

VT22

Studenter

1ED041 Elektronik Lab. 4: Strömförsörjning

Mål: Att genom analys, simulering i LtSPICE och mätningar undersöka hur strömförsörjning kan göras, och hur de olika delarna i kretsen samverkar.

Introduktion

Det är inte enkelt att göra en stabil DC spänning, som också kan leverera lagom mycket ström, av nätspänningen (50Hz, 220V). Nedan en bild på de olika stegen som ska göras:

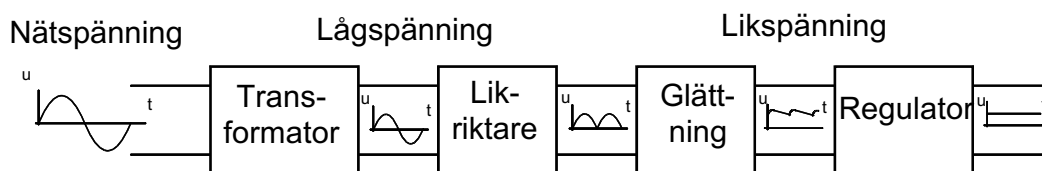


Fig. 1. De olika stegen i ett spänningsaggregat. Inspänningen är nätspänningen, och utspänningen är en DC spänning. Källa: Fig. 15.1, *Analog Elektronik*, B. Molin.

1. Transformator - minskar amplituden på sinusvågen, i denna laboration från 230 V_{eff} till 18 V_{eff}.
2. Likriktare - en halvågläktare (diodbrygga).
3. Glättning - minskar variationen i signalen genom att ladda upp en stor kondensator. Spänningen tar lång tid på sig att ändras, och visar endast små variationer nära toppspänningen (strax under 24V). Variationerna kallas för "ripple" och kan uppgå till några volt.
4. Regulator - ripple tas bort, och en stabil DC spänning är resultatet. Detta kan ske genom en zenerdiod eller mer komplexa kretsar.

Regulator

För regulatorn kommer vi att jämföra två lösningar: en med shuntreglering (zenerdiod) och en med en integrerad regulator, LM317. Databladet för den sistnämnde finns här:

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm317.pdf>

Glättning

I glättningssteget bestäms topp-toppvärdet på ripplespänningen som:

$$U_{\text{ripple}} = \Delta U = \frac{I_{\text{last}}}{2fC}$$

Ekvationen som beskriver shuntregulatorns serieresistans är:

$$R_4 \approx \frac{U_{\text{RMS,glättning}} - U_Z}{I_{L,\text{max}}}$$

Extramaterial

Effektivvärden osv för en sinusvåg med DC offset är:

$$U_{ACeff} = \frac{\hat{U}_{AC}}{\sqrt{2}}$$

$$U_{medel} = U_{DC}$$

$$U_{ACeff}^2 = U_{RMS}^2 - U_{DC}^2 \Rightarrow U_{RMS}^2 = U_{ACeff}^2 + U_{DC}^2$$

Effektivvärden osv för en *helvågslikriktad* sinusvåg (utan DC offset) är:

$$U_{eff} = U_{RMS} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$

$$U_{DC} = U_{LMV} = \frac{2\hat{U}}{\pi} \quad \text{fotnot } ^1$$

$$U_{ACeff}^2 = U_{RMS}^2 - U_{DC}^2 \Rightarrow U_{RMS}^2 = U_{ACeff}^2 + U_{DC}^2$$

Förberedelse

1. Läs igenom avsnitten för dioder och spänningaggregat (kap. 7.2 och 15.1).
2. Skissa kretsen för likriktare- och glättningssteget. Likriktning görs med en diodbrygga och glättning med en stor kondensator.
3. (1). Dioderna i diodbryggan har en tröskelspänning på 0,7V. Beräkna toppvärdet på den likriktade spänningen på utgången av diodbryggan.
(2). Räkna ut hur mycket ripple som finns kvar, om belastningsströmmen är 0,1A. $C = 1\text{mF}$.
4. Skissa regulatorkretsen med en shuntreglering. Dimensionera R_4 (fig. 2) så att belastningsströmmen begränsas till 68 mA, utgående ifrån att $U_Z = 6,4\text{V}$.
5. Läs igenom databladet för LM317 kretsen (spänningsregulator). Vi använder en TO-220 kapsel.
Skissa hur kretsen ska kopplas för vanlig funktionalitet (se avsnitt "Application Hints").
Dimensionera R_1 och R_2 så att: $U_{ut} = 6,4\text{V}$ och $I_1 < 5\text{mA}$.
Kontrollera att kretsen kan leverera 0,1A.

Utförande - simuleringar spänningsaggregat

1. Simulera *helvågslikriktaren* enligt fig. 1, med $R_L = R_2 = 100\ \Omega$.

Transformatorsteget ignoreras för simuleringar - använd istället en vanlig sinusspänningskälla med $U_s = 18\text{V}_{eff}$ ($= 25\text{V}_{ampl}$) och en inresistans R_s på $3,8\ \Omega$.

- Vad blir amplituden på utspänningen?

¹ LMV = Likriktat Medelvärde; Här angivet för en *helvågslikriktad* signal.

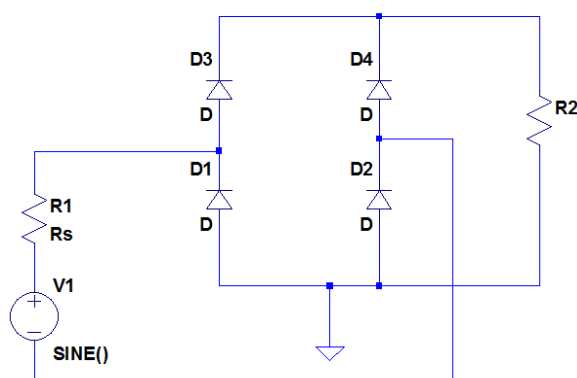


Fig. 1. Helvågslikriktaren med spänningskälla för simulering.

2. Lägg till glättningen (kondensatorn) och simulera utspänningen.

- Vad blir amplituden på utspänningen nu, bortsett från de första 2-3 perioder?
- Börja fylla i tabellen nedan:

Tabell 1. Utspanning efter glättning.

	Beräkningar (förberedelser)	Simuleringar	Mätningar (från mätuppgift 4a)
$U_{RMS, glättning}$			
$U_{DC, glättning}$			
$U_{AC, glättning}$			

- Vad blir $t_{uppladdning}$ och $t_{urladdning}$?
- Plotta förloppet av strömmarna genom kondensatorn C, strömmen genom en diod, samt I_{ut} (strömmen genom lasten). Spara plottarna.

Extrauppgift: 2a. Lägg in en DC strömkälla som last istället för R_2 .

- Variera I_{last} mellan 0mA och 150mA. Gör en tabell eller graf med topp-toppvärdet på ripplespänningen som funktion av I_{last} .

Ändra tillbaka till att ha lastresistans på 100 Ω . Spara schemat.

3. Koppla ihop diodbryggan, glättningen och shuntregulatorn, se Fig. 2. Använd rätt zenerdiod (BZX84C6V2L i LTspice) och det resistansvärdet du räknat ut i förberedelseuppgifterna. Kolla att alla delar fungerar som de ska.

- Vad blir utspänningen?

Extrauppgift: 3a. Lägg återigen in en DC strömkälla som last istället för R_2 i Fig. 2.

- Variera I_{last} mellan 0mA och 150mA. Kolla om det påverkar ripplespänningens topp-toppsspänning (dvs glättningsspänning över kondensatorn), skriv värdena i en tabell.

Ändra därefter tillbaka till 100 Ω last.

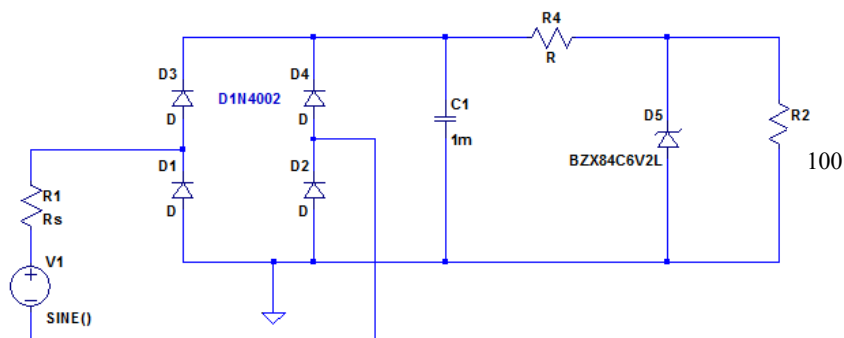


Fig. 2. Simulering av halvågslirikning, glättning, och shuntreglering. V1 är signalen från adaptorn (transformatorn).

Ersätt shuntregulatorn med en integrerad regulator. Den heter LT1086 i LTspice, istället för LM317. Använd de resistansvärdena du har räknat ut i förberedelseuppgift 5. Kolla att alla delar fungerar som de ska.

- Vad blir utspänningen?

Utförande - mätningar

Totalt ska 4 kretsar mätas (4a-d).

4.a. Shuntregulatorn (Zenerdioden) och $R_L = 100 \Omega$.

Använd rätt zenerdiod och ett särskilt effektmotstånd på 250Ω för R_4 (oavsett vad du räknade ut tidigare). Lägg till den riktiga lasten på regulatorns utgång, som är ett effektmotstånd på 100Ω .

OBS Läraren ska kolla kopplingen innan transformatorn kopplas in!

Fyll i tabell 2 spalt 1. Fyll även i spalt 3, tabell 1.

Mät och skissa glättningsspänningen U_C och en diodström I_D .

4b. Shuntregulatorn (Zenerdioden) och $R_L = 147 \Omega$; ta ett effektmotstånd $R_L = 100 \Omega$ i serie med ett effektmotstånd på 47Ω , d v s 147Ω sammanlagt. Koppla loss transformatorn när du kopplar om!

- Komplettera tabellen nedan.

Tabell 2. Simuleringar av shuntregulator med varierande last.

	$R_L = 100 \Omega$	$R_L = 147 \Omega$
$U_{RMS, glättning}$		
$U_{ripple, glättning}$		
$U_{ut, DC}$		
$I_{ut} (beräknad)$		

4c. Ersätt shuntregulatorn med en integrerad serieregulator, LM317. Använd de resistansvärdena du har räknat ut i förberedelseuppgift 5. Först med $R_L = 100 \Omega$. Fyll i spalt 2 i tabell 3 nedan.



OBS Läraren ska kolla kopplingen innan transformatorn kopplas in!

Tabell 3. Simuleringar av serieregulator med varierande last.

	$R_L = 100\Omega$	$R_L = 147\Omega$
$U_{\text{RMS,glättning}}$		
$U_{\text{ripple,glättning}}$		
$U_{\text{ut,DC}}$		
I_{ut} (beräknad)		

4d. Ändra till slut lasten till 147Ω . Komplettera tabell 3.

Kan du förklara skillnader i resultat mellan de olika stegen 4a-d?

Rapportering

Förberedelseuppgifterna ska göras innan labttillfället. I början på laborationstiden görs en kontroll att ni har gjort förberedelserna. Har ni inte gjort dem kan ni inte påbörja laborationen.

En **labrapport ska skrivas** för denna laboration - en rapport per labbgrupp. I rapporten ska ni visa upp uppkopplingar, resultat, ifyllda tabeller och svar på frågor. En kort beskrivning av vad som ska ingå i rapporten finns på kursens hemsida. Rapporten ska lämnas in på mymoodle senast en vecka efter labttillfället.