

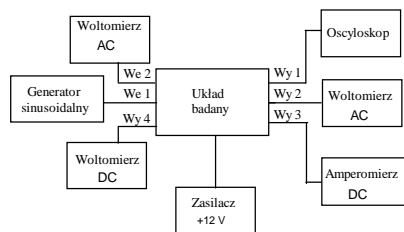
## 2. WIELKOSYGNAŁOWY WZMACNIACZ SELEKTYWNY

### 2.1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie z własnościami i charakterystykami tranzystorowego wzmacniacza wielkosygnalowego pracującego z odcięciem prądu kolektora jako rezonansowego wzmacniacza mocy klasy C i powielacza częstotliwości.

### 2.2. Schemat blokowy układu pomiarowego

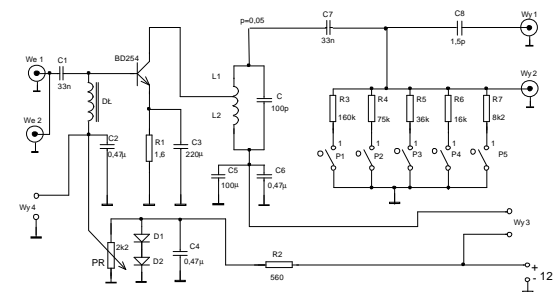
Schemat blokowy układu pomiarowego przedstawia rys. 2.1. Badany układ jest jednostopniowym rezonansowym wzmacniaczem mocy wielkiej częstotliwości. Źródłem sygnału sterującego jest przestrajany generator sinusoidalny. Woltomierze napięcia zmiennego (AC) pozwalają pomierzyć wartości sygnału sterującego i wyjściowego, natomiast woltomierz napięcia stałego (DC) służy do pomiaru wartości przedpięcia. Kształt sygnału wyjściowego kontrolowany jest przy pomocy oscyloskopu. Amperomierz prądu stałego mierzy wartość prądu płynącego w obwodzie wyjściowym tranzystora mocy. Układ zasilany jest napięciem stałym +12 V.



Rys. 2.1. Schemat blokowy układu pomiarowego

### 2.3. Schemat ideowy badanego układu oraz jego zasada działania

Schemat ideowy badanego wzmacniacza przedstawia rysunek 2.2 [2]. Wykorzystany krzemowy tranzystor n-p-n typu BD254 pracuje w układzie WE z potencjometryczną polaryzacją bazy i sprzężeniem emiterowym dla prądu stałego na rezystorze R<sub>1</sub>. W obwodzie polaryzacji bazy tranzystora, zmiana wartości rezystancji potencjometru PR zmienia napięcie decydujące o położeniu punktu pracy. Diody D<sub>1</sub> i D<sub>2</sub> łącznie z rezystorem R<sub>2</sub> ograniczają maksymalną wartość napięcia polaryzacji złącza BE. Elementy L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, C tworzą równoległy obwód drgający o częstotliwości rezonansowej  $f_0 \approx 1\text{MHz}$ . Przyjęcie takiej częstotliwości umożliwia minimalizowanie wpływu parametrów reakcyjnych tranzystora i pasożytniczych oddziaływań przyrządów pomiarowych na parametry wzmacniacza. Dla zapewnienia dużej dobroci obwodu, tranzystor włączony jest poprzez przekładnię indukcyjną o wartości 0.05.



Rys. 2.2. Schemat ideowy rezonansowego wzmacniacza mocy

Obciążeniem obwodu rezonansowego jest zespół rezystorów R<sub>3</sub> + R<sub>7</sub> dołączanych za pomocą przełączników P<sub>1</sub> + P<sub>5</sub>. Dławik D<sub>1</sub> wraz z kondensatorem C<sub>2</sub> zapewnia separację układu zasilania od wzmacniacza dla składowych zmiennych. Kondensatory C<sub>5</sub> i C<sub>6</sub> zapobiegają oddziaływaniu rezystancji wewnętrznej amperomierza i obwodu zasilania na własności obwodu rezonansowego. Wyjście 1 sprzęgnięte z układem za pomocą kondensatora C<sub>8</sub> przeznaczone jest do obserwacji kształtu napięcia wyjściowego. Kondensator o bardzo małej pojemności wraz z impedancją wejściową oscyloskopu tworzy dzielnik napięciowy zabezpieczający wejście oscyloskopu przed przesterowaniem. Wyjście 2 umożliwia określenie wartości napięcia na obciążeniu, a wyjście 3 przewidziane jest do pomiaru prądu kolektora. Wyjście 4 umożliwia pomiar napięcia stałego występującego na bazie tranzystora.

### 2.4. Wybrane właściwości badanego układu

Wzmacniacze mocy wielkiej częstotliwości to układy wzmacniające sygnały w określonym, na ogół wąskim w stosunku do częstotliwości środkowej paśmie i skutecznie tłumiące sygnały leżące poza pasmem. Wzmacniacz mocy stanowi najczęściej końcowy stopień urządzeń nadawczych lub generacyjnych. Dostarcza odpowiedniej mocy i decyduje o parametrach technicznych urządzenia.

#### 2.4.1. Klasy pracy wzmacniaczy mocy

Kąt przepływu  $2\theta$  stanowi kryterium dla rozróżniania klas pracy wzmacniaczy. Wzmacniacze mocy wielkiej częstotliwości mogą pracować w jednej z trzech klas: A, B lub C.

W klasie A - zapewnia się takie warunki pracy elementu aktywnego, aby prąd w obwodzie wyjściowym przepływał w ciągu trwania całego okresu sygnału wejściowego, a chwilowy punkt pracy przemieszczał się po części prostoliniowej charakterystyki przejściowej elementu aktywnego. Dla zapewnienia takich warunków pracy, początkowe położenie punktu pracy powinno znajdować się w środku prostoliniowego odcinka charakterystyki. Ze względu na znaczny pobór mocy ze źródła zasilania, sprawność klasy A jest mała i przy obciążeniu rezystancyjnym nie przekracza 25% (przy obciążeniu transformatorowym można uzyskać podwojenie tej sprawności do 50%). Jest to zasadniczą wadą tej klasy. Zależą są małe zniekształcenia nieliniowe.

W klasie B - zapewnia się takie warunki pracy elementu aktywnego, w których prąd w obwodzie wyjściowym przepływa w ciągu połowy okresu sygnału wejściowego. Ze względu na zerowy prąd spoczynkowy i małą wartość średnią prądu wyjściowego w porównaniu z

amplitudą składowej podstawowej, klasa B odznacza się większą sprawnością niż klasa A i osiąga 78% (w praktyce rzędu 60-65%).

W klasie C - występuje konieczność zapewnienia elektrodzie sterującej takiej polaryzacji, przy której punkt pracy znajduje się w zakresie odcięcia. Po doprowadzeniu sygnału sterującego, prąd wyjściowy ma postać impulsów zbliżonych do kosinusoidalnych. Po rozłożeniu ich w szereg Fouriera zauważymy, że prąd wyjściowy zawiera składową stałą, składową podstawową i wyższe harmoniczne.

Zerowy prąd spoczynkowy i mniejsza wartość średnia prądu wyjściowego niż w klasie B powoduje, że sprawność układu pracującego w klasie C jest większa od sprawności klasy B. Teoretycznie może osiągnąć nawet 100% (tyle, że dla zerowego prądu kolektora). W praktyce wzmacniacze w klasie C osiągają 80-85% sprawności. Pracę w klasie C stosuje się we wzmacniaczach rezonansowych dużej mocy. Rolę obciążenia spełnia z reguły równoległy obwód rezonansowy nastrojony na częstotliwość sygnału wejściowego.

Elementy aktywne we wzmacniaczach mocy klasy C pracują z odcięciem prądu. Przy projektowaniu nie można więc korzystać z małosygnalowych liniowych modeli zastępczych tranzystorów. W związku z tym opracowane zostały graficzne metody analizy pracy układów wielkosygnalowych. Metody te wykorzystują charakterystyki statyczne elementów aktywnych. Analiza pracy wzmacniaczy opiera się na dążeniu do pełnego wykorzystania własności energetycznych tranzystorów tj. dobraniu takich warunków, przy których:

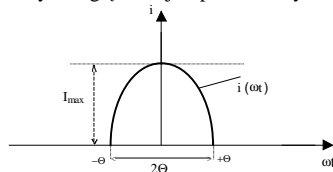
- szczytowa wartość impulsu prądu kolektora osiąga maksymalną wartość,
- napięcie kolektor-emiter nie przekracza wartości maksymalnej,
- moc wydzielana w kolektorze tranzystora  $P_{cmax}$  jest bliska mocy dopuszczalnej,
- napięcie wsteczne złącza baza-emiter nie przekracza wartości maksymalnej.

### 2.4.2. Widmo sygnału wyjściowego

Cechą charakterystyczną pracy wielkosygnalowej jest duża dynamika zmian położenia punktu pracy w polu charakterystyk roboczych tranzystora. Nieliniowości charakterystyk elementu aktywnego i praca z odcięciem prądu powodują, że przebieg prądu wyjściowego ulega zniekształceniu. Prąd wyjściowy jest sumą składowych o różnych częstotliwościach i amplitudach:

$$i = I_0 + I_1 \cos \omega_0 t + I_2 \cos 2\omega_0 t + I_3 \cos 3\omega_0 t + \dots \quad /2.1/$$

Przy aproksymacji charakterystyki przejściowej elementu aktywnego linią prostą łamaną, impuls prądu wyjściowego jest fragmentem przebiegu kosinusoidalnego (rys. 2.3). Czas trwania impulsu jest tym krótszy im „głębsza” jest praca tranzystora w klasie C.



Rys. 2.3. Kształt impulsu prądu kolektora

Wartość chwilową prądu kolektora można określić z zależności:

$$i(\omega t) = I_{max} \frac{\cos \omega t - \cos \Theta}{1 - \cos \Theta} \quad /2.2/$$

Amplitudy składowych prądu kolektora opisują równania:

$$I_0 = \frac{1}{2p} \int_{-\Theta}^{\Theta} i(\omega t) d\omega t \quad /2.3/$$

$$I_n = \frac{1}{p} \int_{-\Theta}^{\Theta} i(\omega t) \cos n\omega t d\omega t$$

W wyniku całkowania otrzymuje się:

$$I_0 = I_{max} \frac{\sin \Theta - \Theta \cos \Theta}{p(1 - \cos \Theta)}$$

$$I_1 = I_{max} \frac{\Theta - \sin \Theta \cos \Theta}{p(1 - \cos \Theta)}$$

$$\dots \dots \dots /2.4/$$

$$I_n = I_{max} \frac{2[\sin(n\Theta) \cos \Theta - n \cos(n\Theta) \sin \Theta]}{pn(n^2 - 1)(1 - \cos \Theta)}$$

Amplitudy poszczególnych składowych są funkcjami kąta przepływu. Do wyznaczenia wielkości poszczególnych składowych można wykorzystać współczynniki rozkładu impulsu kosinusoidalnego  $\alpha_n$  lub  $\gamma_n$ :

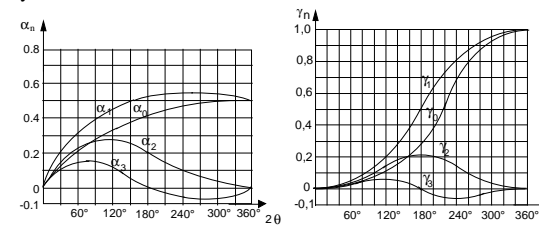
$$a_0(\Theta) = \frac{\sin \Theta - \Theta \cos \Theta}{p(1 - \cos \Theta)}$$

$$a_1(\Theta) = \frac{\Theta - \cos \Theta \sin \Theta}{p(1 - \cos \Theta)} \quad /2.5/$$

$$a_n(\Theta) = \frac{2 \sin(n\Theta) \cos \Theta - n \cos(n\Theta) \sin \Theta}{pn(n^2 - 1)(1 - \cos \Theta)}$$

$$g_n = a_n(1 - \cos \Theta)$$

Wykresy zależności współczynników rozkładu  $\alpha_n$  i  $\gamma_n$  od kąta przepływu  $2\Theta$  przedstawia rys. 2.4.



Rys. 2.4. Zmiany współczynników  $\alpha_n$  i  $\gamma_n$

w funkcji kąta przepływu  $2\Theta$

Po zastosowaniu współczynników rozkładu, zależności /2.4/ przyjmują postać:

$$I_0 = I_{max} a_0 = a U_m g_0$$

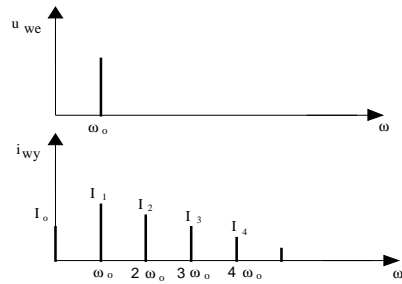
$$I_1 = I_{max} a_1 = a U_m g_1 \quad /2.6/$$

$$\dots \dots \dots$$

$$I_n = I_{max} a_n = a U_m g_n \quad \text{dla } n = 2, 3, 4, \dots$$

gdzie:  $a$  - wartość określająca nachylenie charakterystyki przejściowej tranzystora.

Widmo napięcia sterującego i prądu kolektora tranzystora przedstawia rys. 2.5.



Rys. 2.5. Widmo napięcia wejściowego i prądu kolektora we wzmacniaczu mocy klasy C

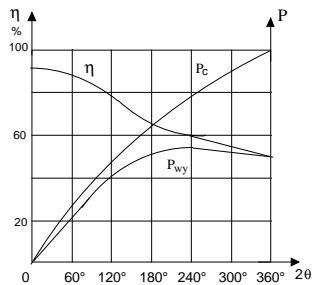
Dla określonej amplitudy napięcia wejściowego, amplituda jej n-tej harmonicznej na wyjściu wzmacniacza jest proporcjonalna do wartości współczynnika  $\gamma_n$ . W przypadku zachowania stałej amplitudy prądu wyjściowego, amplitudy harmonicznych są proporcjonalne do wartości współczynników  $\alpha_n$ .

#### 2.4.3. Parametry robocze rezonansowego wzmacniacza mocy

Do najważniejszych parametrów roboczych wzmacniacza mocy należą:

- moc wyjściowa  $P_{wy}$ ,
- sprawność energetyczna  $h$ , określająca stosunek mocy wyjściowej do mocy dostarczonej ze źródła zasilającego  $P_c$ .

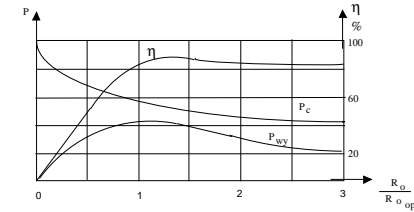
O parametrach roboczych rezonansowego wzmacniacza mocy klasy C decyduje zasadniczo wartość kąta przepływu  $2\Theta$ . Zmiany parametrów roboczych wzmacniacza w pełnym zakresie zmian kąta przepływu przedstawia rys. 2.6.



Rys. 2.6. Wpływ kąta przepływu  $2\Theta$  na parametry robocze wzmacniacza

Maksimum mocy wyjściowej występuje dla kąta przepływu  $2\Theta \approx 240^\circ$ . Zwiększanie wartości kąta przepływu powoduje niewielkie zmiany mocy wyjściowej  $P_{wy}$  przy znacznym wzroście mocy  $P_c$  pobieranej z układu zasilania tranzystora. Z kolei zmniejszanie wartości kąta przepływu, powoduje nieznaczny spadek mocy wyjściowej przy dość znacznym wzroście sprawności  $h$ . Własność ta nasuwa wniosek, że wybór warunków pracy tranzystora to kompromis, pomiędzy mocą wyjściową a sprawnością. W klasie C stosuje się wartości kąta przepływu  $120^\circ \leq 2\Theta < 180^\circ$ .

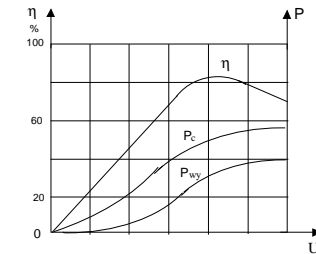
Zmiana rezystancji obciążenia przy ustalonym punkcie pracy i amplitudzie sygnału sterującego również wpływa na parametry wzmacniacza. Ich zmiany przedstawiane jako charakterystyki obciążenia są pokazane na rys. 2.7.



Rys. 2.7. Charakterystyki obciążenia wzmacniacza mocy klasy C

Istnieje optymalna wartość rezystancji obciążenia zapewniająca kompromis pomiędzy wartościami mocy wyjściowej  $P_{wy}$ , sprawności  $h$  i mocy  $P_c$  pobieranej przez wzmacniacz. Stosowany w obwodzie wyjściowym wzmacniacza obwód rezonansowy, realizuje transformację rezystancji obciążającej wzmacniacz. Stopień dopasowania decyduje o wartości mocy wyjściowej uzyskiwanej w obciążeniu.

Zmieniając amplitudę sygnału sterującego przy ustalonym punkcie pracy i rezystancji obciążenia otrzymujemy charakterystyki wzbudzenia wzmacniacza pokazane na rys. 2.8.



Rys. 2.8. Charakterystyki wzbudzenia wzmacniacza mocy klasy C

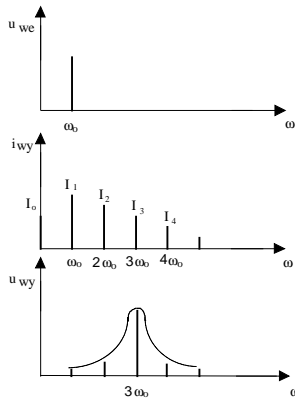
Obecność sygnału wyjściowego we wzmacniaczu klasy C jest uwarunkowana amplitudą sygnału sterującego. Dopiero powyżej pewnej amplitudy sygnału wejściowego, pojawia się sygnał wyjściowy. Wartość minimalna sygnału wejściowego zależy od napięcia polaryzacji bazy i napięcia progowego tranzystora.

Omawiając własności i warunki pracy wzmacniacza klasy C nie należy zapominać o możliwości utraty stabilności. Metody niedopasowania i neutralizacji stosowane w układach małosygnałowych mają również praktyczne zastosowanie we wzmacniaczach mocy wielkiej częstotliwości.

#### 2.4.4. Wzmacniacz mocy klasy C jako powielacz częstotliwości

Własnością wzmacniacza pracującego z odcięciem jest występowanie na wyjściu harmonicznych sygnału wejściowego. Obwód rezonansowy ma w tym przypadku za zadanie wytłumic wszystkie składowe z wyjątkiem podstawowej. Zjawisko występowania harmonicznych można wykorzystać do wytworzenia przebiegu o częstotliwości będącej całkowitą wielokrotnością częstotliwości sygnału wejściowego. Układ, który realizuje tę

funkcję nazywany jest powielaczem częstotliwości. Rys. 2.9 ilustruje działanie powielacza trzeciego rzędu.



Rys. 2.9. Widmo napięcia wejściowego, prądu kolektora i napięcia wyjściowego na rezonansowym w układzie potrójnym

Amplitudy poszczególnych harmonicznych można określić wykorzystując współczynniki rozkładu  $\gamma_n$ . Jak wynika z rys. 2.4 każda harmonika uzyskuje maksimum przy innej wartości kąta przepływu  $2\Theta$ . Można zauważyć, że optymalny kąt przepływu zależy od rzędu powielania i wynosi

$$2\Theta_{opt} = \frac{360}{n} \quad /2.7/$$

Proces optymalizacji produktu wyjściowego powielacza rzędu  $n$  będzie polegał na doborze optymalnego kąta przepływu zależnego od amplitudy sygnału wejściowego i napięcia baza-emiter tranzystora. Z rys. 2.4 wynika, że moc wyjściowa poszczególnych harmonicznych maleje ze wzrostem rzędu powielania. Z tego powodu nie stosuje się w praktyce rzędów powielania większych niż 3÷4.

Powielacz i wzmacniacz mocy klasy C to takie same układy. Omówiony układ może pracować jako powielacz pod warunkiem, że sygnał sterujący będzie miał częstotliwość  $n$ -krotnie mniejszą niż częstotliwość nastrojenia wyjściowego obwodu rezonansowego.

## 2.5. Opis techniczny pomiarów

### 2.5.1. Badanie własności rezonansowego wzmacniacza mocy klasy C

#### 2.5.1.1. Uruchomienie układu

Po zapoznaniu ze stanowiskiem pomiarowym i sprawdzeniu połączeń, przystąpić do uruchomienia układu. W tym celu należy:

- ustawić wartość rezystancji obciążenia  $R_o = 36 \text{ k}\Omega$  (P3),
- potencjometrem PR ustawić napięcie polaryzacji bazy tranzystora  $E_B = 0.1 \text{ V}$  (pomiar napięcia na bazie tranzystora względem masy układu woltomierzem DC na wyjściu Wy4),
- dołączyć generator sinusoidalny do wejścia badanego wzmacniacza i ustawić wartość napięcia sygnału sterującego  $U_S = 1 \text{ V}$  (pomiar woltomierzem AC na wejściu We2),

- dobrać generator wzbudzący do częstotliwości rezonansowej wzmacniacza ( $f_r \approx 1 \text{ MHz}$ ), korygując wartości napięć  $E_B$  i  $U_S$ ,
- zmierzyć wartość częstotliwości generatora odpowiadającej częstotliwości rezonansowej wzmacniacza.

#### 2.5.1.2. Pomiar charakterystyk obciążenia wzmacniacza

Pomiary przeprowadzić w następującej kolejności:

- włączyć rezystancję obciążenia  $R_o = 4.3 \text{ k}\Omega$  w/g tabeli 2.1,
  - ustawić wartości napięć  $E_B = 0.1 \text{ V}$ ,  $U_S = 1 \text{ V}$  oraz częstotliwość sygnału sterującego odpowiadającą częstotliwości rezonansowej wzmacniacza,
  - odczytać wartości napięcia wyjściowego  $U_{wy}$  i prądu  $I_{csr}$  (pomiar amperomierzem DC na wyjściu 3) wzmacniacza, wpisując je do tabeli 2.2,
- Pomiary powtórzyć dla pozostałych rezystancji obciążenia  $R_o$ , zgodnie z tabelą 2.2, każdorazowo korygując wartości napięć  $E_B$  i  $U_S$ .

Tab. 2.1

$R_o$ [kΩ]	4.3	8.2	16	24	36	75	160	∞
P1	1	0	0	0	0	0	1	0
P2	1	0	0	1	0	1	0	0
P3	1	0	0	1	1	0	0	0
P4	1	0	1	0	0	0	0	0
P5	1	1	0	0	0	0	0	0

Tab. 2.2

$E_B = 0.1 \text{ V}$ ,  $U_S = 1 \text{ V}$

Ip	$R_o$	$U_{wy}$	$I_{csr}$	$P_c$	$P_{wy}$	$h$	$P_{str}$
---	[kΩ]	[V]	[mA]	[W]	[W]	[%]	[W]
1	4.3						
2	8.2						
3	16						
4	24						
5	36						
6	75						
7	160						
8	∞						

Obliczenia poszczególnych wartości parametrów roboczych wykonać wykorzystując zależności:

$$P_c = E_c I_{csr} \quad P_{wy} = \frac{U_{wy}^2}{R_o}$$

$$h = \frac{P_{wy}}{P_c} \quad P_{str} = P_c - P_{wy}$$

gdzie:  $P_c$  - moc pobierana z zasilania,

$P_{wy}$  - moc wyjściowa wzmacniacza,

$P_{str}$  - moc strat,

$h$  - sprawność wzmacniacza,

$I_{csr}$  - wartość średnia prądu kolektora tranzystora,

$U_{wy}$  - napięcie wyjściowe wzmacniacza,

$R_o$  - rezystancja obciążenia wzmacniacza.

### 2.5.1.3. Pomiar charakterystyk wzbudzenia wzmacniacza

Charakterystyki wzbudzenia wzmacniacza określić przy stałej wartości rezystancji obciążenia  $R_o = 36 \text{ k}\Omega$  dla napięć polaryzacji obwodu bazy:  $E_B = 0.2 \text{ V}$  i  $E_B = 0 \text{ V}$  (zerowe przedpięcie). Wyniki pomiarów umieścić odpowiednio w tabeli 2.3 i 2.4.

W tym celu należy:

- ustawić wartości:  $R_o = 36 \text{ k}\Omega$ ,  $E_B = 0.2 \text{ V}$  oraz napięcie sygnału  $U_S$  zgodnie z tabelą 2.3,
- dostroić generator do częstotliwości rezonansowej wzmacniacza,
- odczytać wartość napięcia wyjściowego  $U_{wy}$  wzmacniacza i odnotować w tabeli 2.3,
- pomiar powtórzyć dla kolejnych wartości sygnału wzbudzającego  $U_S$ , korygując wartość napięcia  $E_B$ .

Tab. 2.3

$E_B = 0.2 \text{ V}$ ,  $R_o = 36 \text{ k}\Omega$

$U_s$ [V]	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$U_{wy}$ [V]										
$P_{wy}$ [W]										

Pomiary powtórzyć dla przedpięcia  $E_B = 0 \text{ V}$ , wyniki pomiarów umieścić w tabeli 2.4.

Tab. 2.4

$E_B = 0 \text{ V}$ ,  $R_o = 36 \text{ k}\Omega$

$U_s$ [V]	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
$U_{wy}$ [V]							
$P_{wy}$ [W]							

### 2.5.1.4. Pomiar charakterystyki amplitudowej wzmacniacza

Pomiary charakterystyki amplitudowej wzmacniacza wykonać dla dwóch wartości rezystancji obciążenia  $R_o = 36 \text{ k}\Omega$  i  $R_o = 16 \text{ k}\Omega$  przy stałych wartościach napięć  $E_B = 0.2 \text{ V}$  i  $U_S = 0.7 \text{ V}$ . Wyniki pomiarów odnotować odpowiednio w tabeli 2.5 i 2.6.

W tym celu należy:

- ustawić wartości:  $R_o = 36 \text{ k}\Omega$ ,  $E_B = 0.2 \text{ V}$  i  $U_S = 0.7 \text{ V}$ ,
  - dostroić generator sygnałowy do częstotliwości rezonansowej wzmacniacza, korygując wartości napięć  $E_B$  i  $U_S$ ,
  - odczytać wartości częstotliwości i napięcia wyjściowego wzmacniacza, wpisując je do tabeli 2.5.
- Zmieniając częstotliwość generatora wzbudzającego w zakresie  $Df = (0.7 \pm 1.3)f_r$ , określić kształt charakterystyki amplitudowej wzmacniacza. Częstotliwość zmieniać ze skokiem  $\pm 15 \text{ kHz}$  w stosunku do wartości środkowej.

Tab. 2.5

$f_r = \dots \text{ kHz}$ ,  $R_o = 36 \text{ k}\Omega$ ,  $E_B = 0.2 \text{ V}$ ,  $U_S = 0.7 \text{ V}$

Lp.	$f$	$U_{wy}$	$P_{wy}$
----	[kHz]	[V]	[W]
1			
2			

Pomiar charakterystyki amplitudowej powtórzyć dla  $R_o = 16 \text{ k}\Omega$  wykorzystując tabelę 2.6.

Tab. 2.6

$f_r = \dots \text{ kHz}$ ,  $R_o = 16 \text{ k}\Omega$ ,  $E_B = 0.2 \text{ V}$ ,  $U_S = 0.7 \text{ V}$

Lp.	$f$	$U_{wy}$	$P_{wy}$

----	[kHz]	[V]	[W]
1			
2			

### 2.5.2. Badanie rezonansowego wzmacniacza klasy C jako powielacza częstotliwości

#### 2.5.2.1. Pomiar optymalnego kąta przepływu powielacza

Dla rezystancji obciążenia  $R_o = 36 \text{ k}\Omega$ , napięcia  $E_B = 0.5 \text{ V}$  i sygnału  $U_S = 0.4 \text{ V}$  należy:

- zmierzyć wartość częstotliwości rezonansowej wzmacniacza i na jej podstawie określić wartości częstotliwości, dla których zmierzona wartość będzie harmoniczną rzędu drugiego ( $n=2$ ), trzeciego ( $n=3$ ) i czwartego ( $n=4$ ).
- wartości określonych częstotliwości zanotować w tabeli 2.7,
- utrzymując napięcie sygnału  $U_S = 0.4 \text{ V}$ , dostroić generator wzbudzający do częstotliwości składowej powielacza stopnia drugiego  $n = 2$  (wartość z tabeli),
- dobrać napięcie polaryzacji  $E_B$  tak, by uzyskać maksymalną wartość napięcia wyjściowego,
- odczytać wartości  $E_B$ ,  $U_{wy}$ ,  $I_{csr}$  i umieścić je w tabeli 2.7.

Czynności powtórzyć dla powielacza stopnia trzeciego i czwartego.

Tab. 2.7

$R_o = 36 \text{ k}\Omega$ ,  $U_S = 0.4 \text{ V}$

Lp	$f$	$E_B$	$U_{wy}$	$I_{csr}$	$U_{RE}$	$U_{BE}$	$2Q$
----	[kHz]	[V]	[V]	[mA]	[V]	[V]	[°]
1							
$n = 2$							
$n = 3$							
$n = 4$							

Wartości napięć  $U_{BE}$  i  $U_{RE}$  wyznaczyć z zależności:

$$U_{RE} = I_{csr} R_E$$

$$U_{BE} = E_B - U_{RE} = E_B - I_{csr} R_E$$

Wartość kąta przepływu  $2Q$  wyznaczyć z zależności:

$$\cos \Theta = \frac{(U_p - U_{BE})}{U_{sm}}$$

gdzie:  $U_{sm}$  - amplituda sygnału wejściowego,

$U_{BE}$  - napięcie baza-emiter,

$U_p$  - napięcie progowe tranzystora.

Napięcie progowe  $U_p$  dla zastosowanego w ćwiczeniu tranzystora wynosi 0,5 V.

#### 2.5.2.2. Pomiar parametrów energetycznych powielacza

Dla rezystancji obciążenia  $R_o = 36 \text{ k}\Omega$ , napięcia  $E_B = 0.5 \text{ V}$  i sygnału  $U_S = 0.4 \text{ V}$  należy:

- korzystając z danych tabeli 2.7 odczytać wartości częstotliwości sygnału generatora tworzące produkty powielacza rzędu drugiego ( $n=2$ ), trzeciego ( $n=3$ ), czwartego ( $n=4$ ) i umieścić je w tabeli 2.8,
- dostroić generator do częstotliwości żadanego stopnia powielania, korygując wartości napięć  $E_B$  i  $U_S$ ,
- odczytać wartości  $U_{wy}$ ,  $I_{csr}$  i umieścić je w tabeli 2.8.

Pomiary powtórzyć dla pozostałych składowych powielacza.

Tab. 2.8.

$R_0 = 36 \text{ k}\Omega$ ,  $E_B = 0.5 \text{ V}$ ,  $U_S = 0.4 \text{ V}$

Lp	f	$U_{wy}$	$I_{csp}$	$U_{RE}$	$U_{BE}$	$P_z$	$P_{wy}$	$P_{str}$	$2Q$
----	[kHz]	[V]	[mA]	[V]	[V]	[W]	[W]	[W]	[°]
n = 2									
n = 3									
n = 4									

## 2.6. Przedstawienie wykonanych pomiarów oraz opracowanie wyników i wniosków

1. Rodziny charakterystyk określanych w poszczególnych punktach pomiarowych narysować w postaci unormowanej i przedstawić na oddzielnych arkuszach papieru milimetrowego formatu A-4. Każdą z charakterystyk opisać i zaznaczyć wartości graniczne.
2. Wyniki pomiarów i obliczeń poszczególnych parametrów zestawzić w odpowiednich tabelach. Sposób obliczeń zadanych wielkości zilustrować przykładami.
3. Do sprawozdania dołączyć wnioski z oceną własności badanego układu.

## 2.7. Zagadnienia do przygotowania

1. Sposób realizacji zasilania i stabilizacji punktu pracy tranzystora w badanym wzmacniaczu.
2. Klasy pracy wzmacniacza.
3. Parametry energetyczne tranzystora mocy.
4. Widmo sygnału wyjściowego wzmacniacza klasy C.
5. Współczynniki rozkładu prądu kolektora i ich zastosowanie.
6. Wpływ kąta przepływu na moc wyjściową i sprawność energetyczną wzmacniacza.
7. Charakterystyki obciążenia wzmacniacza.
8. Charakterystyki wzbudzenia wzmacniacza.
9. Zasada pracy tranzystorowego powielacza częstotliwości.
10. Wpływ kąta przepływu na parametry energetyczne powielacza.

## 2.8. Literatura

### Podstawowa

- [1] Pawłowski J.: *Podstawowe układy elektroniczne - nieliniowe układy analogowe*. WKiŁ Warszawa 1975.
- [2] Bogacz Z., Żurawski M.: *Ćwiczenia laboratoryjne z nieliniowych układów elektronicznych*. WAT Warszawa 1987.

### Uzupełniająca

- [3] Ryżko S., Ebert B.: *Wzmacniacze rezonansowe i generatory mocy wielkiej częstotliwości*. WNT Warszawa 1971.