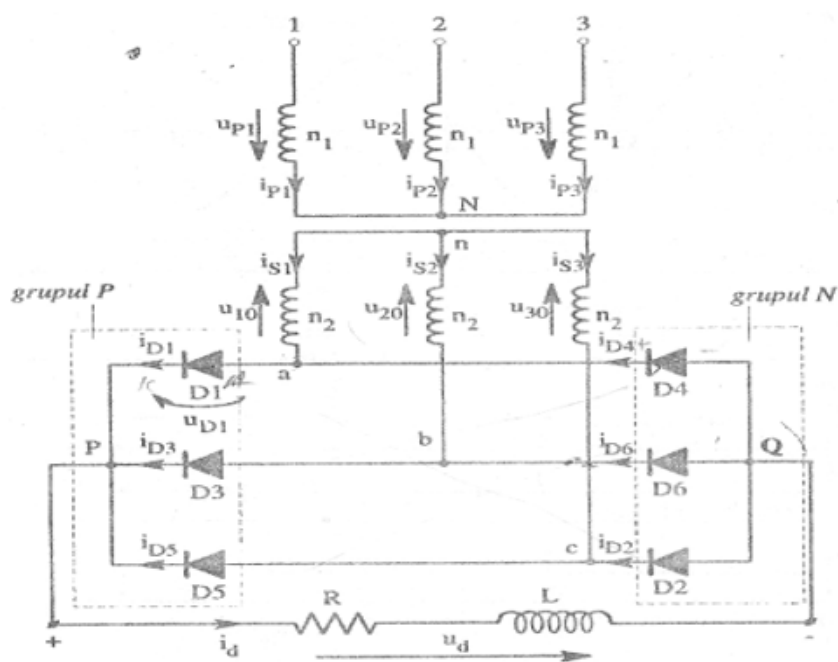


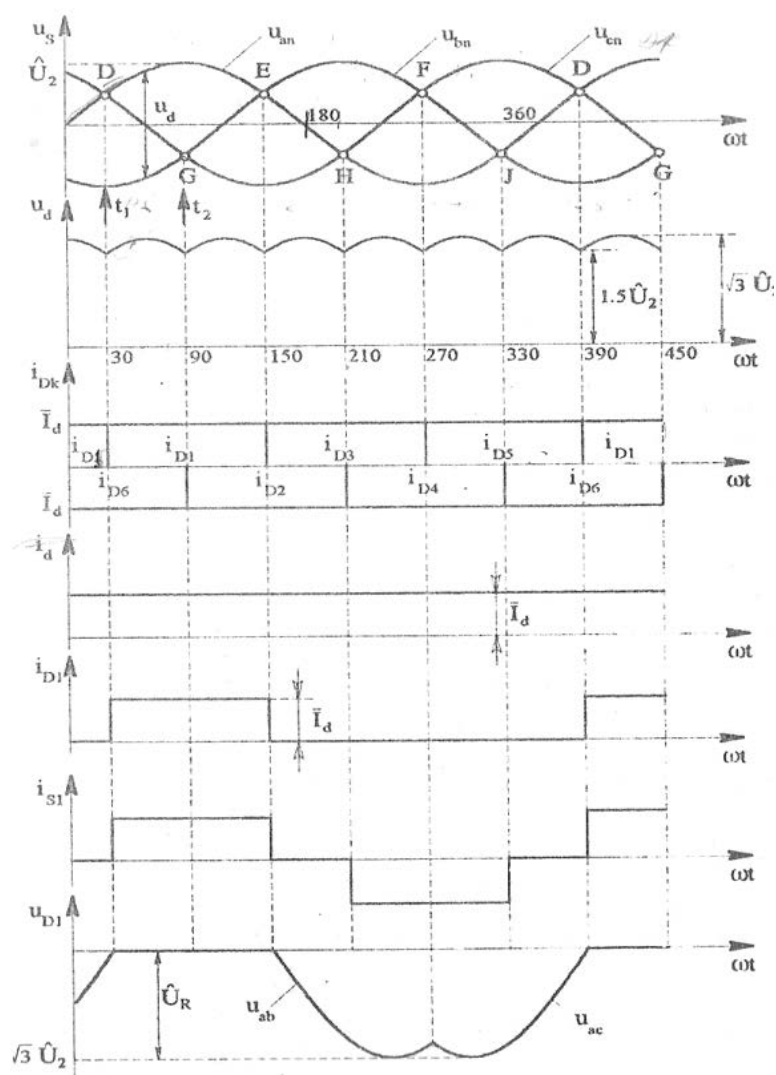
Proiect Electronica de putere

Proiectarea unui redresor trifazat in punte necomanda

Nume:Buruleanu Cristian-Daniel



Partea de forță a redresorului trifazat în punte necomandată



Formele de undă pentru funcționarea redresorului trifazat

Tema de proiectare

Se va proiecta un redresor trifazat in punte necomandat cu urmatoarele date nominale:

1. Tensiunea de alimentare primara $U_1 = 6 \text{ kV}$;
2. Curentul mediu redresat nominal
$$I_{dn} = 400 + n \cdot 40 = 400 + 5 \cdot 40 = 600 \text{ A};$$
3. Tensiunea medie redresata la curent nominal in sarcina
$$\bar{U}_{dn} = 300 + n \cdot 100 = 300 + 5 \cdot 100 = 800 \text{ V}$$
4. Frecventa $f = 50 \text{ Hz}$;
5. Conditii de suprasarcina clasa F
6. Temperatura mediului ambiant $T_a = 40 \text{ }^\circ\text{C}$

Unde “n” este numarul de ordine individual indicat de cadrul didactic indrumator

Valoarea medie a tensiunii redresate este:

$$\bar{U}_{dn} = \sqrt{3} \cdot \hat{U}_s \cdot \frac{6}{\pi} \cdot \sin \frac{\pi}{6}$$

unde \hat{U}_s este valoare de vârf a tensiunii de alimentare pe fază.

Valoarea de varf a tensiunii de alimentare pe faza se calculeaza cu relația

$$\hat{U}_s = \frac{\bar{U}_{dn}}{1,65398} = \frac{800}{1,65398} = 483.67$$

Rezistența sarcinii se consideră egală cu $R_s = \frac{\bar{U}_{dn}}{\bar{I}_{dn}} = \frac{800}{600} = 1.3 \text{ } \Omega$

Alegerea diodei

Alegerea diodei se face astfel incat sa nu fie depasiti doi parametri:

- curentul direct mediu maxim I_{FAVM} ;
- tensiunea repetitiva inversa maxima V_{RRM} ;

Stabilirea curentului direct mediu maxim (nominal) pentru dioda

Conform functionarii studiate la etapa precedenta dioda este parcursa de un curent de forma dreptunghiulara cu unghiul de conductie $\Theta = 120^\circ$ electrice (o treime de perioada) si de amplitudine $I_d = I_{dn} = 600 \text{ A}$. Aceasta inseamna ca valoarea medie a curentului care parcurge dioda va fi

$$\bar{I}_{FAV} = \frac{\bar{I}_{dn}}{3} = \frac{600}{3} = 200 \text{ A}$$

Dioda va fi aleasa astfel incat

$$\bar{I}_{FAV} \geq \frac{\bar{I}_{FAV}}{c_i};$$

$$I_{FAV} \geq \frac{200}{0,9}$$

$$I_{FAV} \geq 222.2 \text{ A};$$

unde $0,6 \leq c_i \leq 0,9$ coeficient de siguranta ce tine seama de locul in care va fi amplasat convertorul.

Se va alege $c_i=0,9$.

In cazul in care, in loc de o dioda, se monteaza mai multe diode in paralel va trebui tinuta seama si de potentiala neuniformitate a repartitiei curentilor prin cele n_p diode in paralel.

In cazul de fata se va alege o singura dioda.

Stabilirea tensiunii inverse repetitive maxime V_{RRM} pentru dioda

Conform functionarii studiate la etapa precedenta dioda este polarizata in invers cu o tensiune maxima $\hat{U}_R = \sqrt{3} \cdot \hat{U}_s = \hat{U}$

Valoarea medie a tensiunii la bornele sarcinii este

$$\bar{U}_{dn} = \bar{U}_{d0} = \hat{U} \frac{p}{\pi} \sin \frac{\pi}{6} = \hat{U} \frac{6}{\pi} \sin \frac{\pi}{6}$$

Deci

$$\hat{U} = \frac{\bar{U}_{dn}}{\frac{6}{\pi} \sin \frac{\pi}{6}} = \frac{800}{\frac{6}{\pi} \sin \frac{\pi}{6}} = 837.74 \text{ V}$$

Notam $V_{RM} = 1,1 \cdot c_v \cdot \hat{U} = 1,1 \cdot c_v \cdot \hat{U} = 1843.05$, unde $c_v = 2$

Iar dioda aleasa va trebui sa aiba $V_{RRM} \geq V_{RM} \Rightarrow V_{RRM} = 2000 \text{ V}$

In urma calculelor si a valorilor obtinute, am ales dioda D325N2000.

Calcul P_{FAV} si verificare alegere dioda

Dioda aleasa este D325N si din catalogul acesteia am notat marimile

caracteristice: $v_{T0} = 0,78 \text{ V}$

$r_T = 0,00082 \Omega$

Calculul puterii medii dezvoltate in conductie in regim nominal pentru dioda

Conform functionarii studiate dioda este parcursa de un curent de forma dreptunghiulara cu unghiul de conductie $\Theta = 120^\circ$ electrice (o treime de perioada) si de amplitudine

$I_d = I_{dn} = 600 \text{ A}$.Aceasta inseamna ca:

-valoarea media a curentului care parcurge dioda este:

$$\bar{I}_{FAV} = \frac{I_{dn}}{3} = \frac{600}{3} = 200 \text{ A}$$

-valoarea efectiva a curentului care parcurge dioda va fi:

$$I_{FRMS} = \frac{I_{dn}}{\sqrt{3}} = \frac{600}{\sqrt{3}} = 346.41 \text{ A}$$

Puterea medie dezvoltata in conductie in regim nominal de dioda, P_{FAV} , va fi:

$$\begin{aligned} P_{FAV} &= v_{T0} \cdot I_{FAV} + r_T \cdot I_{FRMS}^2 \\ P_{FAV} &= 0,78 \cdot 200 + 0,00082 \cdot 346,41^2 \\ P_{FAV} &= 254 \text{ W} \end{aligned}$$

Dimensionarea sistemului de racire (radiatorului)

Stabilirea valorii rezistentei termice capsula-mediul ambiant (R_{thCA}) necesare

Observație: am micșorat R_{thCA} pentru efectuarea calculelor și am fost nevoit să măresc lungimea radiatorului.

Se determina din fisierul "tabel.Rth.pdf" in functie de numarul de ordine n (n=5) si de dioda aleasa(D325N2000) valoarea $R_{thCA} + \Delta r(\theta)$. Vom nota aceasta valoare cu

$$[R_{thCA} + \Delta r(\theta)]_{tabel} = 0.2957 \text{ K/W}$$

Pentru dioda aleasa (D325N2000), din catalogul de diode, din graficul $\Delta r(\theta)$ pentru $\theta = 120$ si forma de unda dreptunghiulara se determina $[\Delta r]_{grafic}$.

$$[\Delta r]_{grafic} = 0.011 \text{ K/W}$$

Se calculeaza valoarea rezistentei termice capsula-mediu ambiant R_{thCA} necesara. Vom nota aceasta valoare cu $[R_{thCA}]_{nec}$.

$$[R_{thCA}]_{nec} = [R_{thCA} + \Delta r(\theta)]_{tabel} - [\Delta r]_{grafic} = 0.9 \cdot (0.2957 - 0.011) = 0.2562 \text{ K/W}$$

Alegerea radiatorului

Aceasta etapa presupune stabilirea unui profil de radiator si a unei lungimi corespunzatoare astfel incat acesta sa asigure o rezistenta termica capsula – mediu ambiant (o vom nota $[R_{thCA}]_{radiator}$) mai mica decat cea necesara $[R_{thCA}]_{nec}$.

Din fisierul “Catalog radiatoare.pdf” alegem un profil de radiator si o lungime corespunzatoare $[L]_{radiator}$ in functie de necesarul stabilit in etapa precedenta.

Se recomanda ca radiatorul sa fie ales astfel incat

$$\begin{aligned} [R_{thCA}]_{radiator} &\leq 0,9 \cdot [R_{thCA}]_{nec} \Rightarrow [R_{thCA}]_{radiator} \leq 0.2562 \text{ K/W} \\ &\Rightarrow [R_{thCA}]_{radiator} \leq 0.25 \text{ K/W} \end{aligned}$$

$[R_{thCA}]_{nec} = 0.2562 \text{ K/W}$ (de la etapa anterioara). Alegem un radiator tip KP0,4 cu lungimea de 135 mm ($[L]_{radiator} = 135 \text{ mm}$) care asigura o rezistenta termica capsula- mediu ambiant $[R_{thCA}]_{radiator} = 0.25 < [R_{thCA}]_{nec} = 0.2562 \text{ K/W}$. Racirea în acest caz este naturală.

Verificarea diodei din punct de vedere termic

In timpul functionarii nu trebuie depasite temperatura virtuala maxim admisibila a jonctiunii T_{vjmax} si temperatura maxim admisibila a capsulei T_{Cmax} .

Se calculeaza T_{vj} si T_C cu urmatoarele relatii:

$$T_{vj} = T_a + P_{FAV} \cdot (R_{thJC DC} + \Delta r + R_{thCA})$$

$$T_C = T_a + P_{FAV} \cdot R_{thCA}$$

Unde:

Temperatura mediului ambiant $T_a = 40^\circ \text{C}$

Puterea directa medie $P_{FAV} = 254 \text{ W}$

Rezistenta termica jonctiune capsula $R_{thJC DC} = 0.1065 \text{ K/W}$

Corectia, functie de unghiul de conductie $\Delta r = 0.011$

Rezistenta termica capsula-mediu ambiant $R_{thCA} = 0.2957 \text{ K/W}$

$$\Rightarrow T_{vJ} = T_a + P_{FAV} \cdot (R_{thJC\ DC} + \Delta r + R_{th\ CA})$$

$$T_{vJ} = 40 + 254 \cdot (0.1065 + 0.011 + 0.2957)$$

$$T_{vJ} = 144.97^\circ C$$

$$\Rightarrow T_C = T_a + P_{FAV} \cdot R_{th\ CA}$$

$$T_C = 40 + 254 \cdot 0.2496$$

$$T_C = 115.10^\circ C$$

Determinarea temperaturii virtuale maxim admisibile a jonctiunii T_{vJmax} si temperaturii maxim admisibile a capsulei T_{Cmax} .

$$T_{vJmax} = 150^\circ C \text{ data de catalog;}$$

$$T_{Cmax} = 120^\circ C ;$$

$$I_{FAV} = 222\ A \text{ din grafic rezulta ca } T_{Cmax} = 120^\circ C;$$

Verificarea diodei din punct de vedere termic

Daca $T_{vJ} < T_{vJmax}$ si $T_C < T_{Cmax}$ atunci calculul se considera incheiat.

$$\Rightarrow 144.97^\circ C < 150^\circ C \text{ (Adevarat)}$$

$$\Rightarrow 115.10^\circ C < 120^\circ C \text{ (Adevarat)}$$

Calculul protectiilor la suprasarcina, scurtcircuit si supratensiuni

Date initiale:

1. Tensiunea la bornele instalatiei $U_{n\ instal} = 400V$;
2. Curentul mediu redresat nominal $\bar{I}_{dn} = 800\ A$
3. Conditii de suprasarcina clasa F
4. Frecventa de lucru $f = 50Hz$.

Alte date necesare:

1. Tensiunea inversa de varf, maxim admisibila la bornele circuitului

$$V_{RM} = \sqrt{2} \cdot U_{n\ instal} = 565,69\ V$$
2. Inductivitatea totala a circuitului exterior $L_s = 375\ \mu H$;

3. Curentul prezumat de scurtcircuit $I_p = 5\text{kA}$

Pentru dimensionarea protectiilor este nevoie de stabilirea unei diode, comune, pentru care se vor dimensiona aceste protectii. Se folosesc relatiile cunoscute de la etapele precedente:

$$\bar{I}_D = \frac{\bar{I}_{dn}}{3} = 266,67 \text{ A}$$

$$I_D = \frac{\bar{I}_{dn}}{\sqrt{3}} = 461,88 \text{ A}$$

$$\bar{I}_{FAVM} \geq \frac{\bar{I}_D}{0,5} \geq 533,34 \text{ A}$$

$$V_{RRM} = 1400 \geq 2V_{RM} \geq 1131 \text{ V}$$

Vom alege deci dioda D630N 1400

Calculul protectiilor la scurtcircuit si suprasarcina

- a) Stabilirea tensiunii nominale a sigurantei $U_n \geq U_{n\text{ instal}} = 400 \text{ V}$
- b) Stabilirea curentului nominal al sigurantei

$$I_n \geq I_{Ds} = \alpha_s \cdot \frac{\bar{I}_{dn}}{\sqrt{3}} = 1,5 \cdot 461,88 = 692,82 \text{ A}$$

Alegem o siguranta cu tensiunea nominala (U_n) de 500 V si curentul nominal (I_n) de 700A.

- c) Verificarea sigurantei la suprasarcina de scurta durata.

In cazul in care siguranta este parcursa de curentul de suprasarcina de scurta durata (300%, vezi conditii de suprasarcina clasa F) aceasta se va arde. Timpul dupa care se arde se numeste timp de prearc (t_{pa}). Se doreste verificarea faptului ca t_{pa} este mai mare decat timpul de suprasarcina de scurta durata (1 minut)

Se calculeaza curentul de suprasarcina de scurta durata:

$$I_{Dsd} = \beta \cdot \frac{\bar{I}_{dn}}{\sqrt{3}} = 3 \cdot 461,88 = 1385,64 \text{ A.}$$

Cu aceasta valoare din diagrama reiese ca $t_{pa} = 85 \text{ s} \geq 60 \text{ s}$

- d) Verificarea protectiei diodei la scurtcircuit

- Curentul limitat de catre siguranta (I_l) trebuie sa fie mai mic decat curentul direct de suprasarcina accidentala la cald al diodei (I_{FSM})

Curentul limitat se determina din diagrama $I_l(I_p)$, pentru $I_p=5\text{kA}$ data de proiectare

Pentru dioda D630N1400 $I_{FSM}=8,3\text{ kA}$

Se verifica daca $I_l(I_p)=7400\text{A}\leq 8,3\text{ kA}$

- Corelarea integralelor de curent (joule) ale sigurantei si diodei
Pentru sigurantele montate in serie cu diodele trebuie verificata inegalitatea

$$K(I^2t)_{totala\ siguranta} < (I^2t)_{la\ cald\ al\ diodei} \Rightarrow K = 0,71$$

$$K(I^2t)_{totala\ siguranta}=0,71\cdot 75,597=53,67\text{ KA}^2s,$$

$$(I^2t)_{totala\ siguranta}=75,597\text{ KA}^2s, \text{ iar}$$

$$(I^2t)_{la\ cald\ al\ diodei}=344,5\text{ KA}^2s \text{ care verifica inegalitatea de mai sus}$$

- Verificarea la tensiunea de arc
Pentru ca tensiunea de arc care apare la adresa sigurantei sa nu distruga dioda trebuie indeplinita conditia:

$$U_a \leq V_{RRM\ dioda}$$

$$V_{RRM\ dioda} = 1400\text{ V}$$

$$U_a=930\text{V}$$

Rezulta faptul ca inegalitatea de mai sus este verificata, deoarece $930 \leq 1400\text{ V}$.

Calculul protectiilor impotriva supratensiunilor de comutatie

Aceasta protectie se realizeaza cu grupuri RC montate in paralel cu dioda.

Relatiile de calcul sunt:

$$C=\frac{2Q_s}{V_{RM}}(\mu\text{F}), \text{ daca } Q_s \text{ a fost introdus in } \mu\text{C}.$$

$$R=\sqrt{\frac{L_s}{C}}, \text{ daca } L_s \text{ a fost introdus in } \mu\text{H}, \text{ iar } C \text{ in } \mu\text{C}.$$

$$P_R = 2 \cdot Q_s \cdot V_{RM} \cdot f \cdot 10^{-6} \text{ daca } Q_s \text{ a fost introdusa in } \mu\text{C}, V_{RM} \text{ in V}$$

Unde:

- Q_s este sarcina stocata a diodei care se afla din caracteristica
 $Q_s = f \cdot \left(\frac{-di}{dt}\right)$ data in catalogul diodei;
- V_{RM} este tensiunea inversa maxima care apare la bornele diodei
 $V_{RM} = \sqrt{2} \cdot U_{n\ instal}$;
- L_s este inductivitatea totala a circuitului exterior $L_s = 375\text{ }\mu\text{C}$

Panta curentului se calculeaza cu relatia:

$$-\frac{di}{dt} = \frac{V_{RM}[\text{V}]}{L_s[\mu\text{H}]} = \frac{565,69}{375} = 1,508 \approx 1,51 \left[\frac{\text{A}}{\mu\text{s}}\right]$$

de unde rezulta ca $Q_s=700\mu\text{C}$

Va resulta:

$$\Rightarrow C=2,47 \mu F$$

$$R = 12,31 \Omega$$

$$P_R = 39,6 W$$