

Deklaracija o usaglašenosti sistema pobude sinhronih mašina

Zoran Ćirić¹, Mihajlo Ristić²

¹ Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Univerzitet u Beogradu, Koste Glavinića 8a,
11000 Beograd, Srbija
zoran.ciric@ieent.org

² Agencija Q-Total, Školska 5, 11253 Beograd, Srbija

Kratak sadržaj: U radu je izložen sveobuhvatan složeni model za Deklaraciju o usaglašenosti sistema pobude. Dati su potrebni projekti za ocenu usaglašenosti, standardizaciju, akreditaciju i metrologiju. Navedeni su neki moduli ispitivanja i usaglašenosti. Prezentiran je deo ispitivanja po CB šemi niskonaponskih rasklopnih blokova za sistem pobude Tesla ES 7000A koja je po važećim standardima, a za naznačene struje do 7000 A. Dat je i deo ispitivanja po CB šemi elektromagnetske kompatibilnosti za regulator pobude Tesla ES. Prikazana je Deklaracija o usaglašenosti sistema pobude Tesla ES 1600.

Ključne reči: sistem pobude, deklaracija o usaglašenosti, Tesla ES, CB šeme.

1. Uvod

Deklaracija o usaglašenosti je izjava kojom proizvođač potvrđuje da je proizvod ili sistem usaglašen sa tehničkim zahtevima novih pravilnika i standarda Republike Srbije.

Na osnovu Zakonu o tehničkim zahtevima za proizvode i ocenjivanju usaglašenosti (u daljem tekstu OU) (Sl. gl. R. Srbije br. 49/2021), svi privredni subjekti koji proizvode ili uvoze, odnosno stavljaju na tržište Srbije proizvode dužni su da obezbede da proizvodi koji se stavljaju na tržište Srbije budu usaglašeni sa tehničkim zahtevima novih pravilnika.

Sistem pobude je skup opreme, uređaja, komponenti i jedinica dizajniranih da pobuđuju turbogeneratore (hidrogeneratore) sa automatski kontrolisanom jednosmernom strujom u normalnom i hitnom režimu.

Deklaracija o usaglašenosti sistema pobude predstavlja garanciju svim zainteresovanim stranama da sistem pobude ispunjava zahteve zakona, pravilnika (direktiva EU), standarda srpskih / evropskih i međunarodnih i pravila dobre prakse i da je pouzdan i bezbedan za rad.

2. Ocena usaglašenosti prema pravilnicima [1]

2.1 Pravilnici za ocenu usaglašenosti (OU)

Elektro oprema namenjena za upotrebu u okviru određenih granica napona (LVD) [2], elektromagnetske kompatibilnosti (EMC) [4] i bezbednosti mašina (MD) [5] (u dajlem tekstu pravilnici OU). Pravilnicima OU se propisuju zahtevi, koje mora da ispuni oprema koja se u smislu pravilnika OU smatra opremom i koja se stavlja na tržište i/ili pušta u upotrebu radi obezbeđenja njihovog slobodnog prometa, način i postupci ocenjivanja usaglašenosti te opreme sa zahtevima, način i postupak imenovanja tela za ocenjivanje usaglašenosti, kao i oznake i način označavanja opreme, u skladu sa Prilozima 1-6 koji su odštampani uz pravilnike OU i čine njihov sastavni deo.

2.2 Sastavni delovi pravilnika OU i prilozi

Prilog 1-Bitni zahtevi; Prilog 2-Postupak ocenjivanja usaglašenosti koji sprovodi proizvođač (interna kontrola proizvodnje); Prilog 3-Postupak ocenjivanja usaglašenosti koji sprovodi imenovano telo za ocenjivanje usaglašenosti; Prilog 4-Tehnička dokumentacija i EZ deklaracija o usaglašenosti; Prilog 5-CE znak usaglašenosti; Prilog 6 -Zahtevi koje mora da ispuni telo za ocenjivanje usaglašenosti da bi bilo imenovano za ocenjivanje usaglašenosti.

Pravilnicima OU se u pravni sistem R. Srbije sadržinski preuzimaju Direktive Evropskog parlamenta i Saveta. Primena pravilnika OU ne isključuje primenu posebnih propisa, kojima se uređuje bezbednost opreme.

2.3 Harmonizovani standardi

Harmonizovani standardi su standardi obavezni za primenu prema regulativi Srbije i EU.

Harmonizovani standard jeste evropski/srpski standard donet od strane evropskih organizacija za standardizaciju: Evropskog komiteta za standardizaciju (CEN), Evropskog komiteta za standardizaciju u oblasti elektrotehnike (CENELEC) ili Evropskog instituta za standarde u oblasti telekomunikacija (ETSI) i srpski standardi koje je objavio Institut za standardizaciju R.Srbije

Srpski standardi koji za osnovu imaju harmonizovane standarde [6]: Smatra se da oprema ispunjava bitne zahteve iz Priloga 1 pravilnika OU, ako je projektovana i izrađena u skladu sa srpskim standardima iz oblasti, koji za osnovu imaju odgovarajuće harmonizovane standarde. Srpski standardi iz

stava 1. ovog člana navode se u spisku srpskih standarda, koji na propisanom obrascu sastavlja ministar nadležan za poslove standardizacije i tehničkih propisa.

2.4 Postupak za OU [7]

Usaglašenost opreme sa bitnim zahtevima iz Priloga 1 pravilnika OU ocenjuje se u postupku OU iz Priloga 2 pravilnika. Po slobodnoj proceni proizvođača opreme ili njegovog ovlašćenog zastupnika, može se, umesto postupka OU iz stava 1. ovog člana, primeniti postupak OU od strane Imenovanog tela za OU iz Priloga 3 pravilnika OU. CE znak usaglašenosti: CE znak usaglašenosti sastoji se od stilizovanog slovnog znaka „CE“. CE znak na opremu stavlja isključivo proizvođač ili njegov ovlašćeni zastupnik, a ako to nije moguće, ovaj znak se stavlja na njegovu ambalažu, uputstvo za upotrebu ili na garantni list, na način i u obliku propisanom u Prilogu 5 pravilnika OU, tako da CE znak bude vidljiv, čitljiv i da se ne može izbrisati. Stavljanjem CE znaka, proizvođač ili njegov ovlašćeni zastupnik odgovorno potvrđuje, da je ta oprema usaglašena sa zahtevima pravilnika OU, u jednom od postupaka za OU iz člana 7. Pravilnika OU.

2.5 Akreditacija

1. Postupak posredstvom kojeg nadležno telo zvanično priznaje da su telo ili osoba kompetentni za spovođenje određenih poslova.

2. Akreditacija tela i osoba za ocenjivanje usaglašenosti

- Sistem akreditacije

Sistem koji ima sopstvena pravila za postupke i menadžment u vezi sa akreditovanjem.

- Telo za ocenjivanje usaglašenosti po pravilu se akredituje posle uspešnog ocenjivanja i podleže naknadnom nadzoru.

- Akreditaciono telo

Telo kojem je dodeljen dokument o akreditaciji.

2.6 Šeme sertifikacije

Za šemu sertifikacije sistema pobude sinhronih generatora potrebno je da se utvrdi skup posebnih pravila, uzimajući u obzir metode proizvodnje i vrstu proizvoda ili grupu proizvoda, koji su obuhvaćeni šemom .

Utvrđenim posebnim pravilima za šemu može se koristiti sledeća ček lista da bi se ukazalo na stavke koje treba razmatrati između ostalih:

1. Potpuna identifikacija proizvoda i odgovarajući standard/standardi, koji su primenjeni u šemi.

2. Zahtevi za početno ispitivanje i ocenjivanje, kao što su:

- izbor jedinica koje treba da budu ocenjene i ispitane (ovo može da obuhvati dokumentaciju projekta proizvoda); postupak uzorkovanja; početno ispitivanje proizvoda i metode ispitivanja; vrednovanje rezultata ispitivanja; početno ocenjivanje procesa proizvodnje; vrednovanje rezultata ocenjivanja; vrednovanje sistema kvaliteta preduzeća; vrednovanje obučenosti osoblja preduzeća;

- vrednovanje opreme za merenje i ispitivanje, koju koristi proizvođač uključujući i opremu za etaloniranje izvoda; obeležavanje proizvoda; ček lista za proveru mogućih uputstava (za montažu, korišćenje); sertifikat o usaglašenosti (sadržaj dokumenta).

2.7 IECEE sistem serifikacije

IECEE je IEC sistem šema za ocenjivanje usaglašenosti za elektrotehničku opremu i komponente koji je telo Međunarodne elektrotehničke komisije. IEC koristi naziv IECEE za IEC sistem za ispitivanje usaglašenosti i sertifikaciju elektrotehničke opreme i komponenti koji je poznatiji kao CB sistem (CB scheme).

2.8 Primeri modula ocene usaglašenosti [7]

Tabela 1. Osam osnovnih modula globalnog pristupa

MODUL Opis	Sadržaj
A Unutrašnja kontrola proizvodnje	Obuhvata unutrašnju kontrolu planiranja i proizvodnje. Ovaj modul ne traži saradnju ovlašćenog organa.
B EC-kontrola tipa	Obuhvata fazu planiranja i mora da mu sledi jedan od modula za utvrđivanje usaglašenosti u fazi proizvodnje (C, D, E, F). Sertifikat o EC-kontroli tipa izdaje ovlašćeni organ.
C Usaglašenost sa tipom	Obuhvata fazu proizvodnje i sledi modulu B. Brine se o usaglašenosti sa tipom, kao što ga opisuje sertifikat o EC-kontroli tipa, koji je izdat u skladu sa modulom B. Ovaj modul ne predviđa saradnju ovlašćenog organa.
D Obezbeđivanje kvaliteta proizvodnje	Obuhvata fazu proizvodnje i sledi modulu B. Proizlazi iz standarda kontrole kvaliteta. Saraduje ovlašćeni organ, koji je odgovoran za potvrđivanje i nadzor nad sistemom kvaliteta proizvodnje, za kontrolu finalnog proizvoda i testiranje, koje pripremi proizvođač.

MODUL Opis	Sadržaj
E Obezbeđivanje kvaliteta proizvoda	Obuhvata fazu proizvodnje i sledi modulu B. Proizlazi iz standarda obezbeđivanja kvaliteta. Sarađuje ovlašćeni organ, koji je odgovoran za potvrđivanje i nadzor nad sistemom kvaliteta, za kontrolu finalnog proizvoda i testiranje, koje priprema proizvođač.
F Proveravanje proizvoda u proizvodnji	Obuhvata fazu proizvodnje i sledi modulu B. Ovlašćeni organ nadzire usaglašenost sa tipom, kao što je opisano u sertifikatu o EC-kontroli tipa, koji je izdat u skladu sa modulom B, i izdaje sertifikat o usaglašenosti.
G Proveravanje pojedinačnog proizvoda	Obuhvata fazu planiranja i fazu proizvodnje. Svaki pojedinačni proizvod prekontroluje ovlašćeni organ, koji izdaje sertifikat o usaglašenosti.
H Potpuno obezbeđivanje kvaliteta	Obuhvata fazu planiranja i fazu proizvodnje. Proizlazi iz standarda o sistemima kvaliteta, kontrole i obezbeđenja kvaliteta, u saradnji sa ovlašćenim organom, koji je odgovoran za potvrđivanje i nadzor nad sistemom kvaliteta za planiranje, izradu, kontrolu konačnog proizvoda i testiranje, koje pripremi proizvođač.

Osam osnovnih modula i dodatnih osam varijanti mogu se međusobno kombinovati na različite načine tako da se dobiju potpuni postupci za utvrđivanje usaglašenosti.

3. Pobudni sistemi i pravila prihvatanja

3.1 Pobudni sistemi

Pobudni sistemi su od velike važnosti za rad sinhronih generatora i proces proizvodnje električne energije [6]. Regulacija pobude utiče na napon i struju statora, reaktivnu snagu, faktor snage i brojne druge veličine. Pobudni sistemi treba da ispunjavaju zahtevne kriterijume, tako da omoguće pouzdan i stabilan rad generatora kako u stacionarnim režimima rada tako i tokom prelaznih procesa i odgovore na sve složenije zahteve Operatera prenosnog sistema.

Zato se definišu jedinstvene procedure, obim i vrsta ispitivanja i protokoli o ispitivanju koji su zasnovani na standardima, iskustvu domaćih stručnjaka, dobroj tehničkoj praksi i primenljivosti pobudnih sistema u budućnosti.

Definisanjem obavezujućih zahteva za ocenu usaglašenosti i metodologiju ispitivanja pobudnih sistema sinhronih generatora postiže se funkcionalna unifikacija opreme i sprečavaju različita tumačenja potencijalnih ponuđača.

Obavezujući zahtevi se moraju uzeti u obzir pri izgradnji, rekonstrukciji i modernizaciji sistema pobude proizvodne opreme elektrana.

3. 2 Pravila prihvatanja [7, 10]

Sistemi pobude se kod proizvođača podvrgavaju prijemnim (acceptance test), pojedinačnim (routine test) i tipskim (type test) ispitivanjima u skladu sa GOST 5616, GOST 609, standardima ili tehničkom dokumentacijom za određene vrste uređaja uključenih u sistem pobude, kao i sertifikacionim testovima.

Ukoliko nije moguće izvršiti pojedinačna ispitivanja u proizvodnom pogonu, ova ispitivanja treba izvršiti zajedno sa kupcem na mestu ugradnje sistema pobude (commissioning test).

Sertifikaciona ispitivanja treba da sprovodi laboratorija akreditovana za pravo sprovođenja ovih ispitivanja na propisan način.

Ako se montaža i ispitivanje sistema pobude u kompleksu može izvršiti samo na mestu ugradnje generatora zajedno sa njim, proizvođač sprovodi testove prihvatanja sklopnih jedinica sistema pobude, na osnovu čijih rezultata se vrši prihvatanje sistema pobude.

Obim prijemnih ispitivanja montažnih jedinica utvrđen je tehničkim zahtevima ili projektnim zadatkom za specifične tipove sistema pobude.

3.3 Testovi prihvatanja

Svaki sistem pobude treba da bude podvrgnut testovima prihvatanja. Program prijemnih testova treba da sadrži:

- merenje otpora i dielektrične čvrstoće izolacije;
- određivanje glavnih parametara i karakteristika sistema pobude i pojedinih uređaja u skladu sa tehničkom dokumentacijom za određene tipove pobudnih sistema ili pojedinačnih uređaja;
- određivanje kašnjenja pobudnog napona;
- određivanje plafonskih i plafonskih stacionarnih pobudnih napona;
- proveru rada uređaja za zaštitu od prenapona i preopterećenja;
- provera potiskivanja polja pri nazivnim i prinudnim strujama pobude (samo za prvi industrijski dizajn);
- provera stabilnosti regulacije u normalnim režimima, kao i u režimima ograničenja maksimalnih i minimalnih struja pobude;
- provera rada sistema pobude u slučaju kvara pojedinih elemenata;

- provera rada sistema pobude u slučaju odstupanja napona i frekvencije naizmenične struje od naznačenih vrednosti (samo za prvi industrijski dizajn);

- ispitivanje otpornosti na buku (elektromagnetna kompatibilnost) (samo za prvi industrijski dizajn);

- 72-časovni režim opterećenja pri nominalnim parametrima sistema pobude. Za prvi industrijski dizajn, nakon 72-časovnog režima, ekscitacija je forsirana za datu frekvenciju i trajanje. Dodatni testovi mogu biti uključeni u program prijemnih ispitivanja.

3.4 Tipska i pojedinačna ispitivanja

Tipsko ispitivanje je test jednog ili više pobudnih sistema napravljenih prema određenom dizajnu kako bi se pokazalo da dizajn ispunjava određene specifikacije.

Tipska ispitivanja treba izvršiti prilikom promene materijala, dizajna ili tehnologije proizvodnje, ako ove promene mogu uticati na karakteristike sistema pobude. Testovi bi trebalo da uključuju proveru parametara koji se mogu promeniti.

Programi za pojedinačna i tipska ispitivanja su određeni u tehničkim zahtevima ili projektnim zadacima za specifične tipove sistema pobude.

Ako, tokom pojedinačnih ili tipskih ispitivanja, najmanje jedan sistem pobude nije u skladu sa zahtevima ovog standarda, onda treba izvršiti ponovljena ispitivanja. Rezultati ponovnih ispitivanja su konačni.

Sertifikaciona ispitivanja se preporučuju da se sprovedu u okviru testova prihvatanja, kao za prvi industrijski dizajn.

Pored toga, ako je potrebno, opseg sertifikacionih testova treba da uključuje sledeće (prema GOST 18142.1) testove:

- ispitivanja zaštite od požara;
- ispitivanja otpornosti na unutrašnje kratke spojeve;
- ispitivanja otpornosti na spoljašnje kratke spojeve.

3.5 Garancije proizvođača

Proizvođač garantuje usaglašenost sistema pobude sa zahtevima standarda, u zavisnosti od uslova rada, transporta, skladištenja i ugradnje. Garantni rok rada mora biti jednak garantnom roku za turbogenerator, hidrogenerator ili sinhroni kompenzator za koji je ovaj sistem pobude namenjen.

4. Sistem pobude Tesla ES

Sistemi pobude sinhronih mašina Instituta Nikola Tesla se dele na tri osnovna sistema, a prema naznačenoj struji sistema:

- Tesla ES 1600 A,
- Tesla ES 4000 A i
- Tesla ES 7000 A.

4.1 Ocena usaglašenosti sistema Tesla ES

Ovde dajemo sledeće informacije za osnovni sistem za Sisteme pobude sinhronih mašina Tesla ES:

Za Ocenu usaglašenosti Sistema pobuda sinhronih mašina Tesla ES u Institutu Nikola Tesla su urađeni i implementirani sledeći projekti:

- Preko pedeset uspešno realizovanih pobudnih sistema Tesla ES,
- Značajan broj sopstvenih rešenja,
- Projekat Ocena usaglašenosti,
- Projekat Standardizacija, akreditacija, metrologija, ocena usaglašenosti,
- Projekat CB šeme niskonaponskih rasklopnih blokova za Tesla ES,
- Projekat CB šeme elektromagnetske kompatibilnosti za regulator pobude Tesla ES,
- Projekat Zahtevi Ruskih standarda za sisteme pobude,
- Projekat Kontrole i ispitivanja koje radi INT za Tesla ES,
- Projekat Deklaracija o usaglašenosti za Tesla ES,
- Projekat Opšti zahtevi za elektronsku opremu u energetske instalacijama,
- Projekat Ispitivanje elektronske opreme u energetske instalacijama.
- Visok nivo kvaliteta i pouzdanosti pobudnih sistema Tesla ES.

4.2 Ispitivanje sistema pobude Tesla ES [10, 13, 14]

Za svaki sistem pobude Tesla ES su prema standardima i pravilima dobre prakse su realizovane aktivnosti:

1. Predmet i područje primene projekta,
2. Referentna dokumentacija,
3. Termini, definicije i objašnjenja,
4. Metodologije za ispitivanje energetske i elektronske opreme,
5. Osnovni principi realizacije ispitivanja / kontrolisanja,
6. Primopredajna ispitivanja,
7. Atesti / Ispitivanja kvaliteta ulaznih komponenti,
8. Ispitivanja u toku izrade / fabrikacije,

9. Atesti / Ispitivanje energetskeg dela,
10. Funkcionalno ispitivanje pod malim opterećenjem kod proizvođača,
11. Ispitivanja u toku montaže,
12. Ispitivanja u probnom radu,
13. Ispitivanja pre početka garantnog roka i dokaz garantovanih karakteristika,
14. Kriterijum za izbor rezervnih delova,
15. Ispitivanje kod konačnog prijema uređaja posle probnog rada,
16. Periodična ispitivanja.

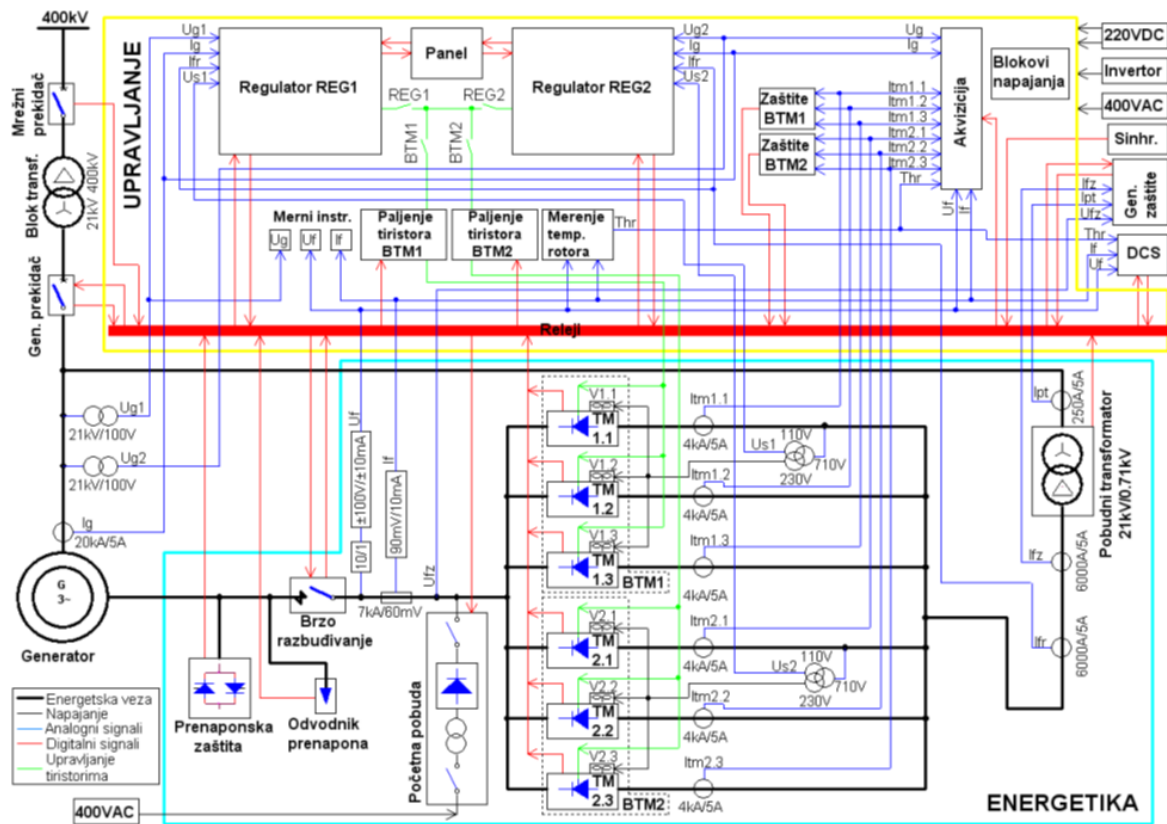
5. Sistem pobude Tesla ES 7000A [15]

Sistem pobude Tesla ES 7000A je realizovan na sinhronom generatoru snage 727.5 MVA bloka B1 u TE "Nikola Tesla B" u okviru remonta bloka 2012. godine. S obzirom da generatori u TE "Nikola Tesla B" imaju najveću snagu u EES Srbije bilo je neophodno postići visoku pouzdanost sistema pobude kako ne bi uticao na prekid procesa proizvodnje električne energije. U tom cilju sistem pobude je realizovan korišćenjem savremenih tehnologija sa redundancijom i u energetskom i u upravljačkom bloku čime je postignuta stopostotna topla rezerva. Pored toga bilo je neophodno prilagoditi sistem pobude povećanju snage agregata sa 618 MW na 667.5 MW. Osnovni parametri sistema pobude su energetski deo, regulacija sistema pobude, paljenje tiristora, akvizicioni sistem, zaštite, upravljanje, merenja i signalizacija.

Sistem pobude Tesla ES 7000A je prikazan na slici 1.

Sistem pobude je statičkog samopobudnog tipa, odnosno energija za napajanje sistema pobude se dobija sa sabirnica generatora i dovodi se preko pobudnog transformatora na tiristorske mostove sa kojih se ispravljeni napon dovodi na rotor generatora. Regulacija napona pobude se vrši u okviru regulatora faznom regulacijom impulsa za paljenje tiristora.

Sistem pobude se može podeliti na dva bloka: blok energetike i blok upravljanja. Preko bloka energetike se napaja pobudni rotorski namotaj generatora. Takođe, u okviru ovog bloka je realizovano i brzo razbuđivanje u havarijskim režimima, početno pobuđivanje i prenaponska zaštita. U okviru bloka upravljanja su realizovane regulacione funkcije, zaštite, komandovanje, nadzor, akvizicija itd.



Primena digitalnih tehnologija i tiristorskih mostova omogućila je redundanciju i u upravljačkom i u energetskom delu sistema pobude. Sistem obuhvata dva bloka sa po tri tiristorska mosta i dva regulatora. Jedan blok tiristorskih mostova i jedan regulator omogućavaju sve predviđene režime rada, uključujući i forsiranje (struja pobude na plafonskoj vrednosti u trajanju od 10s). U slučaju da su na raspolaganju samo dva tiristorska mosta jednog bloka pri ispadu drugog bloka, moguć je rad uz zabranu forsiranja. Blok tiristorskih mostova i regulator koji nisu u radu predstavljaju toplu rezervu. U slučaju kvara na bloku tiristorskih mostova koji je u radu automatski se prelazi na rezervni blok tiristorskih mostova bez ispada agregata. Takođe, u slučaju kvara na regulatoru koji je u radu automatski se prelazi na rezervni regulator bez ispada agregata. Na taj način se postiže visoka pouzdanost sistema pobude.

Akvizionici sistem kontinualno prati rad pobudnog sistema, omogućava monitoring, detekciju i analizu eventualnih poremećaja u radu ovih uređaja. Rad sistema je zasnovan na kontinuiranom prikupljanju i obradi analognih i digitalnih signala koji su relevantni za rad ovih sistema. Učestanost odabiranja analognih signala je 5kHz po signalu, dok se digitalni signali skeniraju na svakih 10ms. Rad akvizicije je nezavisan, odnosno ne utiče na rad pobudnog sistema. Komunikacija sa korisnikom je omogućena preko ekrana osetljivog na dodir panel PC računara. Akvizicioni sistem daje prikaz trenutnog stanja digitalnih ulaznih signala i beleži njihove promene koje smešta u hronološku listu događaja i poseban fajl za svaki dan. Promene digitalnih signala se beleže u fajlovima sa ekstenzijom xls.

6. CB šema za nn rasklopne blokove Tesla ES [8]

6.1 Promene ispitivanja u odnosu na stare zahteve

Niskonaponski rasklopni blokovi pobudnih sistema sinhronih mašina Tesla ES koje projektuje, izrađuje i pušta u rad Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“ a.d. (INT) se ispituju i usaglašeni su prema IEC EE CB Scheme Low-voltage switchgear and controlgear assemblies i obaveznim srpskim / evropskim standardima za iste. Ovde je bitno da se izvrši kvalitetna verifikacija dizajna svakog bloka prema ovim standardima i pravilima dobre prakse iz već uspešno realizovanih projekata.

Primena novog standarda za razvodne ormane (raniji naziv) (a danas rasklopne blokove, kraće blokove) SRPS EN 61439 postala je obavezna od 1.11.2014., kada su stari SRPS EN 60439, pa i naš JUS.N.K5.502 prestali da važe. Cilj promena je bio da se unapredi kvalitet ispitivanja niskonaponskih rasklonih blokova uvođenjem jednostavnijeg i efikasnijeg postupka.

Promenjene su uloge pojedinih učesnika u procesu obezbeđenja usaglašenosti sa standardom, njihove odgovornosti i aktivnosti za koje su odgovorni. Uvedeni su pojmovi Originalnog proizvođača (koji je odgovoran za konstrukciju i verifikaciju dizajna razvoda), Proizvođača blokova (proizvođač

blokova koji koristi sistem razvoda Originalnog proizvođača), i krajnji Korisnik, koji je odgovoran za kompletirane niskonaponske razvode. Niskonaponski blokovi su definisani kao PSC (Power switchgear and controlgear assemblies), odnosno energetski rasklopni i upravljački blokovi.

Kategorije tipski atestiranih i parcijalno atestiranih tipskih blokova (TTA - type-tested assemblies i PTTA - partially type-tested assemblies) su napuštene. Umesto njih, saobraznost sa standardom se dokazuje procedurom verifikacije dizajna, koja se može sprovoditi kroz testiranje, proračune i primenu pravila projektovanja.

Obim TTA i PTTA testova je uzrokovao visoku cenu za originalnog proizvođača i proizvođača blokova, naročito kod proizvodnje koja nije bila u velikim serijama za koje su troškovi testiranja bili nesrazmerni sa njihovom vrednošću. Posledice ovih zahteva su se pokazale kao vrlo nepovoljne, u pojedinim slučajevima i opasne:

- Najveći broj proizvođača je slučajno ili namerno pogrešno primenjivao standard,
- Najveći broj razvoda nije testiran u skladu sa standardom,
- Testirani razvodi su bili mnogo skuplji od onih drugih,
- Testiranje se moglo primeniti samo na masovne serije istih razvoda.

Ranije korišćeni izraz "tipski testirani blok prema SRPS EN 60439-1" ("TTA switchgear according to SRPS EN 60439-1") se menja u "Energetski razvodni i upravljački blokovi prema SRPS EN 61439-2, sa verifikovanim dizajnom" ("Power switchgear and controlgear assemblies according to SRPS EN 61439-2, design verified assembly").

Inicijalnu ulogu ima INT, koji mora da definiše uslove ugradnje i eksploatacije opreme koja je predmet projekta, prema uslovima koji su dati u standardu. Originalni proizvođač mora da obezbedi neophodnu usaglašenost proizvoda sa zahtevima standarda. Sa druge strane, Proizvođač blokova svoj deo posla mora da uradi tako da se očuva ta usaglašenost. Posebna pažnja, pored definisanih merenja, ispitivanja, proračuna i drugih načina provere usaglašenosti, poklonjena je dokumentovanju svih aktivnosti. Originalni proizvođač je u obavezi da sprovede Verifikaciju dizajna, koja podrazumeva, nakon razvoja i projektovanje uređaja i opreme, proveru njihove usaglašenosti na način kako je definisano standardom. Pored ispitivanja sa razaranjem, prihvataju se i drugi načini: merenja, proračuni i primena pravila. Tako ispitan proizvod prati dokumentacija koju obavezno daje Proizvođač: dokument o verifikaciji dizajna, tehnička uputstva za primenu i projektovanje, kao i uputstva za montažu. Ovi dokumenti moraju da daju sve potrebne informacije za primenu opreme na način koji neće ugroziti ispitana i dokazana svojstva.

INT kao finalni proizvođač blokova je u obavezi da se pridržava uputstava Originalnog proizvođača u svim fazama rada: planiranje, projektovanje i

izrada. Dodatna obaveza je finalno ispitivanje, takozvanu pojedinačnu verifikaciju, za svaki završeni blok.

Verifikacija se vrši poređenjem sa referentnim dizajnom (Verification by comparison with a reference design). Ovaj dokument omogućava, u jasno definisanim okolnostima, izvođenje ocena iz slične varijante koje su proverene testom.

U pogledu porasta temperature, postoje vrlo stroga pravila dizajna koja dozvoljavaju zamenu uređaja sa sličnim uređajem iz druge serije ili čak drugog proizvođača, bez ponovnog testiranja. U ovom slučaju, pored toga što je fizički raspored u suštini isti, gubitak snage i porast temperature priključaka zamenskog uređaja, kada se ispituje u skladu sa svojim sopstvenim standardom proizvoda, ne bi trebalo da bude veći od standarda originalnog uređaja.

Sistem blokova i sistemska dokumentacija INT Tesla ES (INT Tesla Excitation system) u potpunosti zadovoljava sve tehničke i konstruktivne aspekte zahteva SRPS EN IEC 61439-1 i SRPS EN IEC 61439-2, a na osnovu toga INT izdaje Deklaraciju o usaglašenosti.

7. CB šema elektromagnetske kompatibilnosti za Tesla ES

Zahtevi elektromagnetske kompatibilnosti (EMC) moraju biti ispunjeni na nivou regulatora ili sistema. Regulator ili sistem mora da bude projektovan tako da je usaglašen sa zahtevima datim u odgovarajućem EMC standardu za proizvod. CB shema elektromagnetske kompatibilnosti sistema pobude Tesla ES se radi prema međunarodnim šemama IEC 61000-4-1 za ispitivanje elektro opreme. U ovom delu se ispituje regulator sistema pobude.

7.1 Testiranje regulatora pobudnog sistema

Uslovi testiranja izvoda regulatora, odnosno vrednosti napona koji se dovode na izvode, kao i vrednosti otpornosti izolacije koje treba da imaju izvodi pri jednosmernom naponu od 500V su dati u tabeli 2.

Tabela 2 - Uslovi testiranja izvoda regulatora

Predmet testiranja	Vrsta testa		
	Industrijski napon 50Hz, 60s	Naponski impulsi 1,2/50µs	Otpornost izolacije pri jednosmernom naponu od 500V, 60s
	Napon [kVeff]	Napon [kV]	Otpor [MΩm]
Priključci za napajanje: AC mreža, 230V AC	2,5	5	≥100
Izlaz/ulaz	2,5	5	≥100

Predmet testiranja	Vrsta testa		
	Industrijski napon 50Hz, 60s	Naponski impulsi 1,2/50 μ s	Otpornost izolacije pri jednosmernom naponu od 500V, 60s
	Napon [kVeff]	Napon [kV]	Otpor [M Ω m]
Interfejs za prenos podataka	0,5	1	≥ 100
Alarmni, kontrolni i signalizacioni priključci	0,5	1	≥ 100
Merna mesta na prednjim pločama i kućištu uređaja	0.5	1	≥ 100

Testovi naponske izolacije ne smeju prouzrokovati trajna oštećenja uređaja. Po izvršenom testiranju treba izvršiti kontrolu ispravnosti rada uređaja. Ova ispitivanja se izvode na uređaju koji nije priključen na napon napajanja.

8. Zaključak

Postupci za OU zavise od stepena složenosti elektro opreme i preuzetog rizika u korišćenju istog. Moduli za OU odnose se na faze projektovanja proizvoda, faze proizvodnje i finalne kontrole istih ili na obe faze. Tehnički propisi [1] predviđaju za svaku kategoriju proizvoda jednu ili više postupaka za OU ispitivanja (tehnički propisi mogu predvideti i drugu učestalost) u cilju dobijanja garancija da proizvođač održava i primenjuje sistem kvaliteta. Za oblasti gde nema tehničkih propisa koriste se harmonizovani standardi [4,12]. Za proizvode za oštrijim zahtevima u pogledu sigurnosti i zdravlja, tehnički propisi predviđaju jedan sertifikovani sistem menadžmenta kvaliteta i/ili učešće (ovlašćenog) Imenovanog tela. Proizvođač potpuno odgovara za izbor i pravilnu primenu procedure ocene i/ili sertifikaciju usaglašenosti proizvoda sa osnovnim zahtevima iz propisa koji se primenjuju, za projektovanje i za proizvodnju u skladu sa osnovnim zahtevima i snosi isključivu i krajnju odgovornost za usaglašavanje proizvoda sa svim zahtevima iz propisa koji se primenjuju [16].

Literatura

- [1] M. Ristić, N. Mraković, "Ocena usaglašenosti elektro opreme za male elektrane", *CIREĐ Srbija* 2012.
- [2] Pravilnik o električnoj opremi namenjenoj za upotrebu u okviru određenih granica napona

- [3] ("Sl. glasnik RS", br. 25/2016 i 21/2020),
- [4] Pravilnik o elektromagnetskoj kompatibilnosti, ("Sl. glasnik RS", br. 25/2016 i 21/2020)
- [5] Pravilnik o bezbednosti mašina ("Sl. glasnik RS", br. 58/2016 i 21/2020),
- [6] Ristić M., Primena standarda i direktive EU u Elektroprivredi Srbije, HDK, 2011.
- [7] Projekat Ocena usaglašenosti, Q-Total, INT 2022.,
- [8] Projekat CB šeme niskonaponskih rasklopnih blokova za Tesla ES, Q-Total, INT 2022.,
- [9] Projekat CB šeme elektromagnetske kompatibilnosti za regulator pobude Tesla ES, Q-Total, INT 2022.,
- [10] Projekat Zahtevi Ruskih standarda za sisteme pobude, Q-Total, INT 2022.,
- [11] M. Ristić, I. Jagodić, D. Ilić, Z. Ristić, "Zahtevi za elektronsku opremu u energetici", *CIGRE 2015*.
- [12] M. Ristić, A. Latinović, "Nabavka sistema za upravljanje i instrumentaciju- Zahtevi i tehničke specifikacije", *CIGRE 2013*.
- [13] Projekat Ispitivanje elektronske opreme u energetske instalacijama, Q-Total, INT 2021.,
- [14] M. Ristić, I. Jagodić, A. Latinović, Z. Ristić, Z. Šoškić, "Električni i elektromagnetski zahtevi za opremu energetske elektronike", *CIGRE 2015*.
- [15] Z. Ćirić *et al.*, "Sistem pobude sinhronog generatora snage 727.5 MVA bloka B1 u TE 'Nikola Tesla B'," *Zbornik radova, Elektrotehnički institut "Nikola Tesla"*, no. 23, pp. 47-73, 2013, doi: [10.5937/zeint23-4759](https://doi.org/10.5937/zeint23-4759).
- [16] Projekat Deklaracija o usaglašenosti za Tesla ES, Q-Total, INT 2022.,

Abstract: The paper presents a comprehensive complex model for the Declaration of Conformity of the Excitation System. The necessary projects for conformity assessment, standardization, accreditation and metrology are given. Some testing and compliance modules are listed. A part of the test according to the CB scheme of Low-voltage switchgear and controlgear assemblies for the excitation system Tesla ES 7000A is presented, which is according to valid standards, and for nominal currents up to 7000 A. A part of the test according to the CB scheme of electromagnetic compatibility for the Tesla ES excitation regulator is presented. The Declaration of Conformity of the Tesla ES 1600 excitation system is presented.

Keywords: excitation system, declaration of conformity, Tesla ES, CB schemes.

Declaration of Conformity of Excitation System of Synchronous Machines

Zoran Ćirić, Mihajlo Ristić

Rad primljen u uredništvo: 20.12.2023. godine.

Rad prihvaćen: 25.12.2023. godine.