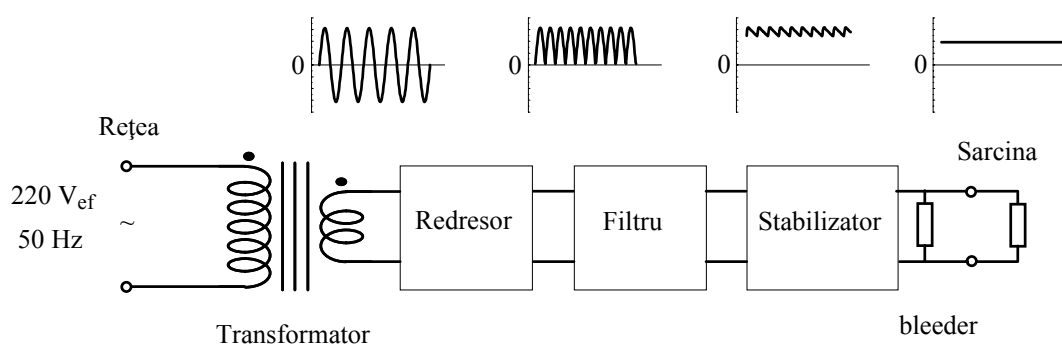


Redresarea și stabilizarea



A. Structura unui alimentator electronic 144

B. Redresorul monoalternanță 144

C. Filtrul capacitiv 145

D. Redresorul dublă alternanță 148

E. Stabilizatorul de tensiune cu diodă Zener 150

Probleme rezolvate 155, probleme propuse 158

Lucrare experimentală 160

Probleme rezolvate

Problema 1. Să se proiecteze un alimentator nestabilizat care să producă la ieșire o tensiune V_{out} de minimum 12 V cu un riplu de cel mult 2 V vîrf la vîrf și să debiteze un curent I_{out} de pînă la 1 A. Vor trebui alese capacitatea de filtraj, tensiunea efectivă în secundarul transformatorului, rezistența bleeder-ului, siguranțele conectate în primarul și secundarul transformatorului precum și raportul de transformare.

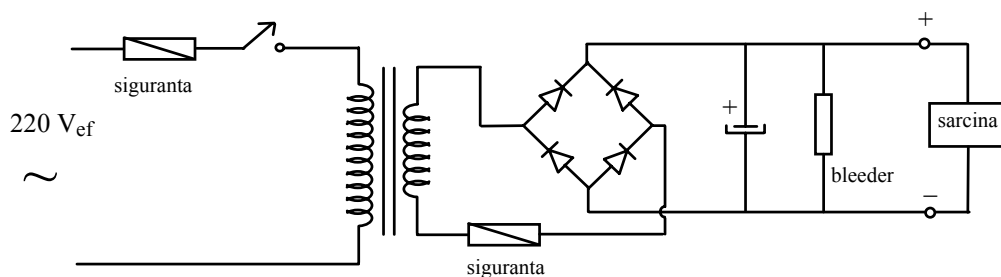


Fig. 5.12.

Mai întîi desenăm schema, fără valorile componentelor (Fig. 5.12). Alegem, bineînțeles, redresarea dublă alternanță. În circuitul primarului, imediat ce firul de alimentare intră în carcasă, înaintea întrerupătorului, trebuie conectată siguranța pentru a proteja atît împotriva defectării transformatorului cît și a unui scurtcircuit pe circuitul întrerupătorului.

a) Tensiunea transformatorului

Cum tensiunea minimă trebuie să fie 12 V iar riplul va avea o adîncime de 2 V, valoarea de vîrf a tensiunii redresate va fi 14 V. Tensiunea în secundar va trebui însă să fie mai mare, datorită pierderii pe cele două diode prin care circulă curentul în ochiul secundarului. La curenți mari tensiunea de deschidere a unei diode cu siliciu se apropie de 1 V, așa că tensiunea în secundar va avea amplitudinea (valoarea de vîrf) egală cu 16 V. Cum pentru circuitele de curent alternativ se obișnuiește să se dea valorile efective, va trebui să înmulțim cu $1/\sqrt{2} = 0.707$: tensiunea efectivă în primar va trebui să fie 11.2 V. Alegem valoarea standardizată de 12 V.

b) Condensatorul de filtraj

Pentru ca în timp de o semiperioadă ($\Delta t = 10$ ms) condensatorul să se descarce cu $\Delta V = 2$ V sub un curent de 1 A, capacitatea trebuie să aibă valoarea $C = I_{out} \cdot \Delta t / \Delta V = 5000 \mu\text{F}$. Este o valoare mare, dar rezonabilă. Condensatorul va trebui să aibă tensiunea de funcționare de cel puțin 25 V (valoarea standardizată imediat inferioară, 16 V, este chiar la limită).

Să observăm ce s-ar fi întîmplat dacă am fi impus un riplu mult mai mic, de exemplu de numai 0.1 V. Am fi avut atunci nevoie de o condensator cu o capacitate de 100 000 μF , o valoare total nepractică.

c) Rezistorul "bleeder"

Rostul lui este ca la deconectarea alimentatorului, în absența rezistenței de sarcină, să descarce într-un timp convenabil condensatorul de filtraj. Dacă ne mulțumim cu o constantă de timp $\tau = RC$ de cîteva secunde, rezultă valoarea bleeder-ului de 1 k Ω .

d) Siguranțele

Curentul mediu absorbit de sarcină este de maximum 1 A dar dacă am pune o astfel de siguranță în secundar, ea ar fi spulberată imediat. 1 A este curentul mediu (în modul) dar pentru a calcula efectele încălzirii trebuie să ținem seama de **valoarea sa efectivă**. Or, așa cum am văzut, condensatorul este încărcat

cu pulsuri scurte de curent. Din această cauză, forma curentului prin secundar este cea din Fig. 5.13 a), unde se observă, suplimentar, pulsul foarte mare de la momentul inițial când condensatorul era descărcat.

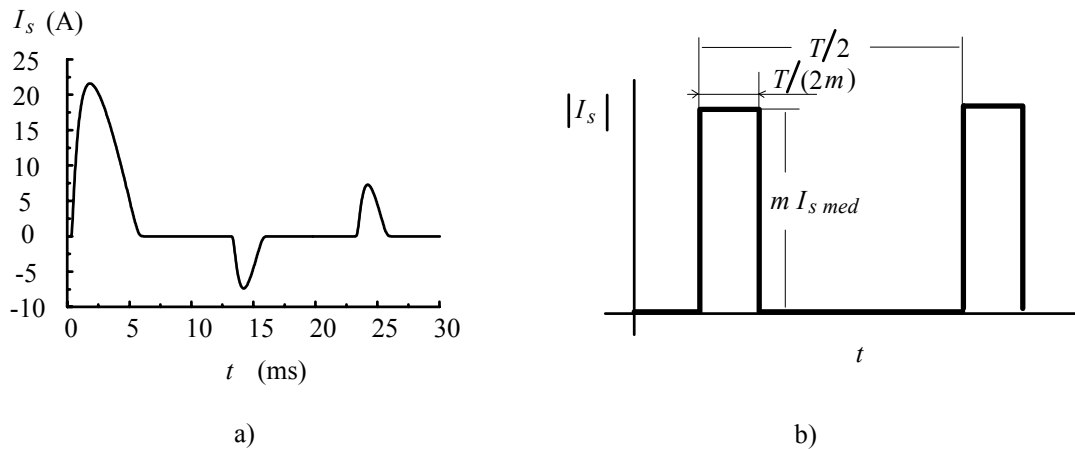


Fig. 5.13. Evoluția curentului prin secundar.

Pentru intensitatea efectivă vom face un calcul aproximativ. Dacă presupunem (pentru simplitate) pulsurile ca fiind rectangulare (desenul b al figurii) și de durată $\frac{T}{2m}$, adică a m -a parte din semiperioadă,

ele vor avea intensitatea $m I_{s\ med} = m I_{out}$ iar valoarea efectivă va fi $I_{ef} = \sqrt{\frac{T}{2m} (m \cdot I_{out})^2 \frac{2}{T}} = \sqrt{m} \cdot I_{out}$.

Cu cât filtrarea va fi mai bună, cu atât valoarea efectivă a curentului va fi mai mare și siguranța se va încălzi mai mult.

Din acest motiv vom multiplica cu 4 valoarea curentului mediu, obținând 4 A. Este bine, însă, să avem și o rezervă, pentru cazul în care sarcina absoarbe timp îndelungat curentul maxim. Înmulțim cu un factor de 2 și obținem valoarea finală de 8 A. Nu trebuie să uităm să alegem o siguranță temporizată (lentă), altfel la punerea sub tensiune, condensatorul încărcându-se de la zero va absorbi un curent important și o va arde.

Raportul de transformare este $220/12 \approx 18$, astfel că în primar va trebui să punem o siguranță de $8\text{ A}/18 \approx 0.5\text{ A}$. Evident, și ea trebuie să fie o siguranță temporizată.

e) Dimensionarea transformatorului

Curenții în primar și secundar **nu sunt sinusoidali** ci sub forma unor pulsuri scurte și intense, cu atât mai scurte și intense cu cât filtrarea este mai bună. Am văzut că valoarea efectivă a curenților crește la îmbunătățirea filtrării și, bineînțeles, și încălzirea transformatorului. Din acest motiv, la alegerea puterii transformatorului trebuie să multiplicăm cu un factor (pentru filtrări rezonabile 4 este o valoare bună) valorile medii ale curenților.

Este bine, deci, să admitem un riplu de ordinul a 1 V, cu atât mai mult cu cât el va fi redus foarte mult de către stabilizator.

Problema 2. Reproiectați alimentatorul, pentru a obține o tensiune **stabilizată** de 12 V, la un curent de 1 A.

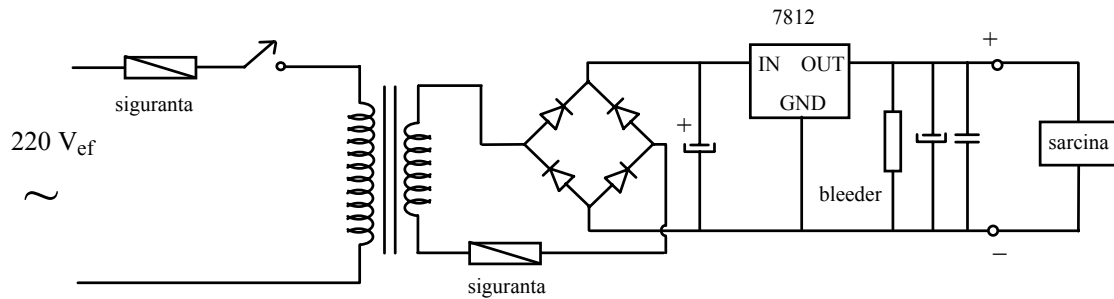


Fig. 5.14.

a) Alegerea stabilizatorului

Cum tensiunea de ieșire este fixă, alegem un stabilizator integrat de tensiune fixă pozitivă din seria 78XX cu tensiunea nominală de 12 V, adică un stabilizator 7812. Există mai multe variante, codificate cu litere după tipul capsulei, tip care stabilește și curentul maxim și puterea maximă disipată. Va trebui să utilizăm unul cu valoarea curentului maxim de 1 A; în ceea ce privește puterea disipată, așa cum vom vedea, ea va trebui să fie de 5-7 W. La ieșirea sa este bine să conectăm un condensator de filtrare de valoare modestă (electrolitic, 10 μ F), dublat de unul care funcționează la frecvențe mari (ceramic, 100 nF).

b) Tensiunea transformatorului

Pentru a putea stabili tensiunea de la ieșire, la intrarea stabilizatorului tensiunea nu trebuie să coboare nici un moment sub $12\text{ V} + 3\text{ V} = 15\text{ V}$. Cu alte cuvinte, pe stabilizator trebuie să pierdem în orice moment cel puțin 3 V (Fig. 5.15). Păstrând riplul de 2 V de la proiectarea precedentă, avem acum nevoie de o amplitudine după redresare de cel puțin 17 V. Adăugând și pierderea de tensiune pe diode, ajungem la amplitudinea tensiunii din secundar, 19 V. Este exact cu trei volți mai mare decât în cazul proiectării precedente, tocmai datorită pierderii suplimentare pe stabilizator. Rezultă de aici tensiunea efectivă din secundar $13.4\text{ V}_{\text{ef}}$. Aceasta este o tensiune minimă, este clar că nu vom găsi un transformator cu această valoare. Putem găsi, însă, unul cu tensiunea în jur de 16 V_{ef} , ceea ce va produce o amplitudine în secundar 23 V, crescând la 7 V tensiunea pierdută pe stabilizator. În aceste condiții, stabilizatorul nostru va trebui să disipe, la curent maxim, aproape 7 W. Din acest motiv nu este indicată utilizarea unui transformator cu tensiunea de ieșire mai mare.

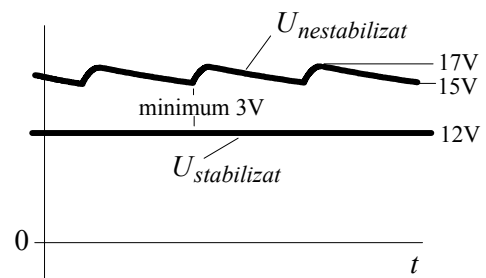


Fig. 5.15.

c) Condensatorul de filtraj și siguranța din primar vor avea aceleași valori ca la problema precedentă, deoarece ele au fost determinate de mărimea curentului. De asemenea, și **rezistorul bleeder** rămâne același, numai că este bine să fie mutat la ieșirea stabilizatorului.

d) Dimensionarea transformatorului

În urma creșterii tensiunii efective de la 12 V_{ef} la 16 V_{ef} , puterea a crescut cu o treime. Este bine, deci, să ținem seama de această creștere în alegerea transformatorului.

Probleme propuse

P 5.1. Evoluția în timp a tensiunii pe condensatorul de filtrare, cu valoarea de $10\,000\ \mu\text{F}$, vizualizată cu osciloscopul, arată ca în Fig. 5.16. Valorile de tensiune sunt în volți.

a) Identificați tipul redresorului (mono sau dublă alternanță).

b) Calculați și reprezentați grafic evoluția în timp a curentului prin condensator.

c) Determinați valoarea rezistenței de sarcină.

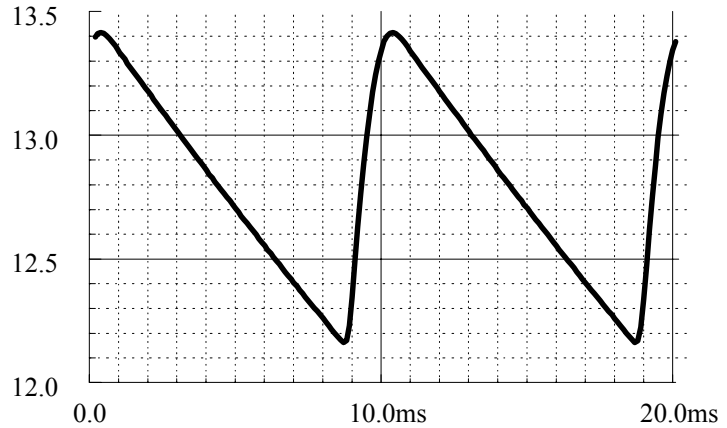


Fig. 5.16.

P 5.2. Circuitul din Fig. 5.17 este o variantă de redresor dublă alternanță, care folosește două diode în loc de patru.

a) Explicați funcționarea lui, desenând sensurile curenților pe fiecare semialternanță;

b) Care este prețul plătit pentru cele două diode economisite? Ce soluție credeți că este mai ieftină azi?

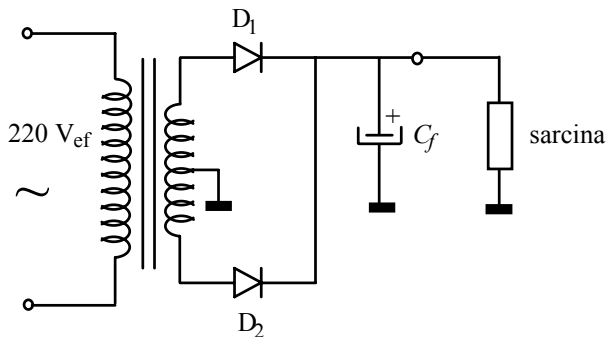


Fig. 5.17.

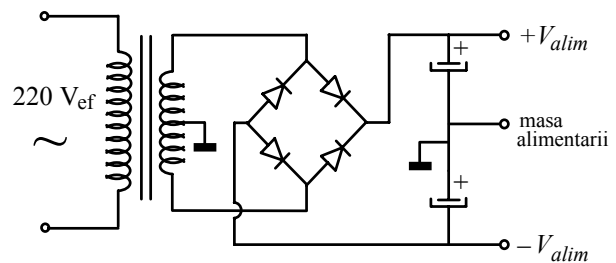


Fig. 5.18.

P 5.3. În Fig. 5.18 aveți un redresor care furnizează simultan două tensiuni de alimentare, egale dar de polarități opuse (pentru așa-numita alimentare diferențială).

- Explicați funcționarea sa, desenând sensurile curenților.
- Identificați tipul redresării, monoalternanță sau dublă alternanță.

P 5.4. Dioda Zener din stabilizatorul prezentat în Fig. 5.19 are tensiunea nominală de 10 V iar în jurul valorii curentului de 10 mA prezintă o rezistență dinamică de 10Ω . Tensiunea redresată și nestabilizată are o valoare medie de 15 V cu un riplu de $2 V_{VV}$.

- Calculați curentul prin rezistența de balast R .
- Ce curent maxim poate absorbi sarcina, cu condiția ca valoarea curentului prin diodă să nu scadă sub 10 mA?
- Estimați factorul de stabilizare în tensiune și, de aici, mărimea ondulației tensiunii stabilizate.
- Tensiunea la rețeaua de 220 V_{ef} se modifică cu 10 %. Estimați variația tensiunii nestabilizate și pe aceea a tensiunii stabilizate.
- Determinați rezistența de ieșire a stabilizatorului; calculați cu cât se modifică tensiunea pe sarcină dacă valoarea curentului absorbit de aceasta variază între zero și cea maximă, calculată la punctul b).

P 5.5. Intercați la ieșirea stabilizatorului din problema precedentă un tranzistor, ca în Fig. 5.10, care are un factor de amplificare $\beta = 50$.

- Ce curent maxim poate absorbi acum sarcina, cu condiția ca valoarea curentului prin diodă să nu scadă sub 10 mA?
- Ce rezistența de ieșire are acum stabilizatorul perfecționat?

P 5.6. Dacă sarcina nu are nevoie de un curent așa de mare, utilizarea tranzistorului vă permite să ameliorați factorul de stabilizare. Presupunând că sarcina nu cere mai mult de 50 mA,

- calculați curentul maxim pe care baza tranzistorului îl absoarbe din anodul diodei;
- alegeți o rezistență de balast mai mare, asigurându-vă însă că valoarea curentului prin dioda Zener nu scade nici un moment sub 10 mA;
- determinați ce factor de stabilizare ați obținut acum;
- în final, calculați mărimea riplului tensiunii stabilizate.

P 5.7. Aveți la dispoziție o tensiune redresată, cu valoarea medie de 15 V și cu o ondulație de $2 V_{VV}$ și trebuie să obțineți o tensiune stabilizată de 9 V, sarcina avînd nevoie de un curent între zero și 100 mA.

- Proiectați un stabilizator cu diodă Zener (curentul prin diodă nu trebuie să scadă sub 10 mA).
- Presupunînd ca dioda Zener are o rezistență dinamică de 10Ω , calculați factorul de stabilizare și rezistența de ieșire.

- Estimați puterea disipată pe dioda Zener, cînd curentul de sarcină este 50 mA și cînd acesta este nul.

P 5.8. Perfecționați stabilizatorul precedent, prin adăugarea unui "tranzistor compus" la ieșire, care are factorul $\beta = 100$ (tranzistorul compus este realizat prin interconexiunea a două tranzistoare). Estimați cît va fi curentul absorbit din anodul diodei Zener și modificați corespunzător rezistența de balast. Ce valoare a factorului de stabilizare ați obținut?

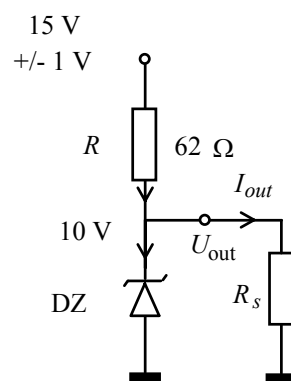


Fig. 5.19.