

DINAMIČKE KARAKTERISTIKE EKSTREMNO BRZIH
ELEKTROMAGNETNIH STABILIZATORA NAPONA

Narcis Behlilović
dr Pavle Jovanović
ENERGOINVEST OOUR IRCA
ETF Sarajevo

SAŽETAK

U radu autori predstavljaju dinamičke karakteristike ekstremno brzih elektromagnetnih stabilizatora napona. Prezentirani rezultati dokazuju da se radi o veoma brzom stabilizatoru napona. Zbog tih i drugih pogodnosti isti postaje veoma zanimljiv, kako za uređjaje koji traže uobičajno stabilizovan napon, tako i za uređjaje koji zahtjevaju stabilizovan napon posebnog kvaliteta (nizak klir faktor, veliku brzinu amortizacije varijacija mrežnog napona i opterećenja, odsustvo radio smetnji i slično).

DYNAMIC CHARACTERISTICS OF EXTREMELY FAST
ELECTROMAGNETIC VOLTAGE STABILIZERS

This paper presents dynamic characteristics of extremely fast electromagnetic voltage stabilizers. The results given in the paper show that voltage stabilization is very fast. Due to its speed and other qualities (low distortion of output signal, absence of RFI) an electromagnetic voltage stabilizer can be used in applications where high grade AC voltage stabilization is necessary.

UVOD

Danas sve veći broj uređjaja zahtjeva da se napajaju stabilnim i kvalitetnim naizmjeničnim naponom, što se realizuje postavljanjem stabilizatora napona između uređjaja i napojne električne mreže.

Od aktuelnih stabilizatora napona male i srednje snage u praksi su najprisutnija rješenja koja se sastoje od standardnog transformatora (ili autotransformatora) za čiji je primar serijski vezana promjenljiva impedansa i elektronskog regulatora koji regulišući iznos promjenljive impedanse održava izlazni napon na željenom nivou.

Ukoliko se promjenljiva impedansa realizuje antiparalelnim tiristorima slabi se faktor snage stabilizatora, a i multipliraju se problemi vezani za injektiranje radio smetnji u napojnu mrežu. (L3) i (L4).

Primjeni li se na mjestu promjenljive impedanse transduktor ublažavaju se gornji problemi, ali dolazi do slabljenja dinamičkih karakteristika stabilizatora.

Obe varijante imaju poteškoće da održe klir faktor stabilizatora u cjelom regulacionom području na zadovoljavajućem nivou (<5%).

Imajući izloženo u vidu, pri razvoju novog vrlo brzog stabilizatora napona, čije su neke osobine predmet ovoga rada, postavljeni su sljedeći zahtjevi:

- prevazilaženje slabosti uočenih kod prethodnih rješenja.
- postizanje što boljih dinamičkih performansi

PRINCIP RADA I MATEMATIČKIH MODELA ELEKTROMAGNETNOG STABILIZATORA NAPONA

Princip rada i osobine novog vrlo brzog elektromagnetnog stabilizatora napona detaljnije razmotrene u (L1) (L2) i (L5), racionalno je analizirati preko dvije funkcionalne cjeline:

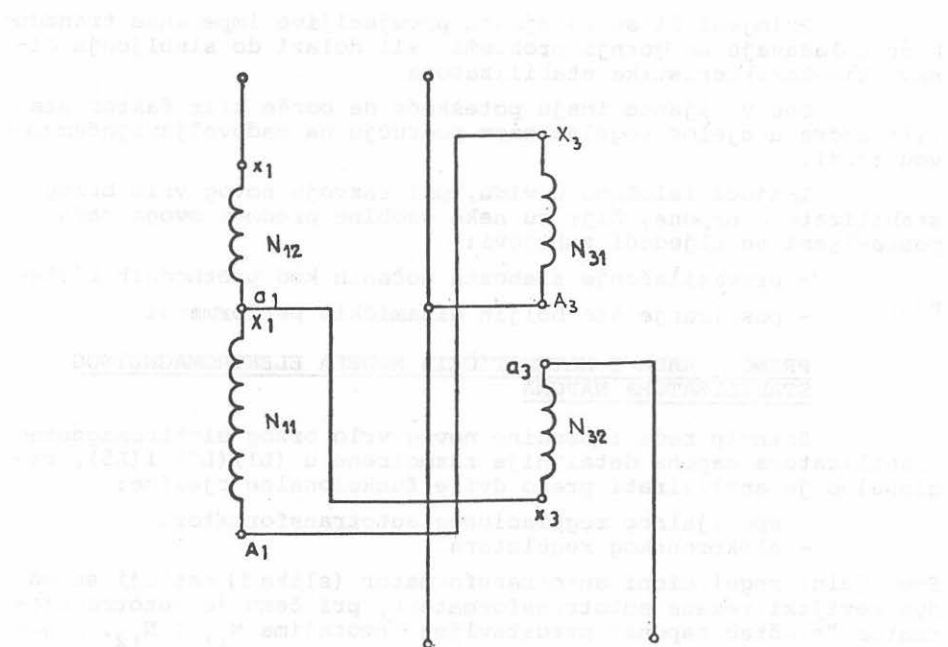
- specijalnog regulacionog autotransformatora
- elektronskog regulatora

Specijalni regulacioni autotransformator (slika 1) sastoji se od dva serijski vezana autotransformatora, pri čemu je autotransformator "spuštač napona" predstavljen namotajima N_{11} i N_{12} , a autotransformator "podizač napona" namotajima N_{31} i N_{32} . Svi namotaji smješteni su, za monofaznu varijantu, na magnetno kolo predstavljeno slikom 2.

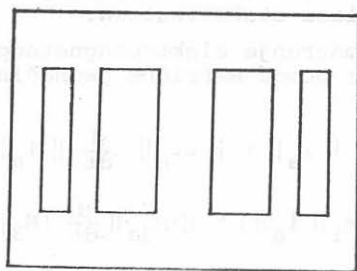
Mijenjajući magnetni otpor djelova magnetnog kola specijalnog autotransformatora, praktično kontinualno mjenjamo njegov prenosni odnos. Time je omogućeno da se i pri promjenljivom naponu napojne mreže, na izlazu stabilizatora održava stalan napon. Veličinu promjene magnetnog otpora djela magnetnog kola, određuje upravljачka struktura na osnovu informacija o iznosu željenog i stvarnog napona na izlazu stabilizatora.

Analitičko razmatranje elektromagnetnog stabilizatora napona može se vršiti uz pomoć matrične jednačine (1),

$$\begin{aligned} \| u_a \| = & \| R_a \| \| i_a \| + \| L_{5a} \| \frac{d}{dt} \| i_a \| + \\ & + \| N_{1a} \| \frac{d}{dt} \{ M_1 \| i_a \| \} + \| N_{3a} \| \frac{d}{dt} \{ M_3 \| i_a \| \} \end{aligned} \quad (1)$$



S1.1



S1.2

pri čemu pojedine matrice imaju sljedeću strukturu:

$$\begin{vmatrix} u_a \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} u_1 \\ u_2 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} R_a \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} R_{11} + R_{31} + R_{12} & -(R_{11} + R_{31}) \\ R_{11} + R_{31} & -(R_{11} + R_{31} + R_{32}) \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} L_{6a} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} L_{116} + L_{316} + L_{126} & -(L_{116} + L_{316}) \\ L_{116} + L_{316} & -(L_{116} + L_{316} + L_{326}) \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} N_{1a} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 + \frac{N_{12}}{N_{11}} + \frac{N_{11}}{N_{12}} & -(1 + \frac{N_{11}}{N_{12}}) \\ 1 + \frac{N_{11}}{N_{12}} & -\frac{N_{11}}{N_{12}} \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} N_{3a} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{N_{31}}{N_{32}} & -(1 + \frac{N_{31}}{N_{32}}) \\ 1 + \frac{N_{31}}{N_{32}} & -(\frac{N_{32}}{N_{31}} + \frac{N_{31}}{N_{32}} + 2) \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} i_a \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} i_1 \\ i_2 \end{vmatrix}$$

Simboli upotrebljeni u jednačini (1), uz raspored namotaja kao na slici 1, imaju sljedeće značenje:

- u_1 - ulazni napon stabilizatora
- u_2 - izlazni napon stabilizatora
- R_{11} - aktivni otpor namotaja N_{11}
- R_{12} - aktivni otpor namotaja N_{12}
- R_{31} - aktivni otpor namotaja N_{31}
- R_{32} - aktivni otpor namotaja N_{32}
- L_{116} - rasipna induktivnost namotaja N_{11}
- L_{126} - rasipna induktivnost namotaja N_{12}

- L_{315} - rasipna induktivnost namotaja N_{31}
- L_{325} - rasipna induktivnost namotaja N_{32}
- M_1 - medjuinduktivnost namotaja N_{11} i N_{12}
- M_3 - medjuinduktivnost namotaja N_{31} i N_{32}
- N_{11} - broj navoja namotaja N_{11}
- N_{12} - broj navoja namotaja N_{12}
- N_{31} - broj navoja namotaja N_{31}
- N_{32} - broj navoja namotaja N_{32}
- i_1 - ulazna struja stabilizatora
- i_2 - izlazna struja stabilizatora

EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Dio eksperimentalnih rezultata, na osnovu kojih se mogu analizirati dinamičke karakteristike elektromagnetnih stabilizatora predstavljen je slikama (sl.3 do sl.9).

Na slici 3 prikazani su ulazni i izlazni napon pri konstantnom ulaznom naponu $U_1=220$ (V) i skokovitoj promjeni opterećenja 50%-0-50%.

Slika 4 prikazuje izlazni napon pri konstantnom ulaznom naponu $U_1 = 187$ (V) i skokovitoj promjeni opterećenja u granicama 100% - 50% - 100%.

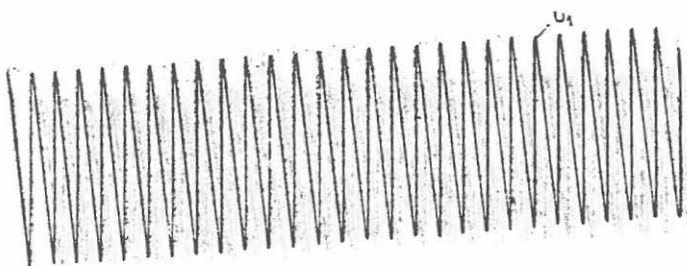
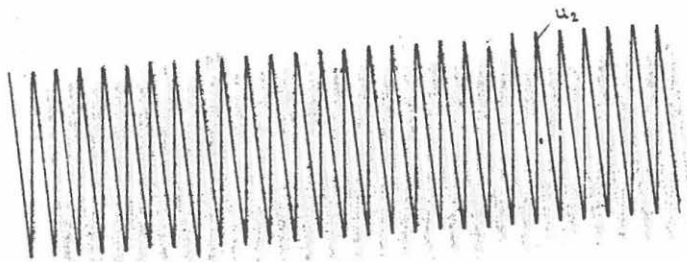
Slika 5 prikazuje izlazni napon pri konstantnom ulaznom naponu $U_1 = 187$ (V) i skokovitoj promjeni opterećenja u granicama 0-100%-0.

Na slici 6 prikazan je izlazni napon pri skokovitoj promjeni ulaznog napona $U_1 = 220$ (V) za +15%, dok slika 7 prikazuje izlazni napon pri skokovitoj promjeni ulaznog napona $U_1=220$ (V), za - 15%.

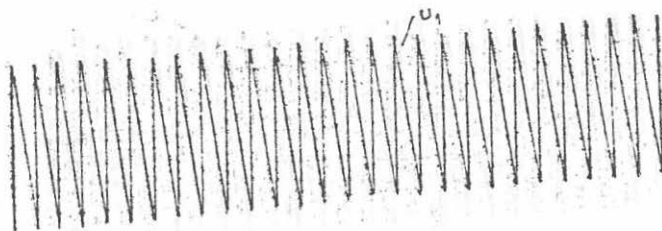
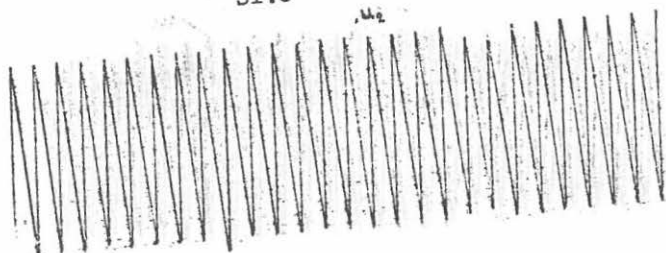
Slika 8 predstavlja ulazni i izlazni napon u režimu "prazan hod" kada se ulazni napon skokovito promjeni u granicama 220 (V)-0--220 (V).

Slika 9 predstavlja izlazni i ulazni napon u režimu opterećenje pri skokovitoj promjeni ulaznog napona u granicama 187 (V)-0-187 (V)

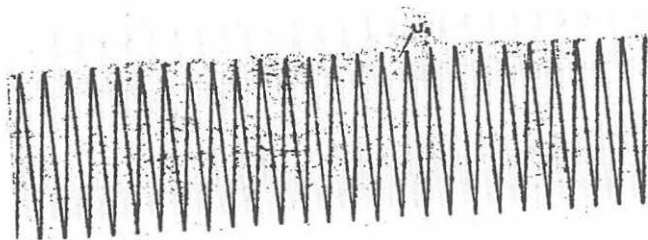
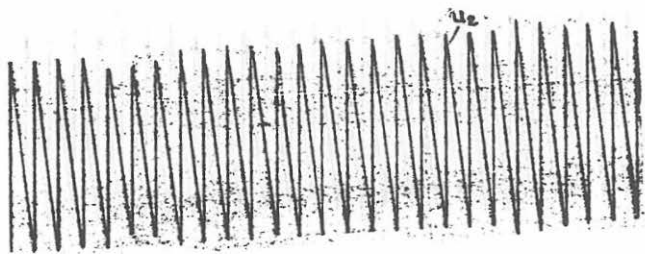
Na osnovu gornjih slika uočljivo je da vrijeme regulacije ne prelazi 2 do 3 periode, dok maksimalno dinamičko odstupanje ne prelazi 15%. Zavidnu brzinu reagovanja stabilizatora i kvalitet regulacije dobro demonstriraju slika 8 i slika 9.



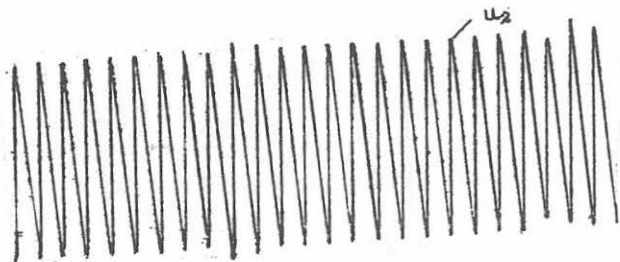
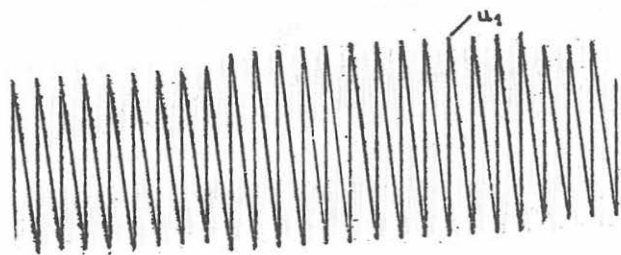
S1.3



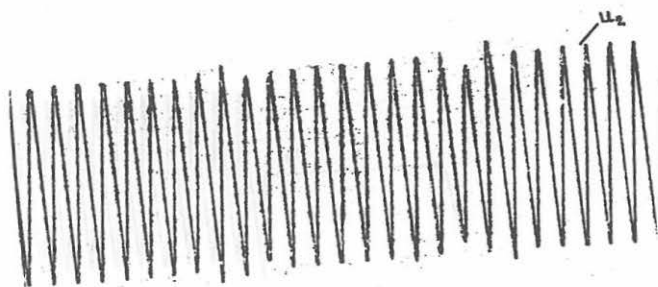
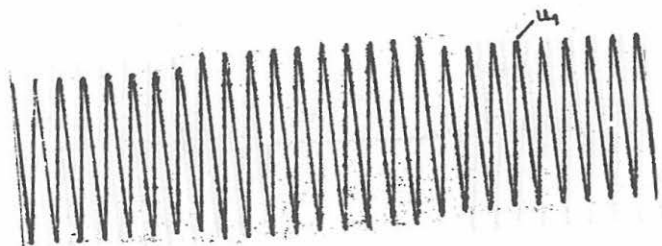
S1.4



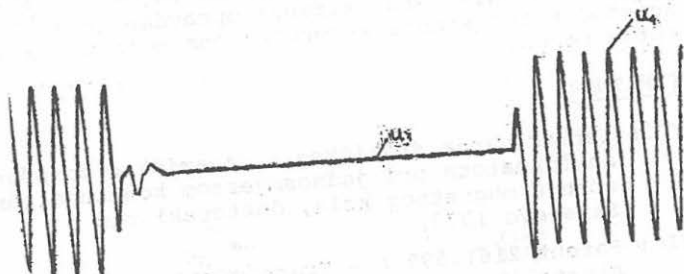
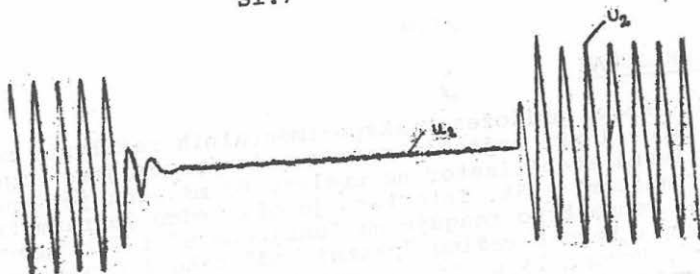
S1.5



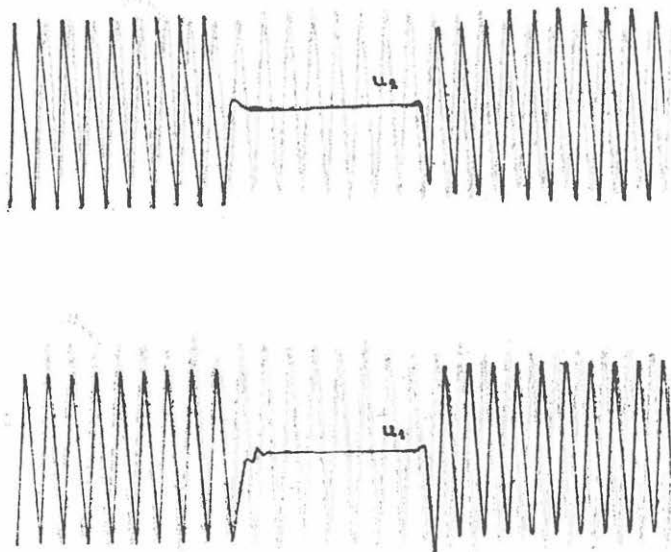
S1.6



S1.7



S1.8



Sl.9

ZAKLJUČAK

Na osnovu priloženih eksperimentalnih rezultata može se konstatovati da i pri najtežim radnim uslovima vrijeme regulacije za ispitivani stabilizator ne prelazi 60 ms, dok je dinamička tačnost u granicama $\pm 15\%$. Isto tako je očigledno da razmatrani stabilizator veoma brzo reaguje na "uključenje" i "isključenje" ulaznog napona, kako u režimu "prazni hod" tako i u režimu "nominalni teret". Uzmemo li u obzir i veoma dobre energetske karakteristike stabilizatora, njegovu veliku statičku tačnost ($\pm 0,3\%$ i neosjetljivost na promjene frekvence ulaznog napona od $\pm 5\%$) (što u ovom radu nije detaljnije analizirano) opravdan je zaključak da se radi o izuzetno brzom stabilizatoru napona koji na izlazu daje visokokvalitetan napon.

LITERATURA

1. P.JOVANOVIĆ: Istraživanja statičkog i dinamičkog ponašanja transformatora pri jednosmjernom kontinualnom magnetsenju magnetnog kola, doktorski rad Sarajevo 1970.
2. P.JOVANOVIĆ: Patent 2161.599.6 - Transformator mit stätiger. Einstellbarkeit einer Ausgangs - Wechselspannung. Ö.Patentsschrift

3. V.A.Jambikov: Sposob stabilizaciji peremennogo naprjaženija. Elektranehanika N^o 5 1976.
4. "Regulateurs de tension electroniques á action rapide pour reseaux monophasés et triphasés". Regulateurs Georgin - Notice 1368
5. N.Behlilović: "Sinteza sistema za upravljanje izlaznim naponom autotransformatora sa kontinualnom promjenom prenosnog odnosa". Magistarski rad, ETF Zagreb 1981.
6. "Protokol o ispitivanju stabilizatora napona ES-5" Energoinvest OOUR IRCA 1980.