



# IZVOR NAPAJANJA MALIH GABARITA I VELIKOG FAKTORA SNAGE

Marko Dimitrijević, Vančo Litovski  
Elektronski fakultet Niš

**Sadržaj:** Predmet ovog rada je koncept izvora za napajanje – konvertora naizmjeničnog napona u jednosmerni – sa posebnim zahtevima za faktor snage i dimenzije uređaja. Razvojem ovakvih kompaktnih izvora – zapremine do  $8\text{cm}^3$  – stvaraju se uslovi za masovnu upotrebu elektronskih podsistema u sistemu snabdevanja energijom na niskonaponskom nivou, a da se pri tom smanji emisija viših harmonika u električnu mrežu i postigne maksimalna efikasnost. Indirektno, postojanje ovih izvora omogućuje primenu koncepata kontrole potrošnje električne energije na nivou najmanjih potrošača što je od naročitog značaja s obzirom da su zgrade (domaćinstva, javni objekti i industrijski pogoni) najveći potrošači električne energije. Razvoj ovakvog uređaja je od interesa za svakog proizvođača elektronskih uređaja i sistema koji ima nameru da plasira proizvod kompatibilan sa IEC-1000-3 standardom.

**Ključne reči:** izvor za napajanje, faktor snage

## 1. UVOD

Posebni zahtevi prilikom razvoja izvora za napajanje se odnose na faktor snage. Industrijski standardi regulišu dozvoljene granice (minimum) faktora snage. Prekidačko napajanje sa pasivnom korekcijom faktora snage može dostići faktor snage od 0,7 do 0,75, napajanja sa aktivnom korekcijom do 0,99, dok napajanja bez korekcije faktora snage imaju faktor snage od 0,55 do 0,65 u najboljem slučaju. Trenutno važeći standard u zemljama članicama Evropske Unije, EN-61000-3-2, propisuje da svako prekidačko napajanje snage veće od 75W mora da ima najmanje pasivnu korekciju faktora snage.

Razmotrena je mogućnost razvoja integrisanog kola za korekciju faktora snage koje bi se implementiralo u prekidački izvor za napajanje sa aktivnom korekcijom faktora snage. Pored gabarita i deklarisanog faktora snage, zahtevi za realizaciju izvora su nominalni izlazni napon 5V, struja potrošača do 400mA, trofazno napajanje, ulazni napon u opsegu 90V – 240V efektivno, mogućnost rada sa samo jednom fazom, mogućnost rada sa prekinutim povratnim vodom, prenaponska zaštita i galvanska izolacija.

## 2. IMPLEMENTACIJA

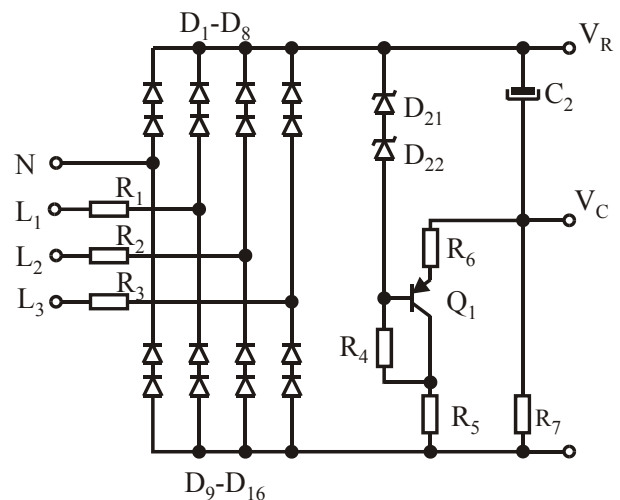
Kolo izvora za napajanje je realizovano kao kaskadna veza tri stepena: trofaznog simetričnog usmerača,

izolovanog naponskog konvertera i niskoptopusnog filtra (slika 1).



Sl. 1. Blok šema izvora za napajanje

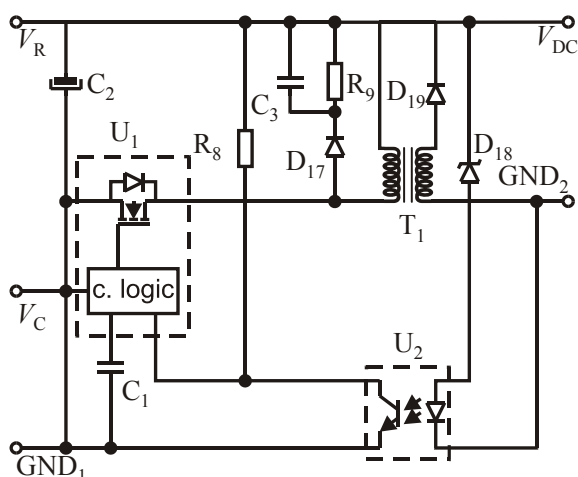
Trofazni punotalasni usmerač (slika 2) je simetričan u odnosu na povezivanje nule i faza, čime je omogućeno normalno funkcionisanje prilikom rada sa samo jednom fazom, kao i prilikom pogrešnog povezivanja nule i faza. Za implementaciju su korišćene visokonaponske 1N4007 diode ( $D_1$ - $D_{16}$ ). U svakoj grani mosta su redno vezane dve diode, tako da je maksimalni ulazni napon udvostručen. Usmereni izlazni napon je limitiran na oko 400V, zaštitnim kolom koga čine diode  $D_{21}$ ,  $D_{22}$  (BZY97C200) i tranzistor  $Q_1$  (KSA1625).



Sl. 2. Simetrični punotalasni trofazni usmerač

Postoje nekoliko tipova prekidačkih pretvarača napona, klasifikovanih prema topologiji kola. Izvor napajanja malih gabarita je koncipiran kao galvanski izolovani flyback pretvarač (slika 3) [1]. Flyback pretvarač je realizovan pomoću TNY267P integrisanog kola ( $U_1$  na slici 3). Integrisano kolo se sastoji od MOSFET tranzistora snage, oscilatora, visokonaponskog

prekidača, kola za ograničavanje struje i kola za zaštitu od pregrevanja.

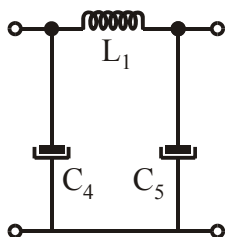


Sl. 3. Pretvarač napona

U integrisano kolo su takođe integrisane funkcije za autorestart, detektovanje napona ispod granice dozvoljenog i promenu frekvencije. Kolo za autorestart ograničava izlaznu snagu prilikom neregularnih stanja rada pretvarača, kao što je kratkospojeno izlazno kolo. Otpornik  $R_8$  ( $1.5M\Omega$ ) određuje najmanji dozvoljeni napon i time eliminiše padove snage i gličeve koji nastaju zbog sporog pražnjenja ulaznog kondenzatora  $C_2$  ( $4.7\mu F$ ,  $450V$ ). Radna frekvencija kola je  $132kHz$ , tako da su smanjene interferencije. Maksimalni ulazni napon kola je  $700V$ .

Kondenzatorom  $C_1$  ( $0.1\mu F$ ,  $25V$ ) se određuje interni napon napajanja integrisan kola od  $5.8V$ . Dodatna zaštita kola je izvedena pomoću diode  $D_{17}$ , povezane sa paralelnom vezom  $C_3$  i  $R_9$ .

Prilikom normalnog režima rada kola, MOSFET se kontroliše naponom sa optokaplera  $U_2$  (L817B). MOSFET prekida kada je struja kolektora  $240\mu A$ . Galvanska izolacija je postignuta pomoću transformatora  $T_1$  i optokaplera  $U_2$ .



Sl. 4. Filtar propusnik niskih frekvencija

Izlazni filter propusnik niskih frekvencija je realizovan kao  $\pi$  filter pomoću kondenzatora  $C_5$ ,  $C_6$  ( $220\mu F$ ) i kalema  $L_1$  ( $150\mu H$ ) (slika 4).

Faktor talasnosti  $\pi$  filtra se može izračunati kao količnik efektivne vrednosti ulaznog i jednosmerne komponente izlaznog napona:

$$\gamma = \frac{V_{ef}}{V_0} \cong \frac{V_m}{\sqrt{2}V_0} \quad (1)$$

Za sinusoidalni napon se može pokazati [2] da je:

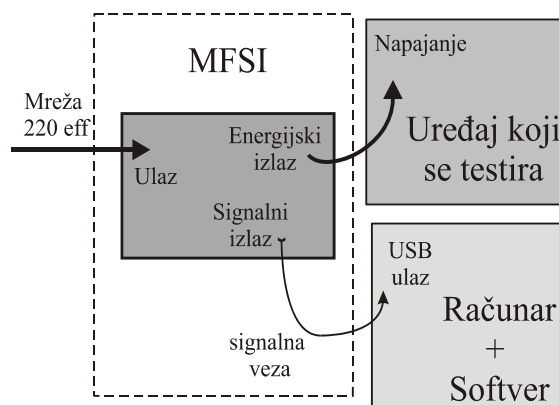
$$\gamma = \frac{1}{4\sqrt{2}\omega^3 C_4 C_5 L R_p} \quad (2)$$

gde je  $R_p$  otpornost opterećenja.

### 3. MERENJE FAKTORA SNAGE

Merenje faktora snage zahteva posebne metode i instrumente. Klasični instrumenti daju netačne rezultate prilikom merenja naizmeničnih struja i napona na nelinearnim opterećenjima. Faktor snage izračunat na ovaj način nije tačan. U ovakvom slučaju, mora se koristiti RMS voltmetar/ampermetar kako bi se dobile tačne vrednosti struje i napona, kao i odgovarajuća snaga. Za merenje aktivne i reaktivne snage potrebno je koristiti vatmetar koji ima mogućnost merenja parametara nesinusoidalnih signala.

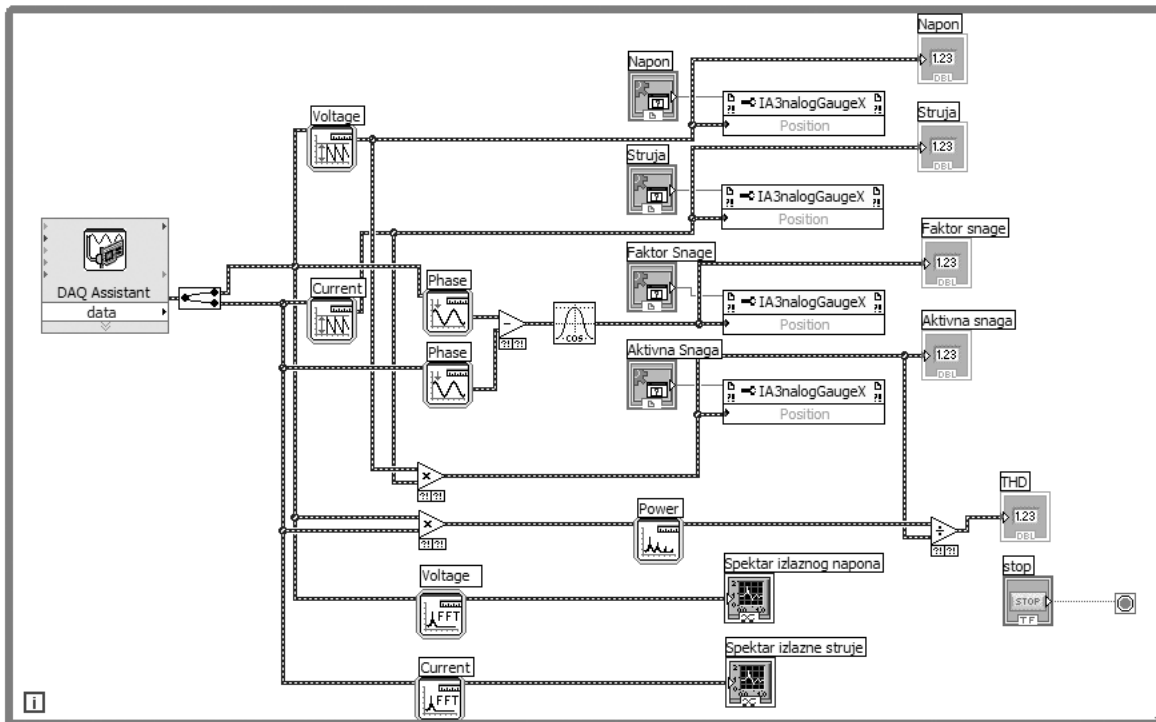
Akvizionici moduli i kartice podržane računom omogućuju implementaciju jednostavnih metoda i virtuelnih instrumenata za merenje faktora snage i izobličenja (MFSI, slika 5) do četrdesetog harmonika na malim potrošačima [3,4]. Virtuelna instrumentacija je trend u tehnici i nauci zbog rastuće kompleksnosti inženjerskih poslova, potrebe za velikim brojem specijalizovanih i skupih instrumenata i softvera, potrebe za visokokvalifikovanim ljudima za rad sa tim instrumentima kao i organizovanja podele rada sa instrumentima i softverom [5,6,7,8].



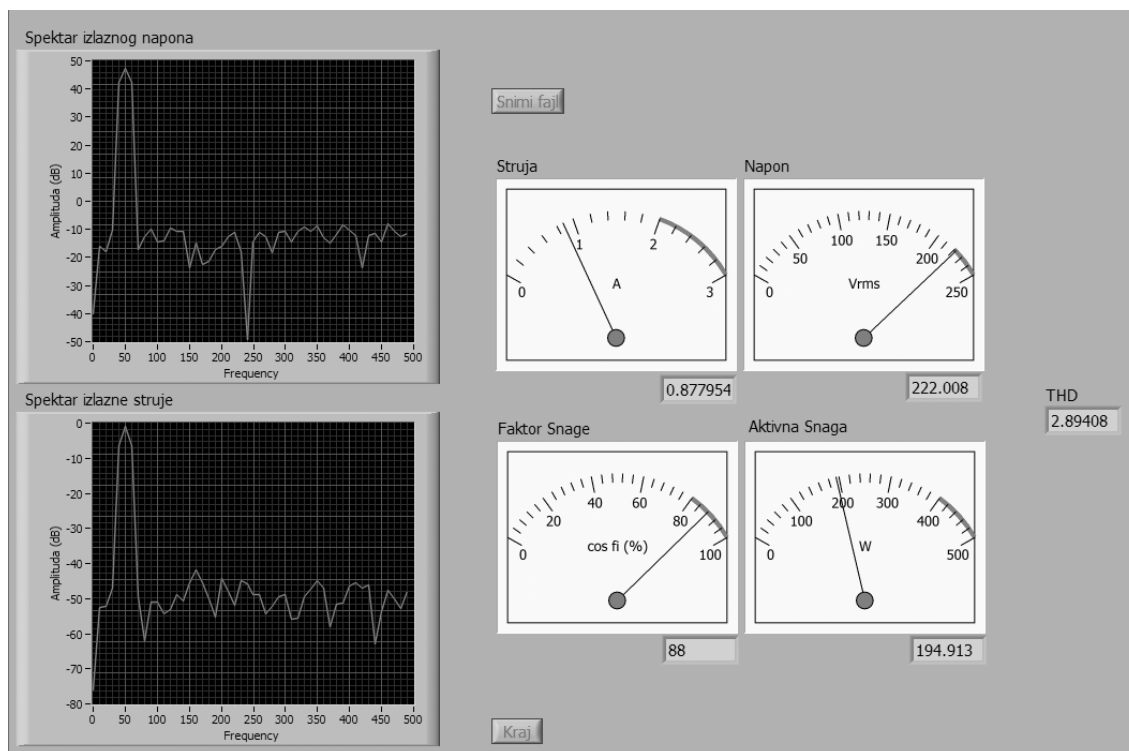
Sl. 5. Koncept sistema za merenje faktora snage i izobličenja

Sistem za merenje faktora snage je baziran na *National Instruments* NI USB-9215A [9] akvizicionom modulu (*Digital Acquisition Module – DAQ*). Akvizicioni modul ima četiri ulazna kanala za simultano semplovanje napona sa 16-bitnom tačnošću,  $100kS$  brzinom i  $250V_{RMS}$  izolacijom između akvizicionog kanala i mase. Akvizicioni modul omogućuje lako povezivanje preko USB interfejsa.

Softverska komponenta sistema za merenje faktora snage i harmonijskih izobličenja je realizovana pomoću *National Instruments* LabVIEW razvojnog paketa (slika 6), koji pruža mogućnost jednostavne realizacije virtuelnih instrumenata [10, 11]. Virtuelni instrument se sastoji od interfejsa ka akvizicionom modulu, procedura za izračunavanje numeričkih vrednosti i korisničkog interfejsa.



Sl. 6. Virtualni instrument realizovan u LabVIEW okruženju



Sl. 7. Izgled grafičkog interfejsa virtuelnog instrumenta

Interfejs kao akvizicionom modulu je implementiran kao drajver. USB-9215A modul je podržan NIDAQmx drajverima. Sva merenja se izvršavaju preko virtuelnih kanala. Virtualni kanal je skup osobina koja se dodeljuju konkretnom merenju i uključuje ime kanala, fizički kanal

preko koga se merenje vrši, ulazni terminali veze, tip merenja i informacije o skaliranju veličina.

Fizički kanal određuje terminal na akvizicionom modulu na koji se dovodi signal koji se sempluje. Virtualni kanal može biti konfigurisan globalno na nivou sistema, ili lokalno u samoj aplikaciji preko

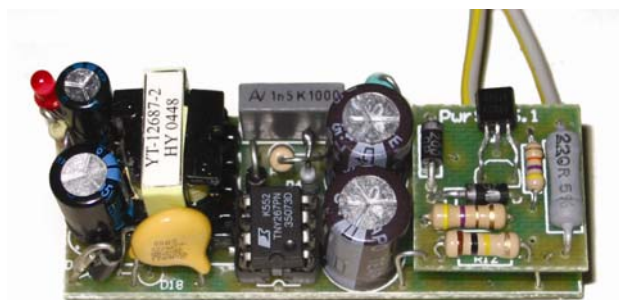
aplikacionog interfejsa. Svaki fizički kanal ima jedinstveno ime. Moguće je izvršiti agregaciju više virtuelnih kanala koji definišu iste tipove merenja u jedan merni proces.

Moguće je izvršiti agregaciju više virtuelnih kanala koji definišu iste tipove merenja u jedan merni proces. Procesi se, slično virtuelnim kanalima, mogu definisati lokalno na nivou aplikacije i globalno na nivou sistema.

Softverski deo sistema sadrži procedure za numeričku obradu podataka dobijenih akvizicijom. Implementirane su procedure za izračunavanje trenutne struje na osnovu napona koji je dobijen akvizicijom, izračunavanje harmonijskih komponenti struje i napona, kao i funkcije za izračunavanje snage, faktora snage i ukupnog harmonijskog izobličenja (slika 6). Korisnički interfejs je prikazan na slici 7.

#### 4. ZAKLJUČAK

Preliminarni rezultati merenja pokazuju da izvor za napajanje zadovoljava zahteve i IEC-1000-3 standard. Merenja su izvršena za režim rada sa jednom fazom. Tabela 1 prikazuje izlazni napon i struju u funkciji ulaznog naizmeničnog napona.



Sl 8. Realizovani prototip izvora napajanja

Tabela 1. Izlazni napon i struja u funkciji ulaznog naizmeničnog napona

Ulazni napon $V_{in}$ [V <sub>RMS</sub> ]	Ulazna struja $I_{in}$ [mA <sub>RMS</sub> ]	Izlazni napon $V_{out}$ [V]	Izlazna struja $I_{out}$ [mA]
80	9.5	5.8	50
85	28.5	5.7	170
85 - 200	28.5 - 10.3	5.7	170

Sa kontinualnom promenom ulaznog napona od 85V<sub>RMS</sub> do 200V<sub>RMS</sub> pri čemu je konstantna izlazna struja 170mA, izlazni jednosmerni napon je konstantan i jednak 5.7V.

Tabela 2. Zavisnost izlaznog jednosmernog napona od izlazne struje

Izlazna struja $I_{out}$ [mA]	Ulazna struja $I_{in}$ [mA <sub>RMS</sub> ]	Izlazni napon $V_{out}$ [V]
50	3.7	5.8
170	10.3	5.7
340	19.5	5.65
460	26.1	5.55

Tabela 2 prikazuje zavisnost izlaznog jednosmernog napona od opterećenja, odnosno izlazne struje, održavajući ulazni napon konstantnim, 200V<sub>RMS</sub>.

Tabela 2 prikazuje zavisnost izlaznog jednosmernog napona od opterećenja, odnosno izlazne struje, održavajući ulazni napon konstantnim, 200V<sub>RMS</sub>.

Realizovani prototip izvora napajanja je prikazan na slici 8. Optimalne dimenzije izvora su postignute optimizacijom *layout*-a štampane ploče i izborom TNY267P integrisanog kola malih dimenzija.

#### 5. LITERATURA

- [1] Dokić, B.: *Power Electronics – transducers and regulators*, Akademska misao, Belgrade, 2007, (in serbian).
- [2] Litovski V., Lazović M.: *Osnovi elektronike*, Niš, 1996.
- [3] Dimitrijević, M., Savić, M., Litovski, V.: *Sistem za merenje faktora snage i izobličenja*, Proc. of the INDEL 2006 Conference, pp. 168-171, Banja Luka, Bosnia and Hercegovina.
- [4] Dimitrijević, M., Litovski, V.: *Power Factor and Distortion Measuring for Small Loads Using USB Acquisition Module*, Proc. of REV2006 Conference, Maribor.
- [5] Dimitrijević M., Litovski V.: *Computer Integrated Analogue Electronics Laboratory for Undergraduate Teaching*, Proceedings of Remote Engineering Virtual Instrumentation Symposium, Brasov, Romania
- [6] Dimitrijević, M., Litovski V.: *Implementation of the Component Characteristic Curve Tracer Using PC-based Acquisition Card*, Proc. of Small System Simulation Symposium 2005, pp. 63-66
- [7] Dimitrijević, M., Litovski V.: *Implementation of 1MHz Scalar Network Analyzer Using PC-based Acquisition Card*, Proc. of 49th Conference of ETRAN, pp. 90-93
- [8] Dimitrijević M.: *Computer Integrated Laboratory for Electronics*, MSc thesis, 2005
- [9] National Instruments: *PCI USB-9215 Product Data Sheet*, <http://ni.com>
- [10] National Instruments: *LabVIEW™ 7 Express Measurement Manual*, <http://ni.com>
- [11] National Instruments: *LabVIEW™ 7 Express User Manual*, <http://ni.com>.

#### COMPACT SWITCHING POWER SUPPLY WITH HIGH POWER FACTOR

**Abstract:** *In this paper we will present a power supply – three phase AC/DC converter – with special requirements for power factor and dimensions. Development of such compact devices – up to 8cm<sup>3</sup> – provides possibility for mass production of electronic subsystems intended to be implemented within the low voltage grid, reducing emission of higher harmonics (up to 40th) in the power grid and achieving maximal efficiency. Indirectly, this concept enables control of electric energy consumption of small loads. Development of power supply following these characteristics is significant for all producers of electronic equipment compatible with IEC-1000-3 standard.*

**Key words:** *power supply, power factor*