

Tehničko rešenje

Unapređena *in-situ* metoda za proračun zasićene sinhronne reaktanse turbogeneratora

I. AUTORI REŠENJA:	Dr Saša D. Milić, dipl.inž.el.teh., viši naučni saradnik s-milic@ieent.org Nikola Georgrijević, master.inž.el.teh. nikola.georgijevic@ieent.org
II. NAZIV TEHNIČKOG REŠENJA:	Unapređena <i>in-situ</i> metoda za proračun zasićene sinhronne reaktanse turbogeneratora
KATEGORIJA TEHNIČKOG REŠENJA:	Novo tehničko rešenje primenjeno na međunarodnom nivou (M81)
III. KLJUČNE REČI:	Turbogenerator, <i>in-situ</i> merni metod, zasićena sinhrona reaktansa
IV. ZA KOGA JE REŠENJE RAĐENO, ODNOSNO, DOKAZ O PRIMENLJIVOSTI TEHNIČKOG REŠENJA:	Rad kategorije M21 u kome se opisuje tehničko rešenje: M. Kostić, S. D. Milić, N. L. Georgrijević: “ Comprehensive analysis of on-site method for determining synchronous reactance “, International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Published by Elsevier Ltd., Vol. 121, DOI: 10.1016/j.ijepes.2020.106135, April 2020, pp. 1-7.
V. GODINA KADA JE REŠENJE KOMPLETIRANO:	2020. godina
VI. GODINA KADA JE REŠENJE POČELO DA SE PRIMENJUJE I KOD KOGA:	2020. godina
VII. OBLAST I NAUČNA DISCIPLINA NA KOJU SE REŠENJE ODNOSI:	Tehničko-tehnološke nauke, Energetika
NAPOMENA	Tehničko rešenje je nastalo u okviru projekta TR 33024, „Povećanje energetske efikasnosti, pouzdanosti i raspoloživosti elektrana EPS-a utvrđivanjem pogonskih dijagrama generatora i primenom novih metoda ispitivanja i daljinskog nadzora”, koji je finansiralo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

VIII. PROBLEM KOJI SE REŠAVA TEHNIČKIM REŠENJEM

Budućnost energetike karakterišu tri osnovna načela: porast tražnje za električnom energijom, zahtev za većom energetskom efikasnošću i održivi energetski razvoj. Turbogeneratori predstavljaju kapitalne proizvodne jedinice u termoelektranama. Određivanje njihovih osnovnih parametara je od velike važnosti za njihovo upravljanje, kontrolu i održavanje. Sinhronne reaktanse po d i q osi spadaju u osnovne parametre turbogeneratora. Povremeno određivanje ovih reaktansi je važno zbog dugogodišnje degradacije magnetnih karakteristika generatora. Tehničko rešenje predstavlja praktičnu metodu baziranu na merenju i izračunavanju zasićene sinhronne reaktanse izabranog turbogeneratora u pogonu. Detaljnom analizom postojeće merne metode (IEEE Std 1110, Annex D), prikazanom u radu [1], utvrđena su njena izvesna ograničenja koja, za pojedine režime rada turbogeneratora, koja unose u proračun izvesne greške, a koje se primenom ovog tehničkog rešenja značajno smanjuju. U opisu tehničkog rešenja je prikazan matematički model, odnosno, navedene su jednačine opštepriznate metode, a zatim i date modifikovane jednačine čijom primenom se unosi manja greška u proračun zasićenih reaktansi. Tehničko rešenje pogodno za praktičnu primenu jer omogućava brz i relativno jednostavan proračun.

IX. STANJE REŠENOSTI OPISANOG PROBLEMA U SVETU

Trenutno se u svetu koristi više metoda za proračun i određivanje sinhronih reaktansi turbogeneratora, koje su podeljene u dve osnovne grupe:

1. Metode bazirane na jednakosti sinhronih reaktansi [2-6]:

Poslednjih decenija, proračun zasićenih reaktansi po q osi x_{qsat} i d osi x_{dsat} je vršen uz pretpostavku da su te reaktanse jednake $x_{qsat}=x_{dsat}$. Ovakav pristup je pružao zadovoljavajuće rezultate za starije turbogeneratore manje snage čija magnetna kola rade sa nižim nivom zasićenja.

1.1. Metod za određivanje nezasićenih i jednakih sinhronih reaktansi $x_{du}=x_{qu}$, gde su x_{du} nezasićena sinhrona reaktansa duž d ose i x_{qu} nezasićena sinhrona reaktansa duž q ose.

1.2. Metod za određivanje zasićenih i približno jednakih sinhronih reaktansi $x_{du}=x_{qu}$, gde su x_{du} nezasićena sinhrona reaktansa duž d ose i x_{qu} nezasićena sinhrona reaktansa duž q ose.

2. Metode bazirane na nejednakosti sinhronih reaktansi [6-16]:

2.1. Metoda konačnih elemenata (FEM) za izračunavanje zasićenih sinhronih reaktansi x_{dsat} duž d ose i x_{qsat} duž q ose. Praktična primena FEM metode je često veoma komplikovana u slučajevima generatora, koji su više decenija u eksploataciji, zbog složenosti modelovanja velikog broja manjih delova sa različitim magnetnim karakteristikama.

2.2. Metoda za izračunavanje zasićenih sinhronih reaktansi x_{dsat} duž d ose i x_{qsat} duž q ose na osnovu rezultata dobijenih iz ogleđa praznog hoda.

2.3. Metoda za izračunavanje zasićenih sinhronih reaktansi x_{dsat} duž d ose i x_{qsat} duž q ose na osnovu familije krivih zasićenja elektromotornih sila u funkciji struja magnećenja po d osi $e_{\ell}=f(i_{md})$ i q osi $e_{\ell}=f(i_{mq})$.

2.4. Nekoliko novijih metoda za izračunavanje različitih parametara turbogeneratora.

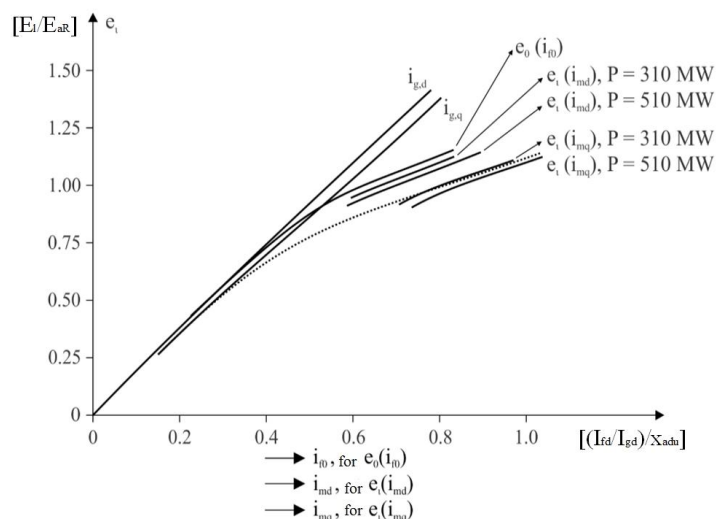
U radnim režimima turbogeneratora većih snaga se mora uzeti u obzir razlika $x_{qsat} < x_{dsat}$:

- U nadpobuđenom režimu rada je taj odnos $x_{qsat}/x_{dsat}=0.95 \div 0.90$.
- U podpobuđenom režimu rada je taj odnos $x_{qsat}/x_{dsat}=0.88 \div 0.80$.

In-situ metod (IEEE Std 1110, Annex D) se smatra najpodesnijim za određivanje zasićenih sinhronih reaktansi x_{dsat} i x_{qsat} turbogeneratora u radnom režimu. Prema ovoj metodie, reaktanse se određuju na bazi familije zasićenih krivih koje predstavljaju elektromotorne sile u funkciji struja magnećenja $e_{\ell}=f(i_{md})$ i $e_{\ell}=f(i_{mq})$. Međutim, neki autori [9, 13, 17] izražavaju sumnju u svrsishodnost *in-situ* metoda za proračun reaktansi turbogeneratora zbog uticaja grešaka pri merenju ugla snage δ , određivanju pobudne struje ali i drugih parametara, jer veća greška pri proračunu reaktansi prouzrokuju veliku grešku u određivanju P-Q dijagrama generatora.

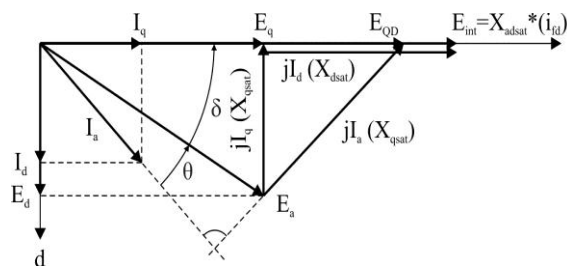
X. OPIS TEHNIČKOG REŠENJA

In-situ merni metod za proračun zasićenih sinhronih reaktansi po d -osi x_{dsat} i q -osi x_{qsat} opterećenog turbogeneratora je odavno u praktičnoj primeni. Ove reaktanse se određuju primenom familije zasićenih krivih $e_{\ell}=f(i_{md})$ i $e_{\ell}=f(i_{mq})$ prikazanih na Slici 1. Za konstruisanje ovih pojedinačnih krivih neophodno je sprovesti eksperiment sa npr. dve vrednosti aktivne snage $P=P_n$ and $P=0.65P_n$, ili $P=P_n$ and $P=0.50P_n$ uz promenu reaktivne snage od maksimalne u nadpobuđenom (induktivnom) režimu do maksimalne u podpobuđenom (kapacitivnom) režimu rada turbogeneratora.



Slika 1. Familije zasićenih krivih $e_{\ell}=f(i_{md})$ i $e_{\ell}=f(i_{mq})$ za turbogenerator 555MVA

Ove krive (Slika 1) se dobijaju iz fazorskog dijagrama (Slika 2).



Slika 2. Fazorski dijagram turbogeneratora sa zasićenim i nejednakim sinhronim reaktansama

Dobijanje pomenutih krivih se odvija kroz sledeća tri koraka:

1. Prvi korak ovog procesa je crtanje krive praznog hoda turbogeneratora $e_0(i_{f0})$ i krive magnetisanja u vazdušnom zazoru $e_0(i_{gd})$.
2. Drugi korak predstavlja set merenja sledećih električnih veličina za pojedine režime rada generatora:
 - a. Napon E_a
 - b. Struja I_a
 - c. Aktivna snaga P
 - d. Reaktivna snaga Q
 - e. Pobudna struja $I_f=I_{fd}$
 - f. Ugao snage δ

Tehničko rešenje

3. Računanje elektromotorne sile posle reaktanse rasipanja X_l (1) uz zanemarivanje otpornosti statora ($R_a \approx 0\Omega$).

$$\underline{E}_l = \underline{E}_a + j \cdot X_l \cdot \underline{I}_a \quad (1)$$

Primena standardne *in-situ* metode (IEEE Std 1110, Annex D) podrazumeva proračun zasićenih reaktansi po d i q osama primenom sledećih jednačina (2-6):

$$x_{adsat} = \frac{e_q + x_l \cdot i_d}{i_{fd} - i_d} \quad (2)$$

$$x_{adsat} = \frac{e_a \cdot \cos \delta + x_l \cdot i_a \cdot \sin(\delta + \theta)}{i_{fd} - i_a \cdot \sin(\delta + \theta)} \quad (3)$$

$$x_{dsat} = x_{adsat} + x_l \quad (4)$$

$$x_{qsat} = \frac{e_d}{i_q} = \frac{e_a \cdot \sin \delta}{i_a \cdot \cos(\delta + \theta)} \quad (5)$$

$$x_{aqsat} = x_{qsat} - x_l = \frac{e_d}{i_q} - x_l \quad (6)$$

Proračun struja magnećenja po d i q osama se odvija primenom sledećih jednačina (7-10):

$$i_{md} = i_{fd} - i_d \quad (7)$$

$$i_{md} = \frac{e_l}{x_{adsat}} \quad (8)$$

$$i_{mq} = i_q \quad (9)$$

$$i_{mq} = \frac{e_l}{x_{aqsat}} \quad (10)$$

Faktori zasićenja se računaju prema sledećim jednačinama (11, 12):

$$K_{adsat} = \frac{X_{adsat}}{X_{du}} \quad (11)$$

$$K_{aqsat} = \frac{X_{aqsat}}{X_{qu}} \quad (12)$$

Prilikom praktične primene tehničkog rešenja, odnosno sprovođenja proračuna i crtanja krivih zasićenja, treba voditi računa da greška pri merenju ugla snage δ mnogo više utiče na tačnost proračuna sinhronih reaktansi od grešaka pri merenju napona, struje, aktivne i reaktivne snage.

Detaljnijom analizom grešaka i nedostataka pomenute *in-situ* metode [1], umesto jednačina (2, 3) predlaže se da se proračun reaktansi magnećenja statora turbogeneratora koriste sledeće dve jednačine (13, 14), jer unose mnogo manju grešku u sam proračun:

$$x_{adsat} = \frac{e_q + x_l i_d}{\frac{x_{adu}}{x_{adact}} \cdot i_{fd} - i_d} \quad (13)$$

$$x_{adsat} = \frac{e_a \cos \delta + x_l i_a \sin(\delta + \theta)}{\frac{x_{adu}}{x_{adact}} \cdot i_{fd} - i_a \sin(\delta + \theta)} \quad (14)$$

Validacija tehničkog rešenja

Za validaciju tehničkog rešenja su korišćeni mereni i računati parametri tri tipa turbogeneratora u komparativnoj analizi predložene metode sa metodom konačnih elemenata (FEM) i standardnom *in-situ* metodom.

1. Za turbogenerator (TG1):

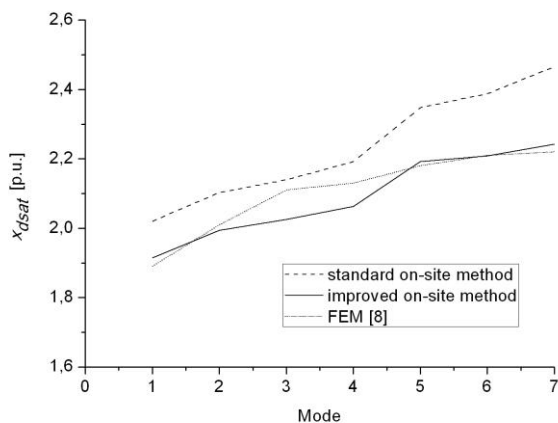
TG1: 588 MVA/500 MW

$$x_{du}=2.77p.u.$$

$$x_i=0.17p.u.$$

$$x_{adu}=2p.u.$$

Rezultati komparativne analize su dati na slici 3 [1]:



Slika 3 Rezultati proračuna zasićene sinhronne reaktanse po d osi x_{dsat} primenom tri metode za podpobuđeni režim ($\delta \leq 0$) i nadpobuđeni ($\delta > 0$) readni režim turbogeneratora TG1

2. Za turbogenerator (TG2):

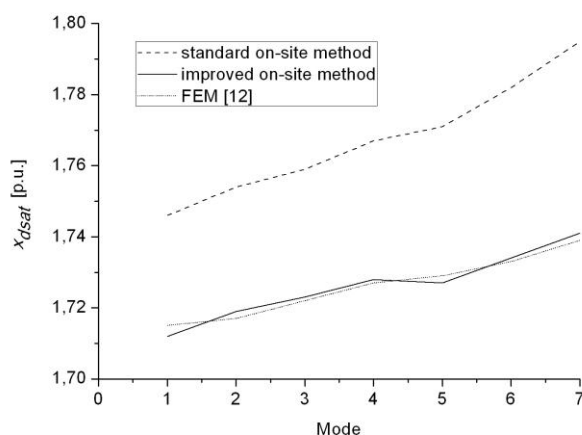
TG2: 150 MVA/120 MW

$$x_{du}=1.90p.u.$$

$$x_i=0.14p.u.$$

$$x_{adu}=1.761p.u.$$

Rezultati komparativne analize su dati na slici 4 [1]:



Slika 4 Rezultati proračuna zasićene sinhronne reaktanse po d osi x_{dsat} primenom tri metode za podpobuđeni režim ($\delta \leq 0$) i nadpobuđeni ($\delta > 0$) readni režim turbogeneratora TG2

3. Za turbogenerator (TG3):

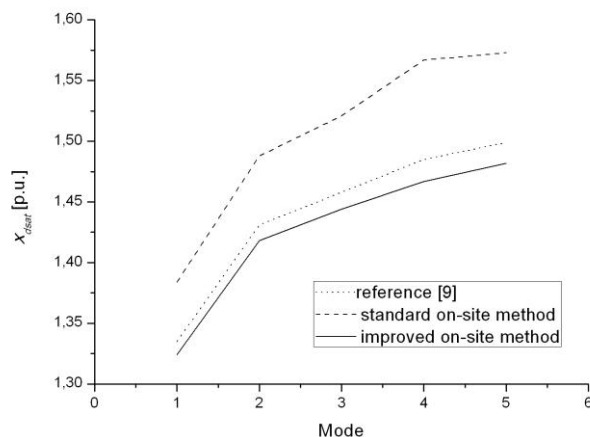
TG3: 460 MVA/390 MW

$$x_{du}=1.76p.u.$$

$$x_t=0.15p.u.$$

$$x_{adu}=1.91p.u.$$

Rezultati komparativne analize su dati na slici 5 [1]:

Slika 5 Rezultati proračuna zasićene sinhronne reaktanse po d osi x_{dsat} primenom tri metode za podpobuđeni režim ($\delta \leq 0$) i nadpobuđeni ($\delta > 0$) radni režim turbogeneratorsa TG3*Nomenklatura korišćena u proračunu*

TG	turbogenerator
NLO	prazan hod
SC	kratak spoj
FEM	metoda konačnih elemenata
P	aktivna snaga
Q	reaktivna snaga
S_R	prividna snaga
δ	ugao snage, fazni pomeraj između napona na mernim klemama E_a i q ose
x_{du}	nezasićena sinhrona reaktansa duž d ose
x_{qu}	nezasićena sinhrona reaktansa duž q ose
x_ℓ	Reaktansa rasipanja statora
x_{dsat}	zasićena sinhrona reaktansa duž d ose
$x_{dsatFEM}$	zasićena sinhrona reaktansa duž d ose dobijena FEM metodom
x_{qsat}	zasićena sinhrona reaktansa duž q ose
x_{dsat0}	zasićena sinhrona reaktansa duž d ose određena u ogledu praznog hoda
x_{adsat}	zasićena reaktansa magnećenja statora duž d ose
x_{aqsat}	zasićena reaktansa magnećenja statora duž q ose
x_{adu}	nezasićena reaktansa magnećenja statora duž d ose
x_{adact}	nezasićena reaktansa magnećenja duž d ose određena u ogledima praznog hoda i kratkog spoja
x_{adadj}	podešena reaktansa magnećenja duž d ose
I_a, i_a	struja statora [A], [p.u.]
I_d, i_d	struja statora duž d ose [A], [p.u.]
I_q, i_q	struja statora duž q ose [A], [p.u.]
I_{aR}, i_{aR}	nominalna struja statora [A], [p.u.]
I_{fd}, i_{fd}	struja rotora duž d ose [A], [p.u.]
I_{f0}, i_{f0}	struja pobude rotora određena u ogledu praznog hoda [A], [p.u.]

Tehničko rešenje

I_{gd}, i_{gd}	struja rotora koja definiše magnetni fluks u vazdušnom zazoru [A], [p.u.]
I_{gdact}, i_{gdact}	struja rotora koja definiše magnetni fluks u ogledu praznog hoda [A], [p.u.]
I_{fsc}, i_{fsc}	struja rotora koja definiše magnetni fluks u ogledu kratkog spoja [A], [p.u.]
i_{md}	struja magnećenja opterećenog generatora duž d ose [p.u.]
i_{mq}	struja magnećenja opterećenog generatora duž q ose [p.u.]
E_a, e_a	napon statora na ulaznim klemama generatora [V], [p.u.]
E_{aR}, e_{aR}	nominalni napon statora [V], [p.u.]
E_l, e_l	napon iza reaktanse rasipanja x_l [V], [p.u.]
K_{adsat}	faktor zasićenja duž d ose
K_{aqsat}	faktor zasićenja duž q ose

ZAKLJUČAK

Tehničko rešenje "Unapređena in-situ metoda za proračun zasićene sinhronne reaktanse turbogeneratora" je realizovano kao matematički model koji je praktično primenljiv za brzo izračunavanje zasićenih sinhronih reaktansi, koje predstavljaju jedne od osnovnih parametara turbogeneratora. Predložena metoda je unapređena postojeća opšteprihvaćena in-situ metoda (IEEE Std 1110, Annex D). Unapređenje se sastoji u tome što su u tehničkom rešenju eksplicitno date modifikovane jednačine za proračun, čijom se primenom dobijaju vrednosti zasićenih sinhronih reaktansi sa manjom greškom. Analiza pomenutih grešaka je objavljena u radu [1] i predstavlja glavni razlog i motivaciju za razvoj i realizaciju ovog tehničkog rešenja.

LITERATURA

- [1] M. Kostić, S. D. Milić, N. L. Georgijević: "Comprehensive analysis of on-site method for determining synchronous reactance", International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Published by Elsevier Ltd., Vol. 121, DOI: 10.1016/j.ijepes.2020.106135, April 2020, pp. 1-7.
- [2] Ion Boldea, "Synchronous Generators – The Electric Generator Handbook", pp. 512, 2006, by Taylor & Francis Group, Boca Raton London New York, 2006.
- [3] T.A. Lipo, Analysis of Synchronous Machines, Secon Edition, © 2012 by Taylor & Francis Group, LLC CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business
- [4] A. Ivanov-Smolensky, "Electrical Machines, Volume 2", MIR Publishers Moscow, 1982, pp. 464
- [5] Yoshihide Hase, "Handbook of Power System Engin. ", John Wiley & Sons, Ltd, 2007, pp. 504.
- [6] P. Kundir, "Power System Stability and Control", McGraw –Hill, Inc, 2000, pp. 1167.
- [7] Shackshaft. G, and Ribeiro J.R., Model of Generator Saturation for use in Power System Studies", *IEEE Proceedings, Vol.126*, 1979, pp. 759-763.
- [8] T. Sugiyama, T. Nischiwaki, S. Takeda, S. Abe, Measurement of Synchronous Machine Parameters Under Operating Condition, *IEEE Transaction on Power Aparatus and Systems, Vol. PAS-1012, No. 4*, 1982, pp. 895-904.
- [9] Macdonald D.C, Reace A.B, Turner P.J, Turbinegenerator steady-state reactance, *IEE Proceedings, Vol.132, No3*, 1985.
- [10] Munich S.H., Schulz R.P., Baker D.H., Sharma D.K., Fish J.H., Saturation Function for Synchronous Generator from Finite Elements, *IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. EC 2, No. 4*, 1987, pp.680-692.
- [11] IEEE Std. 1110, Annex D, *IEEE Guide for Synchronous Generator Modeling Practices and Applications in Power System Stability Analyses*, USA, 2003.
- [12] K. Ide, S. Wakui, K. Shima, M. Takahashi, "Analysis of Saturated Synchronous Reactances of Large Turbine Generator by Considering Cross-Magnetizing Reactances Using Finite Elements", *IEEE Tran on En Con, Vol. 14, No1*, 1999, pp.66-71.
- [13] M.A. Arjona Lopez, "Macdonald D.C., Analysis of Synchronous Reactances as A Function of Airgap MMF", *Electric Power Comonents and Systems, 30:345-359*, 2002 Copyright©2002 Taylor & Francis.
- [14] Zhou Ji, Luo Yingli, Wang Mingxio, Cui Xiang, -"Determination of Power Angle Curves of Synchronous Machines Considering Cross-Magnetizing Saturation Effect", *0-7803-595-6/100/\$10,00(c) 2000 IEEE*.
- [15] M. A. Arjona, C. Hernandez, M. Cisneros-Gonzales, R. Escarela-Perez, "Estimation of synchronous generator parameters using the standstill step-voltage test and a hybrid Genetic Algorithm", International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Vol. 30, 2012, pp. 105-111.
- [16] N. Garcia, E. Acha, "Periodic steady-state solution of a synchronous generator based on a voltage-behind-reactance formulation and the Poincaré map method", International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Vol. 51, 2013, pp. 311-320.
- [17] A.M. El-Serafi and T.A. Abdallah, "Saturated Synchronous Reactances of Synchronous Machines", *IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 7, No. 3*, 1992, pp. 570-579.

1. Opis tehničkog rešenja u časopisu kategorije (M21).

Tehničko rešenje je u celosti opisano u radu kategorije M21 (sledeća slika) i navedeno kao referenca [1] ovog tehničkog rešenja.

Electrical Power and Energy Systems 121 (2020) 106135

Contents lists available at ScienceDirect




Electrical Power and Energy Systems

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ijepes

Comprehensive analysis of on-site method for determining synchronous reactance

M. Kostić, S.D. Milić*, N.L. Georgijević

Electrical Engineering of Nikola Tesla Institute, University of Belgrade, Serbia



ARTICLE INFO

Keywords:
Turbogenerator
On-site measurement method
Saturated synchronous reactance

ABSTRACT

Knowing the exact parameters of a turbogenerator is essential for the analysis of its operation, control, maintenance and performance. Some generator parameters may change over time. The most common changes occur due to the degradation of the magnetic characteristics of the generator. This paper points out the limitations of the on-site measurement method (IEEE Std 1110, Annex D) for calculating saturated synchronous reactances of a turbogenerator. It has been proven that the method from the standard is highly sensitive even to a small error (1–2%) in determining the unsaturated synchronous reactance along d axis. The error occurs when the impact of magnetic hysteresis is neglected and the no-load and short-circuit tests are not conducted after the over-haul of a turbogenerator. The paper proposes improvements for reducing the disadvantages of the on-site methods. Furthermore, several weaknesses of this method have been identified and the proposed corrections are detailed herewith. The improvements shown in this paper are suitable for the use in steady-state analysis of turbogenerators.

1. Introduction

The future is characterized by new needs regarding electric power, efficiency, and sustainability. Turbogenerators (TG) are capital equipment – elements in the thermal power plants. Determining their basic parameters is of great importance for their management, control, and maintenance. Synchronous reactances are used in the calculation and analysis of operating modes and limits of reactive capability diagram (P-Q curves) of a synchronous generator. Their exact determination reduces the total calculation error. In this respect, it is necessary to constantly improve measuring methods and techniques. As previously stated, the authors devoted a lot of attention and made an effort to improve the methods and techniques for measuring and calculating the basic parameters of the turbogenerators such as saturated and unsaturated synchronous reactances. This paper points out the limitations of the on-site measurement method (IEEE Std 1110, Annex D) which is used for synchronous generator modeling and determining the saturated synchronous reactances. This applies primarily to TGs that have been in operation for a long time and have not been tested for a long time by no-load (NLO) and short-circuit (SC) tests.

Synchronous reactances along d and q axis are the main parameters of any TG. Determining these reactances of older TGs is important because of the long-term degradation of their magnetic characteristics. These reactances x_{ds} and x_{qs} have approximately the same value

($x_{qs} \approx x_{ds}$). In this study, with the help of comprehensive analysis, it is shown that the method for determining the saturated reactances (x_{dsat} and x_{qsat}) is very sensitive even for small errors (1–2) % of measured unsaturated synchronous reactances (x_{ds} or x_{qs} , $x_{ds} = x_{ds} - x_d$). The error of this method is multiplied 3–5 times when the generator runs in underexcited operating mode, and the consequence of this is a much less accuracy of the calculated saturated reactance.

2. Review of methods for determining the saturated synchronous reactances

Five current methods for the calculation of synchronous reactances are divided into two groups.

A. Methods based on equal synchronous reactances

In the preceding decades, saturated synchronous reactances x_{qsat} and x_{dsat} were taken in the calculation with the same values $x_{qsat} = x_{dsat}$ i.e. with the same saturation factors along d and q axes $K_{dsat} = K_{qsat}$. This calculation of the reactance has given approximate results for small generators where magnetic circuits were less saturated (older generators). These calculations were carried out using two methods, both of which were based on the d model [1–5]:

* Corresponding author.
Email addresses: s-milic@ieent.org (S.D. Milić), nikola.georgijevic@ieent.org (N.L. Georgijević).

<https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.106135>
 Received 7 December 2019; Received in revised form 1 April 2020; Accepted 19 April 2020
 0142-0615/ © 2020 Published by Elsevier Ltd.

2. **Lista ranije prihvaćenih tehničkih rešenja za svakog od autora pojedinačno:**

Dr Saša D. Milić, viši naučni saradnik

- [M81] Saša Milić, Aleksandar Žigić, Nikola Miladinović: „Sistem daljinskog nadzora temperature polova rotora hidrogeneratora“, Tehničko rešenje sa dokumentacijom: opis rešenja, potvrda korisnika sa brojem realizovanog ugovora, dve recenzije (jedan međunarodni recenzent), dokaz o međunarodnom priznanju rešenja – publikovanje rešenja u časopisu kategorije M21, mišljenje stručnog tela.
- [M82] Saša Milić, Aleksandar Žigić, Jelena Lukić: „Uređaj nove generacije za merenje i regulaciju temperature uzoraka u procesu ubrzanog starenja transformatorskog ulja“, Tehničko rešenje sa dokumentacijom: opis rešenja, međunarodna potvrda o prihvatanju rešenja u vidu *case study* od strane kompanije *National Instruments* objavljeno na sajtu kompanije: <http://sine.ni.com/cs/app/doc/p/id/cs-14535>, mišljenje stručnog tela.
- [M82] Saša Milić, Dejan Misović: „Laserski sistem daljinskog nadzora i detekcije plovila u brodskoj prevodnici“, Tehničko rešenje sa dokumentacijom: opis rešenja, dva potvrde korisnika vezane za dva realizovana ugovora, dve recenzije, mišljenje stručnog tela.
- [M82] Aleksandar Nikolić, Aleksandar Žigić, Saša Milić, Dragan Kovačević: „Sistem za on-line monitoring termoslike blok transformatora“, Tehničko rešenje sa dokumentacijom: opis rešenja, potvrda korisnika sa brojem realizovanog ugovora, dve recenzije, mišljenje stručnog tela.
- [M82] Jelena Lukić, Aleksandar Nikolić, Branka Bošković, Saša Milić, Dragan Kovačević, Nidžo Miladinović: „Sistem za on-line monitoring gasova u ulju transformatora“, Tehničko rešenje sa dokumentacijom: opis rešenja, dve potvrde korisnika sa brojevima realizovanih ugovora, dve recenzije, mišljenje stručnog tela.
- [M82] Saša Milić, Aleksandar Žigić, Dejan Misović, Nikola Miladinović: „Uređaj za merenje parametara železničkih kola u pokretu“, Tehničko rešenje sa dokumentacijom: opis rešenja, dva potvrde korisnika vezane za dva realizovana ugovora, dve recenzije, mišljenje stručnog tela.
- [M82] S. Milić, N. Miladinović, D. Misović, „Komunikaciono – alarmno mesto monitoring sistema za merenje temperature osovinskih ležajeva železničkih kola u pokretu“, Tehničko rešenje kategorije M82, tehničko rešenje dostupno na sajtu: www.ieent.org, <http://www.ieent.org/prototip/datoteke/20182/2302181211441900.pdf>, 2017.

Nikola Georgrijević, master.inž.el.teh.

NEMA TEHNIČKIH REŠENJA