

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO

Žiga Divjak

Pretvornik 12V DC / 220V AC 600W

Seminarska naloga
pri predmetu
Elektronska vezja

V Ribnici, maj 2004

KAZALO:

Uvod	2
Glavni del	2
Stikalno vezje	3
Varovalna vezja	5
Prikaz napajalne napetosti	7
Meritve	8
Zaključek	11
Priloge	12

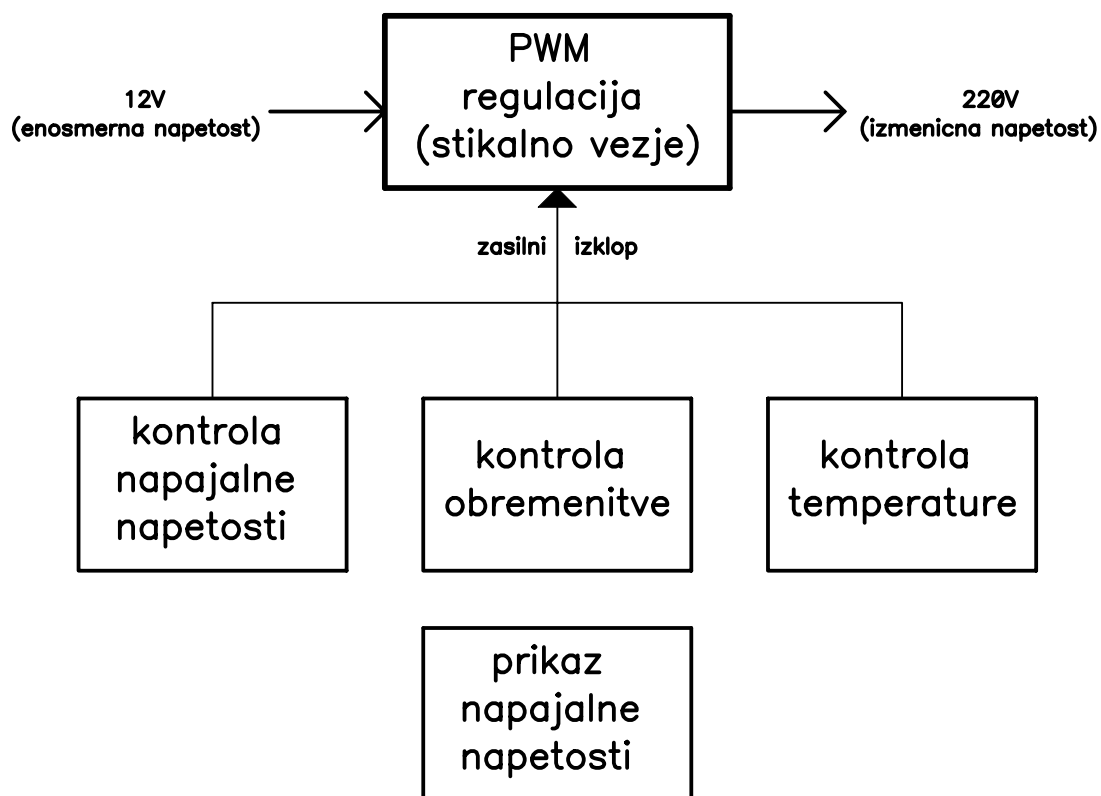
Uvod

Naš življenjski slog se spreminja in vse bolj postajamo odvisni od električne energije. Ker pa daljnovodi le ne sežejo povsod, se moramo zadovoljiti z alternativnimi viri kot sta solarna ali vetrna energija. Vendar so solarne celice in manjši vetrni generatorji, ki so dostopni posameznikom, ponavadi viri enosmerne napetosti. To pa uporabljamo kot polnilnike svinčenih akumulatorjev in tako shranjujemo energijo, ki je ne porabimo takoj. Naprave, ki jih uporabljamo doma, pa so načrtovane za izmenično napetost 220V. Zato potrebujemo vmesnik, ki bi nam omogočil priklop teh naprav na preprost 12V akumulator.

Pretvornik, opisan v nadaljevanju proizvaja na svojem izhodu izmenično napetost. A ta ni sinusne oblike ampak pravokotne, kar pri večini naprav ne povzroča težav. Na ta način se lahko ognemo uporabi mikrokrmilnika in še poenostavimo že tako preprosto vezje.

Glavni del

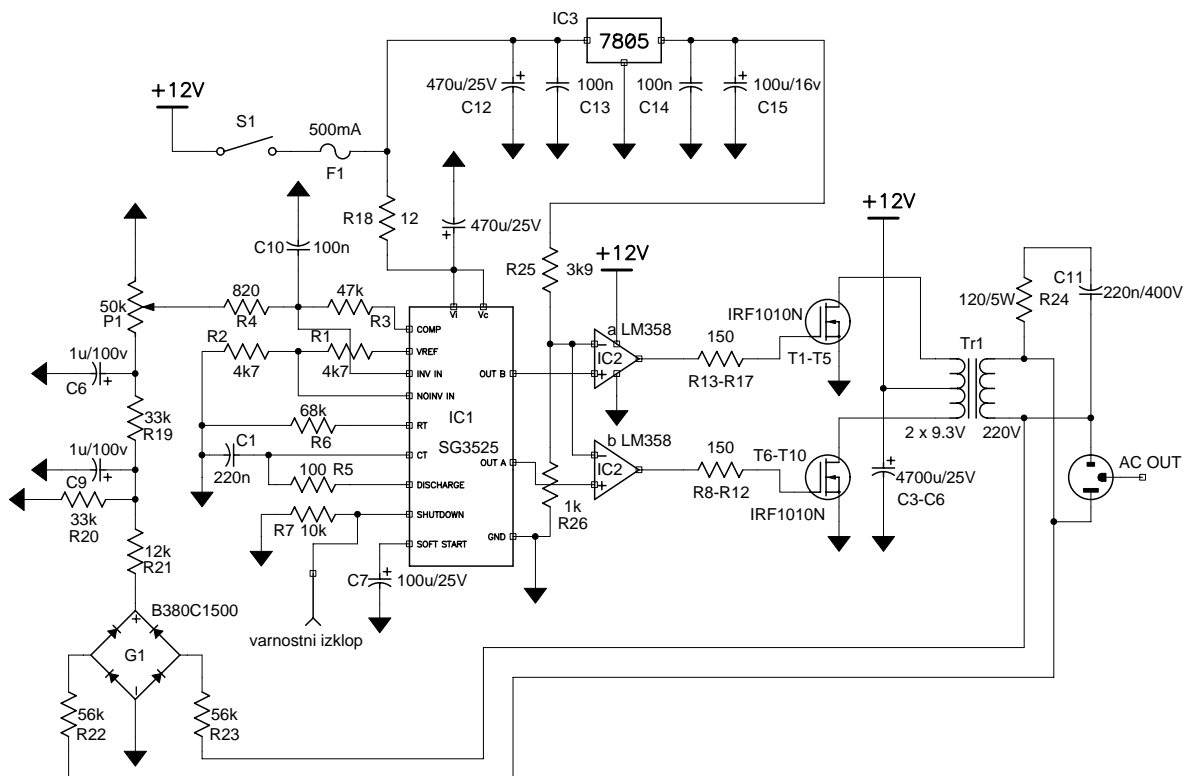
Sestavni deli vezja so:



Slika 1 – Blokovna shema vezja

Osnovni del vezja je stikalni del, kjer s PWM (pulzno širinska modulacija) regulacijo krmilimo izhodno izmenično napetost 220V. Vezje je zasnovano na integriranem vezju SG3525, ki je bilo načrtovano prav za take aplikacije. Z njim krmilimo dve skupini FET tranzistorjev. Vsaka od obeh skupin nam poskrbi za eno od dveh polperiod v izmeničnem signalu. To lahko vidimo na sliki 2.

Stikalno vezje



Slika 2 – stikalno vezje

Najprej moramo nastaviti frekvenco izhodne napetosti. Njo določajo elementi C1, R6 in R5. po enačbi:

$$f = \frac{1}{C1 \cdot (0.7 \cdot R6 + 3 \cdot R5)}$$

V našem primeru dobimo vrednost okrog 100Hz. To je dvakratna vrednost želene frekvence omrežne napetosti, ki je 50Hz. Tako vrednost frekvence je potrebna, ker se frekvenca znotraj integriranega vezja razpolovi. Tako na izhodih, ki krmilita obe skupini tranzistorjev, dobimo frekvenco 50Hz.

FET-i niso krmiljeni naravnost iz SG3525, ampak je to narejeno s pomočjo operacijskih ojačevalnikov. Ta rešitev je nastala na podlagi izkušenj, saj je bila tako dosežena večja stabilnost delovanja pretvornika. Za povečanje stabilnosti delovanja so namenjeni še kondenzatorji C3-C6, ki zagotavljajo rezervo energije ob priklopu velikih bremen.

Da bi na izhodu, ne glede na obremenitev, dobili vedno enako učinkovito napetost, skrbi povratna vezava. Tako iz izhoda 220V odvezujemo signal, ki ga usmerimo in filtriramo z elementi G1, R4, R19, R20, R21 ter C6, C9. Natančno vrednost izhodne napetosti nastavimo s trimmerjem P1.

Pri pretvorniku imamo opravka z velikimi močmi in tako tudi s transformatorji, ki ob priključitvi rabijo velike sunkne tokove, potrebnih za magnetizacijo jedra. Zato ima integrirano vezje SG3525 posebno funkcijo mehkega zagona "soft start". Na pin 8 je priključen kondenzator C7, ki se ob vsakem vklopu pretvornika začne polniti z konstantnim tokom 50nA. Odvisno od vrednosti kondenzatorja lahko nastavimo daljše ali krajše časovne konstante. Ta časovna konstanta nam določa čas, v katerem izhodna napetost naraste od vrednosti 0V pa do 220V in tako dobimo mehki zagon.

Integrirano vezje SG3525 ima tudi poseben vhod "shutdown". Ko je na tem vhodu napetost večja od 1V, vezje pade v stanje mirovanja. Ta funkcija je uporabljena za zasilni izklop v primerih nepravilnega delovanja in je njena raba opisana v sklopu varovalnega vezja.

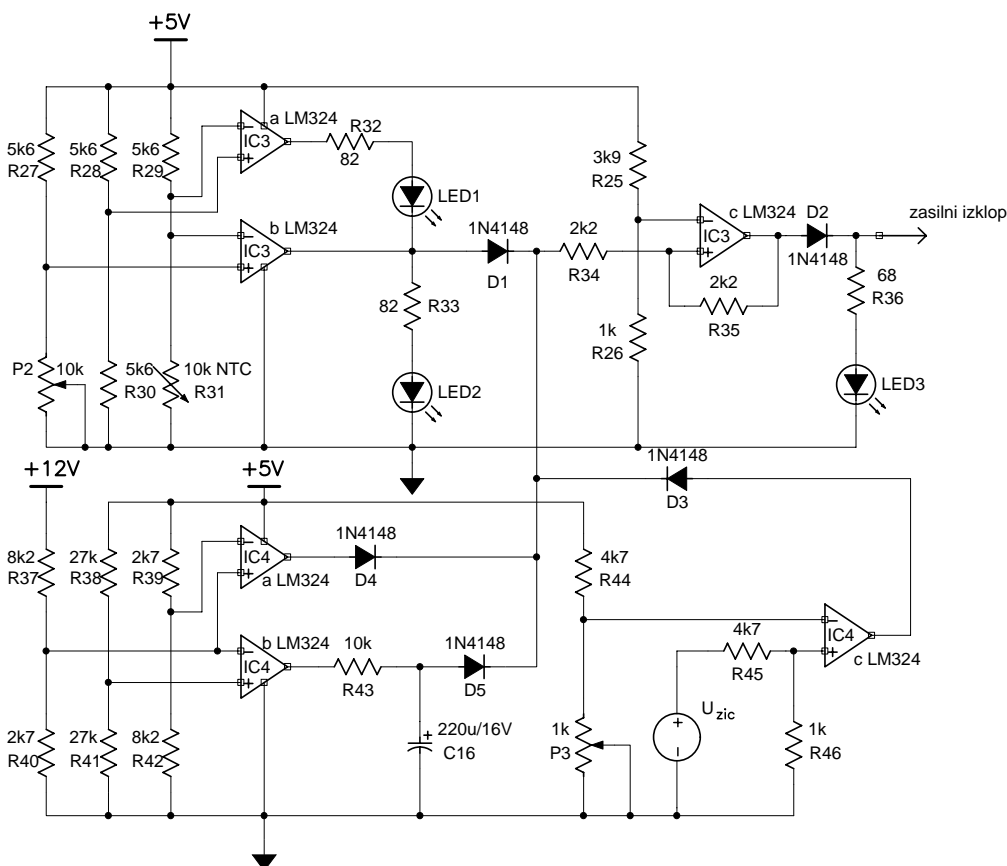
Močnostni del sestavljajo FET tranzistorji IRF1010N in transformator Tr1. Izbrani tranzistorji so zelo zmogljivi, saj naj bi v sunkih zdržali tudi tokove do 100A. Zdržati pa morajo tudi dovolj veliko U_{DS} , saj lahko na njih, zaradi induktivnega karakterja transformatorja dobimo do dvakratno vrednost napajalne napetosti.

Transformator je 2 x 9.3V s srednjim odcepom in moči 700VA. Lahko je toroidnega tipa ali pa tisti z EI jedrom. V našem primeru je bil uporabljen transformator toroidnega tipa. Zaradi rezerve je izbrana nekoliko večja moč. Drugače omenjeni transformator nima nobenih posebnih lastnosti. Sprememba je le pri njegovi rabi, saj je v tem primeru vzbujanje na nizkonapetostni strani.

Pozornost je treba usmeriti na nizkonapetostno navitje. To navitje mora biti izvedeno tako (bifilarno navitje), da v jedru transformatorja dobimo glede na enosmerno vzbujanje, izmenični magnetni pretok. S tem ustvarimo izmenično napetost na visokonapetostni strani. Napetostno prenosno razmerje transformatorja nam ob 12V-nih impulzih na nizkonapetostni strani zagotovi na visokonapetostni strani impulze amplitude okrog 300V.

Na izhodni strani imamo še vzporedno vezana R24 in C11, ki nam odstranita napetostne špice v izhodni napetosti, ki so ob pravokotni obliki skoraj neizbežne.

Varovalna vezja



Slika 3 – varovalno vezje

Pretvornik, ki bi lahko deloval že kot samo stikalno vezje, je neprijazen do akumulatorja iz katerega črpa energijo. Zato so ustrezna varovalna vezja pomemben del celote, ki pripomorejo k varnemu delovanju.

V ta namen je bilo dodano varovalno vezje, ki pretvornik ščiti pred preobremenitvami. To je kratkotrajnimi ali dolgotrajnimi. Operacijska ojačevalnika IC3 a,b sta vezana kot komparatorja, ki imata na invertirajočem vhodu napetost iz NTC upora. Slednji je pritrjen na hladilno rebro skupaj s tranzistorji. Temu uporu se z naraščanjem temperature manjša upornost, in ko je upornost enaka R30, zasveti LED1. Ta nas opozori, da temperatura tranzistorjev narašča. Če pretvornika ne bi nekoliko razbremenili, bi temperatura tranzistorjev naraščala naprej in s tem temperatura NTC-ja. Ko upornost NTC-ja pade pod vrednost upornosti P2 pa zasveti LED2 in preko IC3 c dobi integrirano vezje SG3525 signal za izklop. Ker je IC3 c vezan kot Schmitt-triger deluje v tem primeru kot RS flip-flop. Torej, ko bo dobil napetostni impulz, bo do nadaljnjega na izhodu držal napetost U_{sat}^+ . Tako bo pretvornik v stanju mirovanja dokler se temperatura tranzistorjev ne zmanjša in ne bomo pretvornika z izklopom in ponovnim vklopom znova zagnali. Z upori uporabljenimi v vezju ima pretvornik naslednje karakteristike:

-opozorilo LED1 50-55°C

-izklop LED2 (na natančno želeno vrednost nastavimo s P2) 60-70°C

Da bi varovali akumulator pred preveliko izpraznitvijo in uničenjem, skrbi IC4 b. Zopet imamo opravka s komparatorjem, ki primerja referenčno napetost 2,5V z eno četrtino napajalne napetosti. To pomeni, da ko napetost akumulatorja pade pod 10V, se pretvornik izklopi. Ker pa bi vezje prenizko napetost lahko zaznalo že ob samem vklopu pretvornika, ali ko na pretvornik priključimo velika bremena in akumulatorju za trenutek pade napetost, je na izhodu IC4 b RC člen. Ta ima vlogo zagotavljanja kratke zakasnitve, ki odpravi to težavo.

Pretvornik je varovan tudi pred priklopom previsoke napajalne napetosti. Komparator IC4 a primerja četrtino napajalne z referenčno napetostjo 3,75V. Torej, ko bo napajalna napetost preseгла 15V, se bo pretvornik izklopil.

Pri delovanju pretvornika imamo na trenutke opraviti s tokovi tja do 100A. Ob nepravilnem delovanju bi zato lahko prišlo tudi do manjše eksplozije. Za preprečitev tega je namenjen komparator IC4 c.

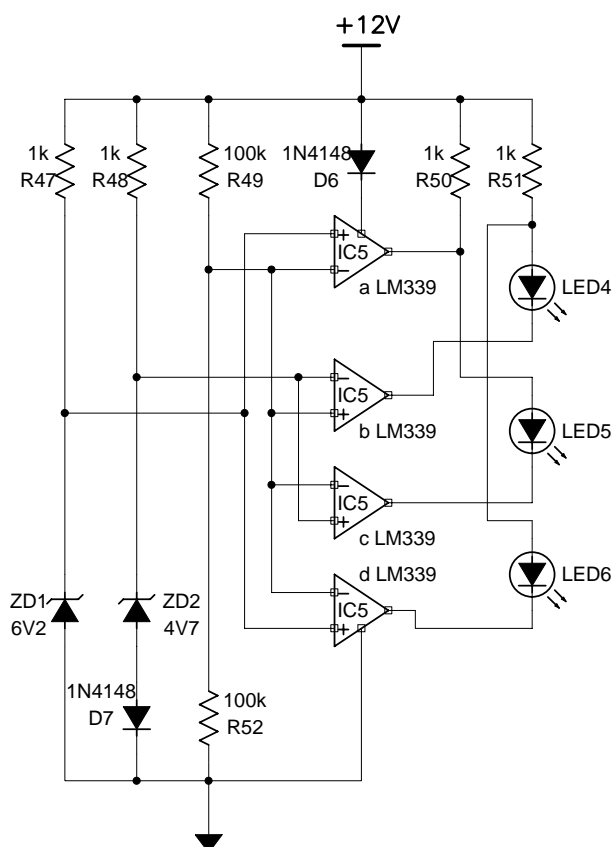
Vsa integrirana vezja imajo negativno sponko napajanja priklopljeno direktno na akumulator z ločeno povezavo od tiste, ki vodi velike tokove skozi močnostne tranzistorje. Tako lahko merimo napetostni padec, ki se ob velikih tokovih pojavi na dovodnih žicah (na sliki 3 prikazan kot napetostni generator). Ko ob velikih obremenitvah ta napetost doseže določeno vrednost (nekaj 10mV), se pretvornik izklopi. S tem omejimo moči bremena, ki jih lahko priklopimo na pretvornik. Za natančno nastavitvev uporabimo P3. Tako se zavarujemo pred kratkim stikom na visokonapetostni strani in lahko privarčujemo na talilnih varovalkah. Dobro stran tega podvezja lahko vidimo še posebej v tem, da se varovalke za 50A in več ne dobijo zlahka. Prav tako ima vezje veliko krajši reakcijski čas kot pa talilna varovalka. Delovanje talilnih varovalk je za varovanje pretvornika prepočasno, saj bi se tranzistorji uničili še preden bi se varovalka stalila in prekinila tokokrog.

Vsa ta podvezja so prav tako vezana na Schmitt triger IC3 c. Na ta način ob vseh nepravilnostih pretvornik preide v stanje mirovanja in uporabniku omogoči pregled in po možnosti odstranitev težave pred ponovnim zagonom. Da preprečimo medsebojno vplivanje teh vezij, poskrbijo diode D1,D3-D5.

Zaradi vseh teh varoval je pretvornik zelo robusten in praktično neuničljiv, kar zagotavlja dolgotrajno delovanje brez težav.

Prikaz napajalne napetosti

Da ima uporabnik informacijo o tem ali je akumulator, s katerega pretvornik črpa energijo poln, skrbi naslednje vezje.



Slika 4 – prikaz napajalne napetosti

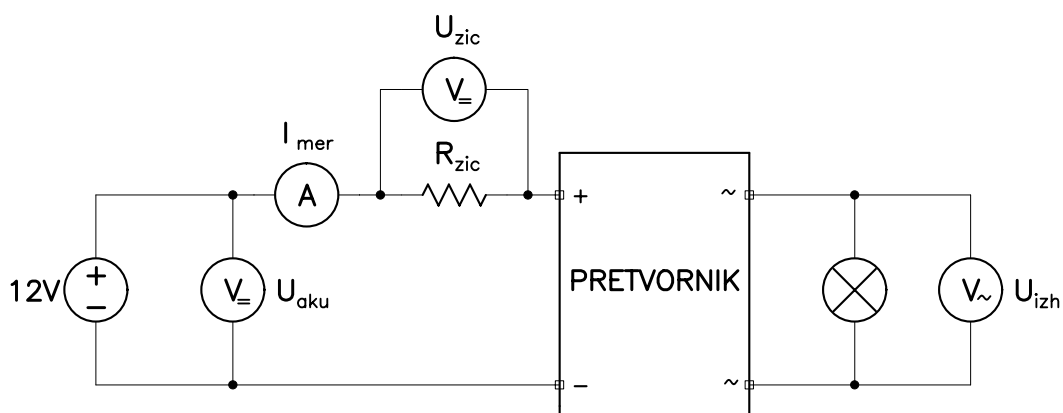
To vezje skrbi, da dobimo informacijo o tem ali je akumulator poln ali prazen, kar nam pove sama napetost akumulatorja. Tega vezja za delovanje pretvornika pravzaprav niti ne bi potrebovali. Vendar pride zelo prav, če bi s pretvornikom napajali na primer računalnik. Akumulator bi se postopoma praznil in bi se, ko bi bil ta popolnoma prazen, pretvornik izklopil. Tako bi na računalniku izgubili po vsej verjetnosti neshranjeno delo. Zato je dobro, da imamo informacijo o stanju akumulatorja.

Gre praktično za zelo preprost voltmeter, ki ima tri mogoča stanja. Polovico napajalne napetosti primerjamo z dvema referenčnima napetostima. Ko je napetost akumulatorja pod 10,8V, gori LED4. Ko je napetost nekje na intervalu 10,8 – 12,4V gori LED5. Kadar pa je napetost akumulatorja večja od 12,4V pa nam to indicira LED6.

Takoj, ko se prižge LED4, je priporočljivo ustaviti delovanje in ne čakati, da se pretvornik sam izklopi. Na ta način bomo akumulatorju podaljšali življenjsko dobo.

Meritve

Meritve so bile opravljene s pomočjo svinčenega akumulatorja 12V in 85Ah. Kot breme so bile uporabljene žarnice določenih moči. Merilno vezje je bilo naslednje:



Slika 5 – merilno vezje

n	P [W]	U_{aku} [V]	U_{zic} [mV]	I_{mer} [A]	$I_{rač}$ [A]	U_{izh} [V]	η [%]	d [A/mV]
1	0	12,95	/	0,40	/	230	/	/
2	25	12,84	4,6	2,46	/	229	79,1	0,535
3	50	12,80	8,8	4,61	/	228	84,7	0,524
4	75	12,76	13,0	6,78	/	228	86,7	0,522
5	100	12,60	17,1	8,91	/	227	89,1	0,521
6	150	12,52	25,5	13,40	/	227	89,4	0,525
7	200	12,40	34,9	18,00	/	227	89,6	0,529
8	250	12,35	43,3	/	22,70	227	89,2	/
9	300	12,28	52,0	/	27,26	226	89,6	/
10	350	12,21	60,8	/	31,87	226	89,9	/
11	400	12,17	69,5	/	36,43	225	90,2	/
12	450	12,12	78,2	/	40,99	225	90,6	/
13	500	12,07	87,5	/	45,87	224	90,3	/
14	550	12,02	96,5	/	50,59	224	90,3	/
15	600	11,98	105,2	/	55,15	223	90,5	/

Tabela 1 – meritve pretvornika (obremenitev)

n ...št. meritve

P ...obremenitev

U_{aku} ...napetost akumulatorja

U_{zic} ...napetost merjena na dovodni žici (minus pol)

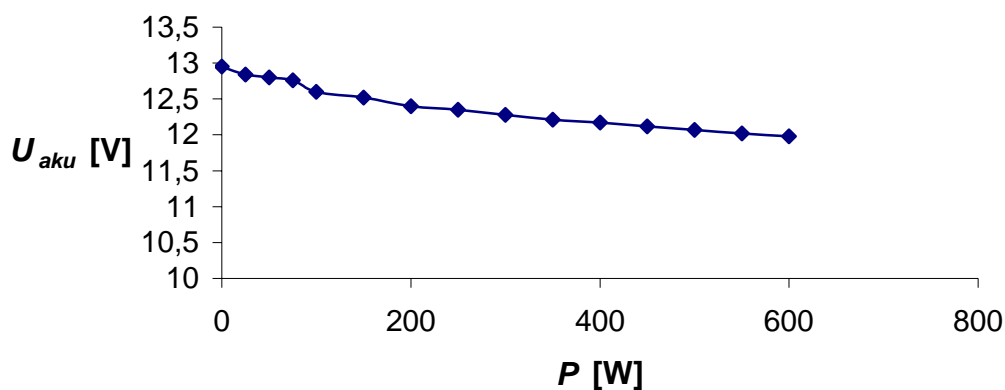
I_{mer} ...tok iz akumulatorja merjen z ampermetrom

$I_{rač}$...izračunan tok

U_{izh} ...izhodna izmenična napetost

η ...izkoristek

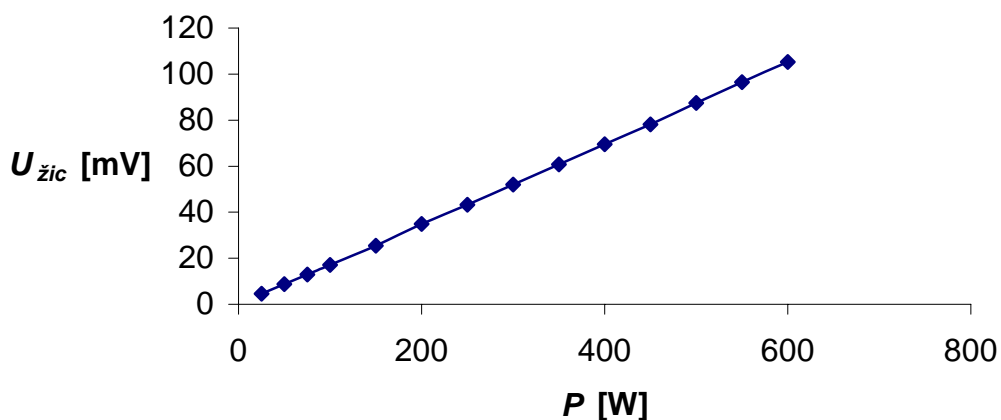
d ...razmerje I_{mer}/U_{zic} potrebno pri določanju $I_{rač}$



Slika 6 – grafični prikaz napetosti akumulatorja v odvisnosti od obremenitve

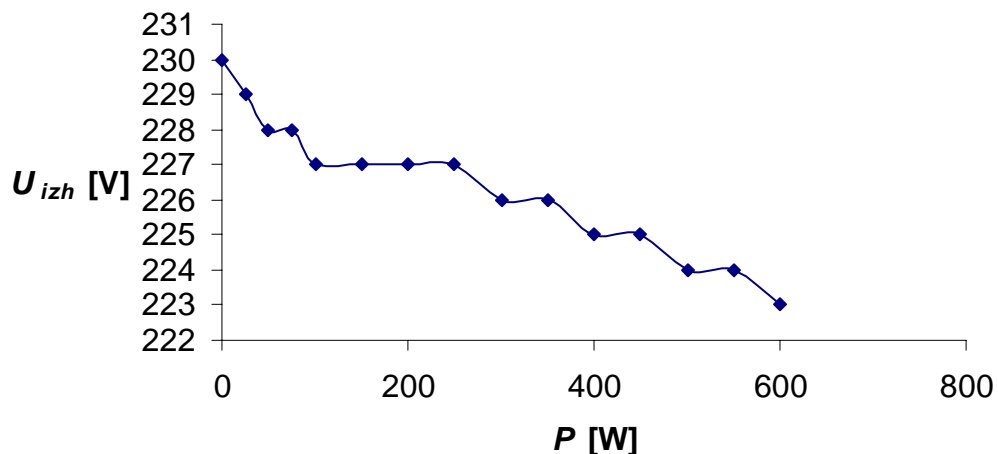
Na tem grafu je lepo vidno, kako napetost akumulatorja pada, ko povečujemo obremenitev. Razlog tega je v notranji upornosti akumulatorja, ki je drugače zelo majhna, a ob velikih tokovih vendarle povzroči kar precejšnji padec napetosti.

Da bi vpliv notranje upornosti akumulatorja čim bolj zmanjšali, je priporočljivo, da se za večje obremenitve paralelno veže dva ali več akumulatorjev.



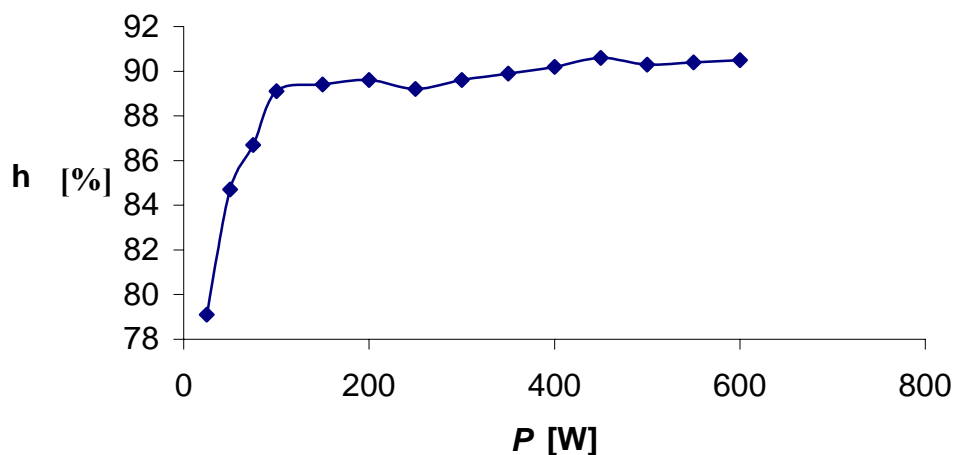
Slika 7 – napetost merjena na dovodni žici (minus pol) v odvisnosti od obremenitve

Razvidno je, da lahko samo žico res obravnavamo kot nek upor majhne vrednosti (shunt upor), saj se glede na obremenitev, torej glede na tok, obnaša zelo linearno. Zato tudi lahko uporabljamo napetost na žici kot merilo za obremenitev pretvornika. Žica, ki skrbi za napajanje, je imela pri merjenem pretvorniku presek 16mm^2 .



Slika 8 – izhodna napetost v odvisnosti od obremenitve

Izhodna napetost pada, ko je pretvornik bolj obremenjen. K temu prispeva več dejavnikov. Med glavne lahko štejemo izgube na transformatorju in nižja napetost akumulatorja ob večji obremenitvi.



Slika 9 – izkoristek v odvisnosti od obremenitve

Izkoristek je pri majhnih obremenitvah nižji zato, ker nekaj energije pretvornik rabi za delovanje. Ta energija pa v primerjavi s tisto, ki jo prenašamo na breme ni zanemarljiva. Zato se nam to pokaže kot zmanjšanje izkoristka. Pri večjih obremenitvah izkoristek naraste, saj je moč bremena precej večja kot tista, ki jo porablja pretvornik in zato na izkoristek vplivajo le izgube. Če bi obremenitev povečevali še tja do 700 ali 800W, bi izkoristek gotovo začel padati, ker bi izgube začele hitro naraščati. Predvsem tiste, ki nastajajo v transformatorju, saj uporabljen ni načrtovan za prenos takih moči.

Izkoristek je bil izračunan po naslednji enačbi:

$$\eta = \frac{U_{aku} \cdot I}{P}$$

Kot tok I v enačbi je bil uporabljen tok I_{mer} in $I_{rač}$. I_{mer} je izmerjen tok, katerega pa smo lahko merili le do vrednosti 20A, ki jo je še dopuščal uporabljen ampermeter. Pri večjih obremenitvah pa je bilo potrebno računsko določiti približek toka $I_{rač}$. Tega smo določili s pomočjo izmerjene napetosti na dovodni žici (minus pol) po naslednjem postopku:

$$d = \frac{I_{mer}}{U_{žic}}$$

$$\overline{d} = \frac{1}{6} \sum_2^7 d_n = 0,525 \text{ A/mV}$$

$$I_{rač} = \overline{d} \cdot U_{žic}$$

Zaključek

Pri izdelavi in delovanju tega pretvornika je treba ravnati pametno in previdno. Močnostni tranzistorji se ne grejejo preveč, saj delujejo v stikalnem načinu, zato je potrebno le srednje veliko hladilno telo. Treba pa je biti pazljiv pri samih žičnih povezavah. Preseki določenih žic morajo biti dovolj veliki, da bodo lahko prenašale tokove okrog 50A. Ker imamo opravka z izmenično napetostjo 220V, je treba biti pozoren, saj lahko malomarnost pripelje do poškodb. Previdnost pa je potrebna tudi ob priklopu naprav, ki imajo tudi sponko za ozemljitev, saj pretvornik ozemljitve nima.

Ta pretvornik se je v praksi izkazal za zelo dobrodošlo napravo, ki vedno pride prav. Brez težav z njim napajamo računalnik, sistem centralnega ogrevanja (oljni gorilec, obtočna črpalka,..), vrtalne stroje, kotne brusilke in še mnoga druga električne naprave. Zlahka zmore velike zagonske tokove, ki se pojavijo pri startu teh naprav.

S tem pretvornikom torej pridobimo pri možnosti uporabe naprav večjih moči tudi tam, kjer ni električnega omrežja. Tako postanemo neodvisni od domače vtičnice.

Priloge

Datasheet:

- quad operacijski ojačevalnik LM324 (LM124.pdf)
- quad komparator LM339 (LM139.pdf)
- dual operacijski ojačevalnik LM358 (LM358.pdf)
- pulzno širinski modulator SG3525 (SG3525.pdf)
- N MOS FET tranzistor IRF1010N (IRF1010N.pdf)