

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko

Sejan Čepirlo

Regulacija moči s triakom

Seminarska naloga

pri predmetu
Elektronska vezja

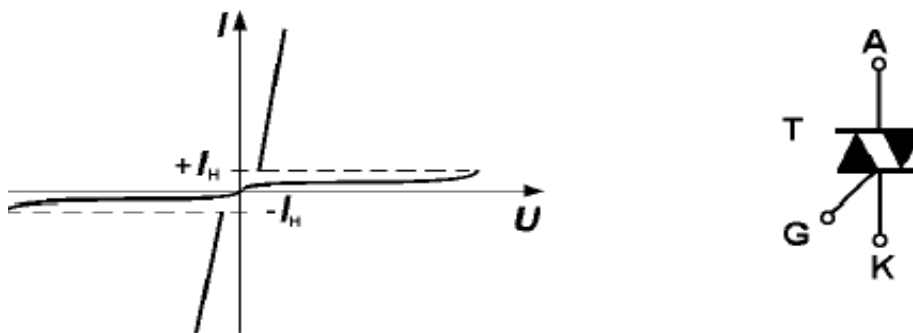
V Ljubljani, oktober 2006

I. UVOD

V seminarski nalogi sem se odločil pokukati v zakulisje regulacije moči s pomočjo močnostnih krmilnih polprevodniških elementov. Le ti so večinoma narejeni tako, da imajo le dve stanji (on, off) in delujejo kot nekakšno krmiljeno stikalo. Tako je možno z vklapljanjem/izklapljanjem stikala uravnati efektivno napetost s tem pa tudi moč.

II. GLAVNI DEL

Mogoče je prav, da najprej povem nekaj o glavnem elementu v vezju – triaku.



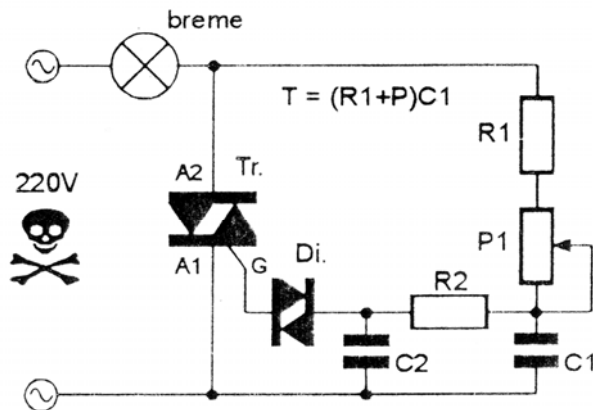
Slika 1: prevajalna karakteristika triaka in simbol

Gre za polprevodniški element s tremi elektrodami: anodo A, katodo K in prožilno elektrodo G. Tok lahko teče v obeh smereh med anodo in katodo. “Vžgemo” ga z prožilnim impulzom na vratih G, izklopi pa se sam, ko vhodni tok I pade pod vrednost I_H .

Uporablja se izključno za regulacijo efektivne vrednosti izmenične napetosti na različnih bremenih (žarnice, grelci, motorji...). Veže se ga zaporedno z bremenom. Njegovo delovanje moramo krmiliti z vezjem, ki določa, kdaj bo prevajal in kdaj ne...

Izdelal sem 2 vezji: prvo z zelo preprostim krmilnim delom, drugo z malenkost kompleksnejšim...

-Prvo vezje:



slika 2: el. shema regulatorja moči vezja št. I

DELOVANJE:

-splošno

Triak deluje kot izredno hitro stikalo, ki ob pozitivnem prožilnem impulzu priklopi breme na 230V. Breme izklopi, šele po prehodu izmenične napetosti čez ničlo (če smo natančnejši - ko tok pade pod I_H , ki je pa zelo majhen)

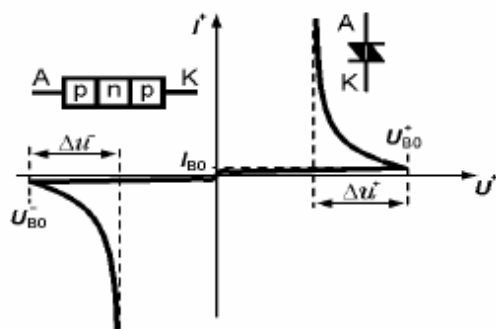
Če želimo, da triak prevaja, ga moramo ob vsakem prehodu izmenične napajalne napetosti skozi ničlo ponovno prožiti.

Če pa ob prehodu napajalne nap. skozi ničlo proženje triaka nekoliko zadržimo, dobi breme temu primerno manj energije - obratuje z zmanjšano močjo. To funkcijo opravlja krmilno vezje, ki vklaplja tiristor.

-prožilno vezje

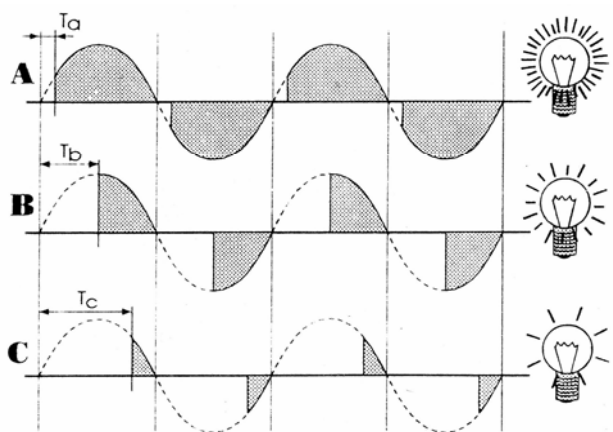
Glavni del predstavlja diak, ki generira napetostne impulze za proženje triaka.

Diak spada med preklopne močnostne elemente s samostojnim vklopom. To pomeni, da prekinja tokokrog vse do prožilnega/vžignega potenciala, nato nastopi vklop, kot da bi element doživel napetostni preboj. V izklopljenem stanju ima veliko upornost, v prevodnem pa majhno. Prehod iz prevodnega stanja v zaporo je možen le s prekinitvijo tokokroga.



slika 3: prevajalna karakteristika diaka

Ob pozitivni polperiodi, ko se polni kondenzator C_1 prek upornosti (R_1+P) , narašča napetost na kondenzatorju do prožilne napetosti U_{+B0} , ko diak vklopi in požene prožilni tokovni impulz v vrata triaka. Isto se dogaja tudi ob negativni polperiodi. Tokovni impulzi, zgenerirani z uporabo diaka, imajo zaradi negativne karakteristike diaka v prevodni smeri strme boke naraščanja toka. To je za proženje triaka zelo pomembno.



slika 4: čas zakasnitve prožilnega impulza T in vpliv na breme $T=(R_1+P)C_1$; $T_a < T_b < T_c$

Elementa R_2 , C_2 nekoliko izboljšata proženje diaka, hkrati pa tudi dušita napetostne sunke ob ponovnem polnjenju delovnega kondenzatorja C_1 .

Seznam elementov:

$R_1=2,2k\Omega$

$R_1=4,7k\Omega$

$P=150k\Omega$ lin (zaradi varnosti z plastično osjo!)

$C_1=100nF/400V$

$C_2=10nF/100V$

$Tr=TIC\ 206$

$Di=npr.\ ER900$

Meritve:

$$U_{\text{nap}}=195\text{V}$$

$$U_{\text{brmin}}=0\text{V}$$

$$U_{\text{brmax}}=190,2\text{V}$$

$$U_{\text{tmin}}=U_{\text{nap}}-U_{\text{brmax}}=4,8\text{V}$$

Moč reguliramo od 0-95%

(v literaturi sem zasledil, da naj bi bil min. padec nap. na triaku okoli 1V, moč pa naj bi bilo možno regulirati nekje med 5-95%)

Vezje dobro deluje tudi z malenkost spremenjenimi vrednostmi elementov. Primerno je za regulacije, kjer ni potrebno zelo natančno nastavljati moči....

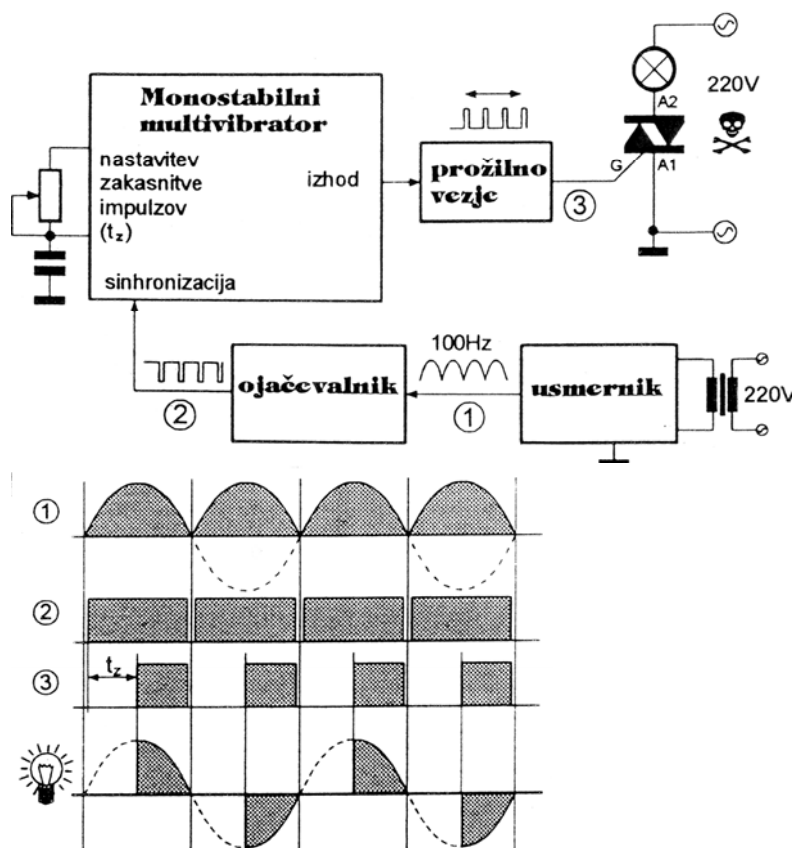
-Drugo vezje:

Gre za zelo podobno vezje, z enakim načinom regulacije moči. Tako nekaterih stvari ne bom ponavljal. Opisal bom le krmiljenje, ki je v tem primeru malenkost kompleksnejše. Vezje nam omogoča natančnejšo nastavitvev moči ter tudi krmiljenje z zunanjimi signali (npr. audio signal)

DELOVANJE:**-principelno delovanje**

Srce vezja je monostabilni multivibrator - MMV. To je vezje, ki ob vklopu zavzame stabilno stanje, nato pa ob prožilnem impulzu preide v novo, časovno omejeno stanje in se po določenem času samo vrne nazaj v stabilno stanje.

Naš MMV torej ob prožilnem impulzu odda natanko en impulz, ki mu lahko z potenciometrom in kondenzatorjem natančno nastavimo dolžino oddanega impulza. MMV mora biti sinhroniziran z omrežno napetostjo. Prožilni impulzi morajo nastati natanko ob prehodu omrežne napetosti čez ničlo, oziroma ob želenem časovnem zadržku. Sinhronizacijske impulze tako najenostavneje dobimo kar iz omrežne napetosti. To storimo tako, da jo usmerimo ter z ojačevalnikom preoblikujemo v pravokotno obliko. S temi impulzi nato prožimo MMV, le ta pa triak.



slika 5,6: blok shema regulatorja moči št. II, ter signali v različnih točkah vezja

-delovanje vezja

Za napajanje vezja služi enostavni usmernik, ki služi tudi kot izvor sinhronizacijskih impulzov za MMV. Odvzemamo jih v točki 1 oz. na + izhodu usmerniškega mostiča. Pomembna je dioda D_1 , ki prepreči glajenje usmerjene napetosti v tej točki. Usmerjeno sinusno napetost iz točke 1, vodimo preko upora R_3 na ojačevalno vezje zgrajeno iz tranzistorja T_1 in T_2 . Ker je ojačanje zelo veliko, dobimo na izhodu pravokotne impulze, ki so točno v trenutkih prehoda omrežne napetosti čez 0, za zelo kratek čas enaki 0V. Uporabimo jih za sproženje MMV, ki ga sestavlja integrirano vezje NE555. S P_2 in C_1 določimo dolžino izhodnih impulzov MMV, oziroma zadrževalni čas impulzov, ki prožijo triak.

Ko MMV sprožimo s sinhronizacijskim impulzom (točka 2), se začne C_1 polniti preko P_1 in P_2 , hkrati pride izhod NE555 (pin 3) v visok potencial (začetek impulza), ki se preko R_4 prenese na bazo T_3 . Pozitivna nap. na bazi T_3 (PNP) pomeni, da tranzistor ne prevaja. Na vratih triaka je zato 0V – žarnica (brema) ne gori.

Ko se kondenzator C_1 dovolj napolni, napetost na izhodu NE555 pade na 0V (konec impulza). Polnjenje kondenzatorja C_1 določa časovna konstanta $(P_1 + P_2) \cdot C_1$. Padeč na 0V na izhodu MMV pomeni nizek potencial na bazi T_3 , kar ga odpre. Steče električni tok od pozitivnega pola preko T_3 in upora R_5 v vrata triaka. Triak začne prevajati in žarnica

C₅, C₆=220nF/400V

$C_1=470\mu\text{F}/25\text{V}$

$T_1, T_2=\text{BC109}$

$T_3=\text{BC177}$

$D_1=1\text{N4001}$

$D_2=\text{BZ } 10$

$\text{Tr}=\text{TIC226}$

$\text{IC}=\text{NE555}$

$\text{Gr}=\text{B80C1000}$

Meritve:

$U_{\text{nap}}=195\text{V}$

$U_{\text{brmin}}=0\text{V}$

$U_{\text{brmax}}=193,8\text{V}$

$U_{\text{tmin}}=U_{\text{nap}}-U_{\text{bmax}}=1,2\text{V}$

Moč reguliramo od 0-99%

(v literaturi sem zasledil, da naj bi bil min. padec nap. na triaku okoli 1V, moč pa naj bi bilo možno regulirati nekje med 5-95%)

III. ZAKLJUČEK

Morebitne težave:

Če se pri vezju II soočamo z neenakomernim prižiganjem žarnice (bremena) v določeni točki potenciometra P_2 , poskušamo težavo odstraniti z trimerjem P_1 , ki je namenjen prednastavitvi delovanja MMV. P_2 zapremo in zavrtimo trimer P_1 tako, da žarnica ugasne.

Če to ne zaleže, moramo k potenciomtru P_2 dodati dodaten predupor/trimer ali spremeniti vrednost kondenzatorja. Sam sem težavo rešil tako, da potenciometer preprosto uporabljam le v določenih mejah...

Sklepne ugotovitve:

Pokazal sem, da je z triakom zelo enostavno in cenovno ugodno krmiliti moč. Triake izdelujejo za max. tokove do 100A in max. napetosti do 1000V. Dobra lastnost je tudi zelo velik izkoristek, saj je padec napetosti na triaku zelo majhen. Slaba stran pa so zelo močne radiofrekvenčne motnje, ki jih povzročajo zelo hitri preklopi triaka.

Obstaja prava poplava podobnih vezij. Razlikujejo se po prožilnih vezjih ter po izbranem močnostnem elementu. Seveda izberemo takšno, ki nam najbolj ustreza.

Možnosti nadgradnje:

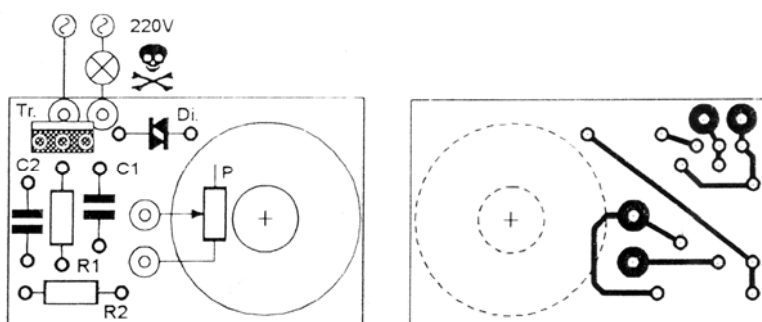
Nezaželene radiofrekvenčne motnje lahko dodatno zmanjšamo tako, da zaporedno z triakom vežemo dušilko. Zasledil sem, da naj bi bila primerna dušilka narejena iz približno 60ih ovojev bakrene žice (debeline najmanj 0,5mm), navite na feritnem jedru

premera 10mm in dolžine 30mm. Menim, da bi bilo seveda možno izdelati tudi boljše dušenje, seveda ob predhodni frekvenčni analizi motenj regulatorja z bremenom.

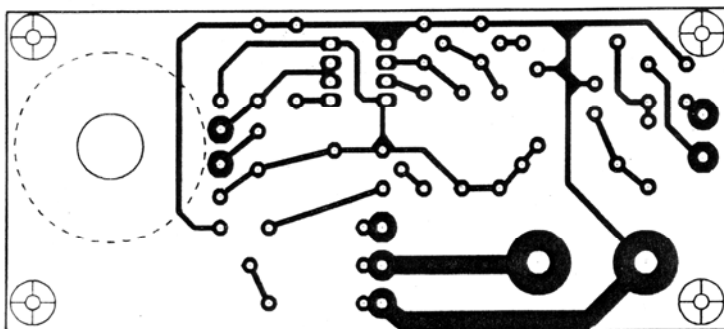
Literatura: (razvrščeno po količini uporabljenih informacij)

- članek "Naprave za light show - Miha Zorec" iz revije TIM, februar in april 1996
- srednješolski zapiski
- knjiga Industrijska elektronika - Boštjan Murovec in Peter Šuhel

Priloge:



slika 8: tiskano vezje regulatorja moči št. I



slika 9: tiskano vezje regulatorja moči št. II