

## Tehničke specifikacije za nabavku energetskih transformatora

Mihajlo Ristić, Slobodan Maksimović<sup>1</sup>

Branko Pejović<sup>1</sup>, Đorđe Jovanović<sup>1</sup>, Dragan Teslić<sup>1</sup>, Miroslav Radojčić<sup>1</sup>,  
Vesna Radin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Agencija Q-Total, Školska 5, 11253 Beograd, Srbija  
[mihajloristic16@yahoo.com](mailto:mihajloristic16@yahoo.com)

<sup>2</sup> Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Koste Glavinića 8a,  
11000 Beograd, Srbija

**Kratak sadržaj:** Ovaj rad analizira odredbe i značaj Internog standarda IS 2, koji definiše elektrotehničke zahteve i metodologiju izrade tehničkih specifikacija za nabavku novih i revitalizaciju postojećih energetskih transformatora (ET) u okviru elektroenergetskog sistema. Osnovni cilj standarda je uspostavljanje jedinstvenih smernica koje osiguravaju visok nivo kvaliteta, sigurnosti i energetske efikasnosti opreme, uz usklađenost sa aktuelnom domaćom (SRPS) i međunarodnom (EN, CIGRE) regulativom. Standard IS 2 se primenjuje na uljne energetske transformatore snage 5 MW i više, napona od 6,3 kV, uključujući blok-transformatore, transformatore sopstvene potrošnje i opšte grupe u termo i hidroelektranama. Rad detaljno obrađuje sve faze životnog ciklusa opreme – od definisanja namene i uslova eksploatacije, preko procesa projektovanja, izrade i transporta, do montaže, ispitivanja i puštanja u pogon. Poseban akcenat je stavljen na prevazilaženje problema neadekvatne dokumentacije starijih jedinica uvođenjem savremenih materijala i tehnoloških rešenja.

**Ključne reči:** energetski transformatori, tehnička specifikacija, interni standard IS 2, EPS, elektroenergetski sistem, životni ciklus, SRPS EN 60076.

### 1. PREDMET I PODRUČJE PRIMENE

Interni standard IS 2 obrađuje i definiše elektrotehničke zahteve korisnika kada je u pitanju nabavka novih energetskih transformatora (u daljem tekstu ET) kao i način na koji treba definisati tehničku specifikaciju kako bi se zadovoljili svi zahtevi koji se stavljaju pred korisnike i isporučioce. Tehnički

zahtevi pri revitalizaciji ET su isti kao i za nove ET, a specifični zahtevi se dodaju u konkursnoj dokumentaciji.

Tehnološki zahtevi današnje EPS iziskuju vrlo visok standard kvaliteta, sigurnosti i efikasnost proizvodnje, a to posebno važi za ET. Tehničke specifikacije ET ispunjavaju suštinske zahteve postavljene u direktivama EU i regulativi R Srbije, a uspostavljene su u harmonizovanim standardima i tehničkim propisima.

Interni standard daje osnovne smernice za pisanje tehničke specifikacije za nabavku ET i njegovih pomoćnih sistema za korišćenje u postrojenjima za proizvodnju energije na bazi važećih srpskih standarda, pravilnika i dobre tehničke prakse.

Ovim dokumentom se ne određuje detaljna, performansna, funkcionalna specifikacija ili obim isporuke za bilo koji dati ugovor o kom se odlučuje na osnovu projektne strategije naručioca. Pravilno definisanje tehničkih karakteristika i ispitivanja pri nabavci novih ili remontu/reviziji ET iz pogona, omogućava da navedeni ET u potpunosti odgovore svojoj nameni u elektroenergetskom sistemu, uz zadovoljavanje svih tehničko-ekonomskih kriterijuma.

Dosadašnja praksa pri izradi tenderske dokumentacije za nabavku ili remont ET je koristila relevantne standarde, tehničke dokumentacije postojećih ET i iskustva stručnjaka. Tehnička dokumentacija postojećih ET, posebno starije proizvodnje je često nepotpuna ili potpuno nedostupna. ET starije konstrukcije nisu adekvatni za definisanje novih ET koji se izrađuju upotrebom savremenih materijala poboljšanih karakteristika. Ovaj dokument treba da objedini pravila dobre prakse i da uvede dodatne sekcije na osnovu aktuelnih pitanja na tržištu, zahteve i uslove prema SRPS EN standardima, od kojih su mnogi doneti pod SRPS EN 60076-x.

Kupci bi trebalo da zapamte da se stalno menja zakonodavni i regulatorni ambijent u kojem operatori sistema često promene zahteve u politici ili rešenja za opremu koja se kupuje i to bi trebalo da nađe mesto u specifikaciji i adekvatno predvidi primenjivost nabavljene opreme tokom projektovanog životnog veka koji je preko 40 godina.

Detaljno se obrađuju zahtevi koje treba ispoštovati u procesu priprema za formiranje tenderske dokumentacije, ugovaranja, proizvodnje, montaže i dokazivanja tehničkih performansi, posle puštanja u pogon:

- Odnos i korespondencija između naručioca i isporučioaca u celom projektu tokom projektovanja, izrade, transporta, montaže, puštanja u pogon i dokazivanja garantovanih parametara,
- Definiše se namena opreme,
- Predviđaju se uslovi za ugradnju sa ograničenjima,
- Definiše se tip objekta i način eksploatacije

- Definišu se osnovni zahtevi koje isporučilac mora da zadovolji po pitanju ET, i pomoćne opreme vodeći računa o uslovima koje diktira mesto ugradnje;
- Prikazuje se šta se sve može zahtevati od elektrotehničkih i ostalih performansi;
- Pogonski uslovi, normalni i nenormalni režimi rada, zadovoljenje životnog veka;
- Izrada, transport, montaža; • Pregled ispitivanja koja treba obaviti na opremi;
- Puštanje u rad, dokazivanje performansi, garantni rok, primopredaja.

IS 2 se primenjuje za nove ET za termo i hidro elektrane snage 5 MW i više, napona 6,3 kV i više:

- generatorske blok-transformatore,
- transformatore sopstvene potrošnje bloka,
- transformatore opšte grupe.

IS 2 se odnosi isključivo na ET čiju osnovnu izolaciju čine izolaciono ulje i papir.

## 2. REFERENTNA DOKUMENTA

Sledeća dokumenta se u tekstu pozivaju na način da deo ili ceo njihov sadržaj predstavlja zahteve ovog Internog standarda. Za datirane reference, primenjuje se samo citirano izdanje. Za reference bez datuma, primenjuje se najnovije izdanje referentnog dokumenta (uključujući sve izmene).

- *CIGRE TB 528: Guide for Preparation of Specifications for Power Transformers*,
- EPS IS 09-1:2014, Prijemna ispitivanja energetskih transformatora,
- EPS IS 3:2015, Uređaji električnih zaštita u elektranama,
- Serija SRPS EN 60076, Energetski transformatori - Power transformers,
- SRPS EN 60214, Regulacione preklopke,
- SRPS EN 50708, Energetski transformatori – Dodatni evropski zahtevi.

Kompletan prikaz referentnih dokumenata dat je u Poglavlju 20 Popis standarda i literature iz ove oblasti.

## 3. TERMINI I DEFINICIJE

Ovo poglavlje IS 2 sadrži organizacione izraze, tehničke definicije, opšte izraze, simbole kao i dopunske indekse koji su od interesa prilikom izrade tehničkih zahteva korisnika kada je u pitanju nabavka novih ET, kao i način na koji treba definisati tehničku specifikaciju kako bi se zadovoljili svi zahtevi koji se stavljaju pred korisnike i isporučioce.

Date su i definicije za sledeće pojmove:

- Očekivani životni vek;
- Životni ciklus;
- Projektovani životni vek;
- Prihvatljivost;
- Granice dozvoljenih odstupanja;
- Pouzdanost;
- Usaglašenost;
- Verifikacija;
- Validacija;
- Gubici;
- Indeks energetske efikasnosti.

#### **4. KRATKI OPŠTI OPIS PROJEKTA**

Ovde se daje kratka ali jasna izjava o opremi, komponentama koje se isporučuju i granicama ugovornih zaduženja koje postoje između proizvođača i kupca, kako ne bi došlo do nesporazuma ugovornih obaveza.

Obim isporuke obuhvata sledeće osnovne delove ET:

- aktivni deo – magnetno kolo (jezgro), namotaji i kompletan izolacioni aranžman,
- transformatorski sud,
- transformatorsko ulje,
- prolazni (uvodni) izolatori,
- dilatacioni sud (konzervator),
- rashladni sistem (rashladne grupe, ventilatori, pumpe, ventili),
- teretna/besteretna regulaciona preklopka,
- zaštitni, merni i signalni uređaji,
- monitoring sistem,
- upravljački orman i druge komponente neophodne za pravilan rad ET.

Dati su i:

- Dodatni zahtevi;
- Isključenja-
- Neusaglašenost;
- Alternativne ponude;
- Prenos odgovornosti / vlasništva.

## 5. NAMENA OPREME

Namena ET mora biti jasno naznačena u tehničkoj specifikaciji, kao i posebni uslovi rada ako su prisutni.

Sve nedoumice u vezi sa namenom ET treba da se reše sa proizvođačem, poželjno pre izdavanja zahteva za ponudu, a obavezno pre potpisivanja ugovora.

U specifikaciji treba opisati funkciju, namenu ili ulogu opreme koja se kupuje, na primer: da je deo novog proizvodnog postrojenja, izmena postojećeg postrojenja za proizvodnju električne energije ili zamena opreme.

U specifikaciji treba navesti funkciju i poznata ograničenja, ako postoje, u opremi koja je povezana sa onom koja se isporučuje, tako da nova oprema izbegne nepovoljne uslove rada. Dobavljač može predložiti izmene povezane opreme koje bi obezbedile zadovoljavajući rad opreme koja se isporučuje.

U specifikaciji se navode osnovni podaci o postrojenju u koje se oprema ugrađuje, namenu i vrstu opreme, na primer: tip postrojenja/elektrane (proizvodnja električne energije), nova izgradnja, obnova ili rezervna oprema, prototip ili dodatna jedinica, način rada: npr. osnovno opterećenje, prosečno opterećenje, vršno opterećenje.

U specifikaciji se mogu definisati željeni tipovi opreme (ili dati informacije) u pogledu kompatibilnosti sa postojećom opremom. U specifikaciji se definišu predviđeni postupci (metode) održavanja, inspekcije i rada. U specifikaciji se definišu zahtevi u pogledu opšteg izgleda opreme (npr. dimenzije, oblik ili boja) kako bi se zadovoljili zahtevi za planiranje ili specifični kriterijumi.

Postrojenje može biti formirano na više načina, od kojih su u EES-u Srbije najčešće korišćene sledeće šeme:

- Blok veza generatora i blok-transformatora (GBT) sa mrežnim prekidačem i opštim transformatorom sopstvene potrošnje (TSP);
- GBT blok sa mrežnim prekidačem i pripadajućim TSP-om;
- GBT blok sa mrežnim i generatorskim prekidačem i pripadajućim TSP-om;
- Više generatora na jednom blok-transformatoru (BT).

Razvodna postrojenja u prenosnoj mreži Srbije, na koja su priključene elektrane, mogu biti sledeće konfiguracije:

- Jednostruki sistem sabirnica (npr. HE „Bistrica“)
- Dvostruki sistem sabirnica sa poprečnim spojnim poljem (npr. HE „Đerdap 1“, HE „Đerdap 2“),
- Dvostruki sistem sabirnica sa pomoćnim sabirnicama, sa poprečnim spojnim poljem i transformatorskim poljem (npr. TE „Kolubara A“),

- Trostruki sistem sabirnica sa poprečnim spojnim poljima (npr. TE „Nikola Tesla A“).

## 6. SISTEMSKI USLOVI RADA

U navedenom poglavlju je dat pregled uslova rada EES na koju će ET da bude priključen. Kupac pruža osnovne informacije o uslovima rada EES na mestu gde će ET a bude instaliran. Jednopolna šema instalacije je posebno korisna u pružanju opštih i drugih potrebnih informacija o sistemu.

Postupci za koordinaciju izolacije detaljno su opisani u standardima SRPS EN IEC 60071-1 i SRPS EN IEC 60071-2.

Navodi se da li je tačka uzemljenja direktno povezana sa zemljom ili je uzemljenje izvedeno preko otpora ili induktiviteta (prigušnice). U slučaju upotrebe uzemljenja preko impedanse, Kupac treba da navede vrednost impedanse koja će biti instalirana radi ograničavanja struje zemljospoja.

Određene vrste ET normalno rade u režimima sa čestim uključenjima, kao na primer generatorski ET u pumpno-akumulacionim sistemima. Ovakvi načini rada zahtevaju posebne konstruktivne kriterijume.

Izdržljivost namotaja na elektrodinamička naprezanja prilikom kratkih spojeva je prema 3.1 SRPS EN 60076-5.

Režim natpobuđenosti, opasan je i može da izazove oštećenja transformatorskog magnetnog jezgra, njegovog izolacionog sistema kao i sistema učvršćenja magnetnog kola. ET koji su projektovani u skladu sa standardom SRPS EN 60076-1 imaju ograničenu sposobnost da podnesu režim natpobuđenosti (10 % pri režimu praznog hoda, 5 % pri naznačenom (punom) opterećenju).

U ovom poglavlju obrađene su i sledeći zahtevi za ET:

- Preopterećenje preko naznačene snage,
- DC Magnetizacija,
- Harmonici,
- Minimalna snaga pri alternativnom režimu hlađenja,
- Povratno opterećenje ET direktno povezanog sa generatorom,
- Opterećivanje neutralne tačke.

## 7. INFORMACIJE O LOKACIJI

Tehnička specifikacija ET treba da obuhvati sve relevantne informacije o lokaciji na kojoj će ET biti instaliran, neophodne kako sa stanovišta projektovanja i izrade, tako i sa stanovišta transporta i montaže ET na mestu budućeg pogona.

Na prvom mestu treba navesti opšte podatke o samoj elektrani u kojoj se ET ugrađuje i načinu veze sa EES Srbije, a prema sledećim tačkama:

- Pristup elektrani,
- Sadržaji na elektrani,
- Zahtevi specifični za lokaciju (meteorološki i seizmički uslovi, životna sredina).

## **8. UGOVORNI RADOVI**

Isporučka opreme i usluga koje Isporučilac treba da izvrši, obuhvataju:

- prikupljanje podataka o elektrani i opremi,
- projektovanje, nabavka i isporuka materijala, proizvodnja, kontrola kvaliteta i fabrička ispitivanja,
- pakovanje, transport, osiguranje, istovar, skladištenje na gradilištu,
- demontaža i uklanjanje demontirane opreme u skladišta, ukoliko se zamenjuje stari ET,
- dodatne građevinske radove, ukoliko su potrebna prilagođenja mesta ugradnje,
- montažu opreme,
- čišćenje površina ET od ulja i prašine, antikorozivnu zaštitu,
- ispitivanja na gradilištu, izdavanje sertifikata o završnim ispitivanjima,
- podnošenje dokumentacije, primopredaju, garancije,
- obaveze u toku probnog rada,
- obaveze tokom garantnog perioda,
- obuka osoblja Naručioca,
- obavezni rezervni delovi,
- specijalni alati.

Isporučilac je obavezan da obezbedi kompletnu opremu i radove, čak iako ta oprema ili radovi nisu konkretno navedeni u Tenderskoj dokumentaciji.

Zahtevi su obrađeni prema sledećim tačkama:

- detalji instalacije/montaže,
- dokumentacija koja se podnosi uz Ponudu,
- dokumentacija koja se podnosi nakon datuma otpočinjanja Ugovora,
- detalji dodatnih zahteva,
- detalji zahteva povezivanja sa drugom opremom ili zahtevi za paralelni rad.

## **9. EKOLOŠKI ASPEKTI**

Zahtevi navedeni u ovoj sekciji odnose se na brigu o životnoj sredini i uključuju posebne uslove i mere opreza koje treba ugraditi u dizajn,

proizvodnju i rad ET kako bi se ispoštovala takva ekološka razmatranja. Neka od ovih razmatranja mogu imati pravnu prirodu.

Glavna ekološka razmatranja su:

- Buka,
- Gubici,
- Zagađenje uljem,
- Opasnost od požara i rizik od stvaranja kontaminanata ili drugih neprihvatljivih nusprodukata,
- Opasnosti od eksplozija,
- Vizuelni uticaj,
- Seizmički rizik.

## 10. TRANSPORT

Transportovanje i završni radovi pre puštanja u pogon mogu da izmene stanje ET utvrđeno prijemnim ispitivanjima u prostoru proizvođača, te je stoga neophodno da se nadzire kako transport tako i završni radovi i izvrše odgovarajuća ispitivanja i provere. Zahtevi i uslovi transporta ET moraju se poštovati da ne bi došlo do rizičnih događaja, kao što se desilo sa transportom blok ET za HE Bajina Bašta.

EPS je u internom standardu (EPS IS 09-1:2014, Prijemna ispitivanja energetskih transformatora) definisala i minimum zahteva za transport ET.

Više detalja je dato u Incoterms 2023 u izdanju "Međunarodne privredne komore" (ICC - *International Chamber of Commerce*). *Incoterms 2023* se primenjuje od 01.01.2023. i više ne važi Incoterms 2010. iz 2010. godine. Dodatne informacije su date u CIGRE *Technical Brochure 673 "Transformer Transport Guide"* (Vodič za transport transformatora).

U ovom poglavlju se obrađuje:

- Projekat za transport (ugovorne obaveze; *Incoterms 2023* pravila za bilo koji način ili vid saobraćaja;
- Procedura kontrole pripreme i praćenja transporta ET;
- Kontrola tokom pripreme za transport),
- Merači udara / pomeraja (*shock-recorders*),
- Transport sa ili bez ulja,
- Učvršćenje oprema,
- Inventar,
- Rukovanje i oznake,
- Dokumentacija,
- Skladištenje,
- Skladištenje bez ulja,
- Čuvanje ulja,

- Nalivanje ulja.

## 11. BEZBEDNOST I ZAŠTITA NA RADU

U tehničkoj specifikaciji treba navesti sve zahteve iz oblasti bezbednosti i zaštite na radu (BZR) koje su na snazi na samoj lokaciji ugradnje ET, a koji uključuju:

- jezici koji se koriste na lokaciji,
- ograničenja radnog vremena,
- obavezna BZR obuka za radnike i nadzornike,
- pojedinosti o lokalnim BZR propisima koji mogu uticati na ugradnju i puštanje u rad transformatora.

Mere Bezbednosti i zdravlja na radu su sastavni deo Ugovora o javnoj nabavci dobara sa pratećim uslugama i radovima, koju EPS AD kao Kupac zaključuje sa Isporučiocem transformatora, i date su u Poglavlju Dodatak 1: Bezbednost i zdravlje na radu

## 12. TEHNIČKI USLOVI

Tehnički uslovi koji utiču na projektovanje i proizvodnju ET su u zavisnosti od njihove naznačene snage, napona i primene detaljno su obrađeni u relevantnim SRPS EN standardima. Ali, često postoje i dodatni tehnički uslovi koji važe na lokaciji ugradnje ET kao i uslovi koji proizilaze iz prethodnog iskustva i dobre prakse EPS-a. Isto tako, iskustvo Proizvođača može da dopuni specifikaciju Kupca.

Prilikom definisanja tehničke specifikacije treba uvažiti zahteve koji su dati u Pravilima o radu prenosnog sistema (eng. *Grid Code*).

Ugovarač će projektovati i proizvesti ET tako da zadovolji njegove karakteristične režime rada (normalan režim rada, kao i režim rada prilikom pojave kvara), osiguravajući takođe da ET bude u stanju da podnese sva naprezanja (mehanička, termička, dielektrična, itd.), do kojih može doći tokom njegove eksploatacije, za vreme njegovog predviđenog (projektovanog) radnog veka od minimum 40 godina (uz adekvatno održavanje).

U ovom poglavlju su detaljno obrađeni zahtevi:

- Normalni i abnormalni uslovi za rad (Releji za gas i ulje, Preopterećenja, Efekat geomagnetnih indukovanih struja (GIS)),
- Konstrukcioni zahtevi (Indukcija – Nivo magnetske indukcije, Regulacija napona, Hlađenje, Kontrola detalja – Detalji sistema upravljanja i kontrole, Sistem za uzemljenje),
- Magnetno jezgro ( Magnetni limovi),
- Namotaji,

-Transformatorski sud (Delovi (komponente) za podizanje i pomeranje ET, Poklopac suda ET, Uljno nepropusni slojevi,Zahtevi vezani za stanje nadpritiska i vakuuma, Ventili, Cirkulacione i vihorne struje fluksa rasipanja, Otvori za pristup tokom revizije, Dilatacioni sud konzervator, Uzemljenje suda, Releji za oslobađanje prekomernog pritiska, Antikorozivna zaštita i farbanje),

- Izolaciona tečnost (mineralno ulje i/ili sintetički estri),
- Prolazni (uvodni) izolatori (*Bushings*),
- Sekundarna ožičenja i upravljački ormani,
- Priključci pripadajuće opreme transformatora,
- Regulacione preklopke,
- Monitoring,
- Uzajamna zamenljivost,
- Standardizacija,
- Isključenja,
- Zaštitni, merni i signalni uređaji (Zaštita BT, TSP i TOP, Zaštita od termičkog preopterećenja ET-a, Visoka temperatura ulja, Visoka temperatura namotaja ( $I_{th} > T$ ), Prekostrujna zaštita ( $I > t$ ), Zaštita od kratkih spojeva, Zaštita od međufaznih kvarova, Zaštita od jednofaznih kvarova, Ograničena zemljospojna zaštita ( $\Delta I > ref$ ), Prekostrujna zaštita po struji iz zvezdišta ET-a ( $I > t$  G), Kućišna (kazanska) zaštita ( $IE > t$  N), Mehanička detekcija kvara, Buholc releji, Gasni releji, Releji pritiska, Releji iznenadnog pritiska ulja, Releji iznenadnog pritiska gasa, Releji statičkog pritiska, Merni i signalni uređaji),
- Transformatorsko ulje (Prikaz vrste ispitivanja, test metoda i graničnih vrednosti za inhibirana ulja visokog kvaliteta (Tip A), Granične vrednosti fizičko-hemijskih parametara izolacionog ulja za različite kategorije važnosti ET),
- Specijalna oprema i alati,
- Rezervni delovi (Specificirani rezervni delovi transformatora).

### 13. UPRAVLJANJE KVALITETOM

ET su kapitalna proizvodna dobra koja definišu proizvodni kapacitet, visokog nivoa kvaliteta, pouzdanosti, cene, kontrole kvaliteta koja se planski nabavlja i ima specifične zahteve i karakteristike. Za kontrolu kvaliteta ET nije relevantan samo Sistem menadžmenta kvaliteta proizvođača, već obostrano usaglašen i potpisan projekat Plana provere kvaliteta i plan ispitivanja (*QITP- Quality Inspection and Test Plan*) i projekat Plana obezbeđenja kvaliteta (*QAP- Qyality Assurance Plan*), između EPS ad i isporučioća ET.

EPS treba da ima svoj projekat Plana provere kvaliteta i plan ispitivanja i projekat Plana obezbeđenja kvaliteta ET, da bi tako poboljšao kvalitet ET pri pregovaranju sa isporučiocem.

*QITP* i *QAP* dokumenti su od vitalnog značaja za dobijanje kvalitetnog ET, pored Ugovora predstavljaju obavezujuće dokumente koji trebaju da budu usaglašeni između Kupca-Naručioca (EPS ad) i Isporučioca opreme. U pripremi i izradi *QITP* i *QAP* bi trebalo da učestvuju najstručniji i najiskusniji

kadrovi EPS, kao i inženjeri i tehničari iz samih elektrana i postrojenja u kojima će predmetni ET da bude u pogonu, jer je pretpostavka da oni najbolje poznaju problematiku, a po potrebi mogu da se angažuju i spoljni saradnici iz naučno-istraživačkih instituta.

*QITP* treba da bude pripremljen i usaglašeni između Naručioca i Isporučioca pre sklapanja ugovora, treba da sadrži:

- sve detalje i aktivnosti vezane za projektovanje, proizvodnju i isporuku u skladu sa internim procedurama proizvođača i referentnim dokumentima (relevantnim standardima i tehničkim preporukama),
- specifikaciju mehaničkih (mašinskih), električnih i svih drugih ispitivanja u skladu sa zahtevima relevantnih standarda, uključujući i garantovane (ugovorene) vrednosti,
- spisak i sled aktivnosti i odgovornosti proizvođača, podizvođača (kooperanata) i isporučioća opreme kako bi se ceo proces od projektovanja, preko proizvodnje, ispitivanja, završne montaže do puštanja u pogon i završnih podešavanja izvršio u skladu sa Ugovorom,
- kontrolne tačke, sa identifikacijom referentnih dokumentata (tehnička dokumentacija, crteži, standardi), kao i kategorizacijom aktivnosti (provera dokumentacije, vizuelni pregled - kontrola, ispitivanje i sl.), lokaciju izvršenja aktivnosti, te spiskom odgovornih lica koji treba da izvrše pojedina aktivnosti i/ili da budu svedoci istim i da uspešnost istih potvrde (overe),
- svako eventualno odstupanje, nepridržavanje, izmene plana ili bilo koje prateće dokumentacije (crteža, radnih uputstava, promene projekta i sl.)

Dokument Plan obezbeđenja kvaliteta (*QAP*) Isporučilac-proizvođač treba da priloži prilikom prijave na tender koji garantuje da će projekat, materijali, način i tehnologija izrade (fabrikacije), ispitivanje, pouzdanost i sigurnost rada, održavanje i dokumentacija da ispuni zahtev naveden u ugovornoj dokumentaciji, relevantnim standardima, tehničkim specifikacijama i važećim propisima. Ovim planom Isporučilac-proizvođač je odgovoran da svi kooperanti-isporučioci opreme poseduju i rade u skladu sa svojim planom obezbeđenja kvaliteta. Uputstvo za obezbeđenje kvaliteta, koje navodi i opisuje izvršenje svih elemenata sistema obezbeđenja kvaliteta treba da bude dostupno od strane Isporučioca-proizvođača kao referenca za predstavnike Naručioca - EPS ad.

*QAP* mora da bude u skladu sa regulativama Republike Srbije, relevantnim SRPS/IEC standardima, kao i validnim dokumentima tehničke regulative (interna radna i tehnološka uputstva sa definisanim postupcima, mernim metodama i kriterijumima kvaliteta).

Provera realizacije kvaliteta Naručilac obezbeđuje se kroz sledeće aktivnosti:

- Naručilac (ili njegov predstavnik) usaglašava i sa isporučiocem overava Plan obezbeđenja kvaliteta i isti je sastavni deo ugovora,
- Predstavnik Naručioca prisustvuje ispitivanjima,
- Način kontrole kvaliteta se utvrđuje Ugovorom između Naručioca i Isporučioca.

Ugovorne obaveze prijemnih ispitivanja, odnosno garantovane vrednosti treba da budu usklađene sa važećim/relevantnim SRPS/IEC standardima ali i sa iskustvima dobre prakse. Bilo kakvo eventualno odstupanje od ugovornih obaveza iz objektivnih (tehničkih) razloga, bilo da su vezana za ispunjenje obima ugovorenih ispitivanja ili odstupanje od standardnih odnosno garantovanih vrednosti moraju da se reše prema ugovornim obavezama između Naručioca i Isporučioca.

Učešće kompetentnih stručnjaka EPS ad ili njihovog konsultanta je neophodno tokom svih aktivnosti koji su deo ugovornih ispitivanja i kontrole, koje moraju da budu pismeno evidentirane u vidu Izveštaja o kontroli ili ispitivanju i to:

- Ulazna kontrola pojedinih delova, sklopova i/ili podsklopova, uz dobijanje na uvid Deklaracije o usaglašenosti navedenih komponenti i/ili pribora,
- Međufazna kontrola tokom izrade i/ili delimične montaže npr. nakon formiranja magnetnog kola, proveru/ogled zagrevanja pre montaže namotaja, nakon izrade pojedinih fazanih namotaja i sl,
- Kontrola kvaliteta pri završnim prijemnim ispitivanjima (*FAT*),
- Kontrola postupka pripreme za transport i plana transporta,
- Kontrola posle završne montaže na mestu pogona (*SAT*), pre prvog uključivanja,
- Izrada protokla o spremnosti za normalan rad,
- Kontrole i praćenje prilikom probnog pogona i garantnog perioda,
- Izrada protokola o konačnom prijemu ET po isteku garantnog perioda pogona

Prijemna ispitivanja i kontrole vrše Laboratorije koje dokazuju svoju kompetentnost, posedovanje odgovarajuće merne opreme te mernih procedura i uvedenog Sistema menadžmenta kvalitetom kroz akreditaciju potvrđeno od strane Akreditacionog tela Srbije (ATS) prema SRPS ISO/IEC17025.

Neophodno je učešće stručnjaka EPS ad ili iskusnih i kompetentnih konsultanata angažovanih od strane EPS ad u svim aktivnostima Nabavke ET, pa tako i u ispitivanjima i kontrolama iz Plana kontrole kvaliteta.

Dokument-Plan proveru kvaliteta i plan ispitivanja (*QITP*): - Kratak pregled *QITP*, - *QITP* za dizajn / projektovanje ET, - Definicije, - Ciljevi, - Obaveze proizvođača: Interni dizajn i razvoj sistema proračuna, - EPS Unapred priprema svoj plan provere dizajna ET, - Odnos EPS i proizvođača, razmena iskustava, - Rezime ciljeva, - Vremenski raspored, - Pregled pre

dodele ugovora, - Pregled nakon dodele, - Pregled dizajna, - Informacije o pregledu projekta (1. Ugovori o neotkrivanju, 2. Dogovor o obimu i zaštiti informacija koje se pružaju za potrebe evaluacije na osnovu „potrebe da se zna“.), - Dodatni pregled dizajna, - Kompletan prikaz pregleda dizajana, - Osnove dizajna, - Namotaji, - Termički dizajn, - Sposobnost kratkog spoja, - Magnetno jezgro, sklapanje namota i sušenje, - Krovne ploče i kuke; Dizajn izolacije; Kontrola curenja, - Nivo buke, - Seizmički zahtevi, - Komponente, - Konzervator, - Crteži fabrikacije, -Priprema površine i farbanje, - Prateća oprema, - Izolatori, - Izolatori i unutrašnji strujni transformatori, -Teretna preklopka, Zaštitna oprema.

Provera kvaliteta i test plan (struktura-Outline): Projekat Plan kvaliteta se deli na sekcije, pri čemu svaki odeljak pokriva poseban deo lanca dizajna, proizvodnje i nabavke. Svaka aktivnost u ovom lancu je identifikovana jedinstvenim referentnim brojem, obično brojem odeljka i pododeljka.

Plan obezbeđenja kvaliteta: Prilikom prijave na tender, proizvođač prilaže opis plana obezbeđenja kvaliteta (QAP).

Obuhvata: -Plan obezbeđenja kvaliteta obezbeđuje proizvođač ET, - Plan obezbeđenja kvaliteta je sastavni deo ugovora između proizvođača i EPS, - Obaveze i učešće stručnjaka EPS u kontrolisanju, - Ugovorne obaveze, - Dokumentacija, Ulazna kontrola, - Međufazna kontrola, - Kontrola kvaliteta pri završnim prijemnim ispitivanjima, - Redosled procedura kontrolisanja se daje u planovima kontrole kvaliteta, - Izbor metoda i procedura za komandna ispitivanja, - Izveštaj o kontrolisanju i atesti, - Procedura kontrole pripreme i praćenja transporta, - Ispitivanje posle izvršene montaže, - Izrada protokola o spremnosti za normalan rad, - Praćenje rada u toku garantnog roka, - Protokol o konačnom prijemu ET po isteku garantnog roka, - Osnovni principi realizacije prijemnih kontrolisanja, - Zahtevi za kompetentnost kontrole, - Zahtevi za kompetentnost laboratorija za ispitivanje i za kontrolna tela, - Obaveze i učešće stručnjaka EPS u ispitivanju / kontroli, - Usaglašenost zapisa rezultata ispitivanja sa standardima i zapisima proizvođača, - Dijagram toka za nabavke ET

Priručnici za garancije kvaliteta: - Struktura plana kvaliteta i test plana ET, - Struktura posebnih planova kvaliteta i test planova ET.

Izveštaj o završnom kvalitetu:

Finalni dokumenti kvaliteta izrađuju se kao posebni projekti, obostrano se potpisuju i unose se u dokumentaciju izvedenog stanja.

#### **14. FABRIČKA ISPITIVANJA I ZAVRŠNA KONTROLA**

Fabrička prijemna ispitivanja završne kontrole (*Factory Acceptance Tests – FAT*) su možda najvažnija tačka kontrole tokom realizacije Ugovora, čija je funkcija da:

- Potvrde dizajn ET i kvalitet procesa proizvodnje
- Ispunjenost tehničkih karakteristika kako po pitanju mogućnosti pogonskog opterećenja tako i po pitanju dielektrične izdržljivosti na

moguća pogonska naprežanja, odnosno ostalih parametara datih u tehničkoj specifikaciji,

- Dobijanja referentnih vrednosti, tzv. otiska prsta ET (eng. fingerprint), koji će biti korisni za poređenje sa rezultatima budućih merenja obavljenih nakon transporta i završene montaže a pred puštanje u probni pogona i kasnije tokom životnog (radnog) veka ET (SFRA, kapacitivnost, otpor izolacije, itd.).

Proizvođač treba da pripremi Program fabričkih prijemnih ispitivanja koji opisuje sva komadna i tipska, odnosno specijalna ispitivanja i završne kontrole. Program ispitivanja treba dostaviti EPS ad na odobrenje pre početka proizvodnje.

Fabrička prijemna ispitivanja moraju da se obave u prisustvu eksperata EPS ad ili njegovog zastupnika. EPS ad treba da bude obavešten pismenim putem u razumnom vremenskom periodu pre početka bilo kog testa.

U ovom poglavlju su detaljno obrađena sva potrebna ispitivanja i tehnički detalji:

- Standardi i tehničke specifikacije testiranja,
- Ambijentalni uslovi režima rada,
- Tačnost merenja
- Tolerancije,
- Pregled ispitivanja – osnovni prikaz
  - o Komadna ispitivanja
  - o Ispitivanje tipa
  - o Specijalna ispitivanja - Dodatni testovi,
- Redosled ispitivanja,
- Upravljanje dokumentima koji sadrže rezultate ispitivanja i izrada izveštaja o FAT.

Nakon prispeća opreme na lokaciju, tokom i nakon završetka montaže, tokom puštanja u rad, kao i tokom perioda probnog rada, svi delovi opreme treba da budu pregledani i ispitani.

Kupac treba da precizno definiše skup testova i ispitivanja koja treba da se urade neposredno po prispeću transformatora na mesto ugradnje, a pre istovarivanja sa transportnog vozila, kako bi se utvrdilo integritet transportovanog transformatora i uočila eventualna oštećenja, ako ih ima.

Od posebne važnosti je da se neposredno po završenom transportu i prispeću ET ne mestu pogona, a pre završne montaže, pregledaju i analiziraju ugrađeni uređaji za praćenje promene ubrzanja tokom transporta tzv. Šok-rekorderi. Zabeležene rezultate mora da analizira stručno lice koje je kompetentno toj oblasti, koje će da zabeleži maksimalnu vrednost ubrzanja u sve tri ose kojim je bio izložen ET tokom manipulacije utovara i transporta do mesta montaže (pogona). Ukoliko je neophodno, i za postupak istovara odnosno završne montaže na mestu pogona, mogu se ponovo postaviti šok-

rekorderi kako bi beležili ubrzanja kojima je ET bio izložen tokom istovara, završnog pomeranja i konačne montaže na mestu pogona, posebno ako se radi o jedinicama najvećih snaga. Zabeležene maksimalne vrednosti ubrzanja ne smeju da budu veće od ugovorenih vrednosti.

Prijemna ispitivanja na mestu ugradnje (*Site Acceptance Tests – SAT*) predstavljaju ponavljanje pojedinih fabričkih prijemnih ispitivanja koja imaju za cilj da potvrde da nema prepreke za prvo stavljanje transformatora pod napon i probni pogon. Svrha završnih ispitivanja na mestu ugradnje je da izvrši proveru korektnog i sigurnog rada opreme, ali i da proveri i potvrdi rezultate fabričkih prijemnih ispitivanja, u meri koliko je to moguće imajući u vidu tehnička ograničenja terenske ispitne opreme.

Ispitivanja na mestu ugradnje transformatora su podeljena u dve faze:

1. Ispitivanja i kontrole tokom i nakon završetka montaže,
2. Završna ispitivanja – ispitivanja pred puštanje u probni rad.

Prijemna ispitivanja ET na mestu ugradnje se obavljaju prema EPS IS 09-1:2014, Prijemna ispitivanja energetskih transformatora (*Acceptance Tests on Power Transformers*).

Prvo uključanje transformatora pod napon predstavlja kritičan i stresan trenutak za sam ET, s obzirom na mogućnost pojave kratkotrajne udarne struje uključanja – *Inrush Current* i stoga je potrebno sprovesti sve neophodne pripremne radnje i mere predostrožnosti kako bi se izbegao bilo kakav dodatni rizik po ET:

- Prvo uključanje treba da usledi najmanje 24 časa od nalivanja uljem, uz pozitivne rezultate ispitivanja karakteristika ulja, posebno dielektrične čvrstoće (probojnosti) ulja odnosno sadržaja vode u ulju,
- Ukoliko je moguće da se obezbedi postepeno podizanje napona do nominalne vrednosti čime se eliminiše problem udarne struje uključanja. Najčešće to nije moguće i u tom slučaju se ide na direktno uključanje na mrežu,

Neposredno nakon prvog uključanja pod napon, neophodno je pratiti ponašanje transformatora, pratiti stanje Buholc releja, indikatore temperature kao i opremu za nadzor. Sva zapažanja se beleže i dokumentuju u posebnom izveštaju.

Svrha perioda probnog rada je da se dokaže funkcionalna sposobnost transformatora i da se pokaže da će on ispuniti sve zahteve u pogledu deklarisanih performansi. Naručilac-Kupac treba jasno da navede zahtev za probnim radom u specifikaciji.

Svi rezultati ispitivanja i kontrola na mestu pogona treba da se zabeleže i prilože zajedno sa Programima ispitivanja i eventualnim izveštajima o

neusaglašenosti i kao takvi uključe u zbirni dokument - *Uputstvo za rad i održavanje transformatora*.

Za sva ova ispitivanja mora se koristiti i EPS IS 09-1, Energetski transformatori – Deo 1: Prijemna ispitivanja.

## **15. LISTA GARANCIJA I GARANCIJE**

Vrednosti glavnih parametara transformatora moraju biti navedene od strane Kupca i predmet su garancije, gde su od posebne važnosti:

- Naznačena snaga,
- Gubici,
- Porasti temperatura transformatora,
- Napon (impedansa) kratkog spoja,
- Struja praznog hoda,
- Prenosni odnos,
- Nivo buke sa uključenom i isključenom rashladnom opremom,
- Nivoi parcijalnih pražnjenja pri dielektričnim ispitivanjima,
- Indeks vršne efikasnosti transformatora (PEI).

EPS ad treba da zahteva i druge garancije kao što su:

- finansijska garancija Isporučioca,
- garantovano vreme isporuke,
- garantni rok nakon puštanja u rad, životni vek ET.

## **16. UGOVORNE DOKUMENTACIJE**

Odnosi se na konačnu dokumentaciju koju Isporučilac dostavlja na završetku radova po Ugovoru. U većini slučajeva obuhvata standardni paket dokumenata koji možda ne sadrži sve što je neophodno za Kupca ET koji je predmet Ugovora. U ovim okolnostima, Kupac treba da navede sve dodatne zahteve u upitu za ponudu ili pre sklapanja Ugovora. Takođe, u interesu Kupca da je pruži sve informacije kako bi se ubrzao proces podnošenja ponuda i završetak Ugovornih radova.

Tender treba da obuhvati i:

- Opis ponuđenog ET, uključujući regulacione preklopke, izolatore, sistem konzervacije ulja, opremu i zaštitne uređaje,
- Listove sa tehničkom specifikacijom
- Reference za druge slične ET koji su prethodno isporučeni, uključujući isporučene količine i rokove isporuke,
- Izveštaje o tipskim ispitivanjima sličnih ET i komponenti,
- Crteže dispozicije, temelja i transportnog profila,

- Listu i detalje svih neusaglašenosti i odstupanja od specifikacije,
- Detalje o Sistemu Osiguranja Kvaliteta i kopiju aktuelnog sertifikata,
- Sertifikat o osiguranju,
- Plan Kvaliteta Plan inspekcije kvaliteta i plan ispitivanja.

## **17. PRIMERI TEHNIČKE I DRUGE INFORMACIJE KOJE REGULIŠU ODNOS NA SPECIFIKACIJI ZA ET**

U ovom poglavlju su, prema dobroj praksi, dati primeri tabela tehničkih i drugih informacija predstavljaju tipične primere, sa ciljem da se sumiraju karakteristike ET, performanse, garancije i drugi detalji, koji čine osnovu specifikacije ponude ili tendera i na kraju Ugovora. Podaci navedeni u ovom odeljku služe kao ilustracije i ne predstavljaju sve podatke koji mogu biti uključeni u specifikaciju niti njihov sadržaj. EPS i Isporučilac stoga moraju pripremiti svoje tabele tehničkih karakteristika na takav način da sadrže sve podatke koji se zahtevaju ili mogu da se ponude. Takođe, treba imati u vidu da u nekim slučajevima može biti neophodno da se navedu podaci koji prevazilaze ili zamenjuju one preporučene u relevantnom standardu.

Tehničke karakteristike koje se odnose na performanse ET i garancije predstavljaju jedne od najvažnijih informacija i treba da budu jasno i precizno navedene izjave o tome šta EPS zahteva, zajedno sa sličnim čvrstim izjavama šta Isporučilac nudi.

Izgled i sadržaj tabela tehničkih karakteristika može da varira u zavisnosti od naznačene snage ET, napona i primene, kao i od obima i složenosti posebnih zahteva EPS-a. Podaci navedeni u tabeli tehničkih karakteristika zajedno sa svim detaljima i informacijama navedenim u tehničkoj specifikaciji transformatora predstavljaju tehničke zahteve Kupca i ponudu Isporučioca.

Date su tabele sa tehničkim karakteristikama ET za:

- Tabela tehničkih karakteristika TE Kostolac B3,
- Tabela tehničkih karakteristika HE Đerdap 1,
- Tabela tehničkih karakteristika TENT B 2.

Ove tabele, kao i IS 2, IS 09-1 i drugi interni standardi, su nam priručnik da uradimo kvalitetne tehničke specifikacije.

Ali, moramo imati u vidu, da zbog problema koji su danas prisutni, svaka nova tehnička specifikacija treba da je poboljšana u odnosu na ovde date i koje ima EPS ad.

## **18. EVALUACIJE GUBITAKA, KAZNE, BONUSI I ODBIJANJE**

Ukupni procenjeni trošak ET se obično uzima kao njegov kapitalni trošak plus operativni troškovi tokom životnog veka, posebno gubici. Relativna

vrednost gubitaka ET (gubici pri praznom hodu i pri opterećenju), kao i drugi faktori kao što su naznačena snaga, radni napon, impedanse i termičke performanse, imaju ključni uticaj na dizajn ET tako što utičući na zapreminu, težinu, oblik i cenu.

Glavna determinanta ukupnih procenjenih troškova je trošak gubitaka ET ali EPS treba da razmotri i druge dodatne troškove kako bi se utvrdili pravi ukupni troškovi posedovanja ET tokom životnog veka, koji uključuju:

- kapitalne troškove ET, •životne troškove gubitaka,
- troškove montaže i puštanja u rad,
- troškove održavanja, zamene i odlaganja tokom životnog veka,
- ekološke troškove.

Kapitalizovani trošak gubitaka stoga zavisi od tačnosti budućih procena troškova električne energije, kamatnih stopa i godišnjih stopa korišćenja ET, uključujući predviđanje opterećenja. Ovi faktori imaju tendenciju da postanu manje tačni ako se produžava očekivani budući radni vek ET.

U ovom poglavlju je prikazan opšti metod za određivanje troškova gubitaka.

EPS može odbiti kompletnu isporuku iz sledećih razloga:

- Ukoliko je dostignuta naznačena snaga ET manja od garantovane,
- Gubici premašuju garantovane vrednosti za iznos viši od dozvoljene tolerancije,
- Bilo koji gubici premašuju garantovane vrednosti za iznos viši od dozvoljene tolerancije,
- Ako vrednost napona kratkog spoja premašuje garantovanu vrednost za iznos viši od dozvoljene tolerancije,
- Ukoliko porasti temperatura premašuju garantovanu vrednost;
- Odstupanje prenosnog odnosa premašuje garantovanu vrednost za iznos viši od dozvoljene tolerancije,
- Izmereni nivo buke veći od ugovorenog nivoa,
- Vrednost indeksa vršne efikasnosti ET (PEI) manja od garantovane,
- Vrednost potrošnje pomoćne opreme premašuje garantovane vrednosti za više od 20%,
- Ukoliko nivoi parcijalnih pražnjenja budu veći od zahtevanih,
- Ako je suma svih preračunatih penala na bazi garancija prelazi 10 % od vrednosti ET.

U slučaju odbijanja prijema iz gore navedenih razloga, prodavac je obavezan da:

- otkloni uočene nedostatke o svom trošku,

- da proizvede novi ET koji u svemu zadovoljava zahtevane vrednosti tehničkih parametara.

Ovaj Interni standardje obavezan za upotrebu u Elektroprivredi Srbije A.D. i primenjivaće se od dana njegovog donošenja.

Tehnički zahtevi i uslovi, navedeni u ovom IS, predstavljaju minimum koji moraju ispuniti blok-transformatori, transformatori sopstvene potrošnje i transformatori opšte grupe u proizvodnim pogonima sistema EPS.

Na osnovu ovog Internog standarda izdavaće se pravila i tehnički uslovi za gore navedene energetske transformatore u sistemu EPS-u.

## 19. POPIS LITERATURE I PRIPADAJUĆIH STANDARDA

Dokument Tehnička specifikacija za nabavku ET je izrađen na bazi bogate literature koja sadrži 40 ključnih dokumenata od kojih će biti pomenuti samo neki i to:

- *CIGRE TB 528: Guide For Preparation Of Specifications For Power Transformers,*
- Serija standarda SRPS EN 60076 – X, Energetski transformatori,
- Tenderske dokumentacije za nabavku ET za EPS,
- EPS IS 09-1:2014, Prijemna ispitivanja energetskih transformatora,
- EPS IS 3:2015, Uređaji električnih zaštita u elektranama

## ZAKLJUČAK

ET predstavljaju kapitalnu opremu u procesu proizvodnje električne energije u termo i hidro elektranama, stoga je od izuzetnog značaja da se prilikom izrade tehničke specifikacije za nabavku novog transformatora obuhvate svi tehnički zahtevi i uslovi koje mora da ispuni tokom projektovanog životnog veka od preko 40 godina. Iz tog razloga neophodno je ispratiti odgovarajuće procedure i zahteve u postupku pripreme tehničke specifikacije kako bi se omogućilo da Naručilac dobije siguran i pouzdan proizvod, izrađen u skladu sa najvišim tehnološkim kriterijumima, visokog kvaliteta i koji će u potpunosti odgovoriti svojoj nameni.

Upravo je cilj IS 2 da omogući sveobuhvatnu i bržu pripremu tehničkog dela tenderske dokumentacije, da smernice i primere dobre prakse za izbor najvažnijih parametara i komponenti transformatora, da vrednosti i dozvoljena odstupanja tih parametara, predupredi eventualne nesporazume i nerazumevanja koja mogu da nastanu između Isporučioca i Korisnika i pruži sve potrebne informacije stručnom osoblju EPS-a za efikasno praćenje celokupnog procesa od izrade do transporta i puštanja u rad.

IS 2 treba da se primenjuje za nove ključne ET za termo i hidro elektrane snage 5 MW i više, napona 6,3 kV i više, i to za generatorske blok-transformatore, transformatore sopstvene potrošnje bloka i transformatore opšte grupe.

Zahvaljujemo se svim učesnicima na izradi i donošenju IS, na implementiranom intelektualnom kapitalu, znanju i veštinama, saradnji, operativnosti, primeni dobre prakse EPS-a i poslovnih partnera, standarda i održivog uspeha EPS-a.

## LITERATURA

- [1] CIGRE Technical Brochure 528, *Guide for Preparation of Specifications for Power Transformers*, CIGRE Working Group A2.34, 2013.
- [2] SRPS EN 60076-1:2012, *Energetski transformatori – Deo 1: Opšte*, Institut za standardizaciju Srbije (ISS).
- [3] SRPS EN 60076-5:2011, *Energetski transformatori – Deo 5: Sposobnost izdržavanja kratkog spoja*, Institut za standardizaciju Srbije (ISS).
- [4] EPS Interni Standard IS 09-1:2014, *Prijemna ispitivanja energetskih transformatora*, JP Elektroprivreda Srbije, 2014.
- [5] EPS Interni Standard IS 3:2015, *Uređaji električnih zaštita u elektranama*, JP Elektroprivreda Srbije, 2015.
- [6] CIGRE Technical Brochure 673, *Transformer Transport Guide*, CIGRE Working Group A2.42, 2017.
- [7] International Chamber of Commerce (ICC), *Incoterms 2023: ICC Rules for the Use of Domestic and International Trade Terms*, 2023.
- [8] SRPS EN 60214-1:2015, *Regulacione preklopke – Deo 1: Zahtevi za performanse i metode ispitivanja*, Institut za standardizaciju Srbije (ISS).
- [9] SRPS EN 50708 (serija), *Energetski transformatori – Dodatni evropski zahtevi*, Institut za standardizaciju Srbije (ISS).
- [10] SRPS EN IEC 60071-1:2020, *Koordinacija izolacije – Deo 1: Definicije, principi i pravila*, Institut za standardizaciju Srbije (ISS).
- [11] SRPS ISO/IEC 17025:2017, *Opšti zahtevi za kompetentnost laboratorija za ispitivanje i laboratorija za etaloniranje*, Institut za standardizaciju Srbije (ISS).
- [12] JP Elektroprivreda Srbije, *Interni standard IS 2: Elektrotehnički zahtevi korisnika pri nabavci novih energetskih transformatora*, Beograd, 2024.

**Abstract:** This paper analyzes the provisions and significance of Internal Standard IS 2, which defines the electrotechnical requirements and methodology for developing technical specifications for the procurement of new and the revitalization of existing power transformers (PT) within the electric power system. The primary objective of the standard is to establish uniform guidelines that ensure high levels of quality, safety, and energy efficiency, while maintaining full compliance with current national (SRPS) and international (EN, CIGRE) regulations. Standard IS 2 is applicable to oil-immersed power transformers with a rated power of 5 MW and above and voltages from 6.3 kV, including generator step-up (GSU) transformers, unit auxiliary transformers, and station service transformers in thermal and hydroelectric power plants. The paper provides a detailed overview of all stages of the equipment lifecycle—ranging from the definition of functional purpose and operating conditions, through the design, manufacturing, and transport processes, to onsite installation, testing, and commissioning. Particular emphasis is placed on addressing the challenges of inadequate documentation for legacy units by introducing modern materials and advanced technological solutions.

**Keywords:** power transformers, technical specification, Internal Standard IS 2, EPS, power system, lifecycle, SRPS EN 60076.

## Technical Specifications for the Procurement of Power Transformers

Mihajlo Ristić, Slobodan Maksimović

Branko Pejović<sup>id</sup>, Đorđe Jovanović<sup>id</sup>, Dragan Teslić<sup>id</sup>, Miroslav Radojčić<sup>id</sup>  
Vesna Radin<sup>id</sup>

Rad primljen u uredništvo: 19.12.2024. godine.

Rad prihvaćen: 28.12.2025. godine.