

PANJEVIĆ DJORDJE dipl.ing.
MITROVIĆ SAVO dipl.ing.
SEVER - Subotica

JEDNO REŠENJE UPRAVLJAČKE ELEKTRONIKE
ČOPERA ZA ELEKTROVILJUŠKAR

A SOLUTION OF CONTROL ELECTRONICS FOR
CHOPPER IN ELECTRIC FORK LIFT TRUCKS

Sadržaj:

U članku je prikazano jedno optimalno rešenje upravljačko regulacione elektronike čopera za elektroviljuškar. Dat je opis osnovnih funkcija koje su realizovane upravljačko regulacionom elektronikom. Posebno je analiziran rad elektronskog kola za stvaranje impulsa promenljive frekvencije i širine. Razmatranje osnovnih funkcija i elektronskih kola ilustrovano je rezultatima ispitivanja na realizovanom uređaju.

Abstract:

The article provides an optimal solution of control electronics for chopper in electric fork lift trucks. A description of the basic functions has been given which are solved with the help of control electronics. Special analysis has been provided regarding pulse formation with variable frequency and width. The basic functions and electronic circuits are illustrated with the results of tests on the constructed device.

1. UVOD

Upravljačko regulaciona elektronika čopera za elektroviljuškar prema slici 1., sadrži sledeće osnovne podsklopove koji se u funkcionalnom pogledu mogu podeliti na:

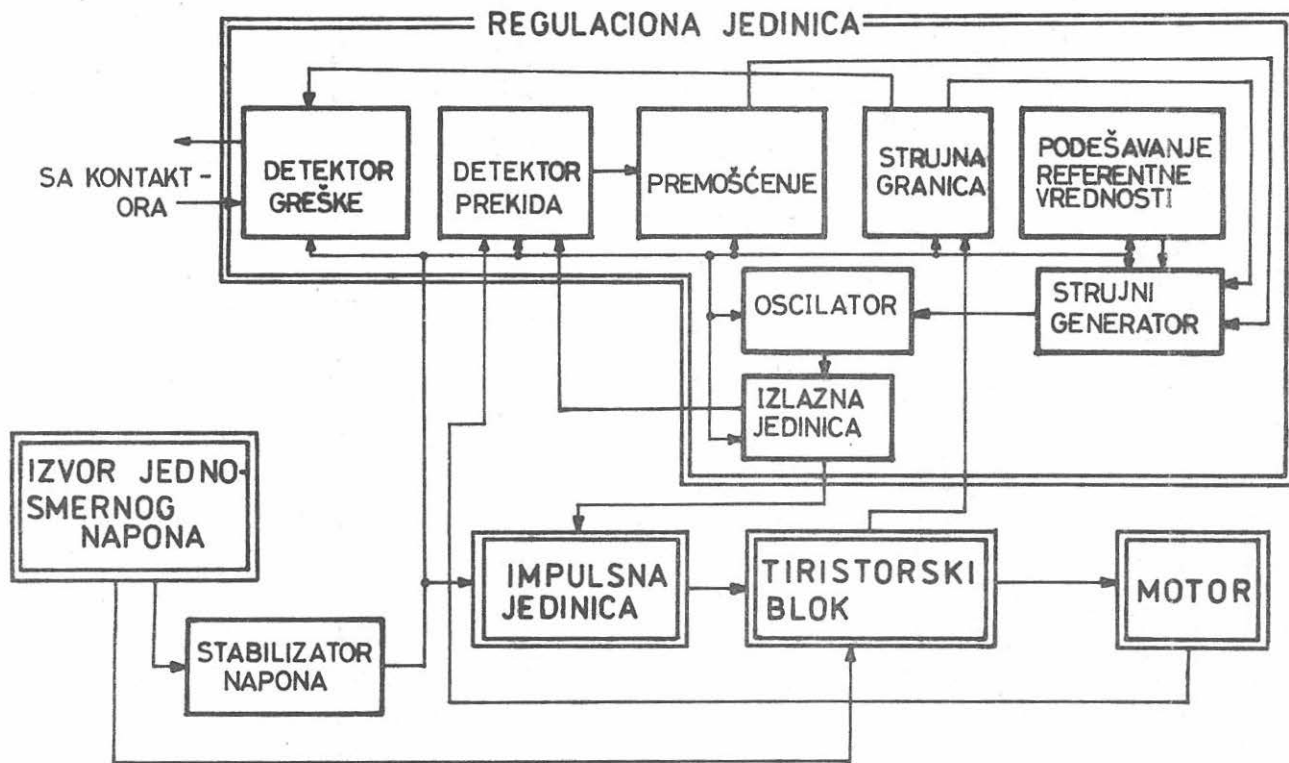
- jedinicu za napajanje
- jedinicu za detekciju grešaka
- jedinicu za detekciju prekida
- jedinicu za podnaponsku zaštitu
- jedinicu za temperaturnu zaštitu
- jedinicu za ograničenje struje motora
- strujni generator
- oscilator

2. OPIS FUNKCIJA UPRAVLJAČKE I REGULACIONE ELEKTRONIKE

Za navedene sklopove u daljem dajemo opis svih osnovnih funkcija

Jedinica za napajanje

Jedinica za napajanje iz napona akumulatorske baterije 24V stvara stabilan napon +10V za napajanje impulsne i regulacione jedinice. Iako je napon akumulatorske baterije promenljiv jedinica za napajanje obezbedjuje stabilan izlazni napon bez obzira na promene napona baterije.



Sl.1. Blok šema upravljačkoregulacione jedinice

Jedinica za detekciju grešaka

Elektronski sklop za detekciju grešaka omogućuje rad oscilatora, odnosno paljenje tiristora i time i pojavu napona na motoru samo u slučaju ako su ispunjeni svi preduslovi koji se obezbeđuju pratećom elektroopremom kao i u slučaju da u celom sistemu pogona sa čoperom nema grešaka za čije je otkrivanje ovaj elektronski sklop i projektovan.

Jedinica za detekciju grešaka omogućuje pojavu napona na motoru samo u slučaju ako je: izvršen izbor smeru vožnje uključenjem preklopnika, deaktivirana ručna i nožna kočnica, napon napajanja ima dovoljno veliku vrednost i struja vučnih motora manja od granične vrednosti.

Jedinica za detekciju prekida

Jedinica za detekciju prekida ima za zadatak da blokira rad elektronike odnosno da blokiranjem vodjenja tiristora onemogući pojava napona na motoru u slučaju postojanja prekida u energetskom krugu motora.

Prekidi koji su posledica upravljanja samim pogonom su: reverziranje smeru, uključanje kočnica, zaustavljanje vozila otpuštanjem pedale, okretanje, kao i sve vrste grešaka koji su posledica upravljanja i koje otkriva jedinica za detekciju grešaka.

Prekidi koji su posledica neispravnosti rada pogona su sve ostale vrste kvarova zbog kojih na motoru nema napona ili je njegov nivo neodgovarajući ili pak dovodjenje naponskih impulsa na motor nije u sinhronizmu sa regulacionom jedinicom. Ovde spadaju i svi ostali kvarovi koji dovode do neželjenog ispada kontaktora. Osim toga ovo kolo detektuje kvarove koji su posledica nenapunjenosti kondenzatora za gašenje glavnog tiristora tj. omogućuje rad pogona samo u slučaju kada je kondenzator za gašenje napunjen na određenu vrednosti.

Jedinica za podnaponsku zaštitu

Jedinica za podnaponsku zaštitu služi da blokira rad oscilatora u slučaju da napon napajanja padne ispod određene granice. To štiti akumulatorske baterije od prekomernog pražnjenja a samim tim produžava im vek trajanja.

Jedinica za temperaturnu zaštitu

Temperaturna zaštita omogućuje zaštitu tiristora od pregrevanja. Jedinica za temperaturnu zaštitu utiče na struju strujnog generatora tako da smanjenje struja strujnog generatora što dovodi do smanjivanja odnosa impuls/pauza a time do smanjivanja srednje vrednosti izlaznog napona, odnosno do smanjenja struje kroz tiristor.

Jedinica za ograničenje struje motora

Ovo elektronsko kolo ima za zadatak da struju motora održava u dozvoljenim granicama bez obzira na uslove eksploatacije i time da štiti ceo pogon od preopterećenja. Signal, proporcionalan veličini struje kroz motor, uzima se sa šenta i preko jedinice za ograničenje struje motora utiče na struju strujnog generatora tako da se smanjuje struja motora.

Osim toga, kada struja motora predje određenu maksimalnu vrednost kolo za ograničenje struje motora deluje na jedinicu za detekciju grešaka te se vrši potpuno blokiranje pogona bez obzira na smer vožnje.

Strujni generator

Osnovne funkcije strujnog generatora su: zadavanje referentnog signala željene brzine kretanja vozila, pretvaranje naponskog signala referentne vrednosti u strujni signal koji je za datu vrednost

ulaznog naponskog signala konstantan, smanjenje veličine izlaznog strujnog signala u funkciji promene struje motora, dovodjenje izlaznog strujnog signala na nultu vrednost u slučaju ne sinhronizovanosti signala iz oscilatora odnosno impulsne jedinice i napona na motoru, dovodjenje izlaznog signala na nultu vrednost u slučaju pada napona napajanja ispod određene vrednosti i smanjenje srednje vrednosti napona na motoru u funkciji promene temperature rashladnog tela tiristora.

Oscilator

Signal iz strujnog generatora u oscilatoru se pretvara u impulse određenog trajanja i frekvencije.

Osnovne funkcije oscilatora su:

- da u zavisnosti od struje strujnog generatora, generiše na svom izlazu impulse koji se preko impulsne jedinice vode na tiristore
- da obezbedi projektovanu funkcionalnu zavisnost frekvencije impulsa (promenljivi su dužina trajanja pauze i dužina trajanja impulsa) u zavisnosti od struje strujnog generatora odnosno položaja potenciometra za referentnu vrednost brzine kretanja viljuškara
- da u sadejstvu sa jedinicom za detekciju prekida obezbedi sinhronizovanost u normalnom režimu rada
- da u sadejstvu sa jedinicom za detekciju grešaka, onemogućuje pojavu impulsa na svom izlazu u slučaju pojave greške
- da onemogućuje pojavu impulsa na svom izlazu u svim slučajevima blokade rada strujnog generatora.

Impulsna jedinica

Osnovna funkcija impulsne jedinice je da impulse koje dobija iz regulacione jedinice (tj. iz oscilatora) "raspodeli" na glavni tiristor i tiristor za gašenje. Impulsna jedinica treba da obezbedi da se nailaskom svakog impulsa iz regulacione jedinice upali glavni tiristor a nailaskom pauze upali tiristor za gašenje.

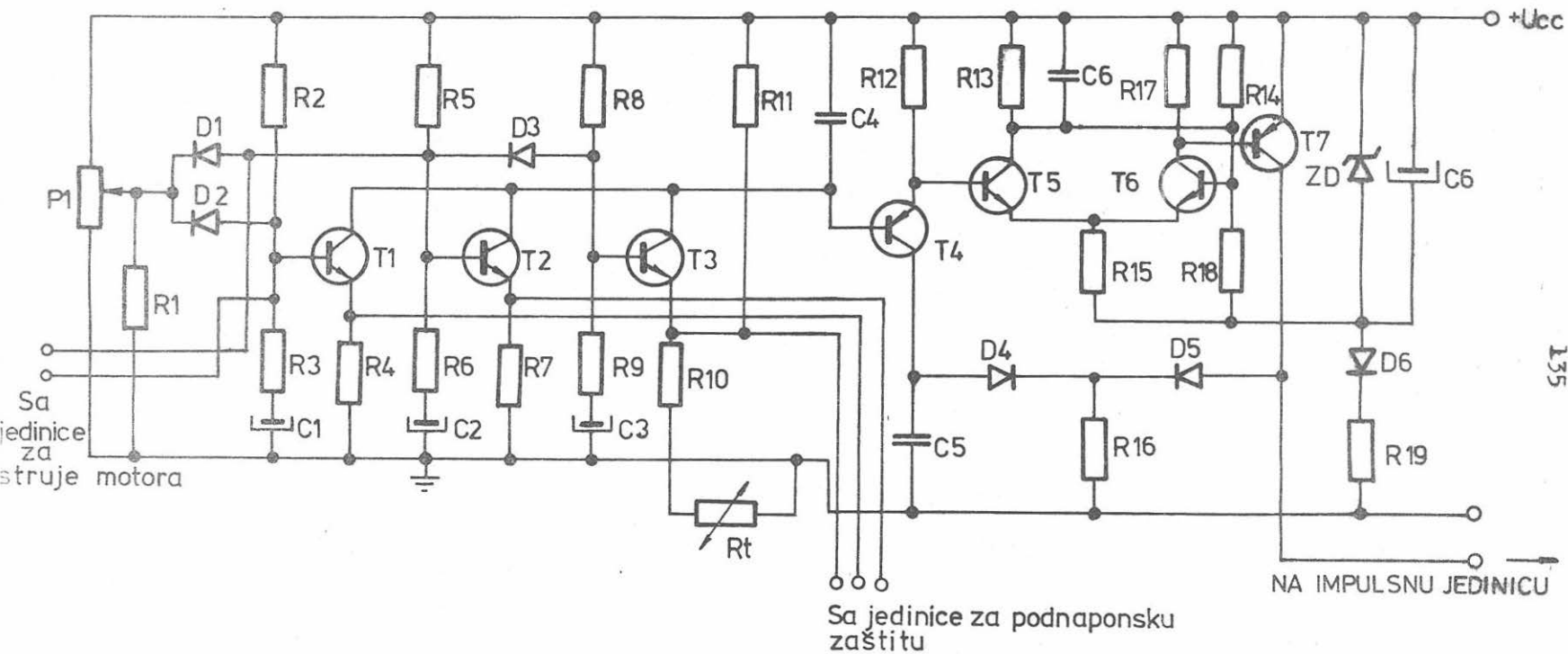
3. OPIS ELEKTRONSKOG REŠENJA STRUJNOG GENERATORA I OSCILATORA

U tekstu, do sada, bile su navedene osnovne elektronske jedinice čopera i opisane njihove osnovne funkcije. Kako je na interesantnije rešenje načina dobijanja impulsa u zavisnosti od zadate veličine ulaznog signala u daljem tekstu ćemo detaljnije obraditi strujni generator i oscilator kao jednu funkcionalnu celinu. Električna šema je prikazana na slici 2.

Referentna vrednost, kao naponski signal, zadaje se pomoću potenciometra P1 koji je vezan za pedalu za vožnju. Svakom položaju ovog potenciometra odgovara određena srednja vrednost napona na motoru, a time i željena brzina kretanja koja se povećava ili smanjuje sa povećanjem odnosno smanjenjem napona koji se zadaje potencijetrom P1.

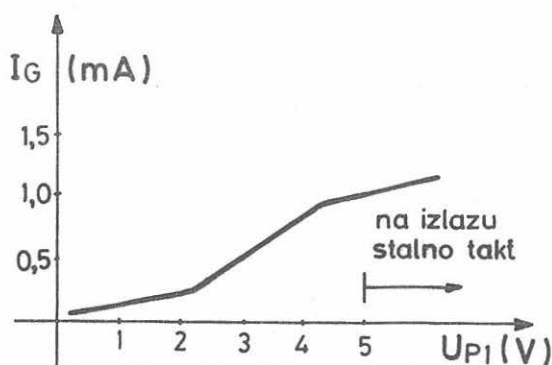
Sa klizača potenciometra P1 dobija se kontinualno promenljivi napon od 0 do 10 volti. Ovaj se napon dovodi preko dioda D1, D2 i D3 na baze tranzistora T1, T2 i T3.

Kolektorske struje sva tri tranzistora se sabiraju. Učešće svakog od tranzistora u ukupnoj struji definisan je odnosom napona baze (umanjen za pad napona na PN spoju) i emitorskog otpornika (R_4 za T1, R_7 za T2 i $R_{10} + R_t$ za T3). Izabrani odnosi među ovim otpornicima su $R_4 > R_7 > R_{10} + R_t$ zbog čega je uticaj kolektorske struje tranzistora T3 najveći. Otpornik R_t je PTC tipa i montiran je na hladnjak tiristora T3. Uloga mu je da sa povećanjem temperature smanjuje ukupnu kolektorsku struju.



Sl.2. Strujna šema strujnog generatora i oscilatora

Prenosna karakteristika strujnog generatora u zavisnosti od položaja klizača na potenciometru, odnosno napona na njenu, predstavljena je na slici 3 gde se uočava uticaj kolektorske struje svakog od tranzistora T1, T2 i T3 u ukupnoj struji.



Sl.3. Karakteristika strujnog generatora

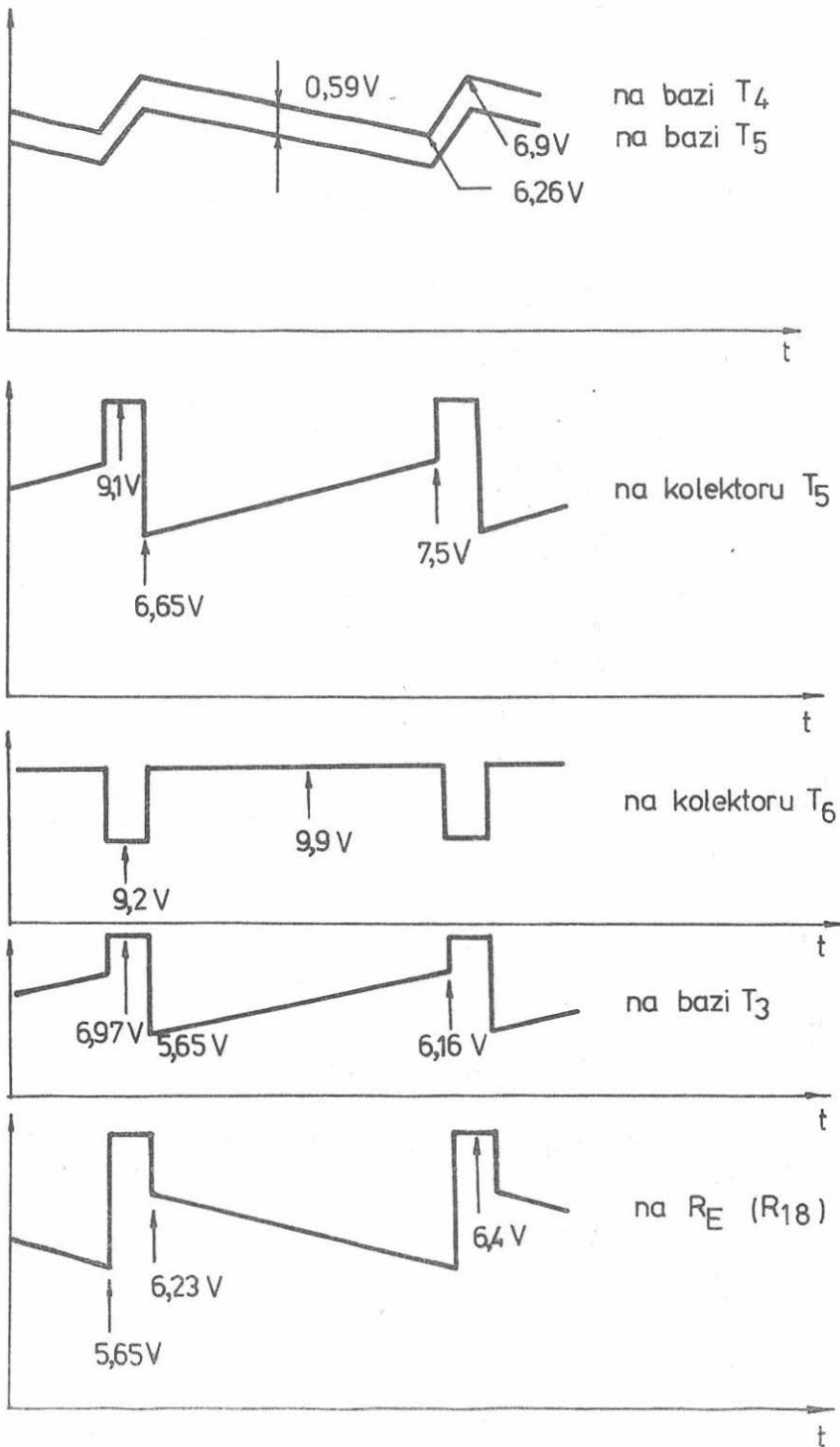
Tranzistori T5 i T6 sa otpornicima R13, R14, R15, R17 i R18 čine Šmitovo okidno kolo. Tranzistor T7 pojačava impulse koji se dalje vode na impulsnu jedinicu. Zener dioda ZD1, kondenzator C6 i otpornik R19 sa diodom D6 čine razdelnik napona sa konstantnom stabilizovanom vrednošću napona.

Izvodjenje gornje i donje okidne tačke Šmitovog kola dato je u literaturi 1. i u ovom radu neće biti prikazano. Međutim, rad ovog dela kola je sledeći: kada je tranzistor T4 u zasićenju vode tranzistori T6 i T7, dok je tranzistor T5 zakočen. Tranzistor T5 provede kada se kondenzator C4 isprazni (preko spoja baza - emiter i otpornik R12) na vrednost napona $V_{B5} = V_{GOT}$ (gornja okidna tačka). Tada prestaje proces pražnjenja i nastaje proces punjenja kondenzatora C4 preko strujnog generatora. Kako se kondenzator puni, tako se napon V_{B5} smanjuje i kada dostigne donju okidnu tačku Šmitovog kola tranzistor T6 a sa njime i tranzistor T7 provedu, što ima za posledicu da se na izlazu javlja visok napon. Istovremeno protekne kolektorska struja tranzistora T7 kroz kolo diode D5 i otpornika R16, tako da je na otporniku R16 visok potencijal, što prouzrokuje da dioda D4 biva inverzno polarisana. Na taj način kolektor tranzistora T4 biva odvojen od mase uredjaja. Pošto je kolektor T1 "odvojen" od mase a kondenzator C5 malog kapaciteta, kolektorska struja tranzistora T1 ne teče. U tom slučaju je $I_{B4} \approx I_{E4}$. Nastaje proces pražnjenja kondenzatora C4. Struja iz kondenzatora C4 jednim delom odlazi kroz bazu tranzistora T4 a drugim delom "snabdeva" strujni generator potrebnom strujom. To se dešava do trenutka kada je postignut uslov:

$$V_{C4} + V_{BE4} = V_{GOT}$$

U tom slučaju tranzistor T5 postane provodan (pri dostizanju napona gornje okidne tačke Šmitovog kola) i ceo postupak se automatski ponavlja. Nastao je proces oscilovanja tj. tranzistori T4, T5, T6 i T7, sa pripadajućim pasivnim elementima, čine oscilator.

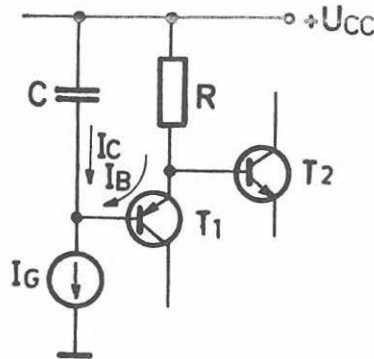
Oblici naponskih signala u karakterističnim tačkama snimljeni su osciloskopom na realizovanom modelu i prikazani su na slici 4.



Sl. 4. Talasni oblici naponskog signala oscilatora

Pretvaranje signala referentne vrednosti sa potencijometra u signal promenljive učestanosti i trajanja impulsa, odnosno pauze, vrši oscilator i strujni generator zajedno. Prema projektovanoj i praktično realizovanoj funkciji promene učestanosti učestanost se menja po kvadratnoj funkciji od nule do cca. 300 Hz, odnosno od 300 Hz do cca. 50Hz. Pri tome se srednja vrednost napona menja od nule do vrednosti približno jednake naponu oakumulatorske baterije.

Između napona na klizaču potencijometar (P1) i struje strujnog generatora (I_G) postoji zavisnost koja je prikazana na slici 3.



Sl.5 Skraćena šema veze između strujnog generatora i oscilatora

Neka se kondenzator C napuni preko strujnog generatora na napon $V_C = V_{DOT}$ kada je napon kondenzatora $V_C < V_{DOT}$ (prema masi) na izlazu oscilatora je pauza a tranzistor T1 (slika 5) radi u aktivnom režimu i njegova bazna struja inosi:

$$I_b = \frac{I_e}{h_{FE}}$$

Kondenzator C se puni strujom

$$I_c = I_G - I_b$$

za vreme

$$t_p = \frac{C}{I_c} (V_{GOT} - V_{DOT})$$

što predstavlja vreme pauze.

Kada se kondenzator napunio na vrednost $V_C = V_{DOT}$, tranzistor T1 je u zasićenju i bazna struja inosi (zbog toga što nema kolektorske struje):

$$i_b = \frac{U_C - U_{BE}}{R}$$

Tada kondenzator počinje da se prazni strujom

$$i_c = i_b - I_G$$

za vreme od:

$$t_i = \frac{C (V_{GOT} - V_{DOT})}{i_{csr}}$$

gde je t_i vreme trajanja impulsa, a i_{csr} predstavlja srednju vrednost struje praznjenja kondenzatora.

Vidi se da, što je veća struja strujnog generatora, biće kraće vreme punjenja kondenzatora a sporije vreme pražnjenja, zbog većeg učešća struje strujnog generatora u struji baze tranzistora T1 kada je on u zasićenju. To ima za posledicu, da se sa povećanjem struje strujnog generatora, povećava i dužina trajanja impulsa a smanjuje vreme pauze.

Kada je struja strujnog generatora:

$$I_G > \frac{U_{CC} - V_{DOT}}{R}$$

na izlazu će biti stalno impuls, pa je tada srednja vrednost napona na motoru približno jednaka naponu akumulatorske baterije.

4. ZAKLJUČAK

U predhodnom izlaganju opisano elektronsko rešenje čopera za elektroviljuškar provereno je na praktično realizovanom uređaju. Realizovano rešenje ima tehnoekonomske prednosti jer su sve zahtevane funkcije realizovane sa optimalnom elektronskom šemom. Rešenje je ograničeno za primenu na čoperu za jednokvadrantni režim rada gde se reverziranje smeru vrši kontaktorima u pobudi rednog motora promenom smeru struje kroz pobudu.

LITERATURA

1. S. Tešić, Impulsna elektronika, Naučna knjiga, Beograd 1977