

# Program ćwiczenia - Wzmacniacze operacyjne A-3

Celem ćwiczenia jest zbadanie parametrów wzmacniacza operacyjnego pracującego w różnych konfiguracjach układowych. Układ zasilany jest napięciem symetrycznym  $\pm 15V$ , a zatem należy zwrócić uwagę **aby żaden z sygnałów wejściowych nie przekroczył tych wartości**. W celu lepszej obserwacji przebiegów na oscyloskopie na każdym jego kanale należy włączyć opcję limitu pasma. Konfiguracji płytki dokonujemy za pomocą zworek J1 – J6 oraz przewodów połączeniowych, tak, aby schemat połączeń zgadzał się ze wskazanym w instrukcji schematem oraz opisem poniżej.

## 1. Badanie wtórnika napięciowego

Układ należy skonfigurować jako wtórnik napięciowy (schemat 2.2.1 z instrukcji), włączając w obwód jego sprzężenia zwrotnego rezystor  $10k\Omega$  (R2b). Sygnał wejściowy  $U_1$  (z zasilacza lub generatora w zależności od podpunktu ćwiczenia) należy podać na wejście nieodwracające (+) wzmacniacza wykorzystując złącze P5 lub IN+. Wyjściem układu obserwowanym za pomocą woltomierza lub oscyloskopu (w zależności od punktu ćwiczenia) będzie  $U_2$  dostępne na złączu P6, OUT1 lub OUT2.

a) wyznaczyć charakterystykę przenoszenia  $U_2 = f(U_1)$  dla napięć stałych, zmieniając napięcie wejściowe od 0 do  $\pm 15V$  (sygnał wejściowy obu polaryzacji). Pomiary można wykonać z krokiem 1V, zagęszczając punkty blisko szyn zasilania, gdzie wzmacniacz wchodzi w obszar nasycenia – wyznaczyć granice tego obszaru. Z dopasowania prostej w zakresie liniowym wyznaczyć wzmocnienie stałoprądowe i wejściowe napięcie niezrównoważenia (offset).

b) podając jako  $U_1$  przebieg prostokątny o częstotliwości 10kHz i małej amplitudzie (np. 100 mVpp) dokonać pomiaru czasu narastania na wyjściu ( $U_2$ ) wzmacniacza. Wynik porównać z parametrami wzmacniacza z karty katalogowej.

c) podając jako  $U_1$  przebieg prostokątny o częstotliwości 10kHz i dużej amplitudzie (np. 5 Vpp) dokonać pomiaru szybkości zmian napięcia (slew rate) na wyjściu ( $U_2$ ) wzmacniacza. W tym celu należy wybrać dwa punkty na liniowym odcinku zbocza narastającego sygnału wyjściowego i dokonać pomiaru zmian napięcia  $\Delta V$  w wybranym odcinku czasu  $\Delta t$ . Wynik porównać z parametrami wzmacniacza z karty katalogowej.

d) podając jako  $U_1$  przebieg sinusoidalny o małej amplitudzie (np. 100 mVpp) wyznaczyć charakterystykę amplitudową  $K_u = f(f)$ . W tym celu należy zmierzyć jednorazowo amplitudę sygnału wejściowego ( $U_1$ ) a potem dokonać serii pomiarów amplitudy sygnału wyjściowego ( $U_2$ ) dla częstotliwości z przedziału 100Hz do 10MHz, z krokiem kilku punktów na dekadę (np. 100Hz, 200Hz, 300Hz, 600Hz, 1k, 2k, 3k, 6k, 10k, 20k, 30k, 60k, ... itd.). Narysować charakterystykę, wyznaczyć wzmocnienie dla małych częstotliwości i porównać z podpunktem a). Wyznaczyć częstotliwość graniczną i porównać ją z kartą katalogową wzmacniacza. Wyznaczyć pole wzmocnienia (GBW).

## 2. Badanie wzmacniacza o wzmocnieniu 11V/V

Układ należy skonfigurować jako wzmacniacz nieodwracający o wzmocnieniu 11V/V (schemat 2.2.2 z instrukcji), włączając w obwód jego sprzężenia zwrotnego rezystor  $10k\Omega$  (R2b) oraz dołączając rezystor  $1k\Omega$  (R1c) do masy. Sygnał wejściowy  $U_1$  z generatora należy podać na wejście nieodwracające (+) wzmacniacza wykorzystując złącze P5. Wyjściem układu obserwowanym za pomocą oscyloskopu będzie  $U_2$  dostępne na złączu P6.

a) podając jako  $U_1$  przebieg sinusoidalny o małej amplitudzie (np. 100mVpp) wyznaczyć charakterystykę amplitudową  $K_u=f(f)$ . W tym celu należy zmierzyć jednorazowo amplitudę sygnału wejściowego ( $U_1$ ) a potem dokonać serii pomiarów amplitudy sygnału wyjściowego ( $U_2$ ) dla częstotliwości z przedziału 100Hz do 2MHz, z krokiem kilku punktów na dekadę (np. 100Hz, 200Hz, 300Hz, 600Hz, 1k, 2k, 3k, 6k, 10k, 20k, 30k, 60k, ... itd.). Narysować charakterystykę, wyznaczyć wzmocnienie dla małych częstotliwości. Wyznaczyć częstotliwość graniczną i porównać ją z kartą katalogową wzmacniacza. Wyznaczyć pole wzmocnienia (GBW) i porównać z analogicznym parametrem wyznaczonym w punkcie 1d)

### **3. Badanie wzmacniacza o wzmocnieniu -10V/V**

Układ należy skonfigurować jako wzmacniacz odwracający o wzmocnieniu -10V/V (schemat 2.2.3 z instrukcji), włączając w obwód jego sprzężenia zwrotnego rezystor 10k $\Omega$  (R2b) oraz rezystor szeregowy 1k $\Omega$  (R1c). Wejście nieodwracające (+) wzmacniacza powinno być dołączone do masy za pomocą rezystora R11 (złącze P11 i P5 zwarte). Sygnał wejściowy  $U_1$  z generatora należy podać bezpośrednio na R1c wykorzystując zworkę J5 jako złącze. Wyjściem układu obserwowanym za pomocą oscyloskopu będzie  $U_2$  dostępne na złączu P6.

a) podając jako  $U_1$  przebieg sinusoidalny o małej amplitudzie (np. 100 mVpp) wyznaczyć charakterystykę amplitudową  $K_u=f(f)$ . W tym celu należy zmierzyć jednorazowo amplitudę sygnału wejściowego ( $U_1$ ) a potem dokonać serii pomiarów amplitudy sygnału wyjściowego ( $U_2$ ) dla częstotliwości z przedziału 100Hz do 2MHz, z krokiem kilku punktów na dekadę (np. 100Hz, 200Hz, 300Hz, 600Hz, 1k, 2k, 3k, 6k, 10k, 20k, 30k, 60k, ... itd.). Narysować charakterystykę, wyznaczyć wzmocnienie dla małych częstotliwości. Wyznaczyć częstotliwość graniczną i porównać ją z kartą katalogową wzmacniacza. Wyznaczyć pole wzmocnienia (GBW) i porównać z analogicznym parametrem wyznaczonym w punkcie 1d)

### **4. Badanie wzmacniacza odejmującego o wzmocnieniu 10V/V**

Układ należy skonfigurować jako wzmacniacz odejmujący (schemat 2.2.4 z instrukcji), włączając w obwód jego sprzężenia zwrotnego rezystor 10k $\Omega$  (R2b) oraz 1k $\Omega$  (R1c). Do wejścia nieodwracającego (+) wzmacniacza należy dołączyć dzielnik złożony z rezystorów 1k $\Omega$  (R7) i 10k $\Omega$  (R9). Sygnał wejściowy  $U_1$  z zasilacza należy podać bezpośrednio na R1c wykorzystując zworkę J5 jako złącze. Sygnał wejściowy  $U_2$  z drugiego kanału zasilacza należy podłączyć do złącza P8. Wyjściem układu obserwowanym za pomocą woltomierza będzie  $U_3$  dostępne na złączu OUT1 lub OUT2.

a) wyznaczyć charakterystykę przenoszenia  $U_3 = f(U_1, U_2)$  dla napięć stałych. Napięcie wejściowe  $U_2$  powinno być stałe i równe 1.3V. Napięcie  $U_1$  należy zmieniać w przedziale od 0 do +2.8V z krokiem 0.2V, zagęszczając punkty tam gdzie wzmacniacz wchodzi w obszar nasycenia – wyznaczyć granice tego obszaru. Z dopasowania prostej w zakresie liniowym wyznaczyć wzmocnienie stałoprądowe.

### **5. Badanie wzmacniacza sumującego o wzmocnieniach -10V/V ( $U_1$ ) i -2V/V( $U_2$ )**

Układ należy skonfigurować jako wzmacniacz sumujący (schemat 2.2.5 z instrukcji), włączając w obwód jego sprzężenia zwrotnego rezystor 10k $\Omega$  (R2b) oraz rezystory 1k $\Omega$  (R1c) i 5k $\Omega$  (R1b). Wejście nieodwracające (+) należy podłączyć do masy za pomocą rezystora R8. Sygnał wejściowy

$U_1$  z zasilacza należy podać bezpośrednio na R1c wykorzystując zworkę J5 jako złącze. Sygnał wejściowy  $U_2$  z drugiego kanału zasilacza w analogiczny sposób powinien trafić na R1b z wykorzystaniem zworki J3 jako złącza. Wyjściem układu obserwowanym za pomocą woltomierza będzie  $U_3$  dostępne na złączu OUT1 lub OUT2

a) wyznaczyć charakterystykę przenoszenia  $U_3 = f(U_1, U_2)$  dla napięć stałych. Napięcie wejściowe  $U_2$  powinno być stałe i równe 1V. Napięcie  $U_1$  należy zmieniać w przedziale od 0 do  $\pm 1.6V$  z krokiem 0.2V, zagęszczając punkty tam gdzie wzmacniacz wchodzi w obszar nasycenia – wyznaczyć granice tego obszaru. Z dopasowania prostej w zakresie liniowym wyznaczyć wzmocnienie stałoprądowe dla  $U_1$  oraz dla  $U_2$ .

## 6. Wzmacniacz logarytmiczny

Układ należy skonfigurować jako wzmacniacz logarytmiczny (schemat 2.3.2 z instrukcji), włączając w obwód jego sprzężenia zwrotnego rezystor  $10k\Omega$  (R1a) oraz diodę D (zworka J6). Wejście nieodwracające (+) wzmacniacza powinno być dołączone bezpośrednio do masy (P5 zwarte do GND). Sygnał wejściowy  $U_1$  ( $U_{WE}$ ) z zasilacza należy podać bezpośrednio na R1a wykorzystując zworkę J1 jako złącze. Wyjściem układu obserwowanym za pomocą woltomierza będzie  $U_2$  ( $U_{WY}$ ) dostępne na złączu OUT1 lub OUT2.

a) wyznaczyć charakterystykę przenoszenia  $U_2 = f(U_1)$  dla napięć stałych, zmieniając napięcie wejściowe od 10mV do 6V z krokiem kilku punktów na dekadę (np. 10mV, 14mV, 20mV, 28mV, 40mV, 56mV, 80mV, 100mV, 140mV, 200mV, 280mV, 400mV, 560mV, 800mV, 1V, 1.4V, 2V, 2.8V, 4V, 5.6V). Dopasować prostą do zlinearyzowanej zależności, porównać z charakterystyką teoretyczną, wyznaczyć wartość współczynnika  $\eta$ , oszacować dokładność logarytmowania, skomentować występowanie ewentualnego dryfu.