

Visokonapetostni napajalnik za ionsko-getrsko črpalko

High Voltage Power Supply for Ion-Getter Pump

I. Grašič¹, A. Paulin, Fakulteta za el., rač., in inf. Maribor
P. Južina, A. Pregelj, Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko, Ljubljana

Prejem rokopisa - received: 1995-10-04; sprejem za objavo - accepted for publication: 1995-12-22

Pri razvoju ionsko geterske črpalke smo naleteli na problem pri napajanju omenjene črpalke z visoko napetostjo. Napajalnik mora poleg enosmerne napetosti z majhno valovitostjo in pretokovne zaščite zagotavljati tudi daljše kratkostično obratovanje. Pri nizkih tokovih se mora vesti približno tako, kot idealni napetostni generator, pri visokih tokovih pa kot vir z visoko notranjo upornostjo. Ker črpalka ne prenaša dolgotrajnih toplotnih obremenitev ob začetku črpanja, mora napajalnik poskrbeti za pravočasen izklop delovanja, če start ni bil uspešen. Poseben problem predstavljajo elementi, ki so pod visoko napetostjo, visokonapetostne prevodnice in kabel, ki povezuje napajalnik in črpalko. V članku sta opisani konstrukcija in izvedba takšnega napajalnika.

Ključne besede: ionizacija, getranje, napajalnik visokonapetostni, načrtovanje vezij, DC/DC pretvornik, AC/DC pretvornik

The power supply for ion-getter pump must, beside requirements for small voltage ripple and over current protection, provide also short-circuit operating. At low value of output current it must behave like an ideal voltage source, and at a higher value like a source with appreciable output impedance. Since the pump could not operate under long-term thermic overcharging at its start, the power supply should switch off itself, if the start is not satisfactory. A special care has to be considered on elements under high voltage, feedthroughs and a connecting cable between the pump and supply. This paper presents a construction and realization of this kind of power supply.

Key words: ionization, sputtering, high voltage power supply, circuit design, DC/DC converter, AC/DC converter

1 Mehanizem delovanja ionsko-geterskih črpalk

Zaradi premajhnega razpoložljivega prostora v tem članku bomo le na kratko orisali delovanje I.G. črpalke, podrobnejšo razlago pa najdemo v ^{1,2,3}.

Osnova je interakcija ioniziranega plina s površinami. Rezultat sta dva črpalna procesa:

- Ionizirani delci, ki so *pospešeni v električnem polju*, bombardirajo z veliko kinetično energijo katodno površino, vstopijo v kristalno mrežo katodnega materiala in ostanejo tam trdno vezani.
- Zaradi udarcev plinskih ionov nastane katodno razprševanje materiala. Napršena plast katodnega materiala deluje kot geter in veže nevtralne plinske molekule.

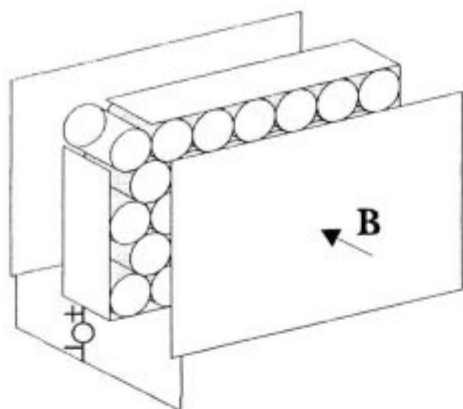
Črpalka v diodni obliki (obstaja tudi triodna) ima dve paralelni katodi in anodo, ki jo sestavljajo votli valji iz nerjavečega jekla, katerih osi so pravokotne na katodo (slika 1). Med elektrodama je priključena visoka enosmerna napetost in

v isti smeri še močno magnetno polje trajnega magneta ($=0,1T$). Zaradi visoke napetosti med elektrodama nastane v razredčenem plinu ionizacija. Elektroni, ki zaradi hladne poljske emisije⁴ zapuste elektrodo, na svoji poti ionizirajo plinske molekule. *Pot elektronov povečamo z magnetnim poljem* tako, da se le-ti gibajo v spirali. Možnost ionizacije se s tem poveča, kar je posebej pomembno pri zelo nizkih tlakih (pod 10^{-5} mbar). Magnetno polje ione le malenkostno odklanja. Le-ti bombardirajo katodo in sprožijo navedena mehanizma črpanja. Ker je ionski tok proporcionalen tlaku, je velikost tega toka merilo za tlak kot pri Penningovih merilnikih. Črpalka hitrost za zrak, N_2 , CO_2 , in H_2O je praktično enaka in relativno velika, medtem ko je za žlahtne pline majhna (podrobneje v ^{1,2}). Pri novih izvedbah črpalk, ki imajo katodo sestavljeno iz različnih materialov, lahko dosežemo povečanje črpalne hitrosti tudi za žlahtne pline. I.G. črpalke začno delovati šele pri tlaku, nižjem od 10^{-3} mbar.

Iz napisanega lahko torej sklepamo, da mora napajalnik za pravilno delovanje črpalke:

- *Dajati dovolj veliko enosmerno napetost, da pride do ionizacije atomov.*

¹ Igor GRAŠIČ, dipl.inž.elekt.,
Univerza v Mariboru
Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
2000 Maribor, Smetanova 17



Slika 1: Principialna shema ionsko-geterske črpalke
Figure 1: Principal drawing of ion-getter pump

– Zagotoviti čim večji ionizacijski tok, saj le ta določa intenzivnost procesa getranja in s tem črpanje.

Ioni in elektroni ob trku s katodo izgubijo vso kinetično energijo, ki so jo pridobili v električnem polju. Večina se je pretvori v toploto, ki segreva katodo. Če predpostavimo, da ionizirani delci pred pospeševanjem mirujejo, je njihova povprečna kinetična energija na časovno enoto približno sorazmerna produktu napetosti in toka na črpalčki. Po drugi strani je uspešnost ioniziranja atomov v grobem odvisna od velikosti priključene napetosti in gostote atomov. Čim višji je tlak v sistemu, večja je gostota atomov in s tem večji ionizacijski tok pri enaki napetosti. Pri dovolj visokem tlaku bi pri neki napetosti stekel zelo velik tok, ki bi močno segreval katodo, saj je odvajanje toplote s konvekcijo in prehajanjem s katode v okolico že v zelo slabem vakuumu slabo, v dobrem pa še slabše.

Zato je nujno potrebno omejiti produkt toka in napetosti na neko razumno vrednost ali pa časovno omejiti termično preobremenitev katode, da ne bi dobesedno stopili katode.

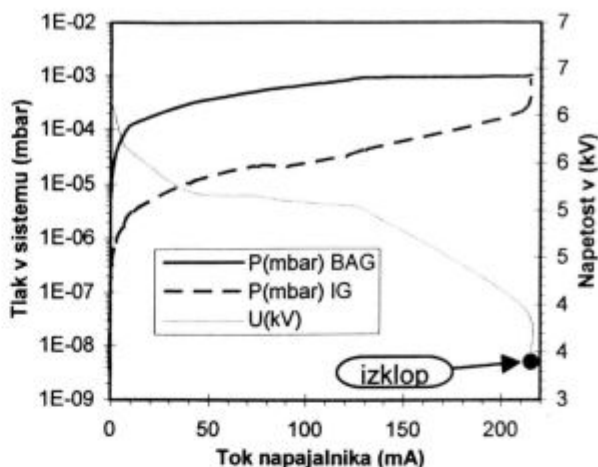
Naše razmišljanje smo podkrepili z rezultati meritve vakuumskega sistema, kar bomo podali v naslednjem poglavju.

2 Meritve obstoječega sistema

Za meritve U-I karakteristike napajalnika smo sestavili vakuumski sistem (slika 3) in na njem izvedli preverjanje parametrov 120 litrske ionsko-geterske črpalke, izdelave LEYBOLD-HERAEUS IZ120 in napajalnik NIZ3 med delovanjem. Sistem smo izčrpali najprej z rotacijsko črpalčko in nato še z turbomolekularno do tlaka $3 \cdot 10^{-9}$ mbar. Tlak smo vzdrževali z I.G. črpalčko. Z vpuščanjem dušika smo spreminjali tlak v sistemu, s tem se je spreminjal tudi tok in seveda napetost usmernika, kar smo odčitovali na usmerniku samem. Usmernik se je izklopil pri tlaku 10^{-3} mbar oz. toku 220 mA. Slika 2 podaja dobljeno odvisnost in se ujema s prej predstavljeno teorijo. Drugi izmerjeni sistemi so dali podobne rezultate.

3 Konstrukcija usmernika glede na zahteve

Na osnovi izmerjene karakteristike in poznavanja fizikalnega dogajanja v črpalčki, lahko torej sestavimo blok shemo usmernika (slika 4). Osnovni sestavni deli so: pretvornik ~ 220 V/ $\sim 6,6$ kV, modul za časovno omejitev preobremenitve, ki napajalnik izklopi, če preobremenitev (zagon) traja predolgo,

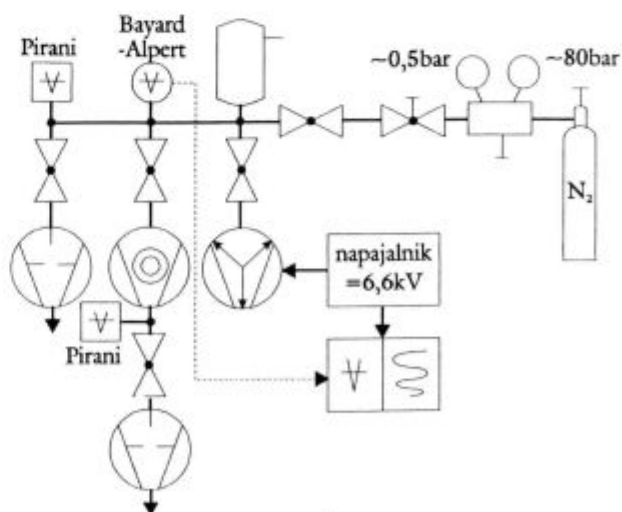


Slika 2: Meritev obstoječega sistema z IZ120 in NIZ3
Figure 2: Measurement of existing system with IZ120 and NIZ3

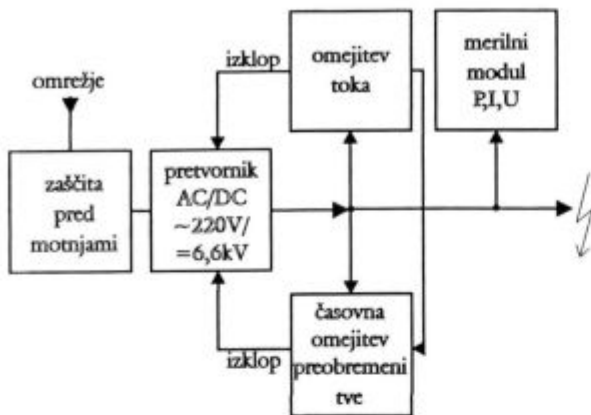
modul za omejitev toka in merilni modul, ki nam omogoča merjenje napetosti, tlaka in toka na izhodu usmernika.

Pretvornik je lahko katerikoli AC/DC ali DC/DC pretvornik, ki ima dovolj visoko notranjo upornost. Nazivni tok je lahko celo manjši od maksimalnega, ki ga potrebuje črpalčka, saj traja zagon le nekaj minut in lahko napajalnik za ta čas preobremenimo. V našem primeru smo kot osnovni gradnik uporabili transformator s stresanim poljem s prestavnim razmerjem 220/2000 in podvojitveno Dellon-ovo vezje, ki napetost na sekundarju transformatorja dvigne na enosmerni nivo $2 \cdot \sqrt{2} \cdot U_{\text{eff}}$. Zgoraj omenjeni transformator ima že sam po sebi obliko U-I karakteristike, ki jo podaja slika 2 in omogoča trajno obratovanje v kratkem stiku, kratkostični tok pa lahko v določenih mejah spreminjamo z dodajanjem in odvzemanjem kovinskih ploščic na jedru transformatorja.

Modul za časovno omejitev preobremenitve in modul za omejitev toka sta standardni vezji za časovno zakasnjeno pretokovno zaščito, ki smo jih zgradili z integriranimi vezji NE555 in operacijskim ojačevalnikom. Maksimalni tok ob



Slika 3: Vakuumski sistem za posnemanje U-I karakteristike usmernika
Figure 3: Vacuum system for measurement U-I characteristic of power supply



Slika 4: Blok shema visokonapetostnega usmernika za ionsko-gettersko črpalko

Figure 4: Drawing of high voltage power supply for ion-getter pump

zagonu črpalke je določen s kratkostičnim tokom transformatorja. Če le-ta po določenem času ne upade pod določeno vrednost, se napajalnik izklopi.

Merilni modul prilagaja merilna območja merjenih veličin za mikroampermeter, ki je uporabljen kot prikazovalnik.

4 Izvedba in sklep

Veliko težav nam je povzročalo dejstvo, da imamo nizko in visokonapetostna vezja v istem ohišju. Da bi zadostili varnostnim predpisom, smo pri gradnji uporabili norme IEC 664, 664A in DIN VDE 0110, ki predpisujejo varnostne in plazilne razdalje za varno obratovanje naprave. Za povezavo usmernika s črpalko smo uporabili poseben visokonapetostni koaksialni kabel. Priključek na črpalki mora zdržati celotno napajalno napetost in seveda biti vakuumsko tesen, priključek na usmerniku pa je nekoliko prirejena oblika BNC priključka za visoke napetosti. Izmerjena karakteristika je skoraj identična že prej dobljeni (slika 2), kar smo tudi želeli, pri čemer so izdelovalni stroški projektiranega usmernika približno eno šestino cene kupljenega.

5 Literatura

- ¹ M. Audi, M. de Simon, Ion Pumps, *Vacuum*, 37, 1987, 8-9. 629-636
- ² M. Kurepa, B. Čobič, *Fizika i tehnika vakuuma*, Naučna knjiga, Beograd 1988
- ³ Osnove vakuumske tehnike, *Zbornik predavanj*, Društvo za vakuumsko tehniko Slovenije, Ljubljana 1984
- ⁴ Savo Poberaj, *Fizika snovi*, Ljubljana 1980
- ⁵ D. M. Pantič, J. S. Pešič, *Primena linearnih integriranih kola*, Tehnička knjiga, Beograd 1987