

# SERIA I

## ĆWICZENIE 2

### Temat ćwiczenia: Badanie wzmacniacza różnicowego.

#### Wiadomości do powtórzenia:

podr. L. Grabowski „Pracownia elektroniczna. Układy elektroniczne”, rozdział 4.1 – wzmacniacze różnicowe

#### 1. Definicja wzmacniacza różnicowego

Wzmacniacz różnicowy jest układem dwuwejściowym, wzmacniającym różnicę napięć doprowadzanych do obu wejść. Zadaniem wzmacniacza różnicowego jest wytworzenie na wyjściu napięcia, którego wartość jest proporcjonalna do różnicy napięć między jego wejściami.

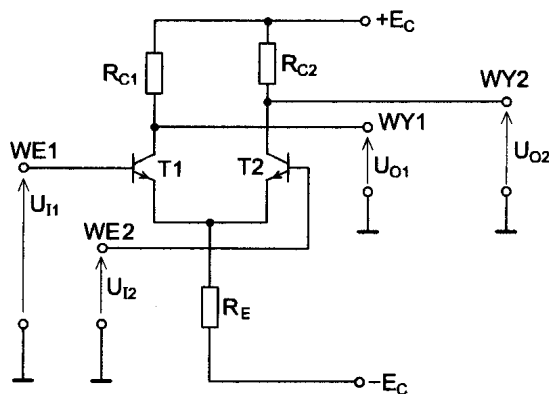
Jeżeli napięcie podane na jego wejście „1” oznaczy się jako  $U_{we1}$ , a napięcie podane na wejście „2” – jako  $U_{we2}$ , to napięcie wyjściowe ma wartość:

$$U_{wy} = K_{UR} * (U_{we1} - U_{we2})$$

przy czym  $K_{UR}$  jest wzmocnieniem napięciowym układu dla sygnału różnicowego, czyli sygnału stanowiącego różnicę między sygnałami podanymi na oba wejścia.

Wzmacniacz różnicowy jest zbudowany z dwóch tranzystorów pracujących w układzie OE, tzn. mających wspólny obwód emiterowy.

Jeżeli układ wzmacniacza nie ma szeregowych kondensatorów sprzęgających, jest wzmacniaczem prądu stałego. W przypadku podania na oba wejścia napięć o jednakowej wartości lub jednakowych, zgodnych w fazie przebiegów, wartości napięć na kolektorach tranzystorów będą takie same. Napięcia wyjściowe, będące różnicą napięć na kolektorach, przyjmie więc wartość zero. Ta cecha wzmacniacza różnicowego jest wykorzystywana do wzmacniania sygnałów różnicowych o niewielkiej amplitudzie nałożonych na sygnał wspólny o znacznej wartości.



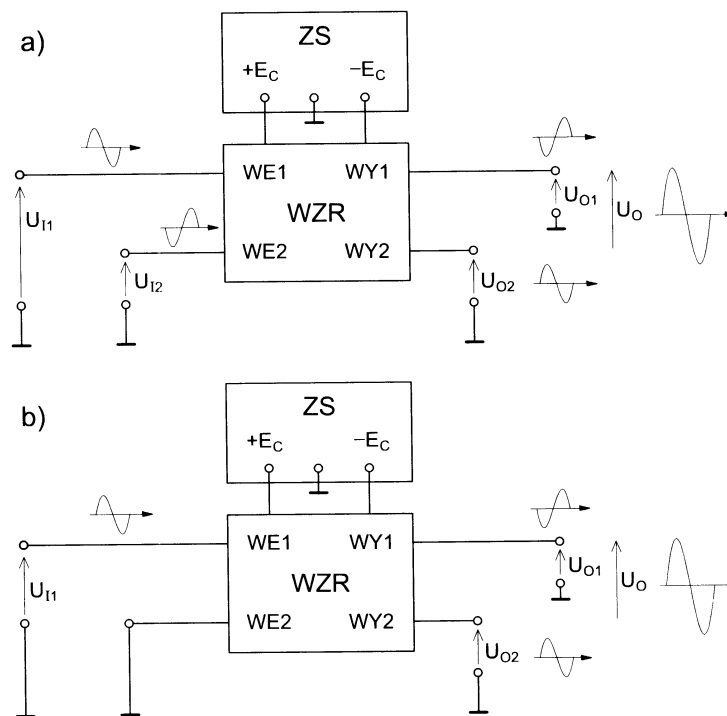
Wzmacniacz różnicowy

## 2. Układy pracy wzmacniaczy różnicowych

Wzmacniacz różnicowy może pracować w różnych konfiguracjach.

Ze względu na sposób podania na wejście sygnału wzmacnianego rozróżnia się:

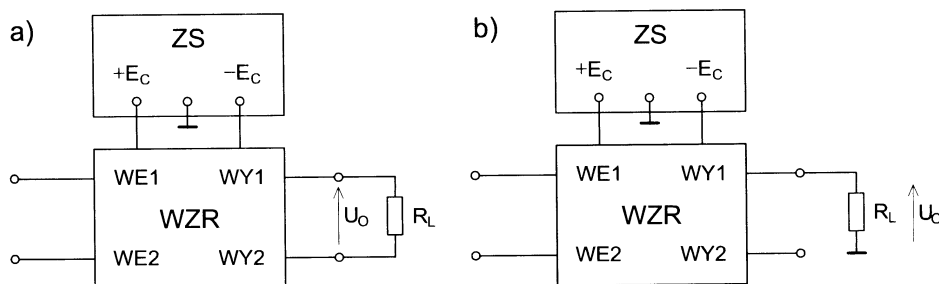
- wzmacniacz z wejściem symetrycznym - gdy są wykorzystywane oba wejścia wzmacniacza; układ wzmacnia wtedy różnicę napięć wejściowych, silnie tłumiąc wspólną część sygnału;
- wzmacniacz z wejściem niesymetrycznym (dotyczy to zarówno WE1, jak i WE2) – gdy sygnał, który ma być wzmacniany jest podawany na jedno z wejść układu, a drugie wejście jest polaryzowane napięciem stałym (jeżeli wzmacniacz jest zasilany napięciem symetrycznym  $\pm E_c$ , to drugie wejście jest połączone z masą).



Rys. 4.3. Konfiguracje obwodu wejściowego wzmacniacza różnicowego: a) układ z wejściem symetrycznym; b) układ z wejściem niesymetrycznym

Ze względu na sposób podłączenia obciążenia rozróżnia się:

- wzmacniacz z wyjściem symetrycznym – gdy obciążenie włączone jest między oba wyjścia wzmacniacza;
- wzmacniacz z wyjściem niesymetrycznym – gdy obciążenie jest włączone między jedno z wyjść a masę, drugie wyjście wzmacniacza jest niewykorzystane i pozostaje niepodłączone.



Rys. 4.4. Konfiguracje obwodu wyjściowego wzmacniacza różnicowego: a) układ z wyjściem symetrycznym; b) układ z wyjściem niesymetrycznym

Wybór wyjścia, z którego ma być wybierany sygnał w układzie z wyjściem niesymetrycznym zależy od tego, czy wzmacniacz ma być układem odwracającym fazę czy też nie. Jeżeli sygnał wejściowy (wejście niesymetryczne) zostanie podany na wejście WE1, to na wyjściu WY1 napięcie będzie przeciwne w fazie względem napięcia wejściowego. Na wyjściu WY2 napięcie będzie zgodne w fazie.

O tym, w jakiej konfiguracji ma pracować wzmacniacz różnicowy, decyduje rodzaj wzmacnianego sygnału oraz sposób w jaki zostało podane napięcie wzmacniane. Układ wzmacniający sygnał różnicowy pracuje z wejściem symetrycznym.

Parametry wzmacniacza różnicowego zależą od układu pracy. Jeżeli wzmacniacz będzie pracował z wyjściem symetrycznym, to napięcie wyjściowe będzie dwukrotnie większe niż w układzie z wyjściem niesymetrycznym. Zatem wzmocnienie w układzie z wyjściem symetrycznym jest dwukrotnie większe niż w układzie z wyjściem niesymetrycznym. Sytuacja jest analogiczna w przypadku wejścia symetrycznego. Napięcie wejściowe o stałej amplitudzie, podane symetrycznie spowoduje na wyjściu dwukrotnie większe napięcie niż podane niesymetrycznie (między jeden z zacisków wejściowych a masę). Zatem wzmocnienie w układzie z wejściem symetrycznym jest dwukrotnie większe niż w układzie z wejściem niesymetrycznym, przy danym układzie wyjścia.

### 3. Parametry:

- a) wzmocnienie różnicowe – wzmocnienie sygnału różnicowego

$$K_{ur} = \frac{U_{wyr}}{U_{we1} - U_{we2}} \quad (\text{z wyj symetrycznym})$$

lub

$$K_{ur} = \frac{U_{wy1}}{U_{we1} - U_{we2}} ; K_{ur} = \frac{U_{wy2}}{U_{we1} - U_{we2}} \quad (\text{z wyj niesymetrycznym})$$

- b) wzmocnienie sumacyjne  $K_{us}$  – wzmocnienie sygnału wspólnego (gdy na oba wejścia podawane są sygnały jednakowe co do wartości i zgodne w fazie);
- c) rezystancja wejściowa:
- różnicowa – pomiędzy wejściami;
  - sumacyjna – pomiędzy wejściem, na które jest podany sygnał a masą;
- d) rezystancja wyjściowa;
- e) wejściowe napięcie niezrównoważenia – jest to taka wartość napięcia wejściowego różnicowego, przy którym napięcie wyjściowe w układzie z wyjściem symetrycznym jest równe zero; jest to parametr określający, jak duża jest niesymetria układu;
- f) współczynnik tłumienia sygnału sumacyjnego CMRR – jest to stosunek wzmocnienia różnicowego do wzmocnienia sumacyjnego;
- g) charakterystyka przejściowa;
- h) charakterystyka przenoszenia i pasmo przenoszenia;

### Ćwiczenie:

Opracuj projekt realizacji prac związanych z uruchomieniem i sprawdzeniem działania wzmacniacza różnicowego i wykonaj pomiary.

Opracuj wyniki pomiarów uzyskane podczas badania wzmacniacza różnicowego na stanowisku wyposażonym zgodnie z instrukcją. Porównaj uzyskane wyniki z danymi technicznymi zawartymi w instrukcji, sformułuj wnioski dotyczące poprawności działania i użytkowania wzmacniacza różnicowego w układzie z wejściem niesymetrycznym i wejściem symetrycznym oraz sformułuj wskazania eksploatacyjne.

### **Dane techniczne:**

- dla układu z wejściem niesymetrycznym:

$$\begin{aligned}U_{wemax} &\leq 3V \\ U_{zas} &= \pm 12V \\ K_u &\geq 4 \text{ dB}, K_{uR} \geq 9 \text{ dB} \\ f_d &\leq 200 \text{ Hz}, f_g \geq 500 \text{ kHz}\end{aligned}$$

- dla układu z wejściem symetrycznym:

$$\begin{aligned}U_{wemax} &\leq 1,5V \\ U_{zas} &= \pm 12V \\ K_u &\geq 6 \text{ dB}, K_{uR} \geq 12 \text{ dB} \\ f_d &\leq 200 \text{ Hz}, f_g \geq 500 \text{ kHz}\end{aligned}$$

### **Wyposażenie stanowiska pomiarowego:**

1. Zasilacz laboratoryjny symetryczny  $\pm 5V$ ,  $\pm 12V$ ,  $\pm 15V$  – szt. 1.
2. Generator funkcyjny z przewodem pomiarowym – szt. 1.
3. Oscyloskop dwukanałowy z przewodami pomiarowymi – szt. 1.
4. Multimetry cyfrowe – szt. 2.
5. Źródło napięcia symetrycznego – szt. 1.
6. Zestaw przewodów połączeniowych.

### **Przebieg ćwiczenia:**

#### **I. W układzie z wejściem niesymetrycznym wyznaczyć:**

- 1) Charakterystyki przejściowe:

a)  $U_{wy1} = f(U_{we1})$ ,  $U_{wy2} = f(U_{we1})$ ,  $U_{wyr} = f(U_{we1})$ , przy  $U_{we2} = 0V$ ,  $f = \text{const}$   
lub:

b)  $U_{wy1} = f(U_{we2})$ ,  $U_{wy2} = f(U_{we2})$ ,  $U_{wyr} = f(U_{we2})$ , przy  $U_{we1} = 0V$ ,  $f = \text{const}$

Ad a)

$U_{we1}$ [V]	$U_{wy1}$ [V]	$U_{wy2}$ [V]	$U_{wyr}$ [V]

Ad b)

$U_{we2}$ [V]	$U_{wy1}$ [V]	$U_{wy2}$ [V]	$U_{wyr}$ [V]

2) Charakterystyki przenoszenia:

a)  $Ku_1 = f(f)$ ,  $Ku_2 = f(f)$ ,  $Kur = f(f)$ ,  $U_{we1} = \text{const}$ ,  $U_{we2} = 0V$   
lub:

b)  $Ku_1 = f(f)$ ,  $Ku_2 = f(f)$ ,  $Kur = f(f)$ ,  $U_{we2} = \text{const}$ ,  $U_{we1} = 0V$

Ad a)

f [Hz]	$U_{wy1}$ [V]	$U_{wy2}$ [V]	$U_{wyr}$ [V]	$Ku_1$ [dB]	$Ku_2$ [dB]	$Kur$ [dB]

$$Ku_1 = 20 \log \frac{U_{wy1}}{U_{we1}} ; Ku_2 = 20 \log \frac{U_{wy2}}{U_{we1}} ; Ku_r = 20 \log \frac{U_{wyr}}{U_{we1}}$$

Ad b)

f [Hz]	$U_{wy1}$ [V]	$U_{wy2}$ [V]	$U_{wyr}$ [V]	$Ku_1$ [dB]	$Ku_2$ [dB]	$Kur$ [dB]

$$Ku_1 = 20 \log \frac{U_{wy1}}{U_{we2}} ; Ku_2 = 20 \log \frac{U_{wy2}}{U_{we2}} ; Ku_r = 20 \log \frac{U_{wyr}}{U_{we2}}$$

## II. W układzie z wejściem symetrycznym wyznaczyć:

Wyznaczanie charakterystyki układu z wejściem symetrycznym wymaga podania na jego wejście napięcia symetrycznego, tzn. dwóch sygnałów w przeciwfazie. Aby uzyskać sygnał symetryczny, należy wykorzystać układ stanowiący źródło napięcia symetrycznego.

1) Charakterystyki przejściowe:

$U_{wy1} = f(U_{wer})$ ,  $U_{wy2} = f(U_{wer})$ ,  $U_{wyr} = f(U_{wer})$ , przy  $f = \text{const}$

2) Charakterystyki przenoszenia:

$Ku_1 = f(f)$ ,  $Ku_2 = f(f)$ ,  $Kur = f(f)$ , przy  $U_{wer} = \text{const}$

**Narysować otrzymane charakterystyki, wyznaczyć częstotliwości graniczne, pasmo przenoszenia i napięcie przesterowania.**