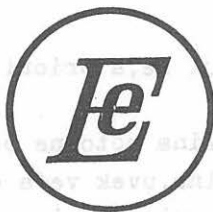


**SRPSKA AKADEMIJA NAUKA I UMETNOSTI I
ELEKTROTEHNIČKI INSTITUT "NIKOLA TESLA" - BEOGRAD
DRUGO SAVETOVANJE O ENERGETSKOJ ELEKTRONICI**

**Dr Božidar RADOJKOVIĆ, dipl.ing.,
Božidar ŽIVOJINOVIĆ, dipl.ing.
Elektrotehnički fakultet, Beograd**

**ZAŠTITA OD KLIZANJA MOTORNIH OSOVINA ELEKTRIČNIH
LOKOMOTIVA**



BEOGRAD

novembra 1975.

Dr ing. Božidar Radojković

Ing. Božidar Živojinović

I ITRONJENI I ANJAN ALIKIČKAJA ALIČNI
 I ITRONJENI I ANJAN ALIKIČKAJA ALIČNI
 ZAŠTITA OD KLIZANJA MOTORNIH OSOVINA
 ELEKTRIČNIH LOKOMOTIVA

Zaštita od klizanja motornih osovina dobija sve veći značaj sa razvojem lokomotiva velikih snaga a relativno male atezione težine. Težnja da se vuku teški teretni vozovi, zahteva optimalno korišćenje atezije, to jest, razvijanje vučnih sila do atezione granice, uz mogućnost da se, pri nastalom klizanju, obezbedi njegova resorpcija i ponovno uspostavljanje atezije. Zbog toga se pri konstrukciji savremenih lokomotiva sve više pažnje posvećuje uređajima koji imaju za cilj najpre detekciju klizanja i zatim zaštitu u cilju resorpcije klizanja.

1. Pojam klizanja motorne osovine. - Ako se jedna motorna osovina, težine G_a , kreće po šinama, ona može razvijati izvesnu maksimalnu tangencijalnu silu F_{vr} , pre no što osovina počne da kliza na šini. Odnos:

$$f_a = \frac{F_{vr}}{G_a}$$

definiše se kao koeficijent atezije, za koji se, a priori, zna da nije konstantna veličina.

Savremena saznanja pokazuju da je obimna brzina motorne osovine, i u oblastima vučnih sila manjih od maksimalne, uvek veća od translatorne brzine. Razlika između ovih dveju brzina naziva se, obično, pseudoklizanje. Bez pseudoklizanja nije moguć prenos bilo kakve sile. Pri malim vučnim silama klizanje se javlja na vrlo maloj površini zadnjeg dela kontaktne površine točak-šina. Sa porastom vučne sile raste brzina klizanja kao i površina klizanja. Pri nekoj određenoj vrednosti vučne sile zona klizanja se proširuje na celu kontaktnu površinu. Dalje od ove vrednosti vučna sila se može još nešto malo povećavati, do maksimalne vrednosti

F_{vr} , počev od koje nastupa pravo klizanje i vučna sila koja se može preneti na obode motorne osovine opada naglo sa porastom brzine klizanja, što je predstavljeno na sl.1. Prema tome, usled dejstva tangencijalne sile na obodu motorne osovine javlja se pseudoklizanje koje, najpre, sporo raste. To je t.zv. mikroklizanje. Počev od jedne određene vučne sile, sa njenim daljim porastom, nastupa povećano klizanje, to jest makroklizanje. U jednom trenutku nastupa pravo klizanje i sila, koja se u tim uslovima može preneti na obode točkova, opada. Ako sa w označimo obimnu brzinu a sa v translatornu, klizanje možemo izraziti u apsolutnoj vrednosti:

$$s = w - v$$

ili, u odnosu na obimnu brzinu:

$$g = \frac{w - v}{w} = 1 - \frac{v}{w}$$

2. Detekcija klizanja. - Detekcija klizanja zasniva se, u principu, na merenju brzine svake motorne osovine. Iz poredjenja rezultata ovih merenja treba da usledi signal koji aktivira zaštitu od klizanja. Medjutim, direktno merenje brzine nije jednostavno. Primena tahometrijskih generatora nije prosta pa se, s toga, u ranijim realizacijama naročito, pribegavalo određivanju brzine indirektnim putem, koristeći se poredjenjem dveju električnih veličina: napona na krajevima motora ili struje motora. Tako je došlo do primene t.zv. diferencijalnih naponskih ili strujnih relea.

2.1. Diferencijalno naponsko rele. - Najprostiji način primene diferencijalnog naponskog relea prikazan je na sl.2. Primenjuje se kod redne veze vučnih motora, dakle kod sistema jednosmerne struje. Otpori r_1 i r_2 su jednaki i imaju veliku vrednost. Rele, prema tome, kontroliše razliku napona $U/2$ i napona koji postoji na krajevima motora. Ako jedan motor počne da kliza on prima na sebe veći napon i ravnoteža je poremećena. Ako se postave dva polarizovana relea, onda ovakav uređaj može da pokaže koji od vučnih motora kliza /sl.2b/.

2.2. Diferencijalno strujno rele. - Kada su dva motora paralelno vezana i napajana pod stalnim naponom U , onda se klizanje je-

dnog motora odražava smanjenjem struje u toj paralelnoj grani. Tada je moguće otkriti klizanje korišćenjem diferencijalnog strujnog relea, kod koga su namotaji postavljeni u kolu motora, kao što pokazuje sl. 3. Ovaj način je, kao i prethodni, vrlo prost i jednostavan. Medjutim, primena diferencijalnih relea ima sledeće nedostatke:

1. U pogonu postoje razlike u elektromehaničkim karakteristikama iste serije vučnih motora a postoje i razlike u prečnicima motornih točkova. Osim toga, pri velikim slabljenjima polja motora, teško je sačuvati potpunu jednakost magnetnih fluksova induktora i to utoliko više ukoliko su slabljenja veća. Zbog ovih razloga može doći do dejstva relea iako nema efektivnog klizanja.
2. U vezi sa napred rečenim, osetljivost relea predstavlja problem: ako su suviše osetljiva, ona mogu dejstvovati preveremeno. Nasuprot, ako su nedovoljno osetljiva, postoji opasnost da se ne signalise klizanje ili da se to učini sa zakašnjenjem.
3. Pri jednovremenom klizanju više osovine, relea su neefikasna. I pored gornjih nedostataka ova relea su primenjivana, naročito ranijih godina i imala su, uglavnom, indikativnu namenu. Obično se putem signalne lampe obaveštavao mašinovodja o klizanju motorne osovine uz istovremeno dejstvo peskare.

2.3. Detekcija klizanja poredjenjem brzine motornih osovine. - Ovde se radi o tome da se meri apsolutna brzina svake motorne osovine i da se odredi, za svaku od njih, ima li ili nema klizanja, poredjenjem ove brzine sa brzinom jedne osovine koja ne kliza. Ima dosta sistema sa kojima se ovo može postići i svaki od njih mora da sadrži:

- aparat za merenje brzine osovine, koji daje izvesnu veličinu, napon ili učestanost na primer, koja je proporcionalna ovoj brzini;
- uređjaj za detekciju, koji se sastoji od niza organa koji obezbeđuju poredjenje merenih veličina i izazivaju, u slučaju pojave klizanja, dejstvo zaštite protiv klizanja u pravom smislu reči.

Moguća je primena tahometrijskih generatora sa rotorom od permanentnog magneta. Brzina se dobija merenjem napona koji joj je proporcionalan. Primena alternatora je napuštena i zamenjena t.zv. kaptačima koji nemaju obrtnih delova. Detekcioni namotaj smešten je na glavnom polu vučnog motora. Promena fluksa, koje stvaraju

zupci indukta, indukuju u ovom detekcionom navojku naizmeničnu elektromotornu silu, čija se učestanost koristi za merenje brzine. Ovaj način je dosta primenjivan. Nezgoda je, međutim, u tome što zahteva postavljanje jednog namotaja čiji su provodnici malog preseka, sa osetljivim vezama u odnosu na robusni vučni motor. Umesto toga, može se na karтеру zupčanika postaviti, nasuprot zupčaniku, jedan kaptač. On je sačinjen, ustvari, od jednog permanentnog sa dva pola. Jezgro magneta nosi jedan namotaj na čijim se krajevima javlja naizmenični napon koji stvara promena reluktanse usled prolaza zubaca ispred polova. Učestanost ovog napona proporcionalna je brzini. Signal se dalje formira tako da se dobije, u krajnjem, sredni napon koji je proporcionalan brzini motornе osovine. Detekcija klizanja predstavljena je na sl.4. Naime, detekcija klizanja postiže se upoređenjem napona preko signala koji daju kaptači, postavljeni, kao što je rečeno, na karterima zupčanika dvaju vučnih motora. Odstupanje napona, koje odgovara pragu željene detekcije povlači, preko regulatora, dejstvo relea koje uključuje zaštitu od klizanja. Ovaj princip detekcije koristi se mnogo. Nedostatak mu je u tome što zahteva tariranje posle obrade bandaža točkova. Da bi se odstranio ovaj nedostatak koristi se šema predstavljena na sl.5. Kao što je rečeno, naizmenični signal, koji se dobija od kaptača, pretvara se u napon koji je proporcionalan brzini obrtanja točkova. Jednosmerni naponi, koji se dobijaju na izlazu kola za merenje brzine, upoređuju se međusobno. Napon greške, proporcionalan razlici brzina dveju motornih osovine, se pojačava. Polaritet tog napona omogućuje da se odredi osovine koja se brže obrće, to jest ona koja kliza. Izvod ovog napona omogućuje dobijanje signala koji je proporcionalan:

$$\frac{d(v_2 - v_1)}{dt}$$

Za konstantnu brzinu voza, razlika $v_2 - v_1$ je konstantna. Izvod po vremenu jednak je nuli. U slučaju klizanja, na primer, v_2 raste naglo u odnosu na v_1 . Funkcija $\frac{d(v_2 - v_1)}{dt}$ ima veliku vrednost i može biti detektovana.

da je
Kada nema klizanja, pri konstantnoj brzini, bilo kakav prečnik točkova, $d(v_2 - v_1)/dt$ jednako je nuli i nema nikakvog dejstva. Pri klizanju u slučaju ubrzanja voza, $v_2 - v_1$ raste sporo, ako se pre-

čnici točkova malo razlikuju. Tako, ubrzanje ostaje malo i se ne može detektovati.

Prema tome, ovakav uređaj je osetljiv samo na nagle promene brzine jedne motorne osovine u odnosu na drugu. Dejstvo razlike točkova na uređaj se ne ispoljava.

Može se dogoditi da pri dužem velikom klizanju $d(v_2 - v_1)/dt$ postane malo i sistem ne dejstvuje. Zbog toga se primenjuje sistem detekcije čiji se prag osetljivosti može regulisati i učiniti potpuno neosetljivim na razliku prečnika motornih točkova.

2.4. Uslovi koje mora ispuniti zaštita. - Bilo kakav da je sistem zaštite, on mora da ispuni izvesne uslove da bi bio efikasan i to prvenstveno:

- mora biti selektivan, to jest, mora tačno identifikovati motornu osovinu koja kliza;
- mora dejstvovati tako da svojim dejstvom ne ometa rad drugih motornih osovinu;
- sve dok ne prestane klizanje, graduator napona ne sme se kretati u smeru povećanja napona napajanja vučnih motora;
- detekcija mora biti brza a da pri tom druge osovine ne utiču na motornu osovinu koja kliza bili različitim elektromehaničkim karakteristikama, bilo različitim prečnicima motornih točkova ili drugim;
- kad prestane klizanje, ponovno povećanje vučne sile mora biti postupno, nikako naglo.

3. Sredstva zaštite od klizanja. - Ova sredstva su mnogobrojna. Klasično i najviše primenjivano sredstvo jeste peskiranje šina. Ono podiže znatno krivu adhezije koja odgovara vlažnim šinama tako da se ona približava srednoj krivoj bez peska. Nasuprot, kada su atmosferski uslovi dobri, peskiranje nema uticaja na krivu adhezije i ne poboljšava je. Iako na prvi pogled izgleda vrlo jednostavno, nije lako konstruisati efikasnu peskaru. Pesak, sa svoje strane, mora ispuniti izvesne uslove u pogledu sastava, granulacije, tvrdoće i stepena vlažnosti. Peskiranje stvara i izvesne teškoće: malo je efikasno pri velikim brzinama, oštećuje šine i bandaže točkova i stvara probleme izolacije kod električnih kola koja koriste šine ako je potrošnja peska velika. Zbog toga treba ograničiti korišćenje peska samo na ona mesta gde stvarno postoje

loši uslovi athezije. Mnoga sredstva su isprobana u cilju povećanja koeficijenta athezije točak-šina ali sa slabim uspehom: hemijski deterdženti za premaz šina, električno varničenje između motornog točka i šine i mehaničko čišćenje šina.

Neke železničke uprave koriste t.zv. kočnicu protiv klizanja. Kod vozila sa mehaničkom karakteristikom koja ima blagi nagib zaletanje osovine može se sprečiti koristeći lako kočenje motornog točka u trenutku kada otpočinje klizanje. Ovo sredstvo se može koristiti i u preventivne svrhe u trenutku kada je potrebno razviti velike vučne sile na obodu točkova. U tom slučaju kočenje se primenjuje intermitentno, tako da se ne smanjuje znatno srednja sila pri polasku a da se, ipak, na vreme spreči zaletanja.

Jedno od vrlo efikasnih sredstava zaštite je šantiranje indukta motora koji kliza. Ovo naročito kod lokomotiva jednosmerne struje sa klasičnom šemom, to jest reostatskim polaskom i redno-paralelnim vezivanjem motora. To omogućuje da se spreči zaletanje motora pri rednoj vezi.

Kao što je poznato, vučna sila motora proporcionalna je fluksu induktora i struji indukta. Da bi se ona smanjila može se dejstvovati bilo na jednu bilo na drugu veličinu. Ali, efikasnije je dejstvovati na struju indukta nego na struju induktora. Prema tome, vezujući paralelno sa induktom jedan otpor, može se postići smanjenje struje kroz indukt pa time i vučne sile.

Treba napomenuti da za vreme klizanja kontraelektromotorna sila može dostići vrlo velike vrednosti. Ako se u tom trenutku kolo indukta zatvori preko jednog otpora vrlo male vrednosti, može doći do promene uloge mašine, to jest do generatorskog rada: struja koja prolazi kroz indukt menja smer i motor je naglo zaustavljen. Zbog toga otpor mora imati dovoljno veliku vrednost da bi se izbegla ova nezgoda. Vrednost otpora mora, prema tome, biti prilagodjena u zavisnosti od napona na krajevima indukta, to jest, mora, u krajnjem, biti funkcija stupnja vožnje na kome se lokomotiva nalazi u periodu polaska. Obično lokomotiva ima, pri rednoj vezi, nekoliko vrednosti otpora za šantiranje, zavisno od stupnja vožnje.

Ukupna struja koja prolazi kroz induktor, koja je zbir struja kroz indukt i šant, menja se vrlo malo u odnosu na svoju početnu vrednost. Šantiranje indukta omogućuje da se održi struja kod drugih, na red vezanih motora.

Na sl. 6 predstavljena je jako uprošćena šema koja pokazuje kako

se izvodi šantiranje indukta koristeći u tu svrhu otpornik za puštanje u rad, koji je bio eliminisan. Građuator za eliminisanje otpora, takodje, je jako uprošćen: GR_{1a} i GR_{1b} s jedne strane i GR_{2a} i GR_{2b} s druge strane isključuju otpor ostavljajući mogućnost ponovnog korišćenja isključenog dela. Kao što se vidi, šema je predstavljena za slučaj rada zaštite od klizanja na prvom obrtnom postolju.

4. Zaštita od klizanja lokomotive JŽ 461. - Zaštita od klizanja deluje u dva stepena. Prvi stepen zaštite aktivira se pri malim brzinama klizanja a drugi stepen pri velikim brzinama klizanja.

Dejstvo prvog stepena zaštite obuhvata jednovremeno:

- aktiviranje elektropneumatskog ventila, koji uključuje u rad peskare;
- zaustavljanje građuatora napona u svom kretanju naviše u slučaju da mašinovođa komanduje kretanje građuatora naviše;
- aktiviranje elektropneumatskih ventila za ubacivanje vazduha u kočne cilindre.

Ako posle delovanja prvog stepena zaštite od klizanja ne dodje do prekida klizanja točkova, tada treba da stupi u dejstvo drugi stepen zaštite.

Dejstvo drugog stepena zaštite obuhvata:

- anuliranje dejstva prvog stepena zaštite;
- komandu za kretanje građuatora naniže, što dovodi do sniženja napona na izvodima transformatora za napajanje vučnih motora od približno 46/s.

Na sl.7 data je blok šema zaštite od klizanja na kojoj su predstavljeni:

- AH - namotaj indukta vučnog motora
- EF - namotaj induktora vučnog motora
- 16.1 - namotaj prigušnice
- a_1-b_1 - sekundarni namotaj glavnog transformatora, na čijim se krajevima napon menja u skokovima: $[49 + /k-1/ 23]$ Volta, gde je k položaj građuatora napona $k = 1-40$
- S1.10 - kratkospajач
- S1.11 - impulsni transformator za S1.10
- T 9.1 - strujni transformator 2000/5 A
- S7.38.1 - prekostrujna zaštita koja isključuje glavni prekidač pri 1650 A

S7.45.1 - strujni transformator sa prenosnim odnosom 1/6

S7.45.7 - strujni transformator sa tri namotaja i prenosnim odnosom 6/1 i 6/0,006

\bar{A} - ampermetar u upravljačnicama A i B, koji meri srednju struju šest vučnih motora:

$$\bar{A} = \frac{\sum_{K=1}^{K=6} I_K}{K}$$

A_D - ampermetar u upravljačnicama sa indikativnom ulogom, to jest, pokazivanjem stepena klizanja:

$$A_D = \sum_{K=1}^{K=6} |D_K|$$

gde je D_K srazmerno sa razlikom između zbira svih struja i šestostruke struje pojedinih motora

S7.37:1 - pojačavač

S7.37:9 - rele 1 zaštite od klizanja, reaguje za 50 ms

S7.37:11 - rele 2 zaštite od klizanja, reaguje sa usporanjem 2 s

S7.37.12 - pomoćni rele za S7.37.11, reaguje za 30 ms

F1.2:18 - taster prekidača zaštite od klizanja, kojim se aktivira rele S7.37:9.

U slučaju nejednakih struja vučnih motora na naizmjeničnoj strani usmerače:

$$I_1 \neq I_2 \neq I_3 \neq I_4 \neq I_5 \neq I_6$$

meri se zbir usmerenih struja, srazmernih strujama vučnih motora. Svaka od ovih šest vrednosti predstavlja, ustvari, razliku između zbira šest vrednosti struja i šestostruke vrednosti struje pojedinih motora.

Ovako definisan zbir moguće je izmeriti uz pomoć transformatora S7.45:7 i šest usmeračkih mostova. Zbir struja se zatim šalje u pojačavač S7.37:1 iz koga se dobijaju komande, kao što je napred objašnjeno, u zavisnosti od veličine zbira. U slučaju da su struje na naizmjeničnoj strani usmerače međusobno jednake, tada je zbir $A_D = 0$ i zaštita ne reaguje.

Nedostaci ovakve zaštite su sledeći:

- način utvrđivanja klizanja točkova motornih osovina nije direktan, selektivan i precizan;

komande, takođe, nisu selektivne;

- ukupno vreme reagovanja zaštite je suviše veliko.

Zaštita od klizanja lokomotive JŽ 441 izvedena je u većem delu kao i napred opisana. Detaljniji opis dat je u članku: L'utilisation d'adhérence des locomotives électriques et la détermination du poids remorqué, Publikacije Elektrotehničkog fakulteta, 1975, 56.

5. Zaštita od klizanja lokomotive JŽ 342. - I ovde zaštita od klizanja deluje u dva stepena. Prvi stepen zaštite se aktivira pri porastu brzine klizanja /ubrzanje 1 m/s^2 / i obuhvata jednovremeno:

- aktiviranje elektropneumatskog ventila koji propušta vazduh u kočni cilindar osovine koja kliza /pritiskak oko 1 at./ čime se osovina koči;
- aktiviranje elektropneumatskog ventila koji uključuje u rad peskare za osovine oba postolja;
- paljenje signalne lampe.

Ako se porast brzine klizanja posle delovanja prvog stepena zaštite dovoljno ne smanji, tada stupa u dejstvo drugi stepen zaštite u kome se:

- aktivira elektropneumatski ventil koji propušta vazduh u kočioni cilindar osovine koja kliza, sa pritiskom od 5 at., čime se povećava snaga kočenja u odnosu na prvi stepen zaštite;
- i dalje drže uključene peskare;
- i dalje drži upaljena signalna lampa.

Principiska šema zaštite data je na sl. 8. Svaka motorna osovina nosi tahometrijski generator DT čiji je napon proporcionalan brzini. Prema tome, svako ubrzanje dv/dt transformiše se u izvod napona dU/dt . Kolo detekcije je, prema tome, osetljivo na promenu napona.

Kada dodje do klizanja motorne osovine na krajevima tahometrijskog generatora ima se dU/dt zbog čega će kroz otpor R_1 proteći struja čiji je intenzitet $C \cdot dU/dt$. Ova struja ima takav smer da blokira tranzistor T_1 koji je normalno zasićen strujom koja teče kroz P_2 i R_2 . Varirajući P_2 menja se struja polarizacije tranzistora T_1 i tranzistor će biti zasićen sve dok struja $C \cdot dU/dt$ ne bude dostigla vrednost same struje polarizacije. Regulisanjem P_2 može se, prema tome, odrediti vrednost ubrzanja iznad koje nastupa intervencija uređaja protiv klizanja. Da bi se obezbedila stalnost ubrzanja pri promeni napona baterije stabilnost napona obezbeđuje se pomoću Zener-ove diode DZ. Blokirajući tranzistor

T_1 deblokiraju se tranzistori T_2 i T_3 pobudjujući elektropneumatske ventile E_1 i E_2 . Da bi se otklonile nepoželjne intervencije, nastale usled veoma kratkotrajnih ubrzanja, čije su vrednosti iznad unapred određene, a koja su izazvana nekim drugim uzrocima, pribegava se izvesnom zakašnjenju pri uspostavljanju struje $C \, dU/dt$, koja blokira tranzistor T_1 . Ovo zakašnjenje se može menjati pomoću potenciometra P_1 .

Prema tome, da bi došlo do intervencije uređaja, ubrzanje treba da zadovolji dva uslova:

- da bude apsolutno iznad unapred određene minimalne vrednosti /pomoću P_2 /;
- da traje više od unapred određenog vremena, koje je reda 0,1 do 0,2 s /zavisi od P_1 /.

Šta se postiže u pogledu vučnih karakteristika predstavljeno je na sl.9. Nacrtane su sledeće karakteristike: normalna athezija /1/, vučna sila /2/, smanjena athezija /3/ i rezultujuća sila /4/. U trenutku kada nastaje smanjena athezija /kriva 3/, karakteristika vučne sile motora je iznad dozvoljene, zbog čega nastaje ubrzanje veće od onoga koje je dozvoljeno. U vremenu od tri deseta dela sekunde namotornu osovinu deluje sila kočenja F_k čija se vrednost oduzima od sile motora. Na taj način dobije se rezultujuća karakteristika sile /kriva 4/ nešto ispod krive snižene athezije. Kriva smanjene athezije i kriva karakteristike vučne sile, pa prema tome i rezultujuća karakteristika, su za veliki broj motora skoro paralelne. Najčešće, kada su mesta smanjene athezije kratke dužine, ovo dejstvo je dovoljno da se uspori motorna osovina i ponovo uspostavi athezija. Pošto je usporena motorna osovina, detektor istovremeno utiče na elektroventil tako da nestaje sila kočenja. Budući da je od početka klizanja do dejstva sile kočenja prošlo svega 0,3 s, brzina klizanja, nastala usled ubrzanja zbog poremećaja athezije, je reda 2 do 4 km/h. Za ovaj red veličine brzine, smanjenje vučne sile je minimalno. Može se čak reći da je u toku faze korekcije motorna osovina koristila maksimalnu atheziju.

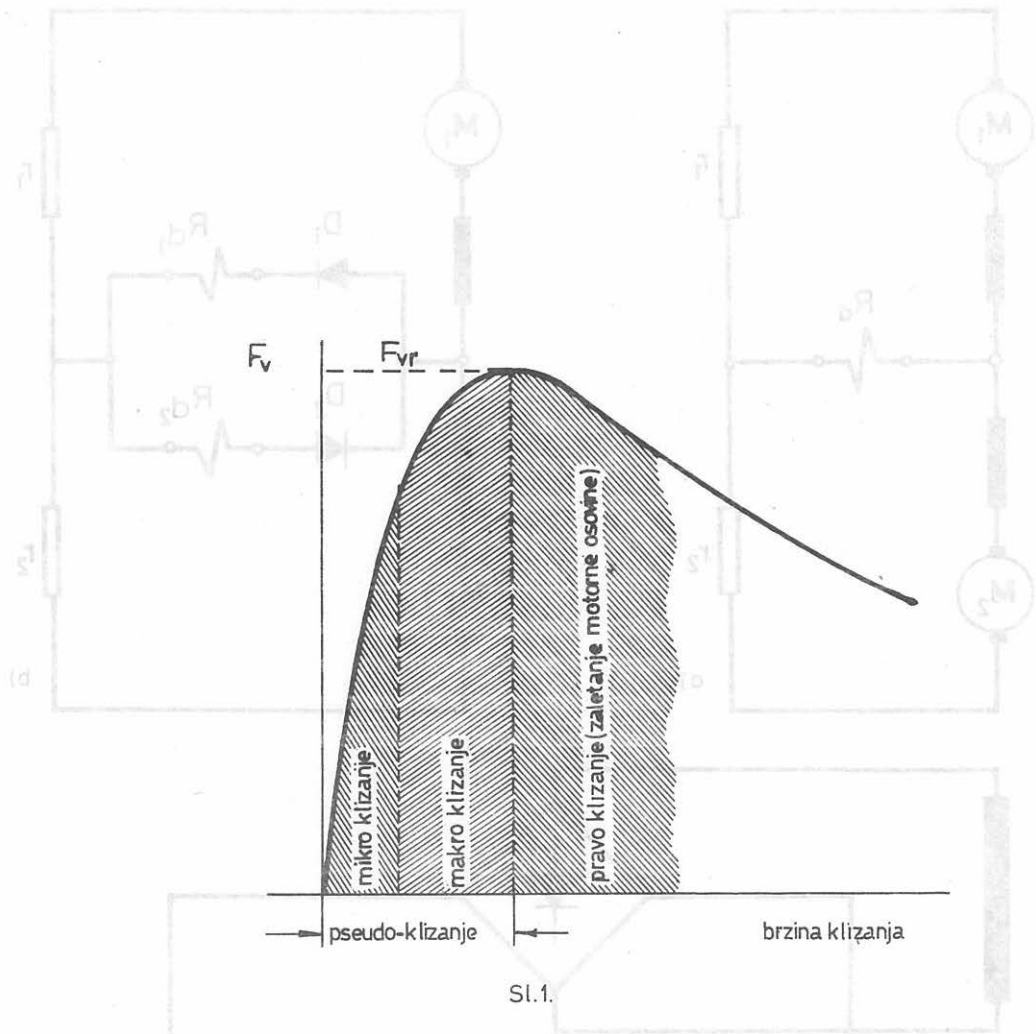
Ovaj sistem zaštite ima sledeće dobre osobine:

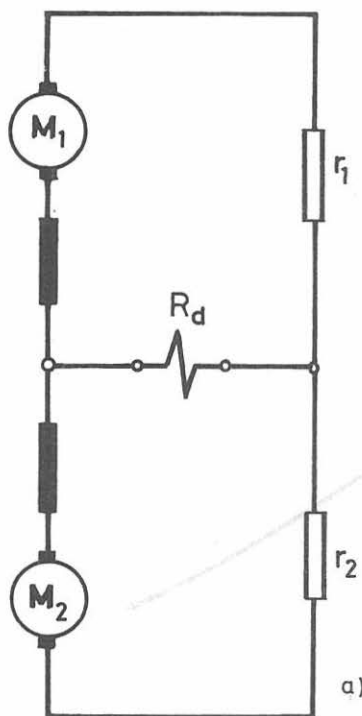
- ne menjaju se električni uslovi rada ostalih motornih osovina;
- nema prelaznih pojava, koje mogu nepovoljno uticati na rad vučnih motora, posebno na komutaciju;
- moguće je postići fino regulisanje sile kočenja.

6. Zaključak.- Načini realizacije zaštite od klizanja dosta se u svetu razlikuju.No bez obzira kako je izvedena,zaštita mora da bude selektivna,da dejstvuje brzo i da svojim radom ne ometa rad drugih motornih osovina.Efikasna zaštita olakšava rad mašimovodje, smanjuje potrošnju peska, smanjuje habanje bandaža točkova i šina,povećava vek trajanja vučnih motora i što je najvažnije omogućuje bolje korišćenje athezije.Bolje iskorišćenje athezije znači povećanje težine vozova,koje može dostići i 15 % pri brižljivo izvedenoj zaštiti.

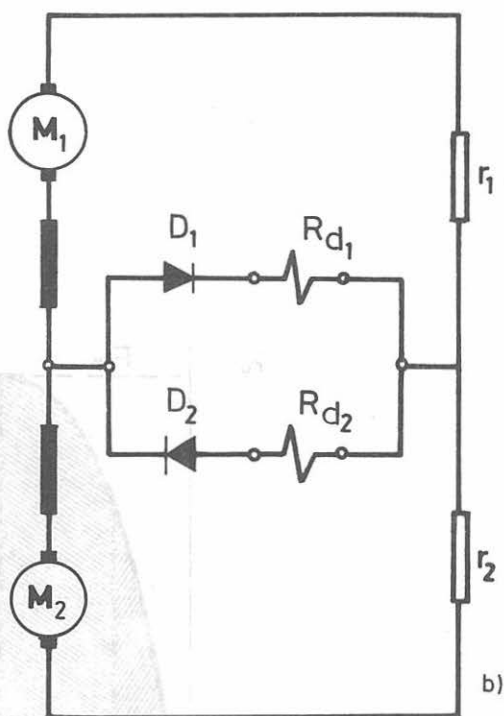
LITERATURA:

- 1.VERBEECK:Connaissances actuelles de l'adhérence et de son utilisation,RAIL INTERNATIONAL,1973,N.5.
- 2.COSSIE:L'évolution des dispositifs d'antipatinage,R.G.C.F. 1973,N.9.
- 3.NOUVION-BERNARD:Connaissances nouvelles sur l'adhérence des locomotives électriques,R.G.C.F.1961,N.3.
- 4.MARTINELLI:Mezzi per realizzare locomotive ad elevata utilizzazione dell'aderenza,RIVISTA ASG,1964,N.4.
- 5.RADOJKOVIĆ:Poboljšanje osnovnih karakteristika električnih lokomotiva putem automatskog upravljanja,SAOBRAĆAJ I SREDSTVA,1970,N.3.



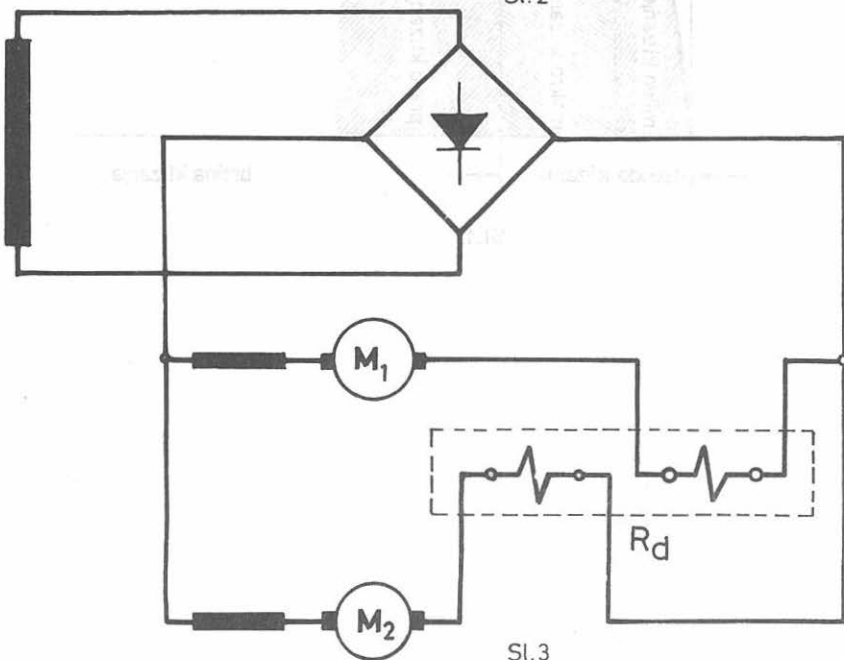


a)

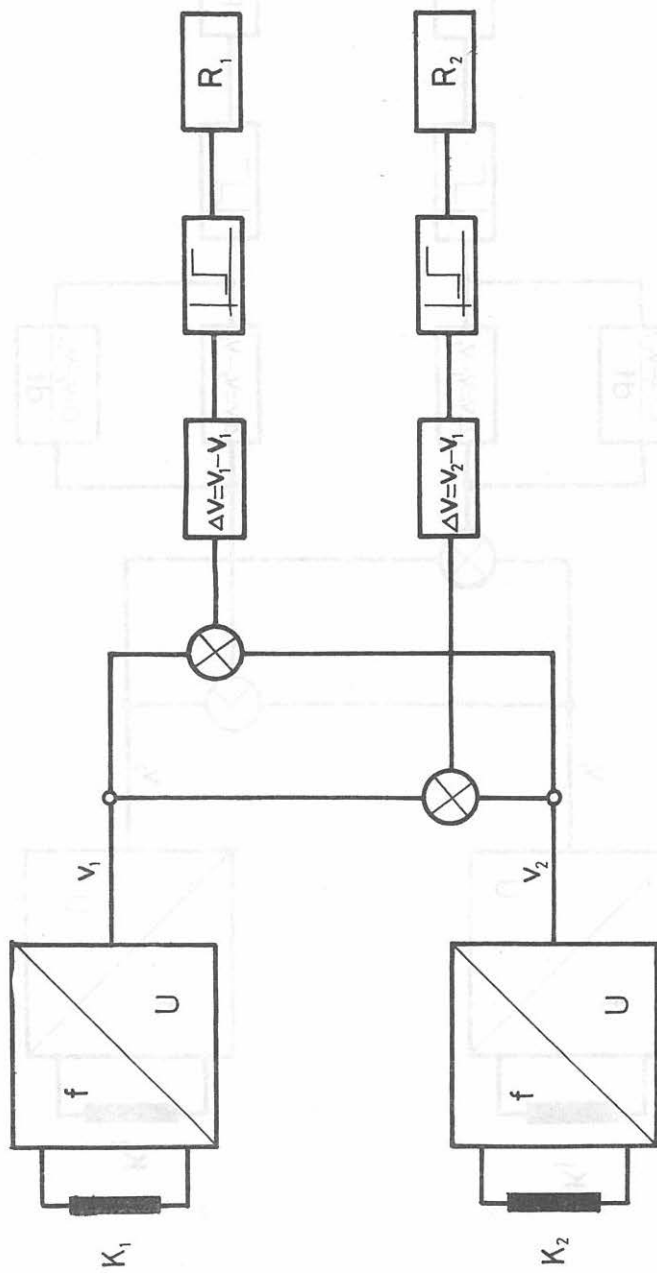


b)

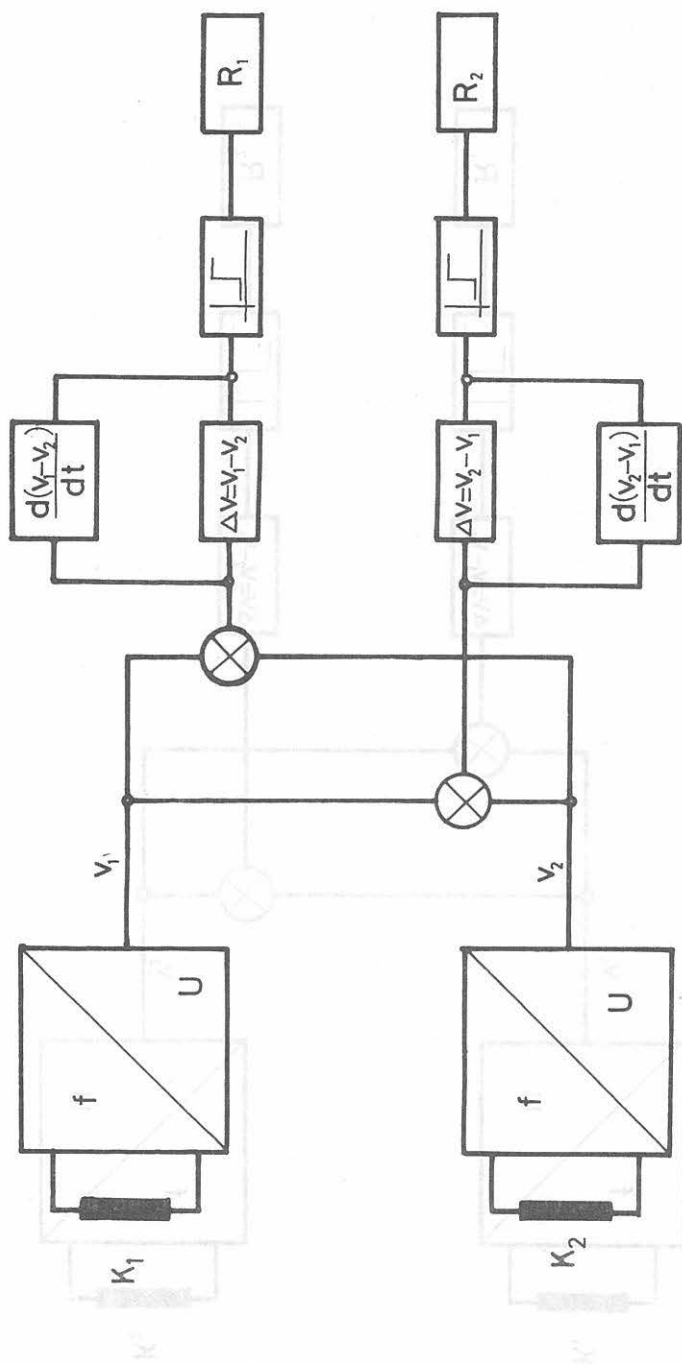
Sl. 2



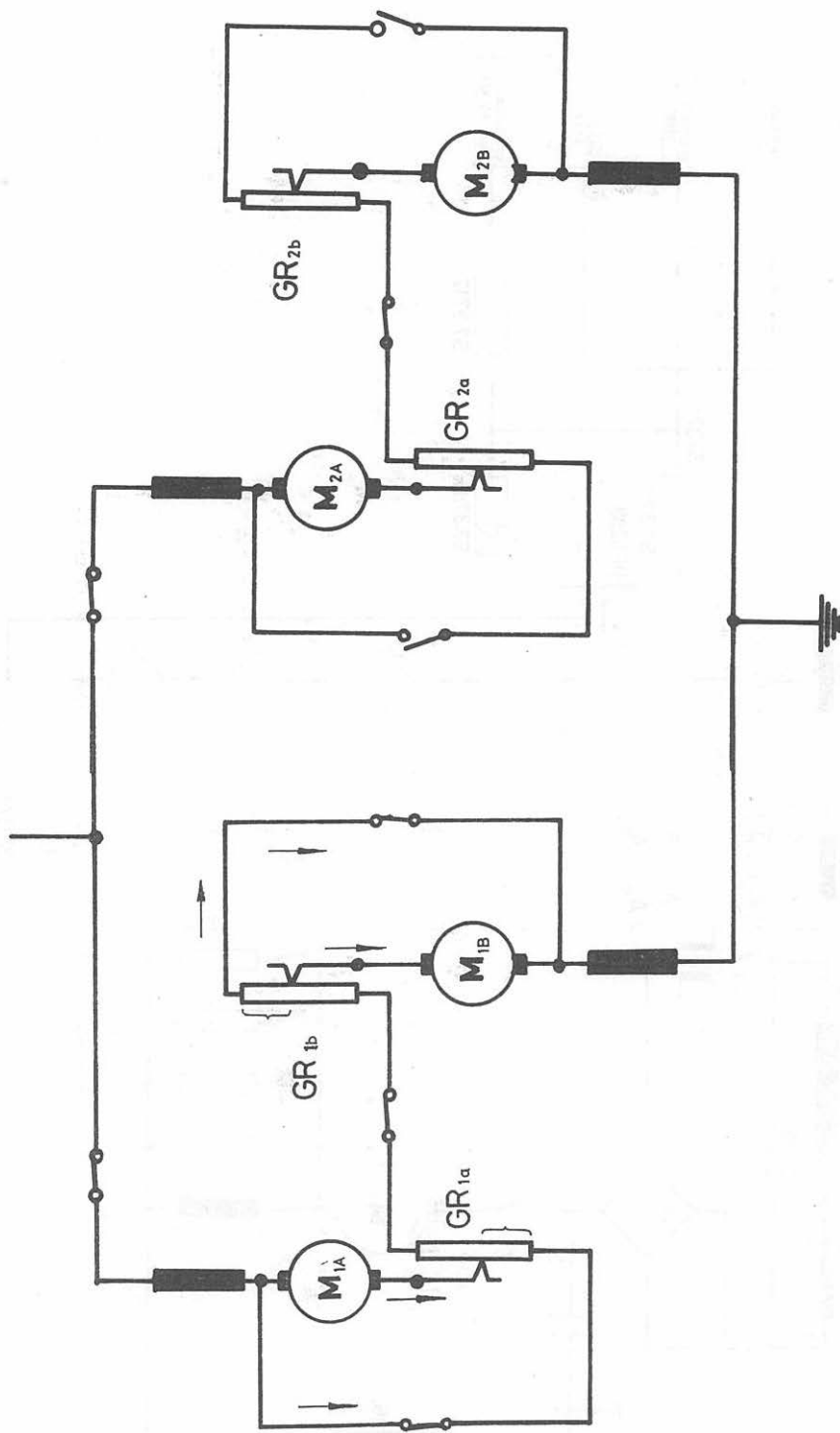
Sl. 3



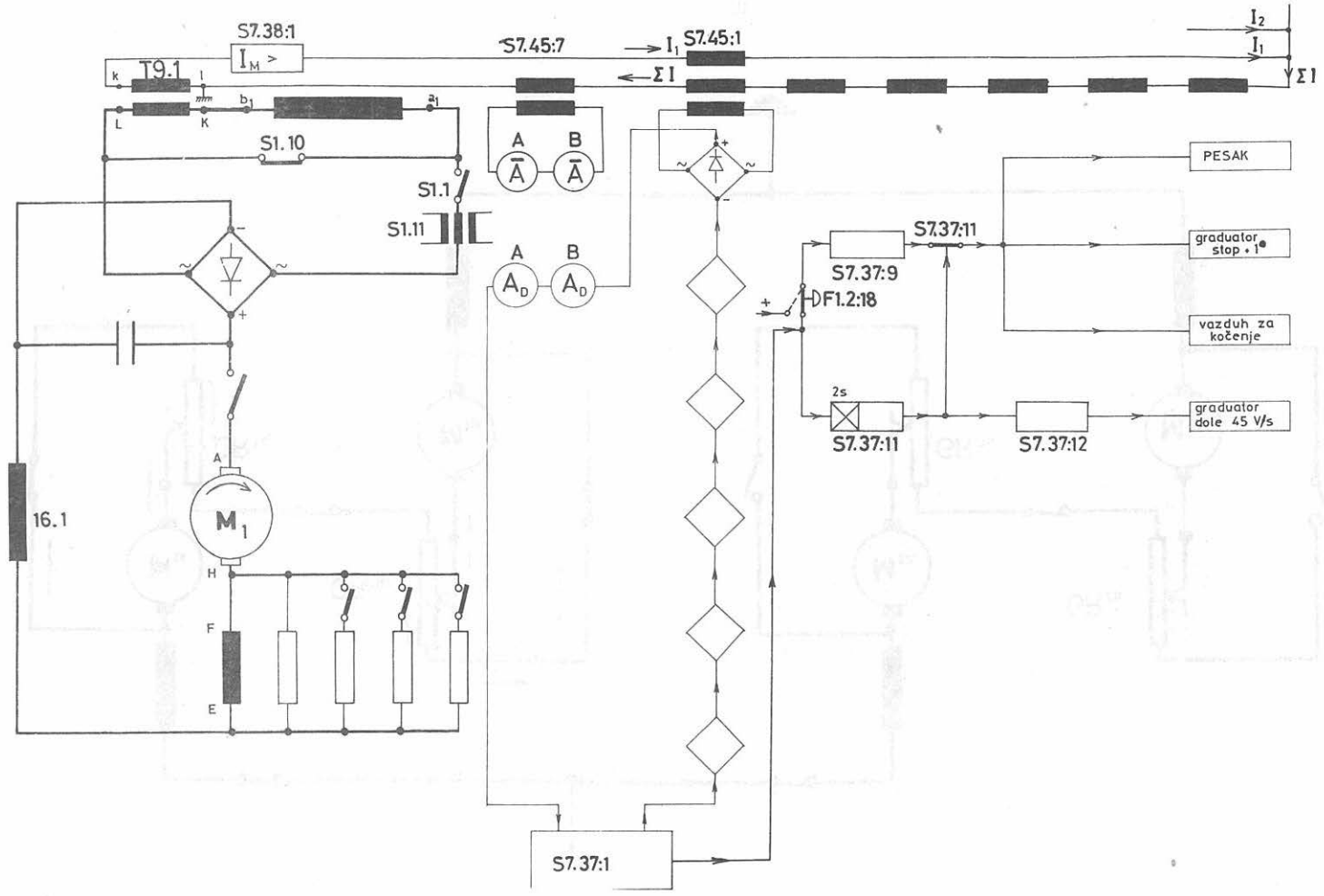
Sl. 4.

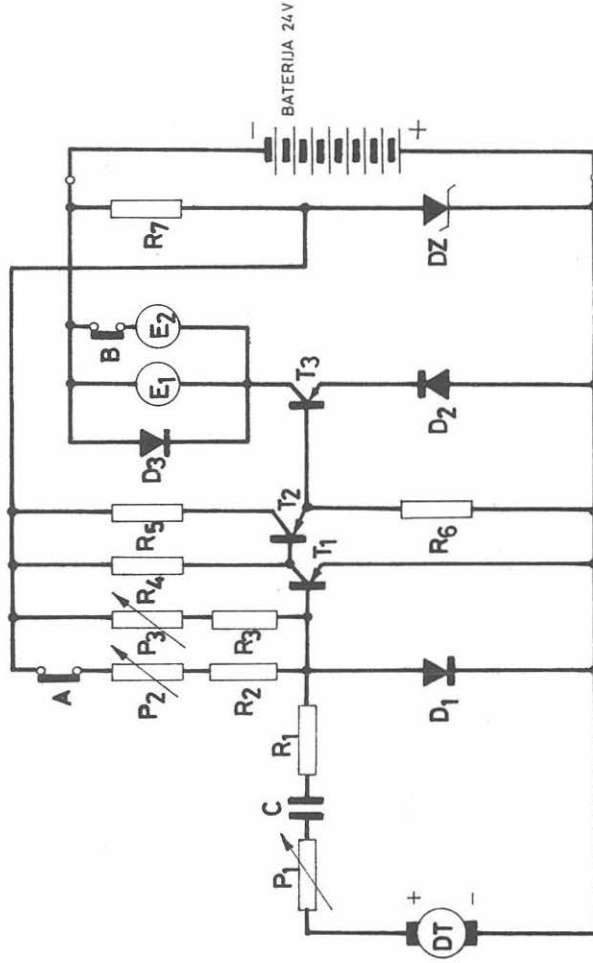


SI.5.

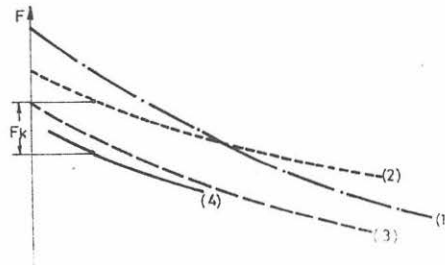


Sl.6

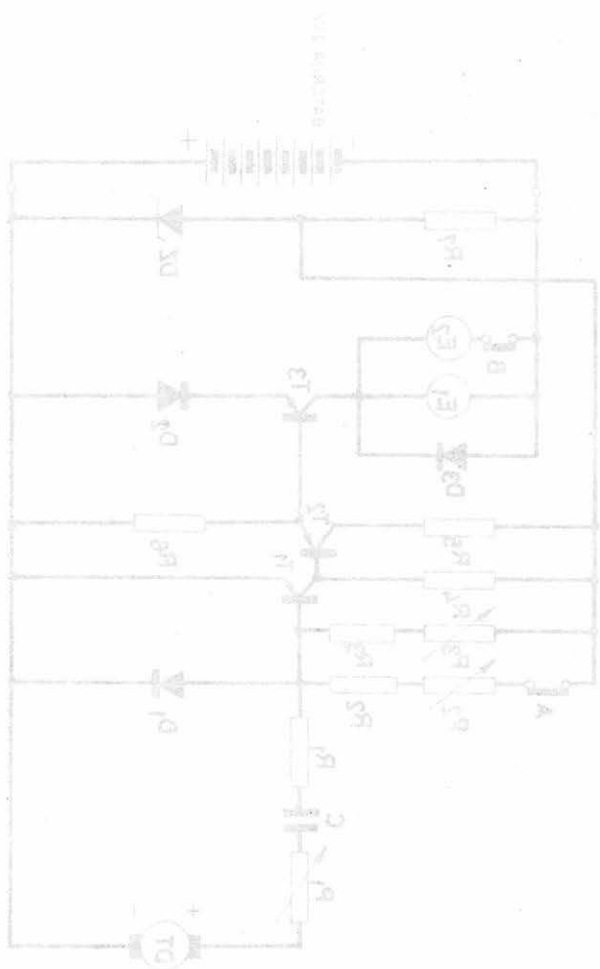




SI. 8.



SI. 9.



8.12

8.12

