

Laboratorium Podstaw Elektroniki i Energoelektroniki

Ćwiczenie nr 21

SYMULACJA STABILIZATORA NAPIĘCIA

21.1 Wiadomości ogólne

Celem ćwiczenia jest symulacja cyfrowa i badania modeli analogowych stabilizatorów napięcia stałego: układu parametrycznego ze stabilistorem (diodą Zenera lub diodą lawinową) oraz układu kompensacyjnego szeregowego ze wzmacniaczem uchybu regulacji zrealizowanym przy użyciu jednostopniowego wzmacniacza z tranzystorem bipolarnym. W ćwiczeniu wykorzystano pakiet programów symulacyjnych PSpice Student wersja 9.1.

Literatura:

Baranecki A.: Laboratorium układów elektronicznych. Cz. 1
Kaźmierkowski M.P., Matysik J. T.: Wprowadzenie do elektroniki i energoelektroniki
Titze U., Schenk Ch.: Układy półprzewodnikowe
Jaczewski J., Opolski A., Stolz J.: Podstawy elektroniki i energoelektroniki
Baranowski J., Czajkowski G. Układy elektroniczne. Cz. 1

21.2 Opis ćwiczenia

Do analizy przygotowano dwa zbiory STAB1.CIR, STAB2.CIR.

Zbiór STAB1.CIR zawiera model parametrycznego stabilizatora napięcia stałego z diodą Zenera 7,5 V.

Zbiór STAB2.CIR zawiera model szeregowego stabilizatora napięcia stałego ze wzmacniaczem uchybu regulacji zrealizowanym przy użyciu jednostopniowego wzmacniacza z tranzystorem bipolarnym.

W modelu stabilizatora szeregowego do regulacji napięcia wyjściowego zastosowano tranzystory bipolarne Q1 i Q2 odpowiednio typu 2N3055 oraz 2N2222. Do symulacji można wykorzystać jeden z trzech modeli tranzystora Q1:

Q2N3055A, który ma współczynnik wzmocnienia prądowego $\beta = 20$

Q2N3055B, który ma współczynnik wzmocnienia prądowego $\beta = 100$

Q2N3055C, który ma współczynnik wzmocnienia prądowego $\beta = 200$

Do symulacji układu można również zastosować jeden z trzech modeli tranzystora Q2:

Q2N2222A, który ma współczynnik wzmocnienia prądowego $\beta = 100$

Q2N2222B, który ma współczynnik wzmocnienia prądowego $\beta = 500$

Q2N2222C, który ma współczynnik wzmocnienia prądowego $\beta = 1000$

Zmianę typu tranzystora dokonuje się przez wpisanie w programie odpowiedniej litery w nazwie procedury wywołującej dany model tranzystora (np. Q1 1 2 3 Q2N3055A).

```
STAB1
*****
*** STABILIZATOR 1 ***
*****
R1 1 2 20
R2 2 0 MFR 50
*****
*****
.TRAN .1ms 40ms
*****
*****
*.DC RES MFR(R) 1 5 .1
*****
*****
*.DC V1 1 15 .2
*****
*****
*****
*****
*****
*****
D1 0 2 DZ7V5A
ra 1 0 1k
V1 1 0 sin(12 .5 50)
.PROBE
.MODEL MFR RES
* DZ4V model created using Parts version 1.03 on 06/17/91 at 08:43
*
*.model DZ4V D(Is=10f Rs=0 N=1 Xti=3 Eg=1.11 Bv=4.329 Ibv=12.93m Cjo=1p Vj=.75
*+ M=.3333 Fc=.5 Tt=5n)
*.model DZ4V7 D(Is=880.5E-18 Rs=.25 Ikf=0 N=1 Xti=3 Eg=1.11 Cjo=175p M=.5516
*+ Vj=.75 Fc=.5 Isr=1.859n Nr=2 Bv=4.7 Ibv=20.245m Nbv=1.6989
*+ Ibv1=1.9556m Nbv1=14.976 Tbv1=-21.277u)
* DZ7V5A model created using Parts version 5.0 on 03/14/92 at 00:31
*
.model DZ7V5A D(Is=10f N=1 Rs=.1 Ikf=0 Xti=3 Eg=1.11 Cjo=1p M=.3333 Vj=.75
+ Fc=.5 Isr=100p Nr=2 Bv=7.447 Ibv=35.19m Tt=5n)
* DZ7V5 model created using Parts version 5.0 on 03/16/92 at 00:52
*
*.model DZ7V5 D(Is=10f N=1 Rs=.1 Ikf=0 Xti=3 Eg=1.11 Cjo=220.24p M=.3333
*+ Vj=.75 Fc=.5 Isr=100p Nr=2 Bv=7.447 Ibv=35.19m Tt=50n)
.end
```

```

STAB2
*****
*** STABILIZATOR 2 ***
*****
R3 3 4 6,2k
R5 3 0 MFR 50
Q1 1 2 3 Q2N3055b
Q2 2 4 5 Q2N2222b
*****
*****
*****
*****
*****
*****
*.DC RES MFR(R) 1 10 .5
*****
*****
*****
*****
*****
*****
V1 1 0 sin(18 1 50)
R1 1 5 390
R2 1 2 150
R4 4 0 5k
D1 0 5 DZ4V3
R9 1 0 1k
*.DC V1 1 20 .2
.PROBE
.MODEL MFR RES
.TRAN .lms 40ms
*****
*.model DZ1A D(Is=10f Rs=0 N=1 Xti=3 Eg=1.11 Bv=4.329 Ibv=12.93m Cjo=lp Vj=.7
*+ M=.3333 Fc=.5 Tt=5n)
.model DZ4V3 D(Is=10f N=1 Rs=.1 Ikf=0 Xti=3 Eg=1.11 Cjo=lp M=.333 Vj=.7
+ Fc=.5 Isr=100p Mr=2 Bv=4.254 Ibv=10.37m Tt=5n)
.model Q2N2222A NPN(Is=3.1f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=130 Bf=100 Ne=1.54 Ise=191f
+ Ikf=1.3 Xtb=1.5 Br=6.18 Nc=2 Isc=0 Ikr=0 Rc=1 Cjc=14.6p Vjc=.7
+ Mjc=.333 Fc=.5 Cje=26p Vje=.7 Mje=.333 Tr=5ln Tf=451p
+ Itf=.1 Vtf=10 Xtf=2 Rb=10)
.model Q2N2222B NPN(Is=3.1f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=130 Bf=500 Ne=1.54 Ise=191f
+ Ikf=1.3 Xtb=1.5 Br=6.18 Nc=2 Isc=0 Ikr=0 Rc=1 Cjc=14.6p Vjc=.7
+ Mjc=.333 Fc=.5 Cje=26p Vje=.7 Mje=.333 Tr=5ln Tf=451p
+ Itf=.1 Vtf=10 Xtf=2 Rb=10)
.model Q2N2222C NPN(Is=3.1f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=130 Bf=1000 Ne=1.54 Ise=191f
+ Ikf=1.3 Xtb=1.5 Br=6.18 Nc=2 Isc=0 Ikr=0 Rc=1 Cjc=14.6p Vjc=.7
+ Mjc=.333 Fc=.5 Cje=26p Vje=.7 Mje=.333 Tr=5ln Tf=451p
+ Itf=.1 Vtf=10 Xtf=2 Rb=10)
.model Q2N3055A NPN(Is=975f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=50 Bf=20 Ne=1.94 Ise=900p
+ Ikf=4 Xtb=1.5 Br=2.95 Nc=2 Isc=0 Ikr=0 Rc=.1 Cjc=276p Vjc=.75
+ Mjc=.333 Fc=.5 Cje=570p Vje=.75 Mje=.333 Tr=970n Tf=39n
+ Itf=20 Vtf=10 Xtf=2 Rb=10)
.model Q2N3055B NPN(Is=975f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=50 Bf=100 Ne=1.94 Ise=900p
+ Ikf=4 Xtb=1.5 Br=2.95 Nc=2 Isc=0 Ikr=0 Rc=.1 Cjc=276p Vjc=.75
+ Mjc=.333 Fc=.5 Cje=570p Vje=.75 Mje=.333 Tr=970n Tf=39n
+ Itf=20 Vtf=10 Xtf=2 Rb=10)
.model Q2N3055C NPN(Is=975f Xti=3 Eg=1.11 Vaf=50 Bf=200 Ne=1.94 Ise=900p
+ Ikf=4 Xtb=1.5 Br=2.95 Nc=2 Isc=0 Ikr=0 Rc=.1 Cjc=276p Vjc=.75
+ Mjc=.333 Fc=.5 Cje=570p Vje=.75 Mje=.333 Tr=970n Tf=39n
+ Itf=20 Vtf=10 Xtf=2 Rb=10)
.options reltol = 100.000n trtol = 1 vntol = 10.000n ; *ipsp*
.END

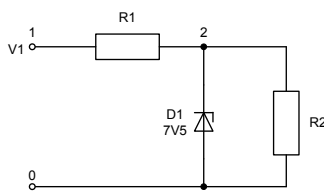
```

21.3 Program ćwiczenia

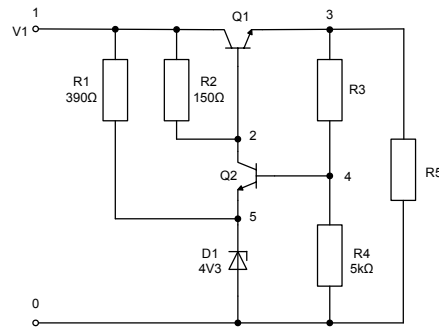
21.3.1 Badania symulacyjne stabilizatora napięcia stałego z diodą Zenera (zbiór STAB1.CIR).

Napięcie przebicia diody Zenera $U_{ZOD1} = 7,5 \text{ V}$. Napięcie zasilające układ V1: składowa stała 12 V, składowa przemienna sinusoidalna o amplitudzie 0,5 V i częstotliwości 50 Hz.

Schemat układu przedstawiono na rys. 21.1.



Rys.21.1



Rys.21.2

a) Dla zadanej wartości rezystancji $R1 = 20 \Omega$ i czterech wartości rezystancji $R2$: 50 Ω , 40 Ω , 30 Ω , 20 Ω zmierzyć wartość średnią i maksymalną składowej przemiennego napięcia V2.

b) Przyjmując w modelu $R2 = 20 \Omega$, „zablokować” analizę „**.DC V1 1 15 .2**”, umieszczając gwiazdkę (*) na początku linii z tą instrukcją i „odblokować” analizę stałoprądową likwidując znak gwiazdki (*) na początku linii „**.DC RES MFR(R) 1 5 .1**”. Analiza ta (**DC_sweep**) umożliwi obserwację zmian składowych stałych prądów i napięć w układzie w funkcji zmian rezystancji $R2$, od wartości ustalonej do wartości pięciokrotnie większej. W tym wypadku os x jest wyskalowana mnożnikiem wartości początkowej rezystancji $R2$. Wykonać symulację i wyedytować przebiegi: **V2**, **I(D1)**, **I(D1)*V(2)**, **I(R1)*V(1,2)**. Zinterpretować uzyskane wyniki symulacji.

c) Przyjmując w modelu $R2 = 50 \Omega$, „zadblokować” analizę stałoprądową umieszczając znak gwiazdki (*) na początku linii „**.DC RES MFR(R) 1 5 .1**” i „odblokować” analizę „**.DC V1 1 15 .2**” likwidując znak gwiazdki (*) na początku linii. Analiza ta umożliwi obserwację zmian składowych stałych prądów i napięć w obwodzie w funkcji napięcia wejściowego w zakresie od 1 V do 15 V z krokiem 0,2 V. Wykonać symulację i wyedytować przebiegi: **V2**, **I(D1)**, **I(R1)*V(1,2)**. Zinterpretować uzyskane wyniki symulacji.

21.3.2 Badania symulacyjne szeregowego stabilizatora napięcia stałego ze wzmacniaczem uchybu regulacji zrealizowanym przy użyciu jednostopniowego wzmacniacza z tranzystorem bipolarnym (zbiór STAB2.CIR). Napięcie przebicia diody Zenera $U_{ZOD1} = 4,3 \text{ V}$. Napięcie zasilające V1: składowa stała 18 V, składowa przemienna sinusoidalna o amplitudzie 1 V i częstotliwości 50 Hz. Schemat układu przedstawiono na rys. 21.2.

a) Dla zadanej wartości rezystancji $R5 = 50 \Omega$, wybrać oba tranzystory Q1, Q2 z grupy B i dobrać wartość rezystancji $R3$ tak, aby składowa stała napięcia wyjściowego była równa $V3 = 12 \text{ V}$. Zmierzyć amplitudę składowej przemiennego napięcia $V3$.

b) Przyjmując tranzystor Q2 z grupy B zbadać wpływ wzmocnienia prądowego β tranzystora Q1 na amplitudę składowej przemiennego napięcia $V3$.

c) Przyjmując tranzystor Q1 z grupy B zbadać wpływ wzmocnienia prądowego β tranzystora Q2 na amplitudę składowej przemiennego napięcia $V3$.

d) wybrać oba tranzystory Q1, Q2 z grupy B, „odblokować” analizę stałoprądową likwidując znak gwiazdki (*) na początku linii „**.DC RES MFR(R) 1 5 .1**”, przyjąć wartość rezystancji $R3 = 20 \Omega$ i zbadać wpływ zmian rezystancji $R5$ na wartości składowej stałej i przemiennego napięcia $V3$ oraz na straty mocy w tranzystorze Q1.