

### 2.5. Példa

Egy szilícium dióda vezetőirányú  $u_F$  feszültségesését az átfolyó  $i_D$  áram függvényében az alábbi összefüggéssel lehet megadni:

$$u_F = 0,85 \text{ V} + 0,9 \cdot 10^{-3} \Omega \cdot i_D \text{ A.}$$

Határozzuk meg a diódán fellépő veszteség középértékét, ha a dióda tisztán ellenállás terhelésű 1F1U1Ü kapcsolásban üzemel. A terhelőáram középértéke  $I_d = 200 \text{ A}$ .

### Megoldás

$$\begin{aligned} P_D &= \frac{1}{T} \int_0^T u_F i_D dt = \frac{1}{T} \int_0^T (0,85 \cdot i_D + 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot i_D^2) dt = \\ &= 0,85 \cdot \frac{1}{T} \int_0^T i_D dt + 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{T} \int_0^T i_D^2 dt, \end{aligned}$$

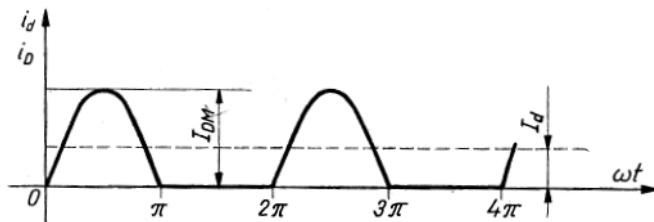
azaz

$$P_D = 0,85 I_{DAV} + 0,9 \cdot 10^{-3} I_{DRMS}^2.$$

Mivel  $I_{DAV} = I_d$ , így

$$I_{DAV} = I_d = 200 \text{ A.}$$

A diódán átfolyó áram (terhelőáram) időfüggvénye a 2.1.9.2.-1. ábrán látható.



2.1.9.2.-1. ábra. Áramlefolyás (a 2.5. példához)

így:

$$I_d = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi I_{DM} \sin \omega t d\omega t = \frac{I_{DM}}{\pi},$$

$$I_{DRMS}^2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi I_{DM}^2 \sin^2 \omega t d\omega t = \frac{I_{DM}^2}{4}.$$

Az áram effektív értéke:

$$I_{DRMS} = \frac{\pi}{2} I_d = \frac{\pi}{2} 200 = 314 \text{ A.}$$

A veszteség:

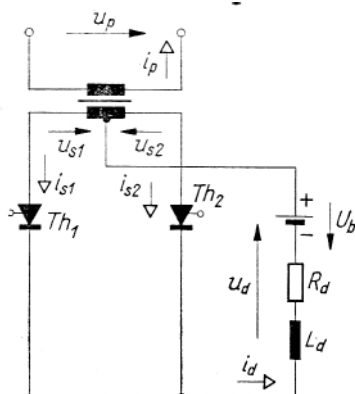
$$P_D = 0,85 \cdot 200 + 0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 314^2 = 258,2 \text{ W.}$$

### 2.13. Példa

Határozzuk meg a 2.1.9.4.-1. ábrán vázolt 1F1U2Ü áramirányító kapcsolás egyenirányított feszültségének és áramának, valamint a tirisztorok áramának időbeli lefolyását és nagyságát! A transzformátor és az egyenirányító elemek ideálisak.

$$U_p = U_{s1} = U_{s2} = 100 \text{ V}; U_b = 200 \text{ V}; R_d = 1 \Omega;$$

$$L_d \approx \infty; \alpha = 150^\circ.$$



2.1.9.4.-1. ábra. 1F1U2Ü vezérelt áramirányító kapcsolás (a 2.1.9.4. Példához)

### Megoldás

Az  $\alpha > 90^\circ$  vezérlési szög, és az  $U_b$  polaritása miatt, az áramirányító inverter üzemben működik; a végtelen nagy egyenáramú körű fojtó miatt, az áramvezetés folyamatos lesz. A jellemző mennyiségek időfüggvényét a 2.1.9.4.-2. ábra mutatja.

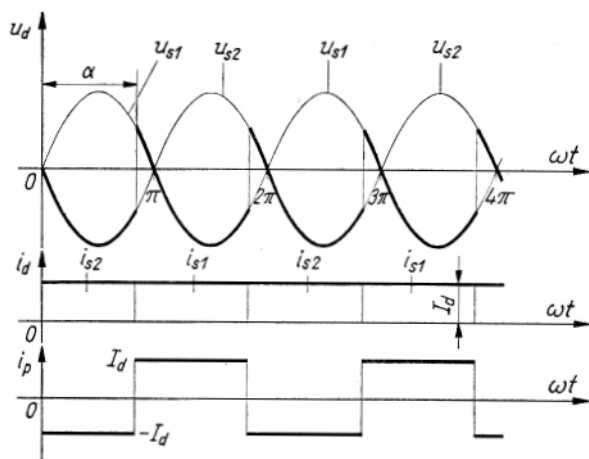
A feladatban szereplő adatok meghatározása:

$$U_{diz} = U_{d10} \cos \alpha = \sqrt{2} U_s \frac{p}{\pi} \sin \frac{\pi}{p} \cos \alpha =$$

$$= \sqrt{2} \cdot 100 \frac{2}{\pi} \sin \frac{\pi}{2} \cos 150^\circ = -78 \text{ V},$$

$$I_d = \frac{U_b + U_{diz}}{R_d} = \frac{200 - 78}{1} = 122 \text{ A},$$

$$I_s = I_{ThRMS} = \frac{I_d}{\sqrt{2}} = 86,2 \text{ A},$$



2.1.9.4.-2. ábra. A 2.1.9.4.-1. ábrában megadott kapcsolás időfüggvényei váltóirányító üzemben

$$I_{ThAV} = \frac{I_d}{2} = 61 \text{ A},$$

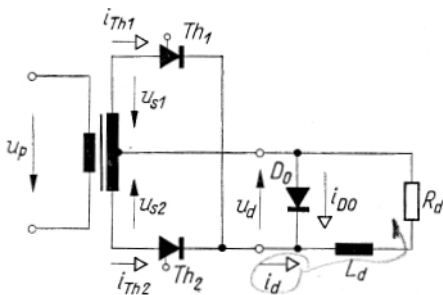
$$I_{pAV} = 0,$$

$$I_p = I_d = 122 \text{ A}.$$

## 2.1.9.5. Példa

### 2.15. Példa

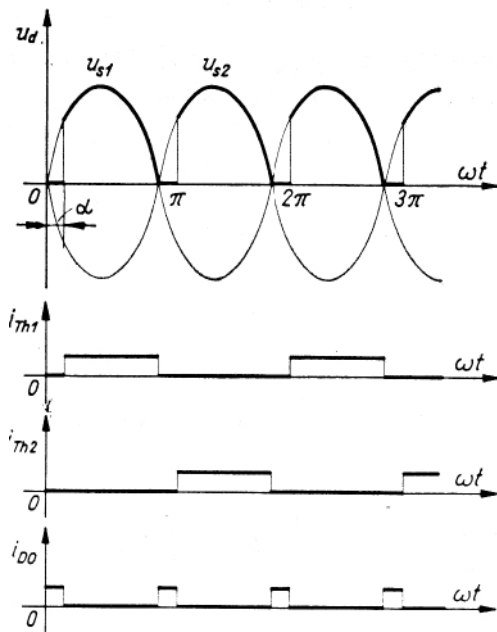
Egy nulldiódával ellátott, vezérelt 1F1U2Ü egyenirányító kapcsolás  $L_d = \infty$  induktivitás és  $R_d = 10 \Omega$  ellenállás soros eredőjéből álló terhelést táplál. Az ideális egyenirányító transzformátor szekunder feszültségének effektív értéke  $U_s = 110 \text{ V}$ , a vezérlési szög  $\alpha = 30^\circ$  nagyságú. Rajzoljuk fel a pozitív irányok felvétele után minőségileg helyesen a kapocsfeszültségek, a két tirisztor áramának és a nulla dióda áramának időfüggvényét. Számítsuk ki az említett változók közéértékét. Az egyenirányító elemek ideálisak.



2.1.9.5.-1. ábra. Nulldiódás IFIU2Ü vezérelt egyenirányító kapcsolás (a 2.1.9.5. példához)

### Megoldás

Az elvi kapcsolási rajz a 2.1.9.5.-1. ábrán, az egyes változók időfüggvénye a 2.1.9.5.-2. ábrán látható.



2.1.9.5.-2. ábra. A 2.1.9.5.-1. ábrában megadott kapcsolás időfüggvényei

Az áramok középtértékének számítása:

A nulldióda miatt most  $U_{di\alpha} = U_{di} \cdot \frac{1 + \cos \alpha}{2} = \sqrt{2} \cdot 110 \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \frac{1 + \cos(\pi/6)}{2} = 92,5$ .

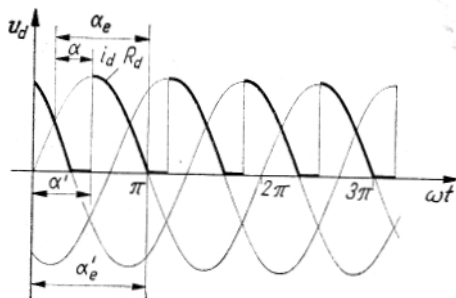
$$I_d = \frac{U_{di\alpha}}{R_d} = \frac{92,5}{10} = 9,25 \text{ A},$$

$$I_{Th1AV} = I_{Th2AV} = I_d \frac{150^\circ}{360^\circ} = 3,86 \text{ A},$$

$$I_{D0AV} = I_d \frac{30^\circ}{180^\circ} = 1,545 \text{ A}.$$

## 2.27. Példa

Egy 3F1U3Ü áramirányító kapcsolás  $R_d = 10 \Omega$  nagyságú ellenállás terhelésre dolgozik. A transzformátor szekunder fázisfeszültségének effektív értéke  $U_s = 220 \text{ V}$ , a vezérlési szög  $\alpha = 60^\circ$ . Rajzoljuk fel a terhelésen átfolyó áram időfüggvényét! Számítsuk ki a terhelőáram középtértékét, valamint egy tirisztor áramának közép- és effektív értékét!



2.1.9.9.-1. ábra. Az egyenirányított feszültség időfüggvénye (a 2.1.9.9. példához)

Megoldás

A terhelésre jutó feszültség időfüggvényét a 2.1.9.9.-1. ábra mutatja. A vezetés szaggatott;  $\alpha' = \pi/2$ ,  $\alpha_e = \pi$ , így

$$U_d = \frac{3}{2\pi} \int_{\pi/2}^{\pi} \sqrt{2} U_s \sin \omega t \, d\omega t,$$

$$U_d = \frac{3}{2\pi} \int_{\pi/2}^{\pi} \sqrt{2} \cdot 220 \sin \omega t \, d\omega t = 148,5 \text{ V},$$

$$I_d = \frac{U_d}{R_d} = \frac{148,5}{10} = 14,85 \text{ A},$$

$$I_{\text{ThAV}} = \frac{I_d}{3} = \frac{14,85}{3} = 4,95 \text{ A},$$

$$U_{\text{dRMS}} = \sqrt{\frac{3}{2\pi} \int_{\pi/2}^{\pi} (\sqrt{2} U_s \sin \omega t)^2 \, d\omega t} = 191 \text{ V},$$

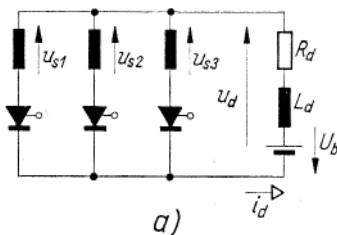
$$I_{\text{dRMS}} = \frac{U_{\text{dRMS}}}{R_d} = \frac{191}{10} = 19,1 \text{ A},$$

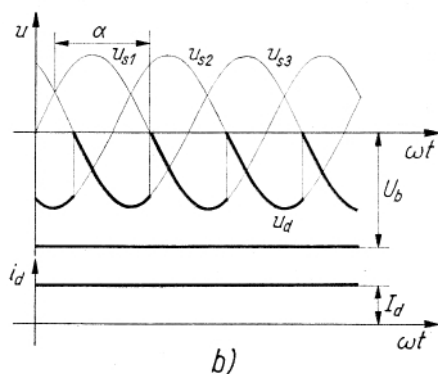
$$I_{\text{ThRMS}} = \frac{I_{\text{dRMS}}}{\sqrt{3}} = 11 \text{ A}.$$

### 2.1.9.10. Példa

#### 2.36. Példa

Egy 3F1U3Ü vezérelt áramirányító a 2.1.9.10.-1a ábrán bemutatott terheléssel  $\alpha = 150^\circ$  os vezérlési szöggel üzemel. Rajzoljuk fel a terhelésre jutó feszültség és a rajta átfolyó áram alakját. Határozzuk meg a terhelés áramának középtékét, ha a transzformátor és az egyenirányító elemek ideálisak.  $U_s = 100 \text{ V}$ ,  $R_d = 1 \, \Omega$ ,  $L_d \approx \infty$ ,  $U_b = -200 \text{ V}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$ !





2.1.9.10.-1. ábra. Az egyenirányító kapcsolási rajza és az időfüggvények (a 2.1.9.10. példához)

Megoldás

Az áram és a feszültség időfüggvényét a 2.1.9.10.-1b ábra mutatja. Az egyenáramú körben a feszültség középtételekre felírható hurokegyenlet

$$U_{\text{diz}} + U_b - I_d R_d = 0.$$

Az egyenirányított feszültség középtétele

$$U_{\text{diz}} = \sqrt{2} U_s \frac{p}{\pi} \sin \frac{\pi}{p} \cdot \cos \alpha = \sqrt{2} \cdot 100 \frac{3}{\pi} \sin \frac{\pi}{3} \cos 150^\circ = -101,1 \text{ V.}$$

A hurokegyenlet alapján  $i_d$  áram középtétele

$$I_d = \frac{U_b + U_{\text{diz}}}{R_d} = \frac{200 - 101,1}{1} = 98,9 \text{ A.}$$

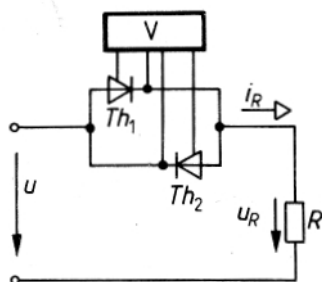
## 2.2.7.1. Példa

### 3.1. Példa

Egy egyfázisú,  $ThTh$  kapcsolású, váltakozóáramú szaggató terhelése ellenállás (2.2.7.1.-1. ábra). Határozzuk meg a tirisztorokon és a terhelésen átfolyó áram közép- és effektív értékét, továbbá a tirisztorok átlagos veszteségi (disszipációs) teljesítményét!

Rajzoljuk fel a tirisztorok áramának formatényezőjét a vezérlési szög függvényében!

A tirisztorok áram-feszültség jelleggörbéje vezető állapotban az  $u_T = U_{TO} + r_T i_T$  egyenlettel adható meg, ahol  $U_{TO} = 0,8 \text{ V}$ ;  $r_T = 2 \text{ m}\Omega$ . A tápfeszültség  $U = 220 \text{ V}$ , a terhelő-ellenállás  $R = 2 \Omega$ , a tirisztorok vezérlése szimmetrikus,  $\alpha = 60^\circ$ .



2.2.7.1.-1. ábra. Kapcsolási vázlat a 2.2.7.1. példához

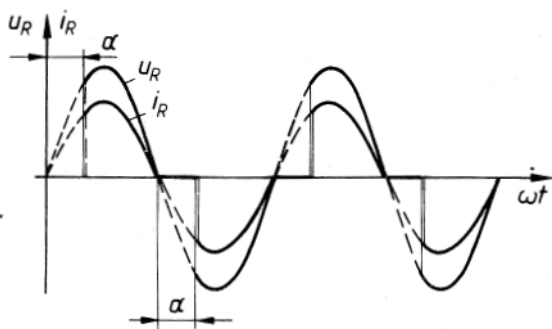
Megoldás

A terhelésre jutó feszültséget és az átfolyó áramot a 2.2.7.1.-2. ábra mutatja. A terhelés áramát pozitív félperiódusban a Th<sub>1</sub>, negatív félperiódusban pedig a Th<sub>2</sub> tirisztor vezeti. A szimmetrikus vezérlés miatt mindkét tirisztor áramának középtértéke (I<sub>ThAV</sub>), ill. effektív értéke (I<sub>ThRMS</sub>) azonos:

$$I_{ThAV} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \frac{\sqrt{2}U}{R} \sin \omega t d\omega t = \frac{\sqrt{2}U}{2\pi R} (1 + \cos \alpha) = \frac{\sqrt{2} \cdot 220}{2\pi \cdot 2} (1 + \cos 60^\circ) = 37,14 \text{ A};$$

$$I_{ThRMS}^2 = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{\sqrt{2}U}{R} \right)^2 \int_{\alpha}^{\pi} \sin^2 \omega t d\omega t = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{\sqrt{2}U}{R} \right)^2 \left[ \frac{1}{2}(\pi - \alpha) + \frac{\sin 2\alpha}{4} \right];$$

$$I_{ThRMS} = \frac{U}{R} \sqrt{\frac{1}{2} \left( 1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right)} = \frac{220}{2} \sqrt{\frac{1}{2} \left( 1 - \frac{1}{3} + \frac{\sin 120^\circ}{2\pi} \right)} = 69,77 \text{ A}.$$



2.2.7.1.-2. ábra. Áram- és feszültségalakok a 2.2.7.1.-1. ábrán megadott kapcsolásban

A tirisztoron átfolyó áram effektív és középtértékének kifejezéséből felrajzolhatók a vezérlési jelleggörbék, amelyek az illető áramok relatív értékének változását adják meg a vezérlési szög függvényében:

$$I_{ThAV}^* = \frac{I_{ThAV}}{I_{ThAV0}} = \frac{1 + \cos \alpha}{2};$$

$$I_{ThRMS}^* = \frac{I_{ThRMS}}{I_{ThRMS0}} = \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}},$$

ahol I<sub>ThAV0</sub> és I<sub>ThRMS0</sub> az  $\alpha = 0$  vezérlési szöghöz tartozó értékek. A jelleggörbéket a 2.2.7.1.-3a ábrán adtuk meg. A 2.2.7.1.-3b ábrán feltüntettük a tirisztorok áramának formatényezőjét is a vezérlési szög függvényében, ahol

$$F_i(\alpha) = \frac{I_{ThRMS}}{I_{ThAV}} = \pi \sqrt{\frac{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}{1 + \cos \alpha}}.$$

A terhelésen átfolyó áram középtértéke

$$I_{TAV} = 0,$$

effektív értéke  $\alpha = 60^\circ$ -os vezérlési szögre

$$I_{RRMS} = \sqrt{2} I_{ThRMS} = \sqrt{2} \cdot 69,77 = 98,67 \text{ A}$$

Egy tirisztor átlagos veszteségi teljesítménye

$$\begin{aligned}
 P_D &= \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} u_T i_T d\omega t = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} 0,8 i_T d\omega t + \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} 2 \cdot 10^{-3} i_T^2 d\omega t = \\
 &= 0,8 \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} i_T d\omega t + 2 \cdot 10^{-3} \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} i_T^2 d\omega t = 0,8 I_{ThAV} + 2 \cdot 10^{-3} I_{ThRMS}^2 = \\
 &= 0,8 \cdot 37,14 + 2 \cdot 10^{-3} \cdot 69,77^2 = 39,43 \text{ W.}
 \end{aligned}$$

### 2.2.7.2. Példa

#### 3.2. Példa

Egy egyfázisú, ThD kapcsolású, váltakozóáramú szaggató terhelése ellenállás (2.2.7.2.-1. ábra). Határozzuk meg a tirisztoron, a diódán és a terhelésen átfolyó áram középtértékét és effektív értékét! A tápfeszültség  $U = 110 \text{ V}$ , a terhelő-ellenállás  $R = 1,5 \Omega$ , a tirisztor vezérlési szöge  $\alpha = 90^\circ$ .

Megoldás

A tirisztoron és a diódán átfolyó áramok időbeni változását a 2.2.7.2.-2. ábra mutatja. A 3.1. példa alapján

$$I_{ThAV} = \frac{\sqrt{2}U}{2\pi R} (1 + \cos \alpha) = \frac{\sqrt{2} \cdot 110}{2\pi \cdot 1,5} (1 + \cos 90^\circ) = 16,51 \text{ A;}$$

$$\begin{aligned}
 I_{ThRMS} &= \frac{U}{R} \sqrt{\frac{1}{2} \left( 1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi} \right)} = \\
 &= \frac{110}{1,5} \sqrt{\frac{1}{2} \left( 1 - \frac{1}{2} + \frac{\sin 180^\circ}{2\pi} \right)} = \frac{110}{2 \cdot 1,5} = 36,67 \text{ A.}
 \end{aligned}$$

A 2.2.7.2.-2. ábra alapján belátható, hogy

$$I_{DAV} = 2I_{ThAV} = 33,02 \text{ A,}$$

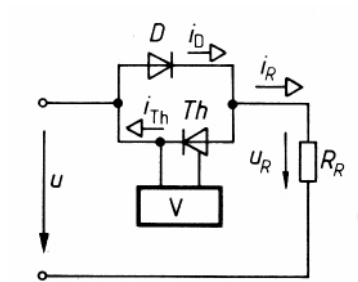
$$I_{DRMS} = \sqrt{2}I_{ThRMS} = 51,86 \text{ A.}$$

A terhelés áramának középtértéke a dióda- és tirisztoráramok középtértékének különbsége:

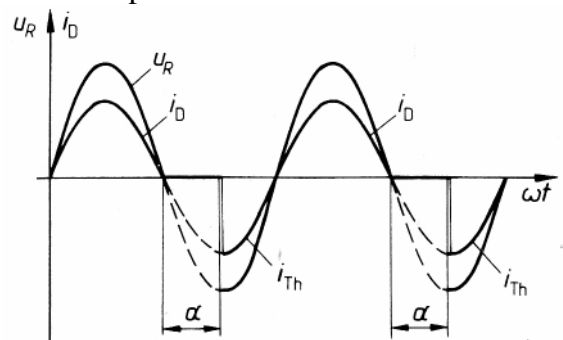
$$I_{RAV} = I_{DAV} - I_{ThAV} = 33,02 - 16,51 = 16,51 \text{ A,}$$

míg effektív értéke a két elem áramának négyzetösszege:

$$I_{RRMS} = \sqrt{I_{DRMS}^2 + I_{ThRMS}^2} = \sqrt{51,86^2 + 36,67^2} = 63,51 \text{ A.}$$

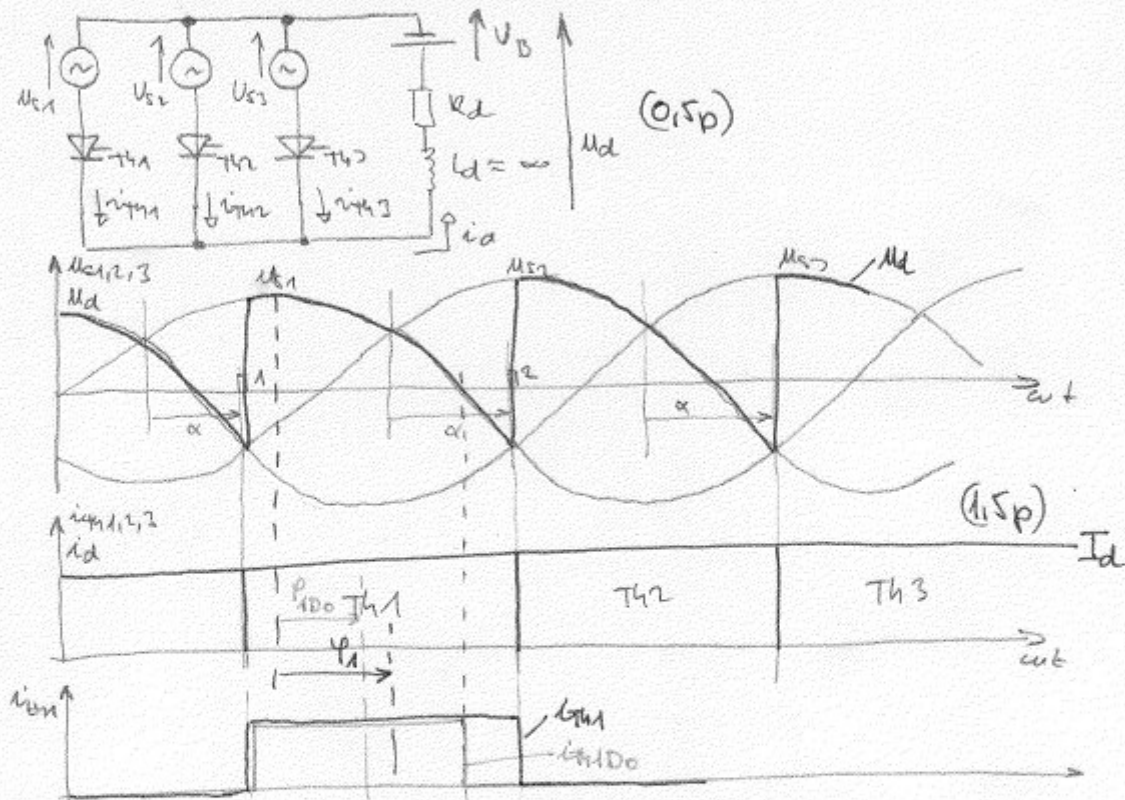


2.2.7.2.-1. ábra. Kapcsolási vázlat  
a 2.2.7.2. példához



2.2.7.2.-2. ábra. Áram- és feszültségalakok (a 2.2.7.2.-1. ábrán megadott kapcsolásban)

2. Egy 3F1U3Ű vezérelt áramirányító  $R_d$ ,  $L_d$ ,  $U_B$  terhelést táplál.  $U_s = 230V$ ,  $R_d = 10\Omega$ ,  $L_d = \infty$ ,  $U_B = 50V$   $\alpha = 60^\circ$ ,  $f = 50Hz$ . A hálózat és a félvezető elemek ideálisak. Rajzolja fel a kapcsolást. Állandósult állapotra rajzolja fel az  $u_{s1}(t)$ ,  $u_{s2}(t)$ ,  $u_{s3}(t)$  hálózati feszültségeket, valamint az  $u_d(t)$ ,  $i_d(t)$ ,  $i_{Th1}(t)$ ,  $i_{Th2}(t)$ ,  $i_{Th3}(t)$  időfüggvényeket. Határozza meg az  $U_d$ ,  $I_d$ ,  $I_{Th1AV}$ ,  $I_{Th2AV}$ ,  $I_{Th3AV}$  középfértékeket és az  $I_{Th1RMS}$ ,  $I_{Th2RMS}$ ,  $I_{Th3RMS}$  effektív értékeket. Mennyi az  $u_{s1}(t)$  feszültség és az  $i_{Th1}(t)$  áram alapharmónikusa közötti fázisszög? Mennyi lenne előbbi fázisszög, ha a terheléssel párhuzamosan kapcsolnánk egy  $D_0$  nulldiódot? Határozza meg az  $R_d$  és  $U_B$  által felvett, valamint a hálózat által leadott egyenáramú teljesítményt.



$$U_d = \sqrt{2} U_s \frac{\pi}{\pi} \sin \frac{\pi}{6} \cos \alpha = \sqrt{2} \cdot 230 \cdot \frac{3}{\pi} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1}{2} = 134,6 V \quad (0,5p)$$

$$I_d = \frac{U_d - U_B}{R_d} = \frac{134,6 - 50}{10} = 8,46 A \quad (0,5p)$$

$$I_{Th1,2,3AV} = \frac{I_d}{3} = \frac{I_d}{3} = \frac{8,46}{3} = 2,82 A \quad (0,5p)$$

$$I_{Th1,2,3RMS} = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{8,46}{\sqrt{3}} = 4,9 A \quad (0,5p)$$

$$\varphi_1 = \alpha = 60^\circ \quad (0,25p)$$

$$\varphi_{1D0} = \alpha - \frac{\alpha - 30^\circ}{2} = 60 - \frac{60 - 30}{2} = 45^\circ$$

$$P_d = U_d \cdot I_d = 134,6 \cdot 8,46 = 1139 W$$

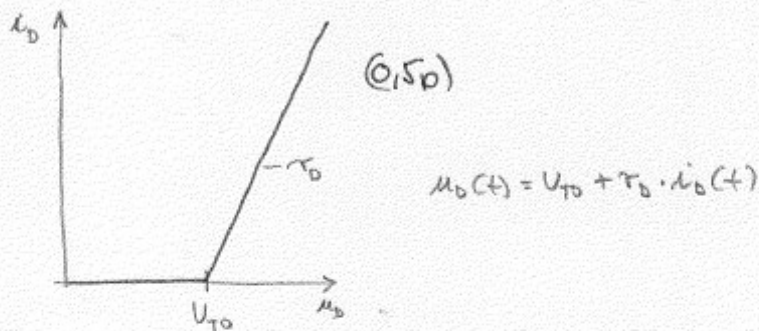
$$P_R = R_d \cdot I_d^2 = 10 \cdot 8,46^2 = 716 W$$

$$P_B = U_B \cdot I_d = 50 \cdot 8,46 = 423 W$$

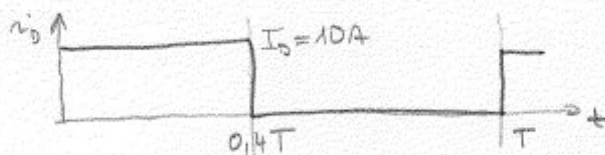
(0,25p)

} 0,5p

1. Rajzolja fel a félvezető dióda nyitó irányú közelítő jelleggörbét  $U_{T0}$  küszöbfeszültség és  $r_D$  meredekségű jelleggörbe szakasz alkalmazásával. Határozza meg a félvezető dióda bekapcsolt állapotú veszteségi teljesítményének a középértékét, ha ismert a diódán átfolyó periódikus  $i_D(t)$  áram. Számítsa ki a bekapcsolt állapotú veszteségi teljesítmény középértékét, ha a diódán 10A-es amplitúdójú, 40%-os kitöltési tényezőjű négyzetleges hullámformájú áram folyik,  $U_{T0}=0.6V$  és  $r_D=0.01\Omega$ .



$$\begin{aligned}
 p_D(t) &= u_D(t) \cdot i_D(t) = U_{T0} \cdot i_D(t) + r_D \cdot i_D^2(t) \\
 \underline{\underline{P_d}} &= \frac{1}{T} \int_0^T p_D(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T U_{T0} \cdot i_D(t) dt + \frac{1}{T} \int_0^T r_D \cdot i_D^2(t) dt = \\
 &= U_{T0} \underbrace{\frac{1}{T} \int_0^T i_D(t) dt}_0 + r_D \underbrace{\frac{1}{T} \int_0^T i_D^2(t) dt}_0 = \\
 &= \underline{\underline{U_{T0} I_{DAV} + r_D I_{DRMS}^2}} \quad (1,5p)
 \end{aligned}$$



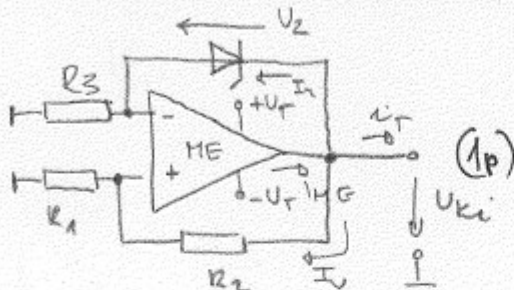
$$I_{DAV} = \frac{1}{T} \int_0^T i_D(t) dt = \frac{1}{T} I_D \cdot 0,4T = 0,4 \cdot I_D = 0,4 \cdot 10 = \underline{\underline{4A}} \quad (0,5p)$$

$$I_{DRMS}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T i_D^2(t) dt = \frac{1}{T} I_D^2 \cdot 0,4T = 0,4 \cdot I_D^2 = 0,4 \cdot 100 = 40A^2$$

$$I_{DRMS} = \sqrt{40} = \underline{\underline{6,32A}} \quad (0,5p)$$

$$P_d = 0,6 \cdot 4 + 0,01 \cdot 6,32^2 = 2,4 + 0,4 = \underline{\underline{2,8W}} \quad (1p)$$

3. Rajzoljon fel egy műveleti erősítő, Zener diódás feszültség stabilizátort (referencia forrást). Határozza meg az áramkör kimenő feszültségét megadó összefüggést, ha a műveleti erősítőt ideálisnak tételezzük fel. Számítsa ki a kapcsolás elemeit, ha  $U_Z=5V$ ,  $U_{KI}=10V$ ,  $I_Z=2mA$ , a műveleti erősítő maximális kimenő árama  $25mA$  és a kapcsolás terhelhetősége legalább  $13mA$  legyen. Mi a stabilizátor kapcsolás bemenő feszültsége? Mik az előnyei ennek az áramkörnek az egyszerű, párhuzamos, Zener diódás feszültség stabilizátorhoz képest?



$$U_{ki} \frac{R_1}{R_1 + R_2} = U_{ki} - U_Z$$

$$U_Z = U_{ki} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$U_{ki} = U_Z \frac{R_1 + R_2}{R_2} \quad (1p)$$

$$I_Z = \frac{U_{ki} - U_Z}{R_3} \rightarrow R_3 = \frac{U_{ki} - U_Z}{I_Z} = \frac{10V - 5V}{2 \cdot 10^{-3}} = 2,5 \cdot 10^3 \Omega = \underline{\underline{2,5K}} \quad (1p)$$

$$\frac{R_1 + R_2}{R_2} = \frac{U_{ki}}{U_Z} = \frac{10V}{5V} = 2 \rightarrow \underline{\underline{R_1 = R_2}}$$

$$I_U = I_{ME} - I_Z - I_T = 25mA - 2mA - 13mA = 10mA$$

$$I_U = \frac{U_{ki}}{R_1 + R_2} \rightarrow R_1 + R_2 = \frac{U_{ki}}{I_U} = \frac{10V}{10 \cdot 10^{-3} A} = 10^3 \Omega = 1K$$

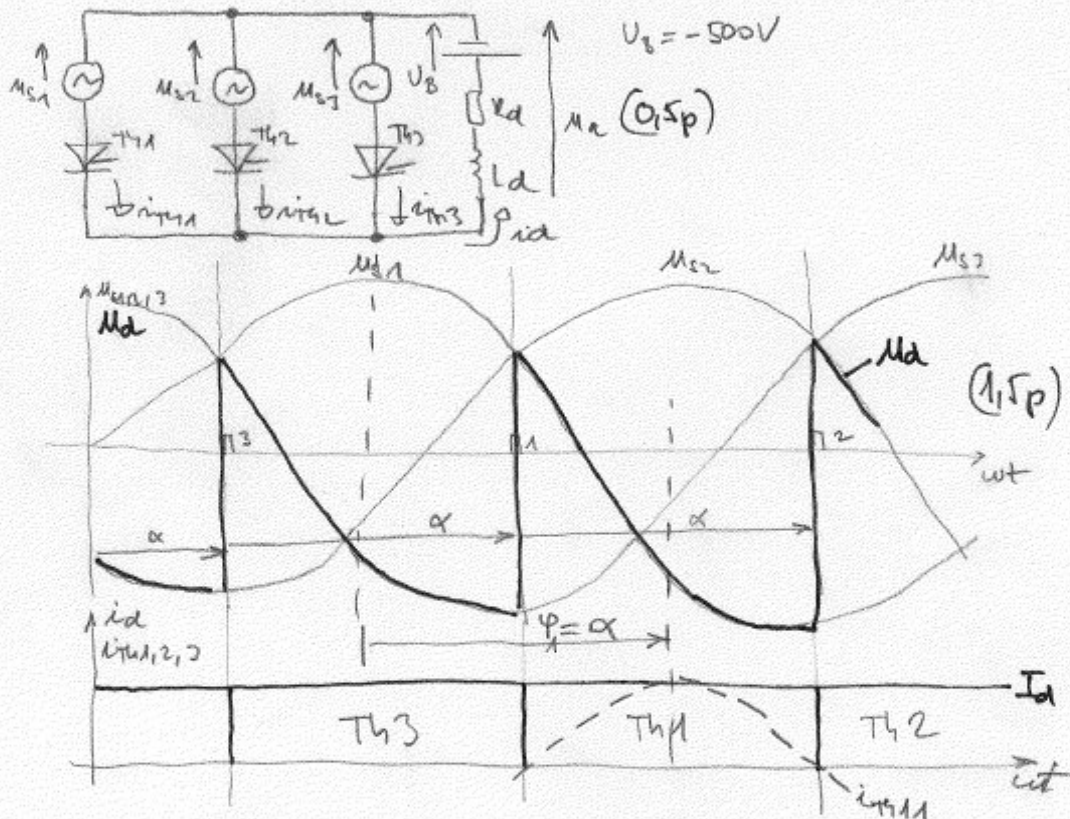
$$\underline{\underline{R_1 = R_2 = 500 \Omega}} \quad (1p)$$

a stabilizátor bemenő feszültsége az ME tápfeszültsége (0,5p)

Előnyök:

- $U_{ki}$  értéke  $R_1, R_2$ -vel beállítható ( $U_{ki} \geq U_Z$ ) (0,5p)
- $I_Z$  árama állandó, letörési jellegűen fix pontban van a munkapont

3. Egy 3FIU3Ü vezérelt áramirányító  $R_d$ ,  $L_d$ ,  $U_B$  terhelést táplál.  $U_s = 230V$ ,  $R_d = 10\Omega$ ,  $L_d = \infty$ ,  $U_B = 500V$   $\alpha = 120^\circ$ ,  $f = 50Hz$ . A hálózat és a félvezető elemek ideálisak. Az  $U_B$  valóságos iránya ellentétes az áram valóságos irányával. Rajzolja fel a kapcsolást. Állandósult állapotra rajzolja fel az  $u_{s1}(t)$ ,  $u_{s2}(t)$ ,  $u_{s3}(t)$  hálózati feszültségeket, valamint az  $u_d(t)$ ,  $i_d(t)$ ,  $i_{Th1}(t)$ ,  $i_{Th2}(t)$ ,  $i_{Th3}(t)$  időfüggvényeket. Határozza meg az  $U_d$ ,  $I_d$ ,  $I_{Th1AV}$ ,  $I_{Th2AV}$ ,  $I_{Th3AV}$  középtértékeket, az  $I_{Th1RMS}$ ,  $I_{Th2RMS}$ ,  $I_{Th3RMS}$  effektív értékeket, valamint a hálózatba visszatáplált teljesítmény középtértékét. Mennyi az  $u_{s1}(t)$  feszültség és az  $i_{Th1}(t)$  áram alapharmónikusa közötti fázisszög?



$$U_d = \sqrt{2} U_s \frac{\pi}{\pi} \sin \frac{\pi}{p} \cos \alpha = \sqrt{2} \cdot 230 \cdot \frac{3}{\pi} \frac{\sqrt{3}}{2} (-0,5) = -134,6 V (0,5 p)$$

$$I_d = \frac{U_d - U_B}{R_d} = \frac{-134,6 - (-500)}{10} = 36,5 A (0,5 p)$$

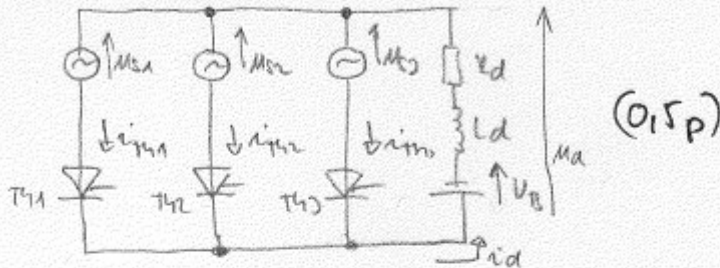
$$I_{Th1,2,3AV} = \frac{I_d}{3} = \frac{36,5}{3} = 12,16 A (0,5 p)$$

$$I_{ThRMS} = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{36,5}{\sqrt{3}} = 21,1 A (0,5 p)$$

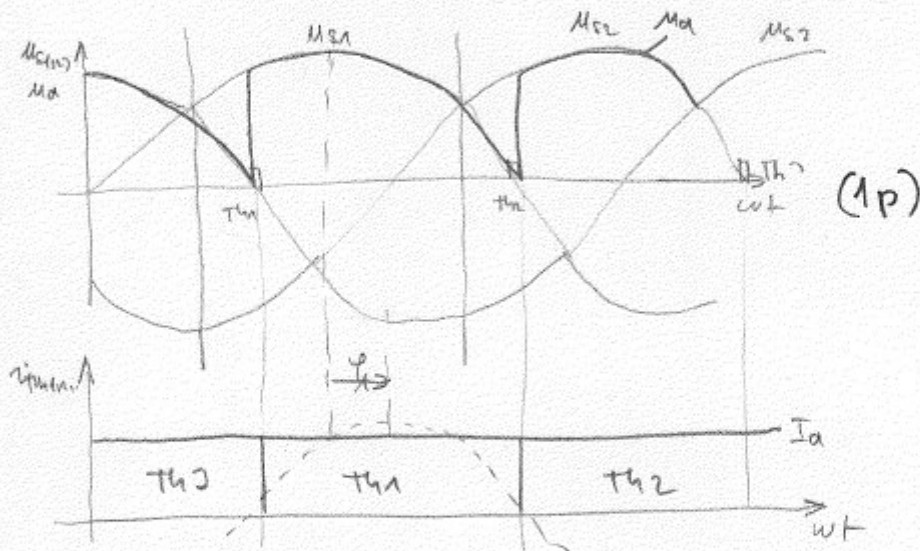
$$P_d = U_d \cdot I_d = 134,6 \cdot 36,5 = 4913 W (0,5 p)$$

$$\varphi = \alpha = 120^\circ (0,5 p)$$

2. Egy 3F1U3Ü vezérelt áramirányító  $R_d$ ,  $L_d$ ,  $U_B$  terhelést táplál.  $U_s = 230V$ ,  $R_d = 10\Omega$ ,  $L_d = \infty$ ,  $U_B = 50V$   $\alpha = 30^\circ$ ,  $f = 50Hz$ . A hálózat és a félvezető elemek ideálisak. Rajzolja fel a kapcsolást. Állandósult állapotra rajzolja fel az  $u_{s1}(t)$ ,  $u_{s2}(t)$ ,  $u_{s3}(t)$  hálózati feszültségeket, valamint az  $u_d(t)$ ,  $i_d(t)$ ,  $i_{Th1}(t)$ ,  $i_{Th2}(t)$ ,  $i_{Th3}(t)$  időfüggvényeket. Határozza meg az  $U_d$ ,  $I_d$ ,  $I_{Th1AV}$ ,  $I_{Th2AV}$ ,  $I_{Th3AV}$  középtételeket és az  $I_{Th1RMS}$ ,  $I_{Th2RMS}$ ,  $I_{Th3RMS}$  effektív értékeket. Mennyi az  $u_{s1}(t)$  feszültség és az  $i_{Th1}(t)$  áram alapharmónikusa közötti fázisszög? Határozza meg az  $R_d$  és  $U_B$  által felvett egyenáramú teljesítményt.



(0,5p)



(1p)

$$U_d = \sqrt{2} U_s \frac{\pi}{\pi} \sin \frac{\pi}{p} \cos \alpha = \sqrt{2} \cdot 230 \cdot \frac{3}{\pi} \sin \frac{\pi}{3} \cos 30^\circ = 233V \quad (0,5p)$$

$$I_d = \frac{U_d - U_B}{R_d} = \frac{233 - 50}{10} = 18,3A \quad (0,5p)$$

$$I_{ThAV} = \frac{I_d}{3} = \frac{18,3}{3} = 6,1A \quad (0,5p)$$

$$I_{ThRMS} = \frac{I_d}{\sqrt{3}} = \frac{18,3}{\sqrt{3}} = 10,56A \quad (0,5p)$$

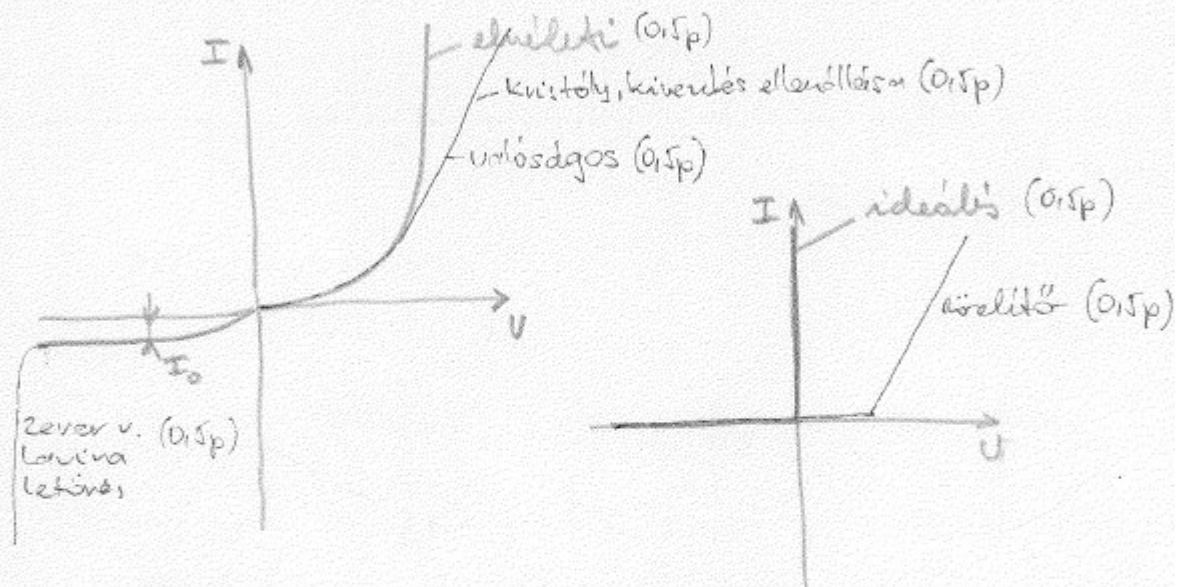
$$\varphi_1 = \alpha = 30^\circ \quad (0,5p)$$

$$P_{R_d} = I_d^2 \cdot R_d = 18,3^2 \cdot 10 = 3349W \quad (0,5p)$$

$$P_B = I_d \cdot U_B = 18,3 \cdot 50 = 915W \quad (0,5p)$$

1. Írja fel egy félvezető dióda elméleti  $i_d = f(u_d)$  egyenletét. Ez alapján rajzolja fel a félvezető dióda elméleti, valamint valóságos, idealizált és közelítő jelleggörbéjét mind a vezető irányú, mind a záró irányú feszültség tartományban. Ismertesse az elméleti és a valóságos jelleggörbe közötti eltéréseket és magyarázza röviden az eltérések okait. A félvezető dióda melyik tulajdonságát és mire használják fel a VARICAP diódáknál?

$$I_d = I_0 \left( e^{\frac{qU}{kT}} - 1 \right) = I_0 \left( e^{\frac{U}{U_T}} - 1 \right) \quad (0,5p)$$



VARICAP: zavaróirányú igénybevételénél a  $C_T$  frekvenciájú függést használják fel  $C_T \propto \frac{1}{\sqrt{U_a - U}}$  képlettel  
 varicap kapacitás  $\rightarrow$  hangolós  $(0,5p)$

3. Rajzoljon fel két npn tranzisztorból kialakított Darlington alapkapcsolást. A tranzisztorok közös emitterű kapcsolásra vonatkozó nagyjelű áramerősítési tényezői  $\beta_{N1}$  és  $\beta_{N2}$ , a kollektor-emitter maradékáramuk egységesen  $I_{CE0}$ , bázis-emitter minimális feszültségesésük egységesen  $U_{BE0}$ . Határozza meg vagy írja fel a Darlington tranzisztor eredő áramerősítési tényezőjét és eredő maradékáramát. Hogyan lehet csökkenteni a Darlington tranzisztor maradékáramát?

