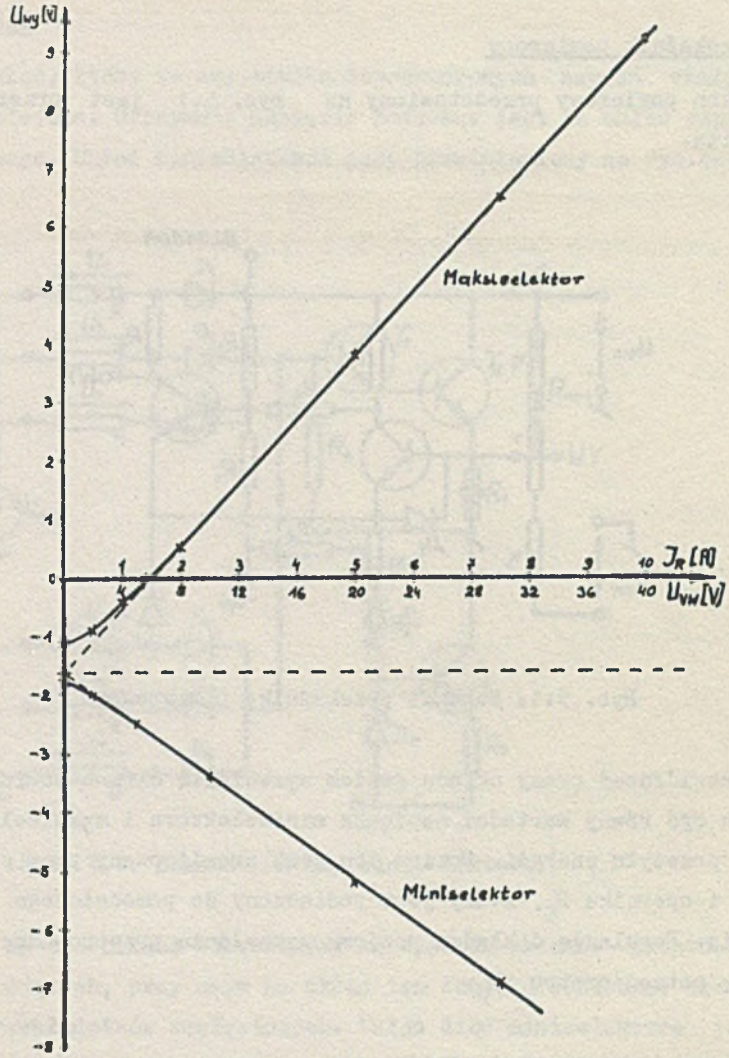


Rys. 5.1. Schemat przekaźnika pomiarowego

Dla prawidłowej pracy układu poziom wyzwalania członu pomiarowego powinien być równy wartości napięcia miniselektora i maksiselektora przy braku przesyłu energii. Poziom ten jest zrealizowany przy pomocy diody D2 i opornika R_5, który jest podłączony do pomocniczego źródła zasilania. Regulację dokładną poziomu wyzwalania przeprowadza się przy pomocy potencjometru R_p.

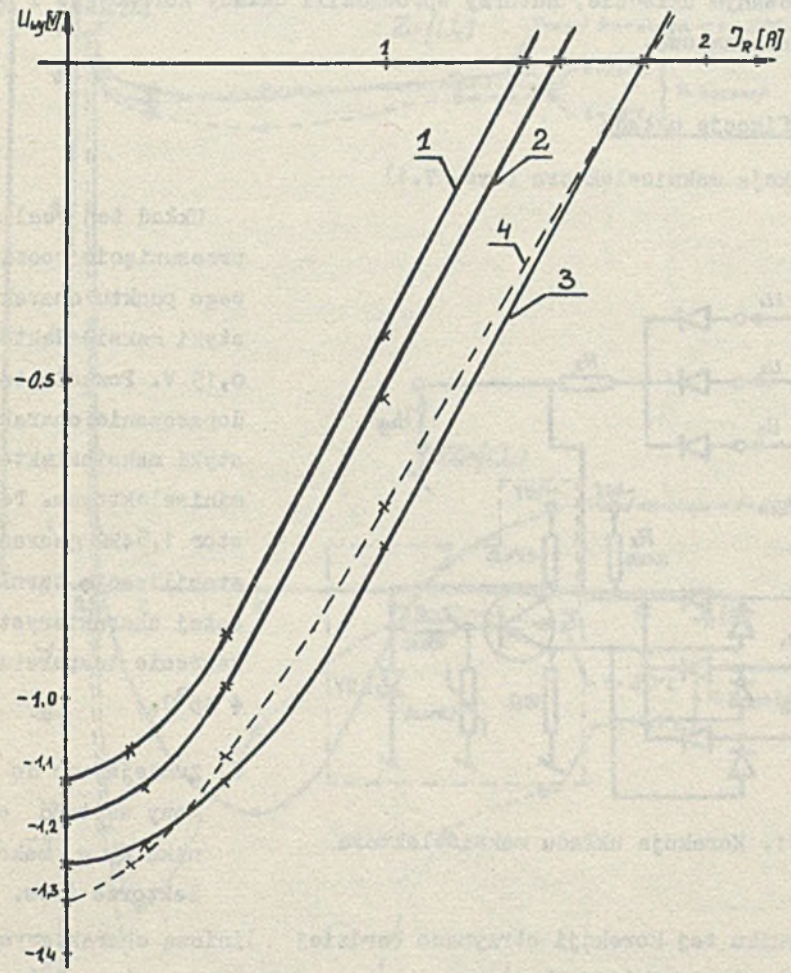
6. Wymagania poprawnego strojenia

Aby pomiar został przeprowadzony z jak najmniejszym możliwym błędem muszą być ze sobą zestrojone trzy elementy: maksiselektor, miniselektor i przekaźnik pomiarowy. W tym celu należy zdjąć charakterystykę miniselektora i maksiselektora jak na rys. 6.1. i poprowadzić styczne do tych charakterystyk.



Rys. 6.1. Charakterystyka miniselektora i maksiselektora

Styczne muszą się przecinać w jednym punkcie na osi pionowej. Punkt ten wyznacza próg wyzwalania przekaźnika pomiarowego. Błędy pomiaru Z wynikają z nieliniowości w początkowym zakresie charakterystyk miniselektora i maksiselektora (rys. 6.2) oraz z dużych wpływów temperatury na te charakterystyki.



Rys. 6.2. Charakterystyki maksiselektora przy różnych wartościach opornika R_1

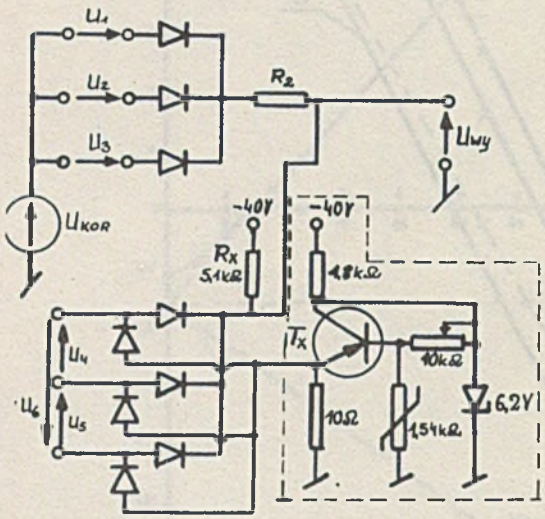
1 - dla R_1 = 10 kΩ , 2 - dla R_1 = 5,1kΩ , 3 - dla R_1 = 2,7 kΩ , 4 - z korekcją dodatkowym napięciem

Jak wykazały pomiary, przy zmianie temperatury od 20°C do 45°C początkowy punkt charakterystyki maksiselektora przesunął się o 50 mV w górę, charakterystyka miniselektora o 100 mV w dół, a próg wyzwalania

przekaźnika o 12,5 mV w dół. Aby przeciwdziałać tym wszystkim wpływom w opracowanym układzie, autorzy wprowadzili układy korekcyjne i pewne zmiany schematowe.

7. Modyfikacje układu

a) Korekcja maksiselektora (rys. 7.1)



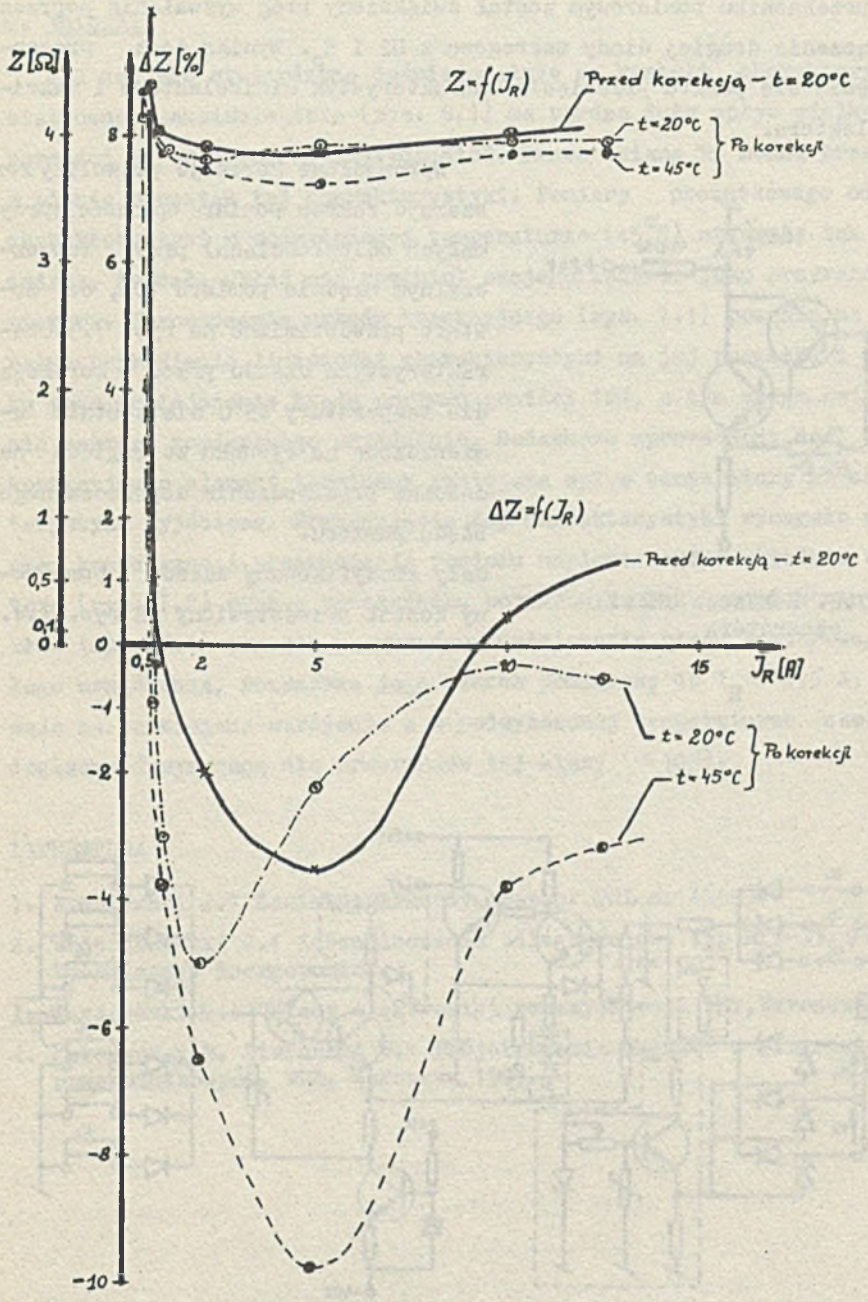
Rys. 7.1. Korekcja układu maksiselektora

Układ ten realizuje przesunięcie początkowego punktu charakterystyki maksiselektora o 0,15 V. Pozwala to na dopasowanie charakterystyki maksiselektora z miniselektorem. Termistor 1,54kΩ gwarantuje stabilizację termiczną całej charakterystyki w zakresie temperatur 20 ÷ 45°C.

b) Zmniejszono do połowy wartość opornika R_1 w maksiselektorze (rys. 3.1). W wyniku tej korekcji otrzymano bardziej liniową charakterystykę maksiselektora (rys. 6.2).

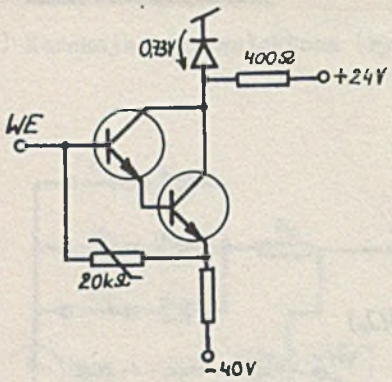
c) W miniselektorze muszą być zastosowane diody germanowe ze względu na wymagany minimalny spadek napięcia na diodach.

d) W układzie Darlingtona (rys. 7.2) zastosowano dodatkową polaryzację na diodzie, co spowodowało przesunięcie początkowego punktu charakterystyki miniselektroda o 0,73 V. Korekcja ta została spowodowana przesunięciem charakterystyki maksiselektora i koniecznością dopasowania się do niej. Zwiększenie oporności termistora w układzie Darlingtona zmniejszyło wpływ temperatury na charakterystyki.


Z[Ω]
ΔZ[%]
Z=f(J_R)
Przed korekcją – t=20°C
t=20°C
t=45°C
Po korekcji
ΔZ=f(J_R)
Przed korekcją – t=20°C
t=20°C
t=45°C
Po korekcji
J_R[A]
4
3
2
1
0,5
0,1
0
8
6
4
2
1
0
-1
-2
-4
-6
-8
-10
0,5
2
5
10
15

Rys. 7.3

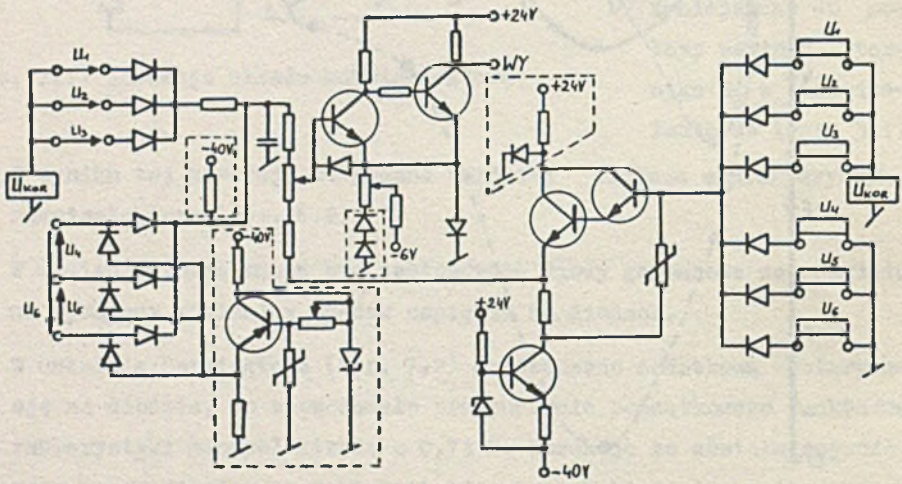
e) W przekaźniku pomiarowym został zwiększony próg wyzwalania poprzez włączenie drugiej diody szeregowo z D2 i R_p. Wynika to z przesunięcia się punktu przecięcia charakterystyk miniselektora i maksiselektora.



Rys. 7.2. Korekcja układu separatora

Wprowadzone korekcje pozwoliły rozszerzyć zakres pomiaru oporności (przy małych odległościach) przy dopuszczalnym błędzie pomiaru 10%, co zostało przedstawione na rys. 7.3. Charakterystyka układu przed korekcją dla temperatury 45°C nie została umieszczona na rysunku ze względu na znaczne przekroczenie dopuszczalnego błędu pomiaru.

Cały zmodyfikowany układ pomiarowy został przedstawiony na rys. 7.4.



Rys. 7.4. Zmodyfikowany układ pomiarowy

8. Wnioski

Jak zostało stwierdzone doświadczalnie na kształt charakterystyki statycznej maksiselektora (rys. 6.1) ma bardzo duży wpływ wielkość oporności R_1 oraz rodzaj użytych diod. Przez zmianę R_1 można przesuwać w pionie początek tej charakterystyki. Pomiary początkowego odcinka charakterystyki w podwyższonej temperaturze (45°C) wykazały tak duże zmiany, że cały układ nie spełniał swojego zadania jako przyrząd pomiarowy. Wprowadzenie układu korekcyjnego (rys. 7.1) pozwala na wyraźne poprawienie liniowości charakterystyki na jej początku i w wyniku tego zmniejszenie błędu pomiaru poniżej 10%, a tym samym zwiększenie zakresu pomiarowego urządzenia. Dodatkowo wprowadzony do układu korekcyjnego element termiczny zmniejsza wpływ temperatury na charakterystykę wyjściową. Przesunięcie tej charakterystyki wymagało w dalszej konsekwencji przesunięcia poziomu napięciowego w układzie separatora (rys. 7.2) oraz w przekaźniku pomiarowym. Tak zmodyfikowany układ (rys. 7.4) pozwala na wyraźne zmniejszenie błędu pomiarowego całego urządzenia, rozszerza jego zakres pomiarowy do $I_R = 0,5$ A, pozwala na łatwiejsze strojenie a w podwyższonej temperaturze zachowuje dokładność wymaganą dla przyrządów tej klasy (<10%).

LITERATURA

1. Wróblewski J.: Zacisk pomiarowy. Patent PRL nr 45593.
2. Wojciechowski J.: Zabezpieczenie odległościowe typ RTX-33. Opis techniczny. Energopomiar.
3. Zagajewski T.: Układy elektroniki przemysłowej. WNT, Warszawa 1972.
4. Pałczyński B, Stefański W.: Projektowanie układów z przyrządami półprzewodnikowymi. WKŁ, Warszawa 1969.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СХЕМЫ ПРИБОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Р е з ю м е

В статье представлен принцип работы прибора для измерения сопротивления короткого замыкания. Представлены некоторые усоверщенствования схемы, обеспечивающие значительное расширение измерительного диапазона, а также уменьшение влияния температуры по отношению к первоначальному прибору.

THE DEVELOPMENT OF ELECTRONIC APPARATUS FOR MEASURING SHORT CIRCUIT RESISTANCES

S u m m a r y

The principle of electronic apparatus for measuring short circuit resistances together with some its modifications has been given. This increases the measuring range and reduces the temperature influence on the circuitry compared to earlier types of this device.