

## 8 BREMENSKO VODENI PRETVORNIKI

V prejšnjem poglavju smo obravnavali tuje vodene pretvornike, ki so dobili potrebno energijo za komutacijo in takt s strani omrežja. Zato jim tudi rečemo omrežno vodeni pretvorniki.

Bremensko vodeni pretvorniki pa dobijo za komutacijo potrebno energijo z bremena. Kot bomo videli, mora imeti bremenski tok kapacitivni karakter, kar je možno doseči pri paralelnem in serijskem resonančnem krogu ali pri prevzbujanem sinhronskem motorju. Bremana, ki imajo induktivni značaj, kot je na primer asinhronski motor, ne morejo prevzeti vodenja pretvornikov z naravno komutacijo (tuje vodeni pretvornik).

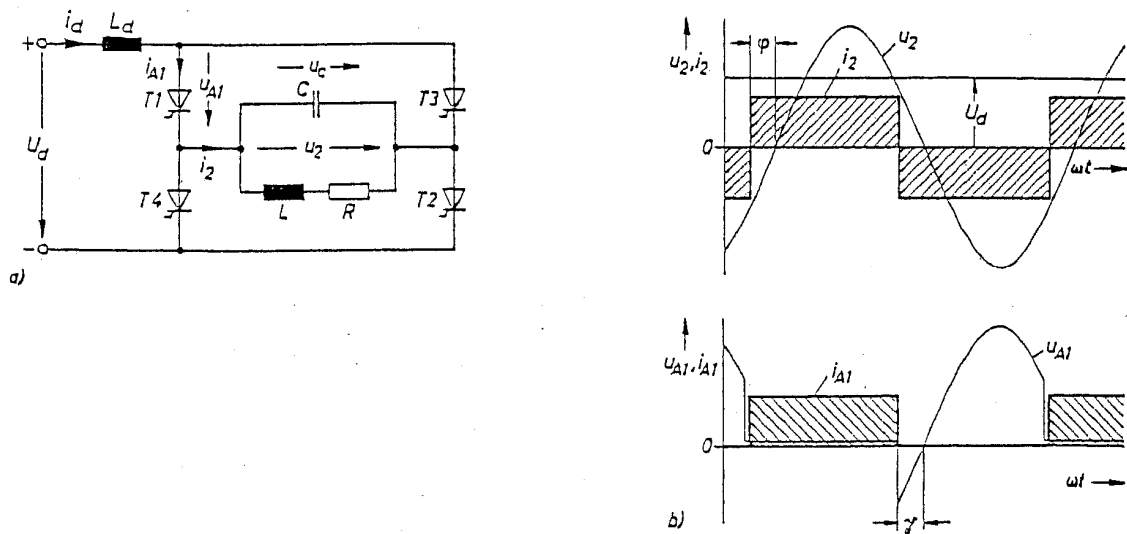
Če neko breme lahko zagotovi pogoje glede kapacitivne komponente toka, potem se lahko s takšnim bremenom voden pretvornik obnaša podobno kot omrežno voden pretvornik. Če breme sprejema energijo, potem pretvornik deluje v razsmerniškem režimu, kar je normalen način delovanja te vrste pretvornikov.

### 8.1 Razsmernik s paralelnim resonančnim krogom

Ohmsko induktivno breme lahko dopolnimo s kondenzatorjem v serijski ali paralelni resonančni krog. Frekvenca takšnega resonančnega kroga se imenuje lastna frekvenca, ki znaša ob upoštevanju dušenja  $z$ :

$$f_R = \frac{\omega_0}{2\pi} \sqrt{1-z^2}, \quad z = \frac{R}{2\omega_0 L}, \quad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Te enačbe veljajo tako za paralelni, kakor tudi za serijski resonančni krog. Delovno frekvenco diktira neko zunanje krmilje in sicer tako, da ima tok vedno do neke mere kapacitivni značaj. To pa pomeni, da mora biti pri paralelnem resonančnem krogu delovna frekvenca  $f_d$  nekoliko višja od resonančne, pri serijskem resonančnem krogu pa nekoliko nižja.



Slika 8.1: Paralelni resonančni razsmernik

Pri paralelnem resonančnem razsmerniku, ki je podan na sliki 8.1 je ohmsko induktivno breme  $L$  in  $R$  s paralelnim kondenzatorjem vezano v paralelni resonančni krog. V vsaki veji mostiča je po en tiristor. Ker paralelni resonančni krog ne dopušča skočnih sprememb napetosti, mora biti na enosmerni strani gladilna dušilka. Na bremenski strani imamo približno sinusno napetost, bremenski tok pa je približno pravokotne oblike. Pri komutaciji prehaja tok direktno iz ene diagonale mostiča v drugo in sicer glede na lastno frekvenco, ki jo predstavlja sinusna napetost  $U_2$  na sliki 8.1, vedno za fazni kot  $\gamma$  prehitro.

Kot  $\gamma$  predstavlja ugasni kot, ki ga zahteva do tega trenutka prevajajoči tiristor, da po izklopu lahko prevzame pozitivno blokirno napetost.

Napetost na bremenu je identična sinusnemu poteku napetosti na kondenzatorju. Če predpostavljamo idealne razmere in upoštevamo ravnotežje energij enosmerne in izmenične strani, lahko izračunamo temensko vrednost napetosti na bremenu:

$$U_d I_d \frac{T}{2} = I_d \int_{-\gamma/\omega}^{\pi-\gamma} \hat{u}_2 \sin \omega t \, dt$$

Iz tega izraza dobimo vrednost  $\hat{u}_2$  t.j. napetosti na bremenu v odvisnosti od enosmerne napetosti  $U_d$  in ugasnega kota  $\gamma$ .

$$\hat{u}_2 = \sqrt{2}U_2 = \frac{\pi}{2 \cos \gamma} U_d$$

Za dvopulzno mostično vezje velja povezava med  $U_{di} \alpha$  in  $\hat{u}_2$  :

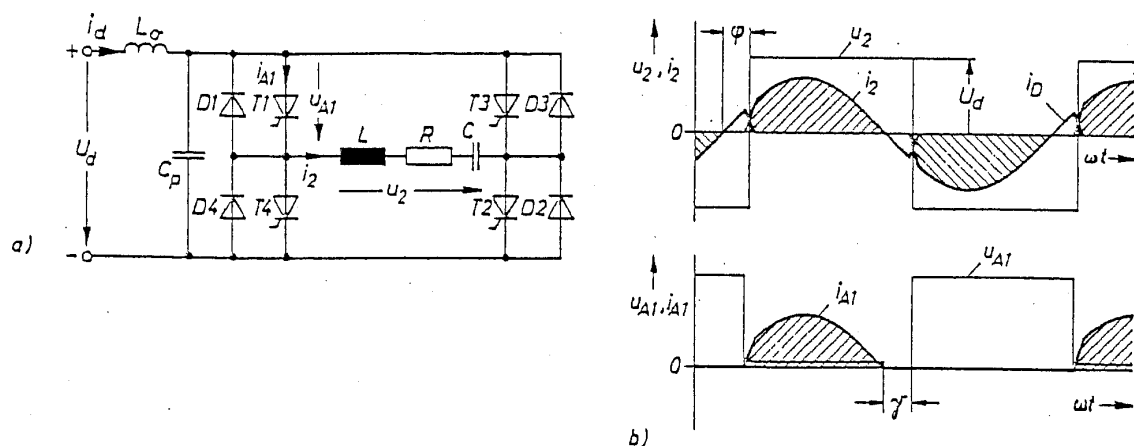
$$\hat{u}_2 = \sqrt{2}U_2 = \frac{\pi}{2} U_{di} = \frac{\pi}{2 \cos \alpha} U_{di\alpha}$$

Vidimo, da lahko ugasni kot  $\gamma = 180^\circ - \alpha$  zamenjamo s krmilnim kotom  $\alpha$ .

Enačba kaže, da s povečanjem ugasnega kota pri konstantni enosmerni napetosti lahko povečamo napetost na bremenu. Na ta način pa lahko vplivamo na moč izmenične strani le v zelo omejenem obsegu. Učinkovitejše lahko vplivamo na moč na bremenu direktno z nastavljanjem napetosti na enosmerni strani t.j. z  $U_d$ .

## 8.2 Razsmernik s serijskim resonančnim krogom

Pri tem pretvorniku (slika 8.2) je ohmsko induktivno breme dopolnjeno s kondenzatorjem v serijski nihajni krog. V vsaki veji mostiča je po en krmiljen ventilil s paralelno vezano povratno diodo.



Slika 8.2: Razsmernik s serijskim resonančnim krogom

Serijski nihajni krog vsili bremenski tok približno sinusne oblike, ki ga izmenoma prevajata dva diagonalna tiristorja ali diodi. Bremenska napetost in s tem tudi napetost na ventilih imata približno pravokotni časovni potek. Tok komutira iz diode na tiristor, ko ta dobi krmilni impulz. Komutacija toka iz tiristorja na diodo pa se izvrši ob prehodu toka skozi ničlo, saj tok s tem obrne smer. Bremenski tok prehiteva napetost za fazni kot  $\gamma$ , ki je potreben, da lahko tiristor izklopi oziroma, da dobi zopet blokirne sposobnosti. Ker pa so padci napetosti na diodah majhni, so veje diod običajno opremljene še z dodatnimi induktivnostmi (lahko so zasičene), ki zagotavljajo zadostno reverzno napetost na izklapljavajočih tiristorjih.

Serijski nihajni krog ne zdrži skočnih sprememb tokov, zato mora biti enosmerni tokokrog tog in zato podprt s kondenzatorjem. Ko prevajajo tiristorji, teče energija iz enosmerne strani na izmenično, t.j. v breme, ko prevajajo diode pa nazaj v enosmerni vir. Tudi pri tem pretvorniku lahko vplivamo na potek energije bodisi s krmilnim kotom ali pa z napetostjo na enosmerni strani.

Bremenski tok  $i_2$  lahko izračunamo iz energijske bilance v času ene polperiode med enosmerno in izmenično stranjo:

$$U_d I_d \frac{T}{2} = \int_{\gamma/\omega}^{\frac{\pi+\gamma}{\omega}} \hat{i}_2 \sin \omega t dt$$

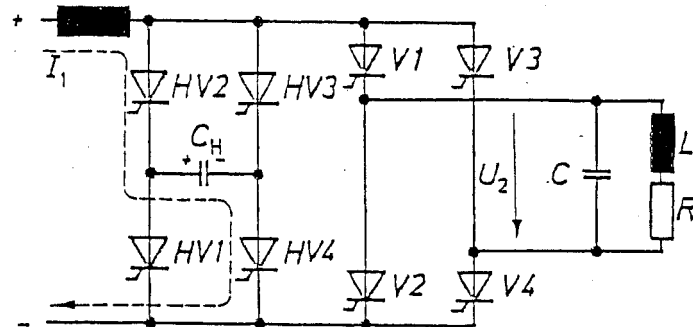
$$\hat{i}_2 = \frac{\pi}{2 \cos \gamma} I_d$$

### 8.3 Zagon in krmiljenje resonančnih pretvornikov

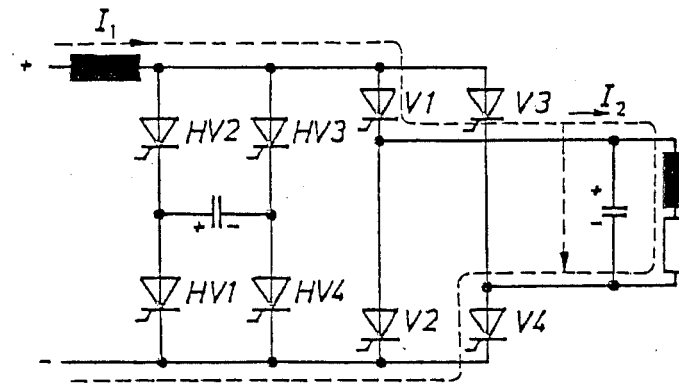
Resonančni pretvorniki s tiristorji zahtevajo za sam zagon posebne ukrepe. Za zagon serijskega resonančnega kroga moramo zaznati prehod toka skozi nič in glede na zahtevan varnostni čas za izklop prej prevajajočega tiristorskega para zakasniti vklop naslednjega.

Zagon paralelnega resonančnega kroga pa je nekoliko bolj zahteven. Ker je gladilna dušilka v enosmernem tokokrogu relativno velika, je zato porast enosmerne toka zelo počasen. Kondenzator, ki zagotavlja komutacijsko napetost se zato nabije na dovolj visoko napetost šele v nekaj periodah izmenične napetosti. Začetne periode torej ne zagotavljajo zanesljive komutacije. Da dosežemo že v začetnih periodah zanesljiv izklop tiristorskih parov, se poslužimo pomožnega komutacijskega vezja. Potek zagona je razviden po posameznih fazah na slikah 8.3 – 8.6

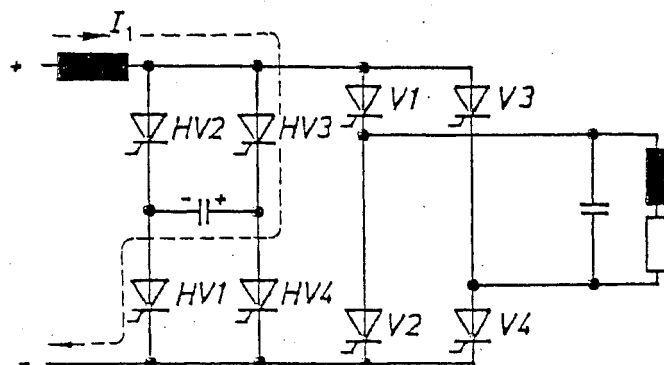
Pomožno komutacijsko vezje, ki je sestavljeno iz štirih tiristorjev in enega kondenzatorja poskrbi, da se v nekaj periodah  $t_0$  pomožnega vezja tok v enosmernem krogu zgradi do takšne velikosti  $I_{krit}$ , ki zagotavlja zadostno napetost na kondenzatorju C.



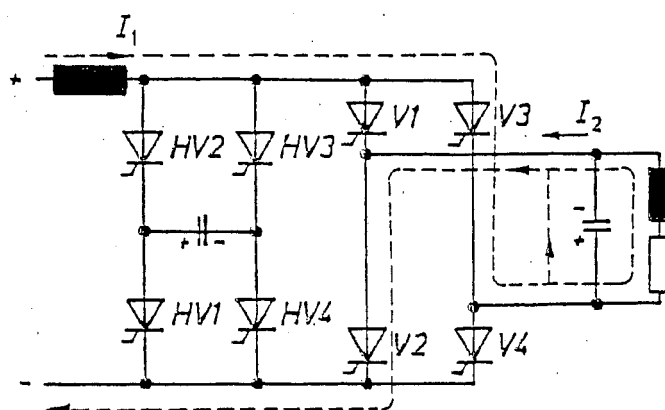
Slika 8.3: Zagon resonančnih pretvornikov – FAZA 1



Slika 8.4: Zagon resonančnih pretvornikov – FAZA 2



Slika 8.5: Zagon resonančnih pretvornikov – FAZA 3



Slika 8.6: Zagon resonančnih pretvornikov – FAZA 4

<b>8</b>	<b>BREMENSKO VODENI PRETVORNIKI .....</b>	<b>134</b>
8.1	Razsmernik s paralelnim resonančnim krogom.....	134
8.2	Razsmernik s serijskim resonančnim krogom .....	136
8.3	Zagon in krmiljenje resonančnih pretvornikov.....	137