

## PROBLEMATIKA GRADNJE IMPULZNIH KRMILNIH NAPRAV

Prof Dr Rafael Cajhen  
Fakulteta za elektrotehniko Ljubljana  
Jože Gregorčič  
Iskra Avtomatika - Razvojni inštitut

### POVZETEK

Tehnološki napredek na področju polprevodniških elementov in vedno nove tehnične zahteve narekujejo takorekoč stalno razvojno delo pri projektiranju in gradnji polprevodniških impulznih naprav za krmiljenje močnostnih tirstorskih pretvornikov.

V referatu so podana nekatera razmišljanja ter praktične izkušnje iz Laboratorija za regulacijsko tehniko v Ljubljani.

### PROBLEMS OF DESIGNING THE PULSE CONTROL CIRCUIT DEVICES

Tehnological progress in semiconductor units as well as new technical requirements ask for continuous development in designing and production of semiconductor pulse control circuit devices for control of thyristor converters.

In this paper are presented same thought and practical experience from the Laboratory of Control Engineering in Ljubljana.

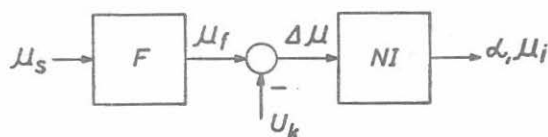
### UVOD

V Laboratoriju za regulacijsko tehniko fakultete za elektrotehniko v Ljubljani poteka v sodelovanju z Iskro Avtomatiko takorekoč stalno raziskovalno in razvojno delo na polprevodniških impulznih napravah za krmiljenje tirstorskih pretvornikov. Poglavitni razlogi so naslednji: trajna prizadevanja pri iskanju vse bolj neobčutljivih krmilnih naprav na motnje, modifikacija že osvojenih krmilnih naprav za posebne namene in sprotno uvajanje novih polprevodniških elementov, zlasti integriranih vezij, in s tem izkoriščanje novih možnosti, ki jih ti elementi omogočajo.

V referatu so podani nekateri pogledi ter nekatere praktične izkušnje pri gradnji krmilnih naprav.

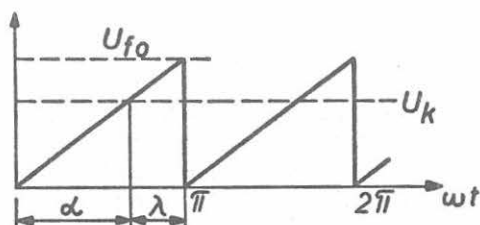
RAZLIČNE VARIANTE Z ŽAGASTO OBLIKO PRIMERJALNE NAPETOSTI

Analogne polprevodniške krmilne naprave delujejo na principu, ki ga kaže slika 1. (L 1):

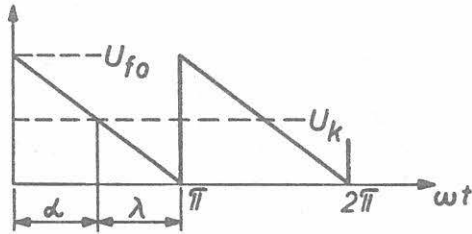


Sl. 1. Blokovna shema impulzne krmilne naprave

Iz ničelnega indikatorja NI dobimo napetostni impulz  $U_i$  z ustreznim faznim pomikom  $\alpha$  nasproti sinhronizacijski napetosti  $u_s$ . Ta impulz se pojavi v trenutku, ko postane  $\Delta U = 0$ . Ob določeni stalni obliki periodične primerjalne napetosti je ta trenutek (fazni pomik  $\alpha$ ) določen z amplitudo enosmerne krmilne napetosti  $U_k$ . Slika 2. kaže dve možni varianti žagaste primerjalne napetosti s konstantno maksimalno amplitudo. V obeh primerih je trenutek nastopa krmilnega impulza iz ničelnega indikatorja določen s presečiščem napetosti  $u_f$  in  $U_k$ .



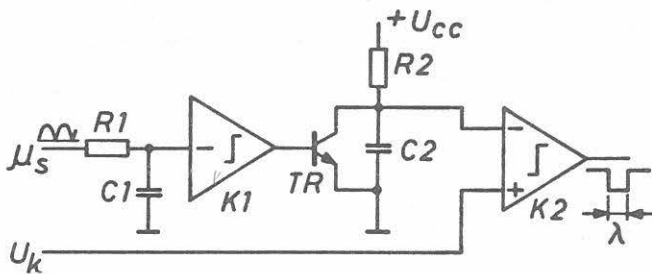
Sl. 2 a



Sl. 2 b

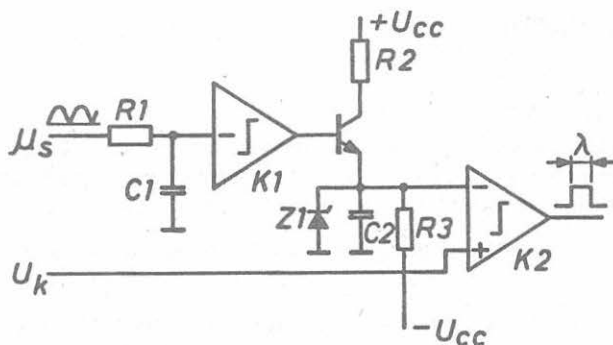
Sl. 2. Različni obliki žagaste primerjalne napetosti

Varianto s slike 2 a lahko realiziramo z vezjem, ki ga v poenostavljeni obliki kaže slika 3. Usmerjena sinusna sinhronizacijska napetost krmili ničelni indikator  $K_1$ , ki vklaplja tranzistorsko stikalo TR, s katerim se prazni kondenzator  $C_2$ . Tranzistor prevaja le kratek čas, ko je usmerjena sinhronizacijska napetost  $u_s = 0$ . Slaba stran te variante je ta, da povzročijo že kratkotrajne motilne napetosti konice, ki so superponirane sinhronizacijski napetosti, nezaželen preklop ničelnega indikatorja  $K_1$ . To ima za posledico, da se izhodni krmilni impulz nepravilno premakne v smer manjših kotov  $\omega$ . Temu si lahko delno odpomoremo z vhodnim filtrom (npr. LC- ali  $R_1 C_1$ - filtrom, gl. sliko 3), pri čemer moramo paziti, da z njim ne vnašamo večjih dodatnih faznih zasukov, nikakor ne čez  $20^\circ$  el. Zato so ti filtri dokaj neučinkoviti v območju nizkega frekvenčnega spektra motilnih napetosti.



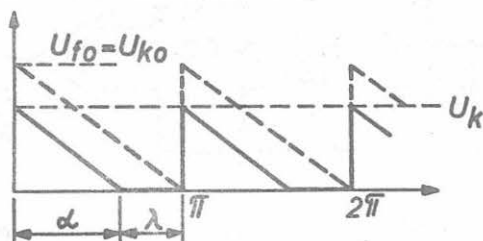
Sl. 3. Impulzno vezje z naraščajočo žagasto napetostjo konstantne maksimalne amplitude

Neugodna je tudi krmilna karakteristika tiristorskega pretvornika s takšnim krmilnim vezjem, saj je za minimalno izhodno napetost pretvornika potrebna maksimalna krmilna napetost. To lahko spremenimo, če uporabimo padajočo obliko žagaste napetosti (gl. sliko 2 b) in ustrezno vezje, ki ga poenostavljeno kaže slika 4. Ostale lastnosti tega vezja so enake kot pri predhodnem, le da povzročijo omenjene motilne napetosti v  $u_s$  premik krmilnega impulza v smer večjih kotov  $\alpha$ .



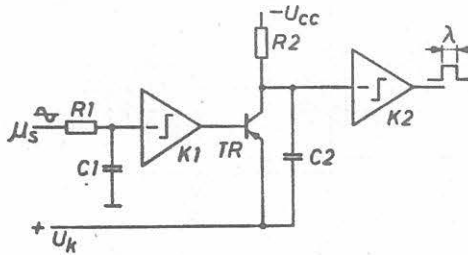
Sl. 4. Impulzno vezje s padajočo žagasto napetostjo konstantne maksimalne amplitude

V praksi lahko zasledimo tudi varianto s padajočo žagasto napetostjo, katere maksimalna (začetna) amplituda ni konstantna, temveč je enaka vsakokratni trenutni vrednosti krmilne napetosti  $U_k$  (L 2) (slika 5). Pri tej varianti se izhodni impulz ne pojavi ob enakosti napetosti  $u_f$  in  $U_k$ , temveč vsakič, ko postane  $u_f = 0$ . Krmilni kot  $\alpha$  je proporcionalen krmilni napetosti le kadar je  $U_k \ll (U_{cc})$ . V splošnem ima omenjeni sistem enake slabosti, kot sistem po sliki 2 a.

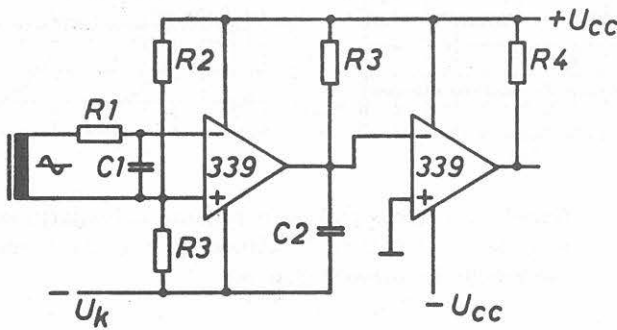


Sl. 5. Padajoča žagasta napetost spremenljive maksimalne amplitude

Poenostavljeni možni električni vezji za to zadnjo varianto kažeta slika 6 in slika 7. Ker se v enem ohišju nahajajo štiri napetostni komparatorji LM 339 (Motorola), se lahko električno vezje impulzne enote precej poenostavi.



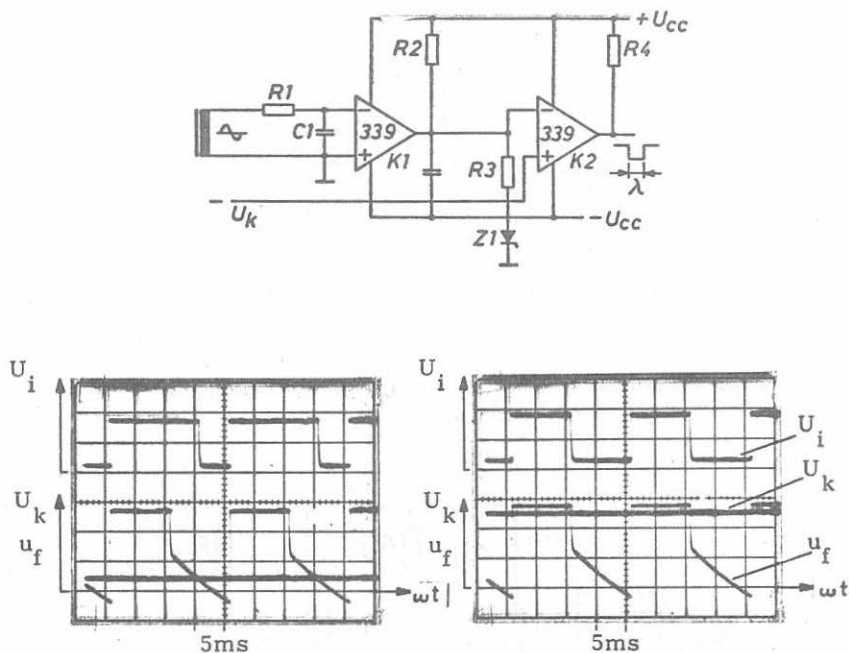
Sl. 6. Impulzno vezje s padajočo žagasto napetostjo, s spremenljivo maksimalno amplitudo



Sl. 7. Impulzno vezje s padajočo žagasto napetostjo spremenljive maksimalne amplitude

Slaba stran vseh opisanih impulznih vezij je ta, da ne dajejo krmilnega impulza, če je krmilna napetost večja od temenske vrednosti žagaste napetosti ( $U_{fo}$ ). To je zlasti neugodno pri varianti po sliki 2 b. Zato v praksi večinoma posebej limitiramo maksimalno amplitudo krmilne napetosti. Slika 8. pa kaže relativno enostavno električno vezje, ki rešuje ta problem brez dodatnega limitiranja maksimalne krmilne napetosti. V sliki je podan tudi oscilogram žagaste primerjalne napetosti tega vezja. Obstajajo pa tudi druge

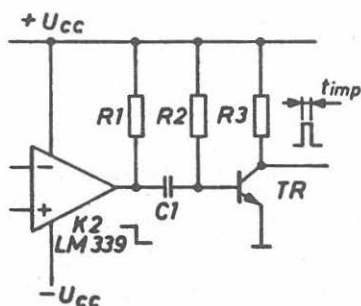
rešitve tega problema, npr. pri novejših impulznih vezjih v integrirani tehniki.



Sl. 8. Impulzno vezje s padajočo žagasto napetostjo konstantne maksimalne amplitude in omejitvijo maksimalnega krmilnega kota  $\omega$

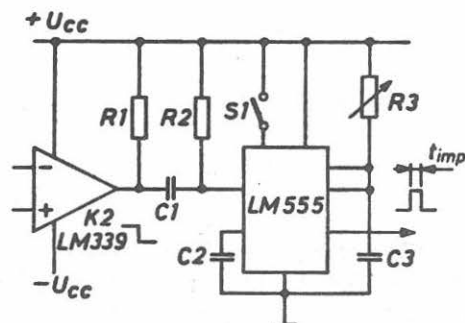
### OBLIKOVANJE TOKOVNEGA IMPULZA

Izhodna napetost ničelnega komparatorja  $K_2$  je pravokotne oblike s fazno pomičnim prvim bokom. Ker potrebujemo za vžig tiristorja impulz določene amplitude in dolžine, je potrebno fazno pomični bok izhodne napetosti iz  $K_2$  preoblikovati v tokovni impulz. To dosežemo s tranzistorskim monostabilnim preklopnim vezjem z diskretnimi elementi ali v integrirani izvedbi. Eno od izvedb monostabilnega preklopnega vezja z diskretnimi elementi, ki smo ga preiskusili, kaže slika 9. Vezje je prilagojeno izhodu napetostnega komparatorja LM 339. Slaba stran tega vezja je, da izhodni tranzistor  $T R$  prevaja ves čas, razen v času trajanja impulza. Zaradi tega je nekoristna poraba toka relativno velika. Vendar je prednost tega vezja v izredni občutljivosti na motilne signale.



Sl. 9. Monostabilno preklopno vezje s tranzistorjem in integriranim napetostnim komparatorjem LM 339

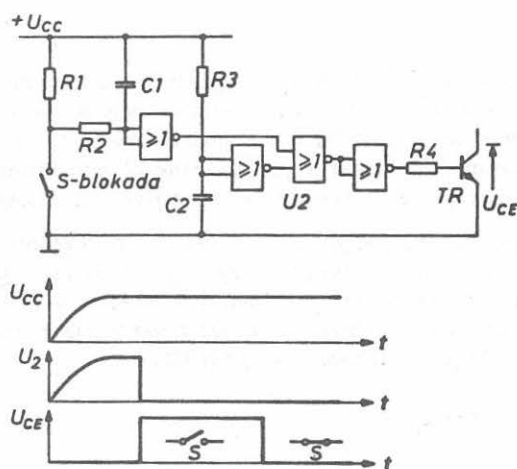
V varianti z integriranim monostabilnim preklopnim vezjem smo uporabili znano časovno vezje LM 555. Prednost tega vezja je, da ima že relativno močan tokovni izhod do 200 mA, vhod za resetiranje oziroma blokado izhodnih impulzov in možnost nastavljanja širine izhodnih impulzov v širokem območju s potenciometrom  $R_3$ . Vendar je občutljivost na motilne signale na vходу in po napajanju mnogo večja, kot pri vezju z diskretnimi elementi. Zato je bilo potrebno več dodatnih ukrepov, kot npr.: filtriranje napajalne napetosti v neposredni bližini vezja, izdelava čim krajših vezi na tiskanem vezju, nizke upornosti vhodov itd. Izvedba impulznega vezja z integriranimi enotami LM 555 in LM 339 je prikazana na sliki 10.



Sl. 10. Monostabilno preklopno vezje z integriranim vezjem LM 555

### OJAČEVALNIK IZHODNEGA IMPULZA

V večini primerov moč izhodnega impulza iz monostabilnega preklopnega vezja ne zadošča za neposredno proženje tiristorjev. Zato je potrebno vžigni impulz še ojačiti. V ta namen se nahaja na izhodu impulznega vezja še izhodni ojačevalnik. Najenostavnejši je tranzistorski tokovni ojačevalnik, ki naj ima možnost blokade izhodnih impulzov z enosmerno vhodno napetostjo ali s kontaktom. Takšna blokada ni potrebna, če je blokada že v monostabilnem preklopnem vezju, kot je v primeru na sliki 9. Za čim večjo zanesljivost blokiranja krmilnih impulzov je zaželeno, da le ta deluje čim bližje izhodu impulznega sistema. Blokada ima dve nalogi in sicer: blokado impulzov z zunanjim napetostnim signalom ter kratkotrajno blokado (50 - 100 ms) ob vklopu napajalne napetosti na impulzno vezje.



Sl. 11. Logično vezje za blokado izhodnih krmilnih impulzov

Preizkušeno je bilo vezje z integriranimi logičnimi enotami, in sicer s štirimi NOR-členi (CD 4001, RCA) (slika 11). Preiskusi so pokazali, da je delovanje zelo zanesljivo in je vezje zelo neobčutljivo na motilne signale. Napetostni nivo delovanja enote pri vklopu napajalne napetosti se giblje med 1,5 do 2,5 V. Izhodni element blokade je tranzistor TR, ki deluje kot stikalo in lahko z njim blokiramo izhodne impulze.

### ZAKLJUČEK

V referatu so podana nekatera razmišljanja in praktični rezultati tekočega dela pri projektiranju in gradnji polprevodniških impulznih krmilnih naprav. Težišče naporov ni v iskanju nekih novih principov, temveč predvsem v uvajanju novih elementov in tehnoloških rešitev, ki naj zajamčijo čim večjo obratovalno zanesljivost krmilnih naprav.

### LITERATURA

- (1) R. Cajhen, J. Gregorčič: Linearna krmilna karakteristika - da - ali ne? Zbornik referatov s III. posvetovanja o energetski elektroniki, Zagreb, 1978
- (2) Siemens, Baugrupen für Stromrichtergeräte und Anlagen, Katalog LE 2, Maj 1973, str. 4/10
- (3) R. Cajhen, Uporaba brezkontaktnih logičnih elementov za avtomatizacijo, Fakulteta za elektrotehniko. Ljubljana 1975, str. 74
- (4) J. Gregorčič, Univerzalni komparator enosmerne napetosti UK-10, Elektrotehniški vestnik, vol. 43, št. 5, str. 108-111.
- (5) P. Šuhel, Operacijski ojačevalnik, Fakulteta za elektrotehniko, Lj. 1975, str. 74.

Naslov avtorjev: Prof.Dr.Rafael Cajhen, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana

Žože Gregorčič dipl. ing., Iskra Avtomatika, Ljubljana