

Određivanje stepena iskorišćenja turbogeneratorsa B3 naznačene snage 412 MVA u TE “Kostolac B”

Ilija Klasnić¹, Miroslav Dragičević¹, Dušan Joksimović¹, Darko
Šarić², Željko Lazović²

¹Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Koste Glavinića 8a,
11000 Beograd, Srbija

²Elektroprivreda Srbije AD, TE Kostolac B, Nikole Tesle 5-7, 12208 Kostolac,
Srbija

ilija.klasnic@ieent.org

Kratak sadržaj: U savremenim elektroenergetskim sistemima, koji se ubrzano transformišu ka održivoj budućnosti, uloga konvencionalnih proizvodnih jedinica — sinhronih generatora — ostaje od suštinskog značaja. U uslovima aktuelne energetske tranzicije, sve veći udeo obnovljivih izvora energije povezanih na mrežu preko energetskih pretvarača predstavlja izazov, jer njihova proizvodnja ne doprinosi inherentno inercionoj stabilnosti sistema. Iz tog razloga, izgradnja novog termo bloka B3 u TE „Kostolac B” sa sinhronim turbogeneratorom ima poseban značaj za elektroenergetski sistem Srbije, jer doprinosi očuvanju pouzdanosti i sigurnosti rada sistema, ali i stvara uslove za dalju integraciju obnovljivih izvora energije.

U ovom radu prikazani su rezultati garancijskih ispitivanja turbogeneratorsa bloka B3 naznačene snage 412 MVA (350 MW) u TE „Kostolac B”, sa fokusom na određivanje stepena iskorišćenja generatora, budući da je to jedan od garantovanih parametara definisanih ugovorom između isporučioaca i kupca. U kontekstu postizanja ciljeva zelene agende, kada se od postojećih kapaciteta očekuje maksimalna pouzdanost i optimalna upotreba raspoloživih resursa, precizno određivanje stepena iskorišćenja je od ogromnog značaja. Ispitivanja su sprovedena u elektrani, prema metodologiji prethodno usaglašenoj između isporučioaca i kupca, a u skladu sa međunarodnim standardom IEC 60034 za ispitivanje obrtnih električnih mašina. Stepenn iskorišćenja generatora određen je kalorimetrijskom metodom, koja je odabrana kao referentni pristup zbog najvišeg nivoa tačnosti i minimalne merne nesigurnosti. Dobijeni rezultati pokazuju da je ostvareni stepenn iskorišćenja turbogeneratorsa B3 veći od garantovane vrednosti, čime je potvrđen visok kvalitet isporučene opreme.

Ključne reči: sinhroni generator, stepen iskorišćenja, metodologija ispitivanja, garantovani parametar

1. Uvod

Integracija obnovljivih izvora energije (OIE) u elektroenergetske sisteme donosi niz tehničkih i operativnih izazova. Za razliku od konvencionalnih proizvodnih jedinica koje obezbeđuju stabilnost kroz rotacionu inerciju i mogućnost regulacije napona i frekvencije, OIE zasnovani na energetskim pretvaračima ne doprinose sistemskoj inerciji i ne generišu dovoljan nivo snage kratkog spoja [1], [2]. Posledično, povećava se osetljivost sistema na brze promene opterećenja i poremećaje, dok koordinacija zaštita i regulacionih mehanizama postaje kompleksnija. Variabilnost proizvodnje iz vetra i sunca dodatno otežava održavanje bilansa energije, povećava potrebu za fleksibilnim rezervama i izaziva oscilacije u naponu i frekvenciji. Ove promene nameću potrebu za preciznijim merenjem, modelovanjem i optimizacijom rada konvencionalnih jedinica – sinhronih generatora, koje ostaju stub dinamičke stabilnosti, naponske podrške i pouzdanog snabdevanja.

U tom kontekstu, poznavanje stepena iskorišćenja sinhronog generatora ima poseban značaj. Efikasnost generatora direktno utiče na ukupni energetski bilans elektrane, troškove proizvodnje i tačnost procene gubitaka u sistemu. Pored tehničkog aspekta, određivanje stepena iskorišćenja omogućava verifikaciju garancijskih performansi, poređenje projektovanih i stvarnih karakteristika, kao i identifikaciju mogućnosti za povećanje efikasnosti i pouzdanosti rada. Na taj način, analiza stepena iskorišćenja sinhronih generatora postaje neizostavan deo procesa optimizacije konvencionalnih izvora energije i njihovog doprinosa stabilnosti elektroenergetskog sistema u eri energetske tranzicije. Njegovo precizno određivanje omogućava [3], [4]:

- kvantifikaciju gubitaka u bakru namotaja statora i rotora, gvožđu statora, ventilacionih gubitaka i gubitaka u pomoćnim sistemima (ležajevi generatora, sistem pobude);
- verifikaciju projektovanih i garancijskih parametara u cilju potvrđivanja usklađenosti sa tehničkim specifikacijama i primenjivim standardima;
- pravovremenu detekciju degradacije performansi (npr. usled starenja izolacije i sl.);
- optimizaciju pogonskih režima.

Pored tehničke pouzdanosti, poznavanje stvarnog stepena iskorišćenja ima direktan uticaj na ekonomsku isplativost proizvodnje, jer i male promene u efikasnosti velikih sinhronih generatora mogu značajno uticati na godišnji

bilans energije i prihode proizvođača. Na sistemskom nivou, tačno poznavanje efikasnosti omogućava precizniji energetske bilans, pouzdanije tržišne prognoze i donošenje odluka o optimalnom angažovanju proizvodnih jedinica.

2. Gubici snage u generatoru i stepen iskorišćenja snage

Tokom pretvaranja mehaničke energije turbine u električnu energiju, u sinhronom generatoru se javljaju različiti gubici snage: Džulovi gubici u bakru namotaja statora i rotora, gubici u gvožđu (histerezisni i vihorne struje), mehanički gubici, dodatni gubici snage i gubici snage u pomoćnim sistemima (sistem pobude). Gubici snage u sinhronim generatorima su nepoželjni iz dva razloga: najpre energija gubitaka se pretvara u toplotu koja se mora efikasno odvesti iz generatora kako se ne bi pregrevao, a sa druge strane oni su izgubljena energija odnosno predstavljaju novčani gubitak tokom celog eksploatacionog veka generatora [5].

Efikasnost sinhronog generatora definiše se odnosom korisne (izlazne) snage P_{iz} i uložene (ulazne) snage P_{ul} koji se naziva stepen iskorišćenja snage η_g [6]:

$\eta_g = \frac{P_{iz}}{P_{ul}} = \frac{P_{iz}}{P_{iz} + \sum P_g}$	(2.1)
---	-------

gde su $\sum P_g$ ukupni gubici snage u generatoru. Gubici snage u sinhronom generatoru se menjaju sa radnim režimom, pa se samim tim i stepen iskorišćenja snage menja. Obično se maksimalno iskorišćenje javlja pri opterećenjima koja su malo manja od nominalnog. Za postizanje odgovarajućeg stepena iskorišćenja generatora neophodna je pažljiva konstrukcija, ali i detaljna tehno-ekonomska analiza očekivanih opterećenja i njihovog trajanja u cilju optimizacije rada.

3. Metode određivanja stepena iskorišćenja generatora

Određivanje stepena iskorišćenja predstavlja jedan od ključnih postupaka u verifikaciji performansi sinhronih generatora. Metode određivanja stepena iskorišćenja su opisane u [6] i [7]:

- Ulazno-izlazna metoda - zasniva na direktnom merenju mehaničke ulazne snage i električne izlazne snage. Ukupni gubici predstavljaju njihovu razliku, a stepen iskorišćenja se određuje kao količnik izlazne i ulazne snage. Metoda je pogodna za mašine manjih snaga ili laboratorijska ispitivanja.

- Merenje ulaza i izlaza na dve identične mašine spojene mehanički "back-to-back" - dve istovetne mašine su mehanički spojene, tako da jedna radi kao motor, a druga kao generator. Meri se samo električna snaga na njihovim priključcima čime se eliminiše greška u merenju mehaničke snage i omogućava preciznije određivanje ukupnih gubitaka. Uglavnom se koristi u laboratorijskim uslovima ili kod fabričkih ispitivanja.
- Merenje stvarnih gubitaka u generatoru, određivanjem ukupnih gubitaka bilo direktnim merenjem ukupnih gubitaka ili određivanjem pojedinačnih gubitaka.

Kalorimetrijska metoda je referentna metoda za određivanje stepena iskorišćenja sinhronih generatora velike snage zbog jednostavnosti primene, male greške i ponovljivosti. Kod ove metode gubici snage se određuju preko toplote koju odnese rashladno sredstvo i toplote koja se disipira u okolinu, pri radu generatora u stanju toplotne ravnoteže. Gubici snage određeni ovom metodom mogu se podeliti u dve kategorije [7]:

- 1) Gubici unutar referentne površi P_{irs} (gubici snage koje odnese rashladno sredstvo $P_{irs,1}$ i gubici snage koji se kondukcijom, konvekcijom ili radijacijom predaju okolini $P_{irs,2}$);
- 2) Gubici izvan referentne površi P_{ers} (gubici snage u pomoćnim sistemima kao npr. sistemu pobude, ležajevima generatora i sl. ukoliko se nalaze izvan referentne površi).

4. Određivanje stepena iskorišćenja turbogeneratorsa B3 u TE Kostolac B – eksperimentalna merenja

4.1 Metodologija ispitivanja i osnovni tehnički podaci turbogeneratorsa B3 u TE „Kostolac B“

U okviru garancijskih ispitivanja novog turbogeneratorsa bloka B3 u „TE Kostolac B“ izvršena su merenja ukupnih gubitaka u generatoru kalorimetrijskom metodom u stanju toplotne ravnoteže, u skladu sa odredbama standarda [6] i [7]. Metodologijom ispitivanja bilo je predviđeno da se mere ukupni gubici pri radu generatora na mreži u sledećim radnim režimima:

- 1) aktivna snaga generatora jednaka $P = 350 \text{ MW}$ i reaktivna snaga generatora jednaka $Q = 0 \text{ MVar}$ ($\cos\varphi = 1,0$),
- 2) aktivna snaga generatora jednaka $P = 350 \text{ MW}$ i reaktivna snaga generatora jednaka $Q = 217 \text{ MVar}$ (naznačeni faktor snage tj. $\cos\varphi = 0,85$),

Osnovni tehnički podaci turbogenerators bloka B3 koji se nalaze na natpisnoj pločici prikazani su na slici 4.1.

 上海电气 SHANGHAI ELECTRIC		汽轮发电机 TURBINE GENERATOR Turbina Generator	
产品型号 TYPE Tip	QFSN-350-2	出品号 SERIAL NO. Serijski br.	B0350W30J048
额定容量 RATED CAPACITY Nazivni kapacitet	412 MVA	额定频率 RATED FREQUENCY Nazivna frekvencija	50 Hz
额定功率 RATED OUTPUT Nazivna snaga	350 MW	额定转速 RATED SPEED Nazivna brzina	3000 r/min
功率因数 POWER FACTOR Faktor snage	0.85	励磁电压 FIELD VOLTAGE Nazivni napajni napon	346 V
额定电压 RATED VOLTAGE Nazivni napon	22 kV	励磁电流 FIELD CURRENT Nazivna struja pobude	2683 A
额定电流 RATED CURRENT Nazivna struja	10806 A	定子重量 STATOR WEIGHT Masa statora	285 t
额定压力 RATED PRESSURE Nazivni pritisak	0.31 MPa(g)	转子重量 ROTOR WEIGHT Masa rotora	58 t
		相数 NO. OF PHASES Broj faza	3
		接法 CONNECTION Tip povezivanja	YY
		超速 OVER SPEED Naobrzina	120%
		绝缘等级 INSULATION CLASS Klasa izolacije	F
		KKS KKS KKS	3MKA10
		标准 STANDARD	EN/IEC 60034-3:2010
上海电气电站设备有限公司发电机厂 Shanghai Electric Power Generation Equipment Co., Ltd. Generator Plant No. 555 Jiangchuan Road, Minhang District, Shanghai, P.R. China			

Slika 4.1 – Osnovni tehnički podaci turbogenerators B3, natpisna pločica

Hlađenje generatora je kombinovano: direktno vodonikom pod pritiskom se hlade jezgro statora i namotaj rotora, dok se namotaj statora i prolazni izolatori direktno hlade demineralizovanom vodom. Imajući u vidu način hlađenja generatora, gubici snage unutar referentne površi P_{irs} se sastoje od:

- gubitaka snage $P_{irs,1}$ koje odnose rashladna voda za hlađenje vodonika, izračunavaju se primenom formule:

$$P_{irs,1} = c_p Q_{v,tur} \rho \Delta \vartheta_{tur} + c_p Q_{v,exc} \rho \Delta \vartheta_{exc} \quad (4.1)$$

gde su $Q_{v,tur}$ i $Q_{v,exc}$ – zapreminski protok rashladne vode za hlađenje vodonika unutar generatora u m^3/s , mereni na strani turbine i na strani kliznih prstenova, respektivno; $\Delta \vartheta_{tur}$ i $\Delta \vartheta_{exc}$ – porast temperature rashladne vode za hlađenje vodonika (razlika temperature vode na izlazu i na ulazu) u K, mereni na strani turbine i na strani kliznih prstenova, respektivno; c_p – specifični toplotni kapacitet rashladne vode za hlađenje vodonika u $kJ/(kgK)$, određen za srednju vrednost temperature rashladne vode; ρ – gustina rashladne vode za hlađenje vodonika u kg/m^3 , određena za temperaturu ulazne vode (hladne vode za hlađenje vodonika).

- gubitaka snage $P_{irs,1d}$ koje odnese demineralizovana voda za hlađenje namotaja statora, a koji se izračunavaju primenom formule:

$$P_{irs,1d} = c_p Q_{demi-w} \rho \Delta \vartheta_{demi-w} \quad (4.2)$$

gde su Q_{demi_w} – zapreminski protok demineralizovane vode koja hladi namotaj statora u m^3/s ; $\Delta\vartheta_{demi_w}$ – porast temperature demineralizovane vode koja hladi namotaj statora (razlika temperature vode na izlazu i na ulazu) u K; c_p – specifični toplotni kapacitet demineralizovane vode koja hladi namotaj statora u $kJ/(kgK)$, određen za srednju vrednost temperature demineralizovane vode; ρ – gustina demineralizovane vode koja hladi namotaj statora u kg/m^3 , određena za temperaturu ulazne vode (hladne vode za hlađenje namotaja statora).

- i gubitaka $P_{irs,2}$ koji se sa kućišta generatora konvekcijom predaju okolnom vazduhu, a izračunavaju se primenom formule:

$P_{irs,2} = hA\Delta v$	(4.3)
--------------------------	-------

gde su h – koeficijent prenosa toplote od kućišta generatora prema okolnom vazduhu u $W/(m^2K)$; $\Delta\vartheta$ – razlika između srednje vrednosti temperature kućišta generatora i srednje vrednosti temperature okolnog vazduha u K, A – površina referentne površi (kućišta generatora) u m^2 .

Gubici snage izvan referentne površi P_{ers} se sastoje od gubitaka u ležajevima generatora P_{br} i gubitaka u sistemu pobude P_{exc} (uključujući kolektorske gubitke) se izračunavaju primenom formule:

$P_{ers} = P_{br} + P_{exc}$	(4.4)
------------------------------	-------

Zbog praktične nemogućnosti merenja za vrednost gubitaka snage u ležajevima generatora usvojena je računaska vrednost koju je dostavio proizvođač generatora $P_{br} = 312$ kW.

Sistem pobude generatora je statički, samopobudnog tipa i napaja se sa izvoda generatora preko transformatora pobude prenosnog odnosa 22 kV/0,7 kV. Osnovu energetskog dela čine četiri paralelno vezana punoupravljiva tiristorska pretvarača koji u normalnom radu dele struju pobude. Gubici snage u sistemu pobude se sastoje od gubitaka u tiristorskim pretvaračima, pobudnom transformatoru i kolektorskih gubitaka. Gubici snage u tiristorskim pretvaračima P_{TM} mogu se izračunati primenom formule:

$P_{TM} = 24(0,166 + 1,29210^{-5}I_f)I_f + 2352\sin(\cos^{-1}\frac{U_f}{945})$	(4.5)
--	-------

gde je I_f struja pobude, a U_f napon pobude.

Gubici snage u pobudnom transformatoru P_{PT} mogu se izračunati primenom formule:

$P_{PT} = P_{Fe} + P_{Cun} \frac{(0,816I_f)^2}{I_{PTn}^2} = 5735 + 1,67 * 10^{-3}I_f^2$	(4.6)
---	-------

gde su P_{Fe} gubici snage u gvožđu, P_{Cun} gubici u bakru pri nominalnoj struji transformatora, I_{PTn} nominalna vrednost sekundarne struje pobudnog transformatora. Gubici snage u kolektoru su preuzeti iz dokumentacije

proizvođača generatora i iznose 31 kW. Detaljan opis izračunavanja gubitaka u sistemu pobude prikazan je u [8].

4.2 Eksperimentalna merenja relevantnih veličina

Sva merenja su vršena u stanju termičke ravnoteže generatora (porast temperature delova generatora manji od gradijenta 2 K/h) pomoću prethodno etalonirane merne opreme i instrumenata [9]. Merenja faznih napona i struja generatora, aktivne i reaktivne snage vršena su pomoću mrežnog analizatora velike tačnosti (veće od 0,1 %). Merenje struje pobude vršeno je na šantu u okviru sistema pobude, dok je merenje napona pobude vršeno na kontaktnim prstenovima. Temperatura ulazne i izlazne vode za hlađenje vodonika unutar generatora su merene pomoću četiri Pt100 temperaturne sonde koje su postavljene za potrebe ispitivanja na ulaznim i izlaznim cevovodima rashladne vode za hlađenje vodonika. Protok rashladne vode za hlađenje vodonika unutar generatora meren je pomoću dva elektromagnetna protokomera, tipa W400 5W4C2H, koji su postavljeni za potrebe ispitivanja na ulaznim cevovodima rashladne vode za hlađenje generatora, slika 4.2. Temperatura okolnog vazduha u blizini kućišta generatora merena je pomoću četiri živina termometra koji su postavljeni na rastojanju 1 metar od kućišta generatora, a kućište generatora snimano je termovizijskom kamerom u cilju određivanja toplote koja se konvekcijom razmeni sa okolnim vazduhom. Merenja temperature i protoka rashladne vode za hlađenje vodonika su uvedena u merno akvizicioni sistem i snimana su tokom trajanja ispitivanja sa rezolucijom od 1 sekunde. Merenje protoka i ulazne i izlazne temperature demineralizovane vode za hlađenje namotaja statora su vršena preko fabrički ugrađenih senzora.



Slika 4.2 - Merenje protoka i temperature rashladne vode za hlađenje vodonika

4.3 Obrada izmerenih podataka i analiza

Sve uvedene veličine u merno-akvizicioni sistem tokom ispitivanja su usrednjivane na periodu od pola sata u poslednjih dva sata ispitivanja za svaku radnu tačku generatora. Ostale veličine su beležene u ispitne protokole na svakih 30 minuta.

Prilikom izračunavanja gubitaka snage $P_{irs,2}$ (jednačina 4.3), na osnovu fabričkih crteža sa dimenzijama generatora dostavljenim od strane proizvođača, izračunata je vrednost površine referentne površi $A = 146,321 \text{ m}^2$.

Vrednosti specifičnog toplotnog kapacitea i gustine rashladne vode za hlađenje vodonika unutar generatora i demineralizovane vode za hlađenje namotaja statora određene su na osnovu smernica u [7] za izmerene vrednosti temperatura na ulazu i na izlazu odgovarajućih rashladnih krugova (jednačine 4.1 i 4.2).

Izračunate vrednosti gubitaka snage u generatoru i stepen iskorišćenja za radne režime broj 1 i broj 2 prikazani su u Tabeli 4.1 i Tabeli 4.2, respektivno.

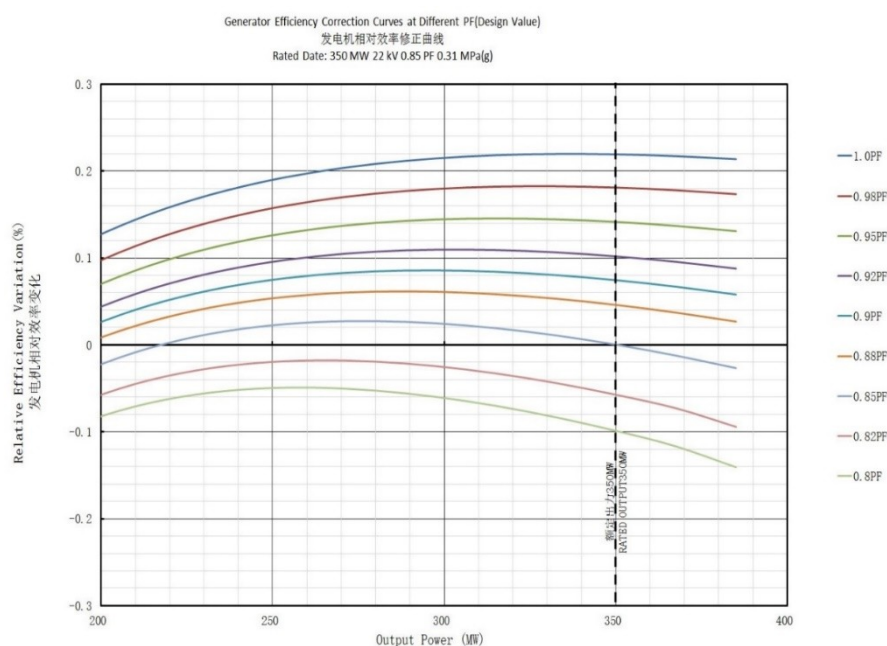
Tabela 4.1 - Gubici snage u generatoru i stepen iskorišćenja za radni režim broj 1

Gubici snage	Izračunata vrednost [kW]
$P_{irs,1}$	1653,41
$P_{irs,1d}$	808,62
$P_{irs,2}$	39,18
P_{ers}	363,55
$P_{tot.1}$	2864,76
η_g	99,19%

Tabela 4.2 - Gubici snage u generatoru i stepen iskorišćenja za radni režim broj 2

Gubici snage	Izračunata vrednost [kW]
$P_{irs,1}$	1721,82
$P_{irs,1d}$	839,70
$P_{irs,2}$	40,60
P_{ers}	371,704
$P_{tot.1}$	2973,17
η_g	99,16%

Zbog uslova u mreži i naponskih ograničenja generatora (105 % nominalnog napona na izvodima statora) ispitivanja u radnoj tački broj dva su izvršena pri faktoru snage 0,93 (reaktivna snaga generatora jednaka 130 MVar) umesto Metodologijom predviđenih 0,85 (reaktivna snaga generatora jednaka 217 MVar). Iz tog razloga izvršeno je preračunavanje stepena iskorišćenja za radni režim broj 2 na osnovu korekcionne krive dostavljene od strane proizvođača generatora, prikazane na Slici 4.3. U Tabeli 4.3 prikazane su određene vrednosti stepena iskorišćenja generatora za oba radna režima generatora kao i garantovana vrednost definisana ugovorom između kupca i isporučioća generatora. Za drugi radni režim prikazana je preračunata vrednost primenom korekcionih krivih sa Slike 4.3.



Slika 4.3 - Korekcionne krive za stepen iskorišćenja generatora za različite vrednosti faktora snage i aktivnog opterećenja generatora

Tabela 4.3 – Stepen iskorišćenja generatora, izračunate vrednosti i garantovana vrednost definisana u ugovoru

Radna tačka br.	Izračunata vrednost na osnovu ispitivanja η_g [%]	Garantovana vrednost η_g [%]
1	99,19	98,78
2	99,04	

Zaključak

U ovom radu prikazano je određivanje stepena iskorišćenja turbogeneratorske snage 412 MVA u TE „Kostolac B“, na osnovu merenja izvršenih tokom garancijskih ispitivanja generatora u elektrani, a u skladu sa zahtevima relevantnih međunarodnih standarda za ispitivanje obrtnih električnih mašina. Opisana je metodologija ispitivanja, a mereni su ukupni gubici snage u generatoru kalorimetrijskim metodom pri radu generatora na mreži u dve radne tačke. Dobijeni rezultati pokazuju da je stepen iskorišćenja generatora veći od garantovane vrednosti čime je potvrđen visok kvalitet isporučene opreme i usaglašenost sa ugovornim vrednostima.

Zahvalnica

Ovaj rad je podržalo Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije kroz Ugovor o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada NIO u 2024. godini (broj ugovora 451-03-136/2025-03).

Literatura

- [1] O. J. Ayamolowo, P. Manditereza, and K. Kusakana. "An overview of inertia requirement in modern renewable energy sourced grid: challenges and way forward." *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, vol. 9. no.11, 2022. <https://doi.org/10.1186/s43067-022-00053-2>
- [2] P. Denholm et al. *Inertia and the power grid: A guide without the spin*. No. NREL/TP-6A20-73856. National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States), 2020. <https://doi.org/10.2172/1659820>
- [3] I. G. Klasnić, et al. "Određivanje pojedinačnih gubitaka i stepena korisnog dejstva generatora." *Zbornik radova, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla"* vol.25, no.25, 2015. pp. 97-109. <https://doi.org/10.5937/zeint25-9222>
- [4] R. Syahputra et al. "Dynamic performance of synchronous generator in steam power plant" *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol.10. no. 12, 2019. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2019.0101251>
- [5] P. Matić, "*Električne mašine 1.*" Akademska misao, Elektrotehnički fakultet, Banja Luka 2016.

- [6] *"Rotating electrical machines - Part 2-1: Standard methods for determining losses and efficiency from tests (excluding machines for traction vehicles)"* IEC 60034-2-1:2024
- [7] *"Rotating electrical machines - Part 2-2: Specific methods for determining separate losses of large machines from tests"* - Supplement to IEC 60034-2-1 IEC 60034-2-2:2024 "
- [8] "Performance tests – determination of generator efficiency at TPP Kostolac B3“, Report no. 224062, Nikola Tesla Institute of Electrical Engineering, november 2024.
- [9] *"Rotating electrical machines - Part 1: Rating and performance"* IEC 60034-1:2024.

Abstract. In modern power systems, which are rapidly transforming toward a sustainable future, the role of conventional generation units — synchronous generators — remains of fundamental importance. During the ongoing energy transition, the increasing share of renewable energy sources connected to the grid through power electronic converters poses a challenge, as their generation does not inherently contribute to the system's inertial stability. For this reason, the construction of the new unit B3 at the Kostolac B thermal power plant, equipped with a synchronous turbogenerator, has particular significance for the Serbian power system. It ensures the preservation of system reliability and operational security while enabling further integration of renewable energy sources.

This paper presents the results of the performance tests of the B3 turbogenerator, rated 412 MVA (350 MW), at the Kostolac B thermal power plant, with a focus on determining the generator efficiency — one of the guaranteed parameters defined in the contract between the supplier and the customer. In the context of achieving green agenda objectives, where maximum reliability and optimal utilization of existing resources are required, precise determination of generator efficiency is of great importance. The tests were carried out on-site, following a methodology agreed upon between the supplier and the customer, and in accordance with the IEC 60034 standard for rotating electrical machines. The generator efficiency was determined using the calorimetric method, selected as the reference approach due to its highest accuracy and minimal measurement uncertainty. The obtained results confirm that the achieved efficiency of the B3 turbogenerator exceeds the guaranteed value, thereby validating the high quality of the delivered equipment.

Keywords: synchronous generator, efficiency, methodology, guaranteed parameter

Determination of the Efficiency of the Turbogenerator B3 Rated 412 MVA at the Kostolac B Thermal Power Plant

Ilija Klasnić^{1b}, Miroslav Dragičević^{1b}, Dušan Joksimović^{1b}, Darko Šarić,
Željko Lazović

Rad primljen u uredništvo: 13.11.2025. godine.

Rad prihvaćen: 15.12.2025. godine.