



Mr. sc. Jandro Šimić, dipl. ing.  
Saša Gros, dipl. ing.  
mr. sc. Krešimir Meštrović, dipl. ing.  
mr. sc. Miroslav Poljak, dipl. ing.  
Rajko Gardijan, dipl. ing.  
Siniša Gazivoda, dipl. ing.  
Damir Baronica, ing  
KONČAR - Institut za elektrotehniku, Zagreb  
Stjepan Tičinović, dipl. ing  
Marko Mandić, elektrotehničar  
Ivica Marušić, dipl. ing.  
Juroslav Zaninović, dipl. ing  
Ivan Krnić, dipl. ing.  
HEP – PP HE Split, pogon HE “Zakučac”

**36-06**

## **ELEKTROMAGNETSKA KOMPATIBILNOST ELEKTRONIČKE I ENERGETSKE OPREME U HE “ZAKUČAC”**

### **SAŽETAK**

U HE “Zakučac” obavljena su tijekom 1999.godine mjerenja elektromagnetskih smetnji uzrokovanih sklopnim prenaponima. Cilj mjerenja i provedenih analiza je bio ustanoviti razinu elektromagnetske kompatibilnosti ( EMC ) elektroničke i energetske opreme u stacionarnim i dinamičkim uvjetima rada, usporediti izmjerene rezultate sa stanjem normi iz elektromagnetske kompatibilnosti, dati ocjenu stanja i predložiti mjere za smanjenje djelovanja smetnji.

**Ključne riječi:** elektromagnetska kompatibilnost, mjerenje, norme, analiza

## **ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF ELECTRONIC AND POWER EQUIPMENT IN HPP ZAKUČAC**

### **SUMMARY**

In 1999 electromagnetic interferences due to switching overvoltages were measured in HPP Zakučac. The objective of these measurements and their subsequent analyses was to establish the level of electromagnetic compatibility (EMC) of electrical and electronic equipment in steady and dynamic modes of operation, to compare the measured results with the data prescribed in EMC standards, to assess the present condition and to propose measures for reduction of these interferences.

**Key words:** electromagnetic compatibility, measurement, standards, analysis

## 1. UVOD

HE Zakučac je najveće proizvodno postrojenje na slivu rijeke Cetine. Ukupna instalirana snaga elektrane iznosi 486 MW. U tijeku je revitalizacija elektrane kojom će se povećati ukupna instalirana snaga. Nadalje, uvest će se moderan mikroprocesorski sustav upravljanja, signalizacije, zaštite, mjerenja i regulacije ( USZMR-a ) kao i procesni i informatički sustav ( PROCIS ). Dio ove opreme USZMR-a bit će smješten u kontejner kućice u rasklopištu RP 110 kV i 220 kV, u neposrednoj blizini rastavljača i prekidača, dakle u blizini izvora elektromagnetskih smetnji.

Oprema USZMR-a i PROCIS-a je bazirana na najsuvremenijim fizički raspodijeljenim i funkcionalno integriranim upravljačkim sustavima. Elektronički uređaji koji ulaze u sustav opreme USZMR-a su uređaji koji obrađuju signale razine mW. Njihovim razmještajem unutar energetskih krugova koji obrađuju signale razina MW potrebno je osigurati međusobno skladan rad, odnosno elektromagnetsku kompatibilnost energetske i osjetljive elektroničke opreme.

Pravilan put kojim se osigurava veliki stupanj elektromagnetske kompatibilnosti je da se razrade prikladni postupci predviđanja situacija koje mogu nastupiti u zadanim elektromagnetskim okolinama. To zahtjeva proučavanje i poznavanje izvora elektromagnetskih smetnji, prijenosnog puta i osjetljivosti ometanih uređaja.

U elektroenergetskim postrojenjima postoji veliki broj izvora smetnji, jer je broj električnih aparata i opreme velik, međutim glavni izvori smetnji su sklopne operacije u primarnim visokonaponskim krugovima ( 30,110,220 kV ). Nastale smetnje se prenose do osjetljive elektroničke opreme USZMR-a i PROCIS-a putem mjernih transformatora, metalnih plaštova kabela, uzemljivačkih sustava, konduktivnim putem te zračenjem.

U svrhu utvrđivanja razina elektromagnetske kompatibilnosti, odnosno ocjenjivanja sposobnosti opreme da bude otporna na propisanu razinu smetnji, potrebno je obaviti mjerenja primarnih i sekundarnih tranzijentnih pojava pri sklopnim operacijama, kao i mjerenja u stacionarnim stanjima.

Analizom rezultata mjerenja i njihovom usporedbom sa dozvoljenim razinama otpornosti deklariranih Europskim i Hrvatskim normama predložiti će se rješenja i mjere zaštite osjetljive elektroničke opreme.

Mjerenja u HE Zakučac obavljena su na primarnoj i sekundarnoj strani, te na mjestima ugradnje elektroničke opreme.

## 2. PROGRAM I PROVEDBA MJERENJA

Programom mjerenja u HE Zakučac definirana su mjerenja koja je potrebno obaviti u stacionarnim i dinamičkim uvjetima.

### 2.1. Program mjerenja elektromagnetskih smetnji u stacionarnim uvjetima

Svrha mjerenja elektromagnetskih smetnji u stacionarnim stanjima je utvrđivanje stalne razine elektromagnetskih smetnji u okolinama gdje će se ugrađivati oprema USZMR-a i PROCIS-a. Ova mjerenja daju informaciju o mogućim mjestima glede stalno visoke razine smetnji kao npr. smještaj računala u okolini jakih magnetskih polja. Nadalje, ovim mjerenjima utvrđivat će se i mjesta mjerenja za dinamičke uvjete ispitivanja.

Program mjerenja u stacionarnim stanjima obuhvaća mjerenja smetnji elektromagnetskog polja, mjerenja konduktivnih smetnji i konduktivnih prenapona, te mjerenja distorzije napona. Za obavljanje navedenih mjerenja predviđene su slijedeće lokacije :

- Komandna zgrada
- Rasklopište 110/220 kV
- Strojarnica
- Poslovna zgrada

**Mjerenja smetnji elektromagnetskih polja** uključuju mjerenja magnetskih polja frekvencije 50 Hz i elektromagnetskih polja u frekvencijskom području od 10 kHz do 1000 MHz. Svrha ovih mjerenja je utvrđivanje razine magnetskih i elektromagnetskih polja koja je važna zbog smještaja informatičke opreme.

**Mjerenja konduktivnih smetnji i konduktivnih prenapona** obuhvaćaju mjerenja kolebanja napona u napajanju informatičke opreme, mjerenja impulsnih prenapona u normalnim režimima rada postrojenja te mjerenja konduktivnih napona smetnji u frekvencijskom području od 150 kHz do 30 MHz.

**Mjerenja distorzije napona** obuhvaćaju mjerenja spektralne analize mrežnog napona i mjerenja ukupnog faktora distorzije na mjestima napajanja informatičke opreme, a svrha ovih mjerenja je utvrđivanje spektralnog sadržaja mrežnog napona u rasponu do 50-tog harmonika.

## 2.2. Program mjerenja elektromagnetskih smetnji u dinamičkim uvjetima

Program mjerenja u dinamičkim uvjetima definiran je na temelju poznatih uvjeta generiranja najviše razine tranzijentnih prenapona koji se mogu pojaviti u uvjetima sklapanja rastavljača i prekidača u konfiguracijama koje je moguće realizirati.

Realizirana su mjerenja uz slijedeće konfiguracije :

- sklapanje rastavljača u mjernom i dalekovodnom polju,
- isklapanje neopterećenog dalekovoda prekidačem,
- sklapanje prekidača u polju mrežnog transformatora,
- prekidanje struje jednopolnog kratkog spoja prekidačem u RP 110 kV i RP 220 kV.

Tijekom ovih ispitivanja simultano su se mjerili tranzijentni prenaponi na primarno visokonaponskoj strani, na sekundarima mjernih transformatora te na mjestima ulaza signala u opremu USZMR-a smještenoj u upravljačnici i kontejner kućici u RP 110 kV.

Također su mjerene smetnje napona i struja između odspojenih plašteva signalnih i mjernih kabela i uzemljivačkih traka. Nadalje, obavljena su i mjerenja magnetskih polja pri sklopnim operacijama i kratkim spojevima u RP 110/220 kV.

Cilj provedbe simultanih mjerenja na tri mjesta u lancu ( primarna visokonaponska strana, sekundari mjernih transformatora i mjesta ulaza signala opreme USZMR-a ) bio je da se utvrdi način širenja smetnji od izvora do osjetljive elektroničke opreme.

## 3. MJERNA OPREMA I METODE MJERENJA

### 3.1. Mjerna oprema za mjerenja u stacionarnim uvjetima

Za pojedine metode mjerenja u okviru stacionarnih uvjeta rabljena je suvremena mjerna oprema koja zadovoljava norme iz područja pojedinih ispitivanja.

Za mjerenja smetnji magnetskih polja frekvencije 50 Hz rabljena je slijedeća mjerna oprema :

- Gausmetar model 640 BELL
- Hallova sonda HTB-0608

Za mjerenja smetnji elektromagnetskih polja u frekvencijskom području od 10 kHz do 1000 MHz rabljena je slijedeća mjerna oprema :

- mjerni prijemnik Electrometrics EMC 25 MKIII
- CISPR/PEAK adaptor Electrometrics CRM 25
- Mjerni prijemnik Schwarzbeck VUME 1520
- Komplet mjernih antena Schwarzbeck za frekvencijsko područje od 10 kHz do 1000 MHz

Za mjerenja konduktivnih smetnji i prenapona te distorzije napona rabljena je slijedeća mjerna oprema :

- mjerni instrument DRANETZ 626A
- mjerni prijemnik Schwarzbeck FSME 1515
- mjerna sonda TK 9415
- valni analizator Wandel & Gotterman NOWA-1

### 3.2. Mjerna oprema za mjerenja smetnji u dinamičkim uvjetima

Za vrijeme mjerenja tranzijentnih prenapona uzrokovanih sklopnim manipulacijama obavljena su mjerenja na sekundarnim krugovima. Obavljena su mjerenja linijskih i faznih napona na voltmetrima, te struja na ampermetrima u upravljačnici, strojarnici, zatim na priključnim stezaljkama u ormarima opreme USZMR-a u kontejner kućici RP 110 kV, te u mjernim poljima RP 35 kV. Također, obavljena su mjerenja napona i struja između odspojenih plašteva kabela i uzemljivačkih traka na raznim pozicijama u elektrani.

Mjerenja su obavljena analizatorom DRANETZ 658.

Analizator DRANETZ 658 omogućava monitoring valnih oblika napona i struja u realnom vremenu, mjerenje efektivnih vrijednosti napona do 600V i struja do 3000 A, zapis impulsnih prenapona do 6 kV ( vršno ) i struja do 6 kA ( vršno ), analizu viših harmonika do 50-tog harmonika.

Slika 1 prikazuje dio mjerne opreme korišten pri mjerenjima u HE Zakučac.



Slika 1 : Dio mjerne opreme korišten pri mjerenjima u HE Zakučac

## 4. ANALIZA REZULTATA MJERENJA

Na temelju mjerenja u HE Zakučac obavljena je analiza rezultata mjerenja.

Ovdje će se dati tabelarni prikaz obavljenih mjerenja u stacionarnim i dinamičkim stanjima, s tim da će se dati najnepovoljniji rezultati mjerenja glede pojedinih lokacija i izmjerenih vrijednosti.

### 4.1. Rezultati i analiza mjerenja u stacionarnim uvjetima

Tijekom mjerenja elektromagnetske kompatibilnosti elektroničke i energetske opreme u HE Zakučac obavljena su mjerenja smetnji magnetskog i elektromagnetskog polja, kolebanja napona, impulsnih prenapona, distorzije napona i konduktivnih napona smetnji.

Na temelju programa mjerenja, definirane su četiri glavne lokacije na kojima su se mjerenja obavila :

- komandna zgrada,
- rasklopište 110/220 kV,
- strojarnica,
- upravna zgrada.

U slijedećim tablicama dani su najnepovoljniji rezultati mjerenja po pojedinim lokacijama i pozicijama unutar istih.

**Za analizu mjerenja elektromagnetskih polja** u frekvencijskom području od 10 kHz do 1000 MHz bilo je dostupno 38 mjerenja.

Tablica 1 daje najnepovoljnije izmjerene vrijednosti na pojedinim frekvencijama i po lokacijama.

Tablica 1 : Izmjerene vrijednosti elektromagnetskih polja u frekvencijskom području 10 kHz-1000 MHz

Lokacija ( pozicija )	Frekvencija ( MHz )	Izmjerena vrijednost dB ( $\mu\text{V/m}$ )
Komandna zgrada ( soba izmjenjivača-gerist )	0.08	100
	0.1	97
	0.2	90
	53	41
RP110/220 kV ( RP110 kV, pozicija pored kontejner kućice )	0.15	56
	0.2	72
	203	50
	485	45
Strojarnica ( prostorija ispod generatora )	535	50
	0.08	75
	0.5	46
	196	37
Upravna zgrada ( hol ispred dvorane za sastanke )	289	35
	0.08	63
	0.1	64
	58	37
	630	42
	810	47

Mjerenja elektromagnetskih polja obavljena su na lokacijama predviđenim za instaliranje informatičke opreme. Prema normi za otpornost opreme na utjecaj zračenih elektromagnetskih polja (HRN EN 61000-4-3 ) zahtjevana otpornost opreme na jakost polja iznosi 10 V/m. Izmjerene vrijednosti polja na svim navedenim lokacijama u elektrani bile su znatno unutar navedene jakosti polja.

**Za analizu mjerenja magnetskih polja** frekvencije 50 Hz bilo je dostupno 37 mjerenja na raznim mjestima.

Tablica 2 daje maksimalne izmjerene vrijednosti magnetskog polja.

Tablica 2 : Izmjerene vrijednosti magnetskog polja

Lokacija ( pozicija )	Maksimalne izmjerene vrijednosti magnetskog polja ( A/m )
Komandna zgrada ( upravljačnica i 30 kV postrojenje T30/0.4kV )	3.98
RP 220 kV, blizina energetskog transformatora	5.57
Strojarnica, 16 kV sabirnice, generator 2 i 3 u prostoriji iza sobe strojara	2546.47
Strojarnica, sabirnice generatora Nultočka G2-16kV G3, nultočka G1-16kV G4	1353.50
Upravna zgrada Hol ispred dvorane za sastanke	1.59

Prema normi HRN EN 61000-4-8 elektronička oprema koja se smješta u elektromagnetsku okolinu elektrane mora udovoljavati zahtjevima otpornosti na magnetska polja frekvencije 50 Hz u iznosu 30 A/m kontinuirano i 300 A/m u tijeku 3 s.

Rezultati mjerenja magnetskih polja pokazuju da u strojarnici ( soba strojara ) vrijednosti polja premašuju navedene vrijednosti. Monitori ( ekrani ) koji se smještaju u sobu strojara posebno su osjetljivi na magnetska polja energetske frekvencije. Potrebno je naglasiti da proizvođači komercijalnih monitora

uglavnom deklariraju zadovoljavajući rad u uredima uz jakost polja do 3 A/m. Zbog toga je potrebno od proizvođača monitora zatražiti da monitori udovoljavaju otpornosti na višu vrijednost magnetskog polja, ili problem riješiti smještanjem monitora u prostore gdje je razina polja ispod 3 A/m.

**Za analizu mjerenja viših harmonika, faktora distorzije, konduktivnih smetnji i kolebanja napona** bila su dostupna mjerenja na utičnicama napajanja 220 V na više lokacija. Tablica 3 prikazuje izmjerene sumarne vrijednosti po pojedinim lokacijama. Mjerni prijemnik DRANETZ 626A je prije početka mjerenja podešen da registriira kolebanja napona iznad 10 % od nazivne vrijednosti i impulsne prenapone iznad 100 V.

Tablica 3 : Izmjerene vrijednosti faktora distorzije napona, impulsnih prenapona, kolebanja napona i viših harmonika

Lokacija	Faktor distorzije napona	Impulsni prenaponi	Kolebanje napona	Viši harmonici
Komandna zgrada Napajanje sa izmjenjivača	5.64 %	Jedan u 24 h 102 V	Unutar 10 %	1-25 reda 3 harmonik – 5.5 %
Strojarnica	2.62 %	-	Unutar 10 %	1-25 reda 3 harmonik – 2.4 %
Upravna zgrada Soba direktora	1.77 %	-	Unutar 10 %	1-25 reda 3 harmonik – 1.4 %

Izmjerene vrijednosti kolebanja napona su unutar 10 % i faktori distorzije napona ispod 6 %, što su očekivane vrijednosti prema normi EN 50160. Impulsni prenaponi iznad 100 V, osim u jednom slučaju nisu izmjereni. Kod izmjerenih viših harmonika faznog napona vidljiv je neznatno izražen treći harmonik koji je u okviru dozvoljenih vrijednosti.

#### 4.2. Rezultati i analiza mjerenja u dinamičkim uvjetima

U okviru mjerenja u dinamičkim uvjetima obavljena su mjerenja prema ispitnim konfiguracijama navedenim u točki 2.2. Obavljena su mjerenja tranzijentnih prenapona na primarnoj strani, na sekundarnoj strani na sekundarnim namotima mjernih transformatora, te na mjestima ugradnje sekundarne opreme ( upravljačnica, strojarnica , RP110 kV ). U sklopu ovih mjerenja obavljena su i mjerenja drugih kritičnih veličina koje uključuju mjerenja magnetskih i elektromagnetskih polja.

Ovdje će se dati sumarni rezultati i analiza mjerenja u dinamičkim uvjetima koji se odnose na mjerenja prenapona na mjestima ugradnje elektroničke opreme u cilju dobivanja saznanja kako se prenaponi šire dalje od sekundarnih stezaljki mjernih transformatora.

Tablica 4 daje izmjerene vrijednosti napona i struja kao posljedicu sklopnih operacija.

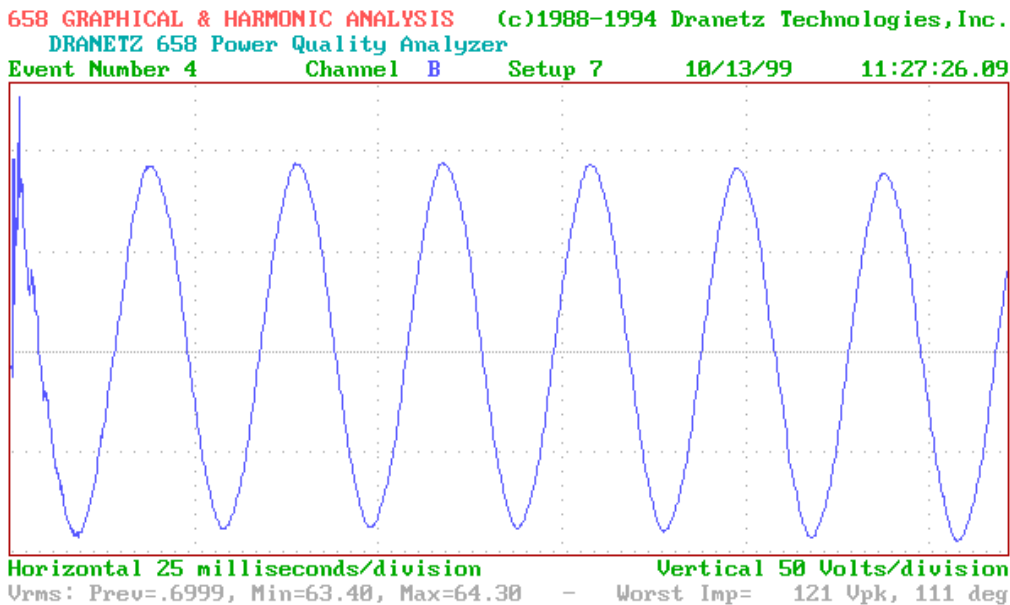
Tablica 4 : Izmjerene vrijednosti napona i struja smetnji na raznim mjestima kao posljedica sklopnih operacija

Uzrok smetnji	Veličina koja se mjeri i lokacija mjerenja	Izmjerena vrijednost
Sklopne operacije rastavljača u RP 220 kV	Napon na mjernom voltmetru u upravljačnici	281 V ( vršno )
Sklopne operacije rastavljača i prekidača u polju =E6 RP 110kV	Napon odzemljenog plašta kabela W314 u kontejner kućici prema uzemljenju kontejnera	31.39 V ( vršno )
	Struja kroz plašt kabela W314 u kontejner kućici	0.35 A
	Napon odzemljenog plašta kabela W313 u RP 35 kV prema uzemljenju RP 35 kV	39.79 V ( vršno )
	Struja kroz plašt kabela W413 u kaverni	7.4 A
	Napon odzemljenog plašta kabela W408 u kaverni prema uzemljenju u kaverni	104 V ( vršno )

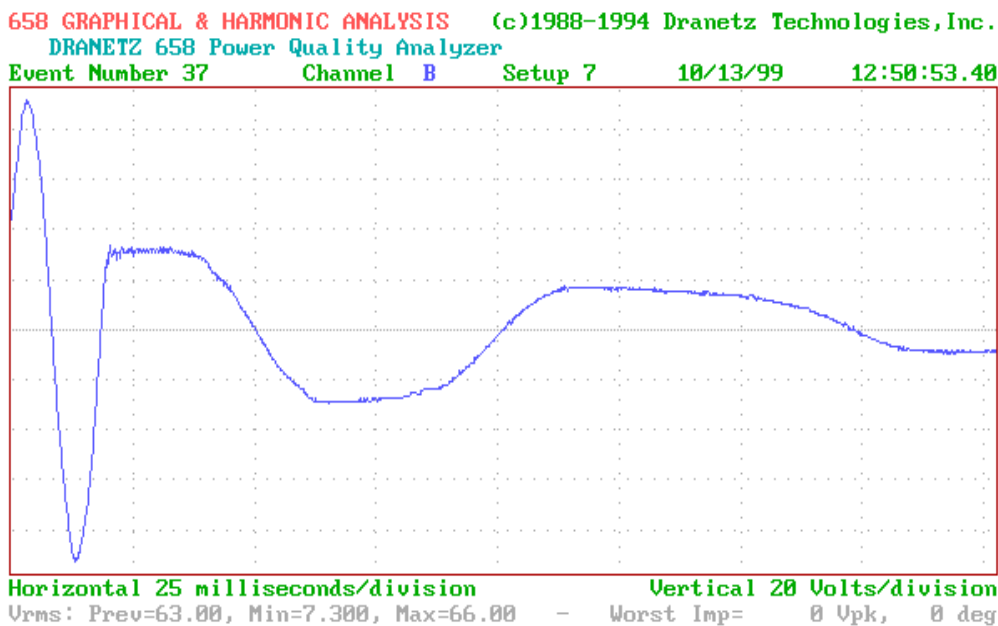
Slike 2, 3 i 4 prikazuju tipične oscilogramе prilikom mjerenja na sekundarnim krugovima za vrijeme sklopnih operacija.

Za vrijednosti struja kroz plašteve kabela te napona odzemljenih plašteva kabela prema uzemljenjima ne postoje norme koje propisuju dozvoljene vrijednosti. Međutim, na osnovu iskustava pri mjerenjima i podacima iz literature može se zaključiti da su izmjerene vrijednosti ovih napona i struja u okviru očekivanih vrijednosti.

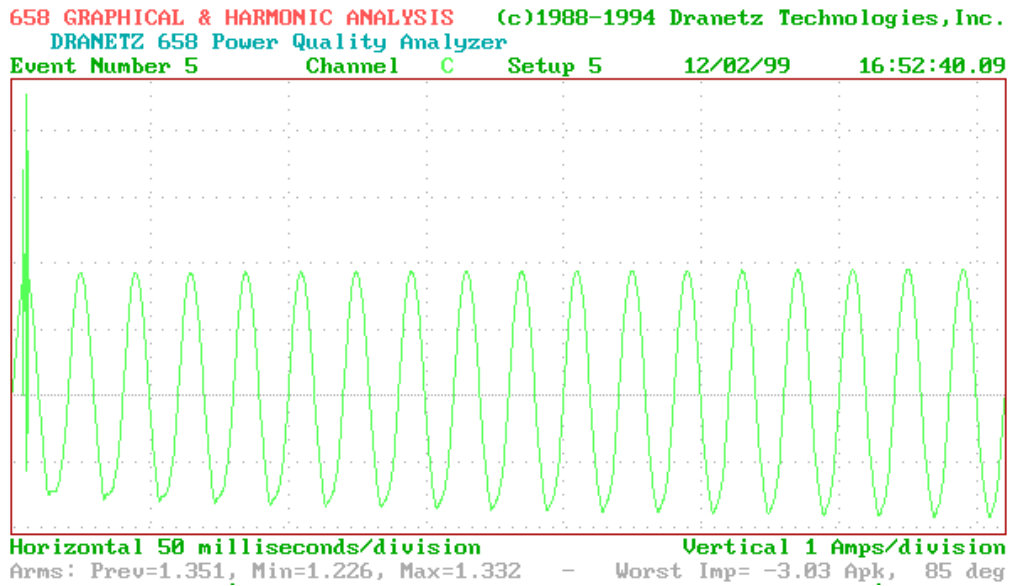
U okviru ispitnih konfiguracija koje uključuju jednopolne kratke spojeve u RP110/220 kV obavljena su i mjerenja magnetskih polja ispod sabirnica vodova 110 kV ispred kontejner kućice polja =E6 i unutar kontejner kućice za vrijeme jednopolnog kratkog spoja u polju =E8 ( RP 110 kV ), te ispod sabirnica vodova 220 kV za vrijeme jednopolnog kratkog spoja u polju =D7 ( RP 220 kV ).



**Slika 2 :** Fazni napon na voltmetru smještenom na komandnom pultu upravljačnice pri uklopu prekidača –Q0 u polju =D7 u RP 220 kV



**Slika 3.** Fazni napon na voltmetru smještenom na komandnom pultu upravljačnice pri isklupu prekidača –Q0 u polju =D7 u RP 220 kV.



Slika 4 : Struja kroz plašt kabela W413 pri uklopu prekidača –Q0 u polju =H4.

Tablica 5 daje izmjerene vrijednosti magnetskih polja na navedenim lokacijama.

Tablica 5 : Izmjerene vrijednosti magnetskih polja

Lokacija mjerenja	Izmjerene vrijednosti ( A/m )
Mjerenje magnetskog polja ispod sabirnica vodova polja =E8 ispred kontejner kućice polja =E6 za vrijeme jednopolnog kratkog spoja u polju =E8 ( RP 110 kV )	1388 A/m
Mjerenje magnetskog polja u kontejner kućici za vrijeme jednopolnog kratkog spoja u polju =E8 ( RP 110 kV )	7.9 A/m
Mjerenje magnetskog polja ispod sabirnica vodova polja =D7 za vrijeme jednopolnog kratkog spoja u polju =D7 ( RP 220 kV )	1380 A/m

Izmjerene vrijednosti magnetskih polja za vrijeme jednopolnih kratkih spojeva u RP 110/220 kV su očekivano visokih razina. Izmjerene vrijednosti magnetskog polja unutar kontejner kućice su unutar vrijednosti otpornosti na magnetska polja energetske frekvencije od 30 A/m koje zahtjeva norma HRN EN 61000-4-8.

## 5. ZAHTJEVI NA OSJETLJIVU ELEKTRONIČKU OPREMU KOJA SE SMJEŠTA U HE ZAKUČAC

U cilju postizanja elektromagnetske kompatibilnosti, osjetljiva elektronička oprema mora zadovoljiti norme otpornosti na elektromagnetske smetnje. Normama su definirane razine otpornosti opreme, opisi ispitivanja, metode ispitivanja te ispitne konfiguracije. Oprema USZMR-a i PROCIS-a mora udovoljavati slijedećim normama iz područja elektromagnetske kompatibilnosti koje se odnose na otpornost :

- HRN EN 50082-1: Opća norma za otpornost , Industrijska okolina.
- HRN EN 61000-4-2: Ispitivanje otpornosti na elektrostatička pražnjenja,
- HRN EN 61000-4-3: Ispitivanje otpornosti na zračena elektromagnetska polja,
- HRN EN 61000-4-4: Ispitivanja otpornosti na brze tranzijente,
- HRN EN 61000-4-5: Ispitivanje otpornosti na udarne prenapone,



- HRN EN 61000-4-6: Ispitivanje otpornosti na konduktivne smetnje inducirane radiofrekvencijskim poljima
- HRN EN 61000-4-8: Ispitivanje otpornosti na magnetska polja mrežne frekvencije,
- HRN EN 61000-4-9: Ispitivanje otpornosti na impulsna magnetska polja,
- HRN EN 61000-4-11: Ispitivanje otpornosti na propade i prekide u napajanju.

Definiranje zahtjeva za osjetljivu elektroničku opremu proizlazi iz poznavanja predviđene lokacije za smještaj opreme, zahtjeva normi iz područja elektromagnetske kompatibilnosti, te prethodno obavljenih mjerenja.

Uređaje i opremu USZMR-a smještamo u tipičnu industrijsku okolinu, što znači da pri ispitivanjima razina otpornosti ove uređaje i opremu svrstavamo u klase 3 ili 4. Također, norme definiraju i kriterije koji se primjenjuju prilikom ispitivanja kako bi se utvrdila otpornost opreme prema zahtjevima koji proizlaze iz klasa opreme 3 ili 4. Postoje tri kriterija ispitivanja A, B i C. Kriterij A traži da oprema za vrijeme i poslije završetka ispitivanja mora raditi prema svojoj namjeni odnosno prema uputama proizvođača. Za vrijeme ispitivanja nisu dozvoljena nikakva odstupanja u radu, kao što je npr. gubitak pohranjenih podataka ili pojedinih funkcija uređaja. Kriterij B definira da oprema mora raditi prema svojoj namjeni nakon obavljenih ispitivanja, dok kriterij C dozvoljava privremeni gubitak funkcija nakon ispitivanja s tim da postoji mogućnost samooporavka uređaja ili njegovo resetiranje od strane operatera.

Važno je naglasiti da proizvođač mora deklarirati kojim normama njegov uređaj udovoljava. Svakako postoji potreba ispitivanja emisije smetnji i otpornosti na utjecaj smetnji elektroničke opreme prije ugradnje u postrojenje, te nakon montaže u ormare.

Također, potrebno je od dobavljača opreme zatražiti ispitne izvještaje ( Test Report ) na elektromagnetsku kompatibilnost, kako bi se mogla potvrditi sukladnost ispitivanja sa naznačenim normama kojima uređaji i oprema udovoljavaju.

## 6. ZAKLJUČAK

U HE Zakučac obavljena su opsežna mjerenja elektromagnetske kompatibilnosti elektroničke i energetske opreme. Sistematizacija i obrada rezultata mjerenja obavljena je na taj način da se mogu uočiti veličina i karakter elektromagnetskih utjecaja, te ih usporediti sa deklariranom otpornošću elektroničke opreme u skladu sa važećim normama iz područja elektromagnetske kompatibilnosti.

U okviru prethodnih radova u HE Zakučac izrađen je elaborat o elektromagnetskoj kompatibilnosti, zahtjevi za konstrukciju i izvedbu kontejner kućice u HE Zakučac, te prijedlog mjera za smanjenje tranzijentnih prenapona. Ovim radovima su obrađeni načini izvedbe uzemljenja, vođenje i polaganje vodova te oklapanje i slično glede mogućih utjecaja.

Zadovoljavajući rezultati u izmjerenim vrijednostima su također posljedica prethodnih radova u smislu izvedbe kontejner kućice u RP 110 kV u koju je smještena oprema USZMR-a te provedbe izvedbe uzemljenja.

Glede rasporeda buduće opreme i njezinog smještaja u strojarnici, predložena su mjesta najmanjih vrijednosti magnetskih polja.

Mjerenjem struja kroz oklope signalnih i upravljačkih kabela ustanovljeno je da su te struje u okviru rezultata dobro izvedenih uzemljenja. Također, i mjerenjem napona između odspojenih oklopa prema uzemljenju dobivene su vrijednosti koje upućuju da je nastanak poprečnih napona u kabelskim žilama kao posljedica uzdužnih napona malen.

Razina prenapona na mjestima mjerenja u upravljačnici i kontejner kućici kretala se u okviru dozvoljenih vrijednosti prema normi za otpornosti opreme na utjecaj udarnih prenapona.

Obavljena mjerenja i analize su pokazali da su riješeni problemi zahvata i prihvaćanja mjernih signala, njihovog zapisa i registracije kao i postupci analize elektromagnetske kompatibilnosti.

Ovim radom potvrđeno je da se oprema USZMR-a može smještati u kontejner kućice u rasklopištima 110 i 220 kV, a za smještaj opreme u strojarnici određena su mjesta najmanjih razina smetnji.

## LITERATURA

- [1] Grupa autora: Elektromagnetska kompatibilnost energetske i informatičko-telekomunikacijske opreme u HE Zakučac, KONČAR-Institut za elektrotehniku d.d., Zagreb, travanj, 2000.
- [2] Serija normi iz elektromagnetske kompatibilnosti, HRN EN 61000-4-X, HRN EN 50082-2, HRN EN 50081-2, HRN EN 55022, HRN EN 55011, HRN EN 61000-3-X, EN 50160
- [3] J.Šimić, S.Gros: Izrada tehničkih uvjeta i zahtjeva sekundarne opreme za izradu kontejnera (kućica) u postrojenju 110/220 kV u HE Zakučac, Zagreb, listopad, 1996.