

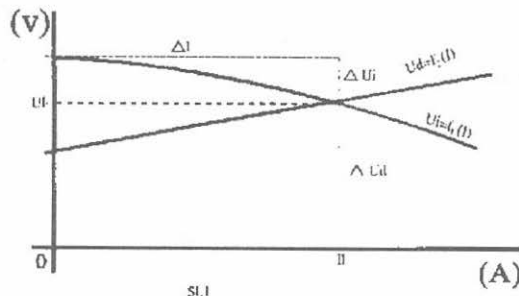
UTICAJ INDUKTIVITETA TRANSFORMATORA I PRIGUŠNICE NA RADNI REŽIM GAS-METAL LUČNOG ZAVARIVANJA

Donka Nakova, AD EMO OHRID, Institut za energetiku-Skopje

Sadržaj: U ovom članku prezentirana je simulacija gas-metal lučnog zavarivanja. Dati su statički i dinamički uslovi rada prema važećim standardima. Analiziran je trofazni mostni sklop sa transformatorom kao izvor i prigušnicom u kolu zavarivanja.
Ključne reči: gas-metal lučno zavarivanje/dinamička analiza/simulacija

1. UVOD

Da bi se ostvarili radni uslovi gas-metal lučnog zavarivanja, potrebno je da izvor napajanja ima odgovarajuće statičke i dinamičke karakteristike. Ustaljeni režim rada sistema koji se sastoji od izvora napajanja, prigušnice i električnog luka se određuje kao tačka preseka spoljne karakteristike izvora napajanja $U_i = f_1(I)$, (kriva 1) i radne karakteristike luka $U_d = f_2(I)$, (kriva 2) Sl.1. U_i , I -napon i struja luka u radnoj tački.

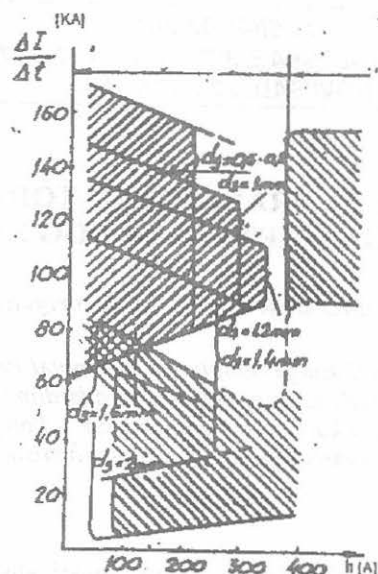


Slika 1. Spoljna karakteristika izvora i radna karakteristika luka

Pri rastućoj karakteristici luka $dU_d/dI > 0$, koja se dešava sa lukom jednosmerne struje u zaštitnoj atmosferi gasova, da bi se osigurali radni uslovi spoljna karakteristika izvora treba da raste manje strmo nego statička karakteristika luka [1] i time je zadovoljen uslov stabilnosti.

$$k_y = \left(\frac{dU_d}{dI} - \frac{dU_i}{dI} \right) > 0 \quad (1)$$

U dinamičkom procesu uspostavljanja radne tačke javlja se strujno pojačanje nakon prestanka komutacije dioda. Strujno pojačanje u zavisnosti od struje luka za određenu radnu tačku i određen dijаметar žice zavarivanja je dato od grupe autora Kijevske Akademije Nauka [1] kao uslov stabilnosti u radnoj tački.



Slika 2. Strujno pojačanje

U sledećem pregledu data su strujna pojačanja prema autorima Paton-Rusija [2], Smith-V. Britanija [3].

Tablica 1.

	Dijametar žice mm	Strmina kA/sek. Područje
Rusia-(Paton)	1,2	100-150
		5-35
	1,6	35-70
	0,8	60-120
		120-175
Velika Brit.(Smith)		60-105
	1,0	105-150
		55-100
	0,8	50-150
	1,2	40-130
	1,6	20-75

Ako je strmina struje veća od propisane vrednosti, dolazi do burnog topljenja kraja elektrode i razlivanje metala što otežava uspostavljanje luka.

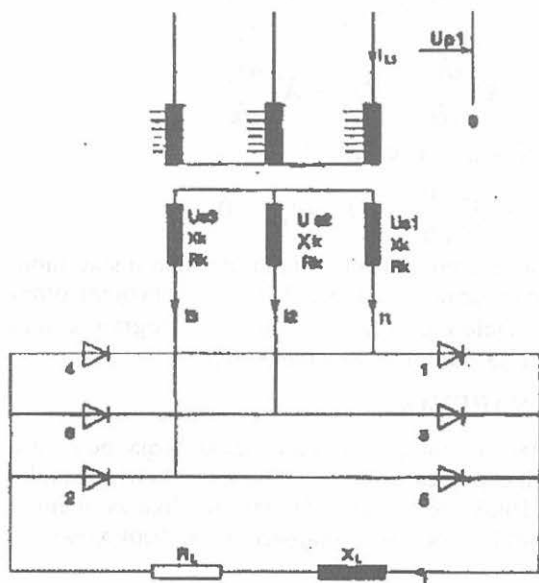
Ako je strmina manja od propisane vrednosti, dolazi do povećanja veličine kapljice formirane od sporo topljene žice.

Iz navedenih uslova sledi da za projektovanje aparata za zavarivanje važno odabrati optimalne vrednosti induktiviteta prigušnice X_j i induktiviteta izvora X_k koji bi zadovoljili statičke i dinamičke potrebne uslove radnog režima.

2. PARAMETRI PROCESA

U statičkoj karakteristici izvora izvod dU/di predstavlja induktivni otpor izvora X_k , a izvod dU_j/di statičke karakteristike luka predstavlja otpor luka u radnoj tački R_j .

Autor ovog članka je usvojio aproksimativnu vrednost otpora luka R_l za određenu radnu tačku, pri čemu se koristi radni napon luka definisan pomoću ispitivanja i statističke analize. Dobija se $U_l = 14 + 0,5 \cdot I_l$ - za jednosmerno zavarivanje u atmosferi gasa CO_2 . Aproksimirana vrednost otpora luka iznosi $R_l = U_l / I_l$. Električni model predstavljen je na slici 3.



- X_k - inuktivitet transformatora, Ω
- R_k - otpor transformatora, Ω
- X_f - inuktivitet, Ω
- u - ugao komutacije dioda, u stepenima
- U_s - sekundaran napon, V
- R_f - aproksimirana vrednost otpora luka

Slika 3. Električni model sistema za varenje

3. ANALIZA PROCESA VARENJA

Električni model sistema je opisan sistemom diferencijalnih jednačina u n -tom intervalu posebnog dela stabilnog stanja sa ukupnim periodom ponavljanja $2\pi/3$,

Za interval $0 < x < u$

$$i_1 + i_3 = i_d$$

$$U_{s1} - X_k \frac{di_1}{dx} = U_{s3} - X_k \frac{di_3}{dx}$$

$$U_{s1} - X_k \frac{di_1}{dx} = U_{s2} + X_k \frac{di_d}{dx} + R_l i_d + X_l \frac{di_d}{dx}$$

$$U_{s3} - X_k \frac{di_3}{dx} = U_{s2} + X_k \frac{di_d}{dx} + R_l i_d + X_l \frac{di_d}{dx}$$

Za interval $u < x < \pi/3$

$$U_{s1} - 2X_k \frac{di}{dx} - 2R_k i - X_l \frac{di}{dx} - R_l i - U_{s2} = 0$$

Za interval $\pi/3 < x < u + \pi/3$

$$i_2 + i_3 = i_d$$

$$U_{s2} + X_k \frac{di_2}{dx} = U_{s3} - X_k \frac{di_3}{dx}$$

$$U_{s2} + X_k \frac{di_2}{dx} = U_{s1} - X_k \frac{di_d}{dx} - R_l i_d - X_l \frac{di_d}{dx}$$

$$U_{s2} + X_k \frac{di_3}{dx} = U_{s1} - X_k \frac{di_d}{dx} - R_l i_d - X_l \frac{di_d}{dx}$$

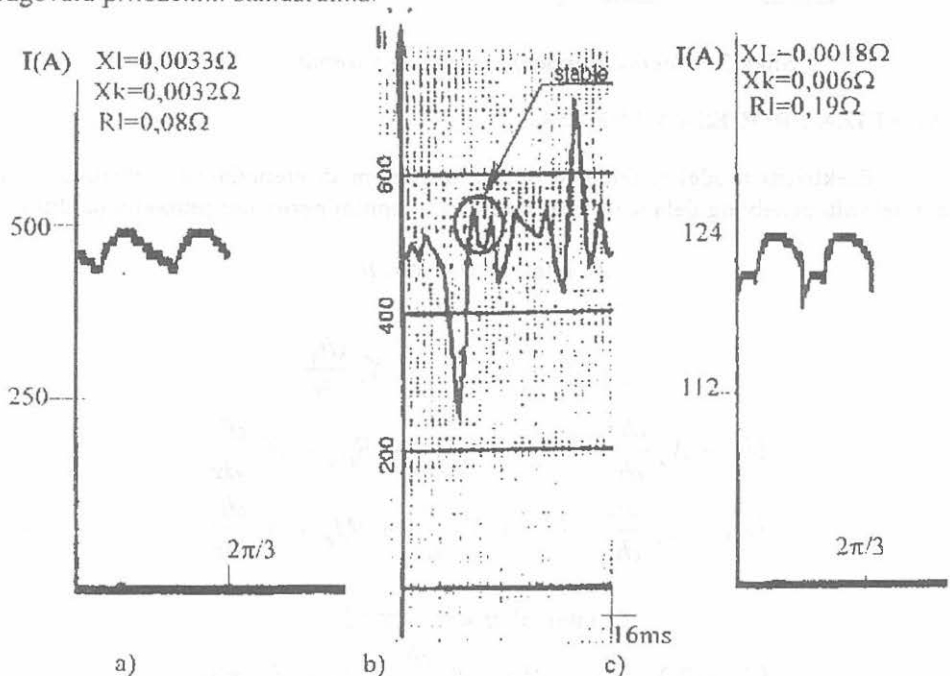
Za interval $\pi/3 + u < x < 2\pi/3$

$$U_{s1} - 2X_k \frac{di}{dx} - 2R_l i - X_l \frac{di}{dx} - R_l i - U_{s3} = 0$$

Rešenje sistema diferencijalnih jednačina daje vremenski oblik struje luka u stabilnom stanju za određenu radnu tačku. Promenom parametara X_k , X_l i U_l za usvojeni otpor luka R_l menja se prirast struje $\Delta I/\Delta t$. Simulacioni program je originalni program autora ovog članka. Određivanjem $\Delta I/\Delta t$ definiše se stabilna radna tačka luka.

4. REZULTAT ANALIZE PROCESA VARENJA

Stabilno stanje luka kao rezultat simulacije za radnu tačku koja odgovara struji od 450A dato je na slici 5a. Strujno pojačanje koje se javlja nakon prestanka komutacije dioda za ovaj slučaj iznosi 116kA/sec. Na slici 5b data je slika sa skenera realizovanog aparata, mereno u radnoj tački 450A, $\Delta I/\Delta t$ mereno iznosi 100kA/sec što odgovara priloženim standardima.



Sl. 5. a) simulacija za 450A ; b) skener pri 450A ; c) simulacija za 100A

Za iznalaženje tačnih vrednosti za svaki otecep transformatora se simulira struja zavarivanja. Prilog na slici 5c je simulacija za radnu tačku pri struji od 100A. Za tu tačku proračunati su vrednosti X_k i X_L . Prirast struje $\Delta I/\Delta t$ iznosi 126kA/sek za dijametar žice $\varphi=1\text{mm}$.

5. ZAKLJUČAK

U ovom članku analizirana je simulacija gas-metal lučnog zavarivanja. Dinamički režim u radnoj tački sa određenim prirastom $\Delta I/\Delta t$ (kA/sec) kontrolisan je tačno odabranim induktivitetom transformatora i prigušnice. Sa time je data mogućnost da luk bude stabilan element pulsacije.

LITERATURA

- [1] Zavarivanje 2 IT priručnik-više autora-Rusije, Beograd, 1979
- [2] Oburodovanje dlja dugovoj i šijakovoj svarki- Paton i Lebdev
- [3] CO₂ welding of steel- Smith
- [4] Lj.Magdenovski,R.Čapovski, The characteristic of power source for MIG/Mag gas shielding arc welding processes, *Welding 23*, Zagreb, 1980
- [5] D.Nakova:, Simulation of dynamic characteristics of three phase apparatus for arc welding, *ETAJ*, Ohrid, 1992
- [6] D.Nakova., Fine amplification as a factor of stability in the metal-gas welding,, *5 Sont*, Poreč, Croatia, 1995
- [7] D.Nakova ,Discontinuation and waviness at arc current at welding with semiconductor regulation, *Ee Novi Sad*, Jugoslavija, 1995.

Abstract: Deep analysis of metal gas shielding welding process has been presented, and appropriate mathematical model has been proposed. Comparison between simulation and measured data is presented in order to clarify the usefulness of author's program for welding current simulation.

TRANSFORMER AND CHOKE INDUCTIVITY INFLUENCE AT GAS SHIELDED METAL WELDING PROCESS

Donka Nakova