

PRIMENA STATISTIČKIH METODA U UPRAVLJANJU PROCESOM AUTOMATSKE REGULACIJE NAPONA

F. Gantar*, Elektrovojvodina, Novi Sad, Srbija i Crna Gora
Lj. Erhartić, Elektrovojvodina, Novi Sad, Srbija i Crna Gora

KRATAK SADRŽAJ

Procesni pristup, kao princip menadžmenta kvalitetom je pristup, koji obezbeđuje permanentno upravljanje procesima, sa ciljem njihovog stalnog poboljšanja, zasnovanog na rezultatima analiza objektivno merenih performansi procesa.

Rezultati analiza performansi procesa obezbeđuju informacije o meri kontrolisanosti i sigurnosti procesa, na bazi kojih se donose činjenične odluke o merama za poboljšanje procesa.

Do mere kontrolisanosti i sigurnosti procesa dolazi se kvantifikacijom izmerenih veličina, primenom adekvatnih statističkih metoda.

Kao primer primene statističkih metoda u upravljanju procesima odabran je proces automatske regulacije napona transformacije 110/20 kV, na konzumnom području *Elektrodistribucije Novi Sad*.

1. UVOD

Distribucija električne energije u celini, kao i procesi koji je čine, gde spada i automatska regulacija napona, ima izražen procesni karakter po svim definicijama procesa, bez obzira da li se pojedinim procesima upravlja ručno, da li se procesima upravlja putem lokalnih automatika, ili se upravljanje procesima obezbeđuje primenom odgovarajućih specijalizovanih softvera.

Prednost procesnog pristupa je u obezbeđenju permanentnog upravljanja, bez obzira na načine upravljanja procesima, što znači da procesi moraju biti uvek, u prihvatljivoj meri pod kontrolom i da budu uvek sigurni.

Da li su, i u kojoj meri procesi pod kontrolom, i da li su sigurni, teško se može oceniti bez kvantifikovanih pokazatelja mase izmerenih vrednosti, do kojih se može doći samo primenom adekvatnih statističkih metoda.

* *Elektrovojvodina, Centar za kvalitet, Novi Sad, Bulevar oslobođenja 100, Srbija i Crna Gora.*

S' druge strane, primena statističke kontrole procesa nam obezbeđuje saznanje, koliko je ispoljena briga nad pojedinim procesima delotvorna, odnosno obezbeđuje saznanje, koliko ono što radimo – dobro radimo.

Naravno, mogućnosti primene statističke kontrole procesa zahtevaju određene uslove, a to su pre svega:

- sprovođenje merenja u određenim tačkama procesa;
- akvizicija izmerenih vrednosti;
- i svakako, mogućnost raspolaganja sa podacima.

Svi ovi uslovi su ispunjeni samom činjenicom da su objekti 110/20 kV uključeni u sistem daljinskog upravljanja, čiji SCADA softver generiše i dnevne izveštaje sa potrebnim i izmerenim veličinama.

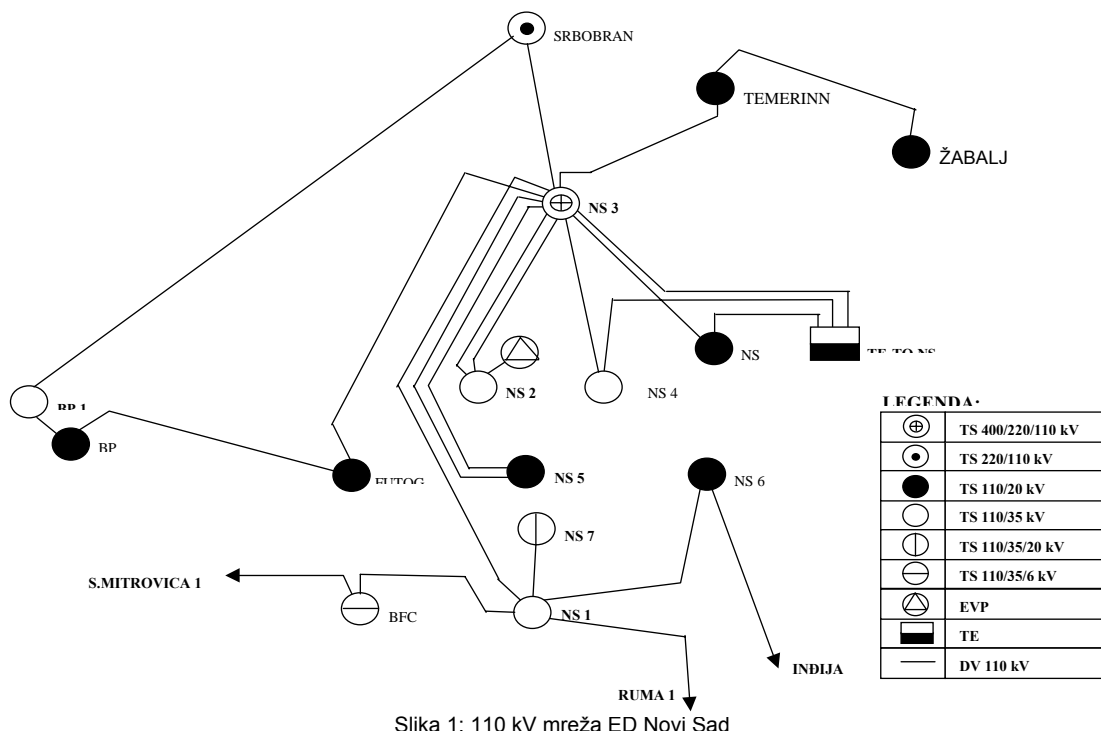
Skup izmerenih vrednosti napona u jednom vremenskom periodu, kao performansa procesa automatske regulacije napona, ne daje značajnije mogućnosti da se o procesu daju neke ozbiljnije kvalifikacije u formi kvantifikovanih mera tog procesa. Zato se za ocenu stanja procesa, njegove kontrolisanosti i njegove sigurnosti, pomoću kvantitativnih pokazatelja, koristi u ovom slučaju:

- metod "histograma" i
- metod X/σ kontrolne karte.

2. PODRUČJE PRIMENE STATISTIČKE KONTROLE PROCESA

Primena metoda statističke kontrole procesa, odnosi se na proces automatske regulacije napona transformacije 110/20 kV, na konzumnom području *Elektrodistribucije Novi Sad*.

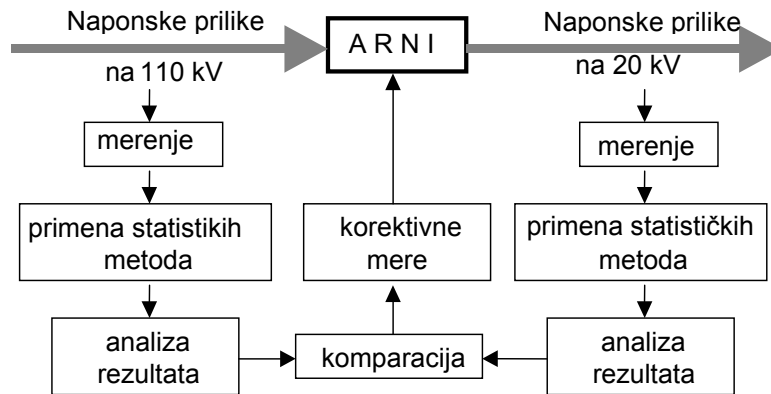
Elektrodistribucija Novi Sad u svojoj mreži ima osam trafostanica 110/20 kV, sa ukupno trinaest trafo jedinica, na kojima je obezbeđeno prijemno merenje napona 110 kV i merenje napona u procesu distribucije električne energije na naponu 20 kV. (Slika 1)



Slika 1: 110 kV mreža ED Novi Sad

Proces automatske regulacije napona se obezbeđuje primenom kompaundnih automatskih regulatora svake trafo jedinice 110/20 kV.

Analize izmerenih vrednosti napona se sprovode nezavisno na naponskom nivou 110 kV i na naponskom nivou 20 kV, a komparacijom njihovih rezultata dolazi se do kvantifikovanih efekata regulacije i mogućeg poboljšanja procesa automatske regulacije napona. (Slika 2)



Slika 2: Proces automatske regulacije napona

3. KARAKTERISTIKE IZMERENIH VREDNOSTI NAPONA

Iz dnevnih izveštaja se uzimaju satne vrednosti napona 110 kV i 20 kV.

Skup izmerenih vrednosti, u oba slučaja, je pod većim ili manjim uticajem varijacija. Ove varijacije su posledica jednim delom specijalnih uzroka varijacija, a drugim delom slučajnih uzroka varijacija.

Specijalni uzroci varijacija su po svojoj prirodi takvi, da mogu biti najčešće otklonjeni intervencijama neposredno zaduženih lica za pojedine aktivnosti ovog procesa, dok slučajni uzroci varijacija zahtevaju delovanje na sam sistem, što je naravno, mnogo složenije pitanje.

Najčešće je dovoljno otkloniti ili smanjiti prisustvo specijalnih uzroka varijacija pa da se učine znatna poboljšanja procesa.

4. ANALIZA IZMERENIH VREDNOSTI NAPONA

Cilj analize izmerenih vrednosti je da se dođe do kvantifikovanih veličina, koje daju ocenu kontrolisanosti procesa i sigurnosti procesa.

Metod "histograma" je metod koji daje "sliku" procesa, na osnovu koje se može izvući zaključak o prirodi varijacija izmerenih vrednosti napona, kao i lokaciji procesa u odnosu na specificirane granice. Skup izmerenih vrednosti, kod procesa za koje smatramo da su koliko-toliko pod kontrolom, je najčešće pod uticajem slučajnih uzroka varijacija u značajnijem obimu, a u manjem obimu pod uticajem specijalnih uzroka varijacija. Svaki proces se smatra da je pod kontrolom u onoj meri koliko se aktuelna distribucija izmerenih vrednosti napona iz histograma prilagođava teorijskoj – "normalnoj" distribuciji. Veći stepen prilagođavanja aktuelnih vrednosti "normalnoj" distribuciji je kad postoji neznatno ili manje prisustvo specijalnih uzroka varijacija, čime se povećava i verovatnoća da je posmatrani proces pod kontrolom.

Za razliku od metoda "histograma" kojim se u analizi proces posmatra statički, metoda kontrolne karte, kao alat za analizu varijacija procesa, pruža mogućnost da se identifikuje trenutak i mesto u kom je došlo do delovanja specijalnih uzroka varijacija. Na taj način se lakše identifikuje sama priroda specijalnih uzroka varijacija pa i mera za njihovo otklanjanje.

Prikaz primene ovih metoda na konkretnom primeru, je doprinos razradi modela analize čiji rezultati omogućavaju:

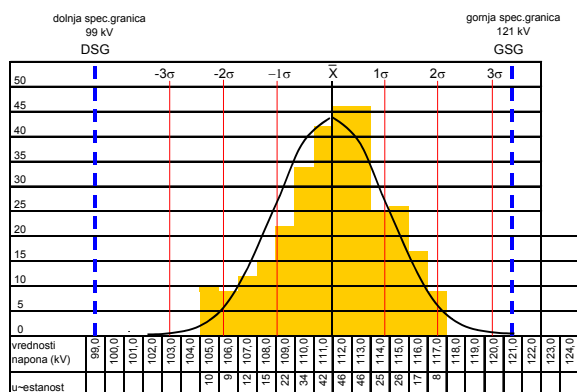
- ocenu nivoa kontrolisanosti procesa;
- ocenu nivoa sigurnosti procesa;
- ocenu efektivnosti procesa na bazi stanja ulaznih i izlaznih performansi i
- preduzimanje mera za unapređenje procesa činjeničnim odlukama.

4.1. Metod "Histograma"

Razvrstavanjem i sortiranjem izmerenih vrednosti napona 110 kV i 20 kV, dobijaju se učestanosti izmerenih vrednosti po intervalima.

Iz tih podataka lako se daju izračunati mere centralne tendencije, u ovom slučaju je to srednja vrednost i mere varijacije, odnosno standardna devijacija procesa, za naponske prilike na strani 110 kV i na strani 20 kV.

Na bazi ovih vrednosti se može, pored učestalosti aktuelne distribucije dobiti i učestalost teorijske distribucije po Gausovoj ili "Normalnoj" raspodeli.



$\chi_{(a,r)}^2$ je tablična vrednost za određeni nivo signifikantnosti (ovde je to 1%) i za određeni broj stepena slobode.

Odnos ovih vrednosti, za koji važi relacija:

$$\chi_0^2 \leq \chi_{(a,r)}^2$$

stavlja nam jasno do znanja jesu li procesi pod kontrolom ili nisu, a rezultati analize su dati u Tabeli 1.

Tabela 1: Rezultati χ^2 testa

rezultati χ^2 testa	χ_0^2	$\chi_{(a,r)}^2$
na 110 kV	29,676	26,217
na 20 kv	34,977	21,217

U ovom primeru je stvar jasna, izmerene vrednosti na 110 kV i izmerene vrednosti na 20 kV su svakako pod uticajem specijalnih uzroka varijacija, u većoj ili manjoj meri. Njih treba istražiti, videti kada se pojavljuju, gde se pojavljuju i kakve su prirode.

4.1. Metod "Kontrolne karte"

Razmatravajući "slike" procesa – prikazane histogramima, u "film" procesa, primenom X/σ kontrolne karte, gde se na dijagramu proseka vidi kada i/ili gde imamo izraženo prisustvo specijalnih uzroka varijacija, a to su uglavnom tačke koje se nalaze van kontrolnih granica.

Kontrolne granice su sračunate vrednosti i direktno su zavisne od prirode i karaktera procesa, prema sledećim relacijama:

$$GKG \bar{x} = \bar{X} \pm A_3 \bar{\sigma}_p$$

$$DKG \bar{x}$$

gde je A_3 konstanta koja zavisi od veličine podgrupe, odnosno broja uzoraka.

Što je potencijalna mogućnost kontrole procesa veća, to je raspon između doljnje i gornje kontrolne granice manja.

Poredeći dijagrame proseka naponskih prilika 110 kV i 20 kV, (Slika 5 i Slika 6), skoro bi mogli biti sa stanjem procesa na 20 kV zadovoljni.

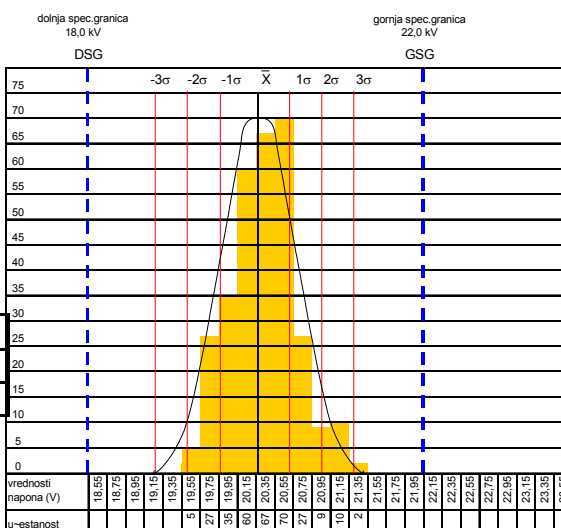
Odnos aktuelne i teorijske distribucije najbolje se vidi na grafičkim prikazima. (Slika 3 i Slika 4)

Aktuelna distribucija je prikazana histogramom, a teorijska – krivom normalne raspodele.

Što je prisustvo specijalnih uzroka varijacija manje, to se aktuelna distribucija, odnosno histogram, bolje prilagođava teorijskoj, odnosno krivoj normalne raspodele.

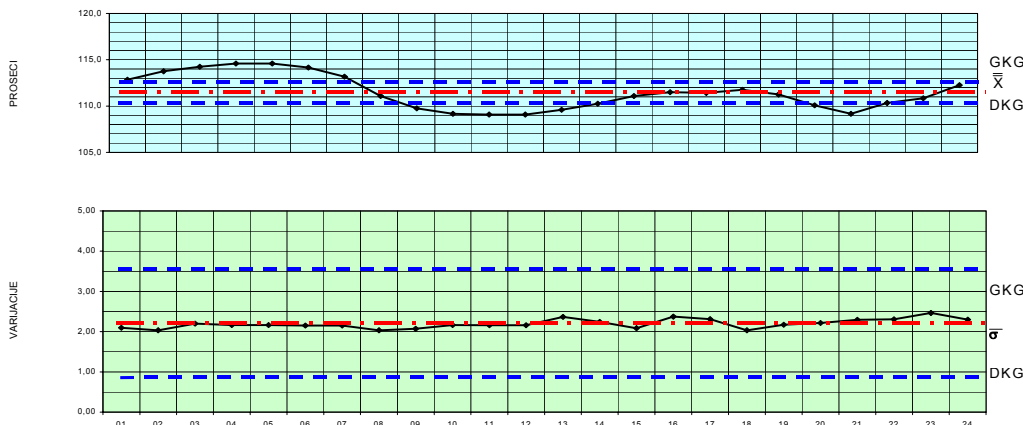
Namera, da se karakteristike procesa, gde god je to moguće, kvantitativno izraze, dovodi nas do primene χ^2 -testa, koji je u suštini test hipoteze o bliskosti aktuelne distribucije normalnoj raspodeli.

χ_0^2 je kvantitativna vrednost odnosa aktuelne i teorijske raspodele.



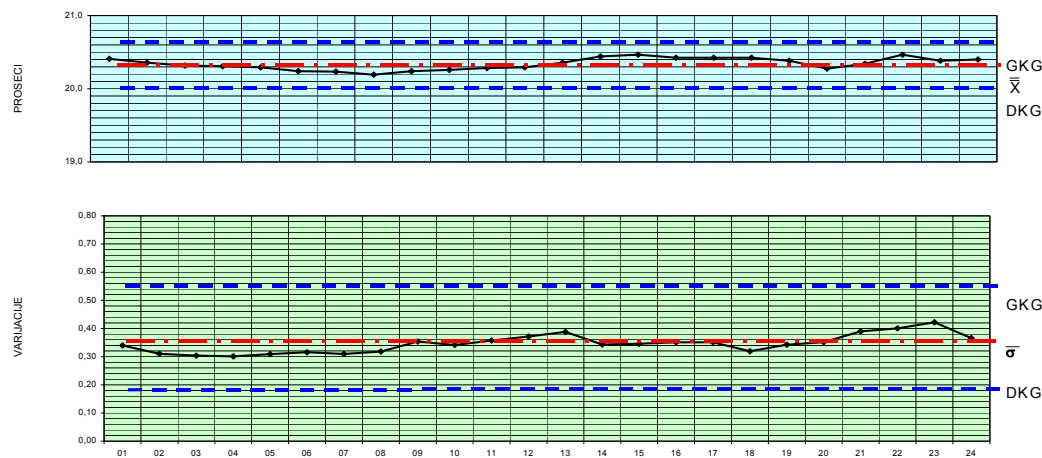
Uticaj automatske regulacije napona na stanje naponskih prilika 20 kV je evidentan, jer je vrlo uočljivo poboljšanje preuzetih prilika na 110 kV strani.

ELEKTROVOJVODINA		KONTROLNA KARTA VARIJABLI (\bar{X}/σ)																				Datum: 18.04.2003.		Karta broj: 2003/02	
Deo preduze a: ED Novi Sad		Objekat:mre'a 110 kV								Naponski nivo: 110 kV								Mesto merenja: TS 110/20 kv				Specificirane granice: 99 - 121 kv			
Podatke preuzeo: Dragan Cvetinov		Na-in preuzimanja podataka: SCADA								Ureaj za merenje:								Jedinica mere: kV							
Vreme (h)		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
NSS-ET1	1	113	114	115	115	115	115	114	112	111	110	110	111	111	112	112	112	112	112	111	110	111	111	111	112
NSS-ET3	2	115	115	116	116	116	116	115	113	112	111	111	112	113	113	113	113	113	113	112	111	112	113	114	114
NSS-ET11	3	109	110	110	111	111	110	109	107	106	105	105	105	105	106	107	107	107	108	107	106	105	106	107	108
NSS-ET2	4	109	110	110	110	110	110	109	107	106	105	105	105	105	106	107	107	107	108	107	106	105	106	107	108
NS7-ET1	5	112	113	114	114	114	113	112	110	108	108	108	108	109	110	110	110	111	111	110	108	107	109	109	111
NS9-ET1	6	112	113	113	114	114	113	112	111	109	109	109	109	109	110	111	111	111	111	109	108	109	110	111	112
NS9-ET2	7	111	112	113	113	113	113	112	110	108	108	108	108	109	110	110	110	110	110	109	108	109	110	111	112
FUT-ET1	8	115	116	117	117	117	116	115	113	112	111	111	111	112	112	113	114	114	114	113	112	111	112	113	114
FUT-ET2	9	115	116	117	117	117	116	115	113	112	111	111	111	112	112	113	114	114	114	113	112	111	112	113	114
BP2-ET1	10	114	115	115	115	115	116	115	112	110	110	110	109	109	110	111	112	113	113	113	112	111	113	114	115
BP2-ET2	11	114	115	115	116	116	116	115	112	110	110	110	110	111	112	113	113	113	113	112	112	113	114	115	
TEM-ET2	12	115	116	116	117	117	116	115	113	112	112	112	112	112	113	113	114	114	114	113	112	111	112	113	114
ZAB-ET1	13	114	115	115	116	116	115	114	112	111	111	111	111	112	113	113	113	113	113	112	111	111	112	113	114
Zbir		1364	1365	1371	1375	1375	1370	1388	1333	1317	1310	1309	1309	1315	1323	1333	1338	1337	1341	1335	1321	1310	1324	1330	1347
Prosek (X)		112,8	113,8	114,3	114,6	114,2	113,2	111,1	109,8	109,2	109,1	109,6	110,3	111,1	111,5	111,4	111,8	111,3	110,1	109,2	110,3	110,8	112,3	112,3	112,3
St devijacija (σ)		2,09	2,03	2,20	2,16	2,16	2,15	2,15	2,03	2,07	2,17	2,16	2,16	2,37	2,24	2,09	2,37	2,31	2,03	2,17	2,21	2,29	2,31	2,47	2,30



Slika 5: X/σ kontrolna karta napona 110 kV u funkciji vremena

ELEKTROVOJVODINA		KONTROLNA KARTA VARIJABLI (\bar{X}/σ)																				Datum: 18.04.2003.		Karta broj: 2003/02		
Deo preduze a: ED Novi Sad		Objekat:mre'a 20 kV								Naponski nivo: 20 kV								Mesto merenja: TS 110/20 kv				Specificirane granice: 18 - 22 kv				
Podatke preuzeo: Dragan Cvetinov		Na-in preuzimanja podataka: SCADA								Ureaj za merenje:								Jedinica mere: kV								
Vreme (h)		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
NSS-ET1	1	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,7	19,9	19,7	19,6	19,7	19,8	19,7	19,8	20,0	19,9	19,8	19,8	19,9	19,8	19,7	19,9	20,0	19,9	19,9	
NSS-ET3	2	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,0	20,0	20,1	20,1	20,0	20,0	20,1	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,0	20,1	20,2	20,1	20,2	
NSS-ET11	3	19,9	19,9	19,9	19,8	19,7	19,6	19,7	20,0	19,9	19,9	20,1	20,2	20,2	20,2	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	19,8	20,0	20,1	19,8	20,0	
NSG-ET2	4	20,2	20,2	20,1	20,2	20,2	20,1	19,9	19,8	19,7	19,7	19,6	19,6	19,7	19,8	20,1	20,1	20,1	20,2	20,1	19,9	19,8	20,1	20,3	20,2	
NS7-ET1	5	20,6	20,6	20,5	20,5	20,5	20,5	20,6	20,6	20,8	20,7	20,6	20,6	20,7	20,7	20,7	20,8	20,8	20,7	20,8	20,8	20,7	20,8	20,9	20,8	20,7
NS9-ET1	6	20,5	20,4	20,3	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,5	20,5	20,3	20,3	20,3	20,3	20,3	20,5	20,6	20,6	20,5	20,5
NS9-ET2	7	20,8	20,7	20,8	20,6	20,5	20,5	20,4	20,4	20,4	20,6	20,5	20,5	20,6	20,7	20,8	20,6	20,6	20,6	20,4	20,4	20,6	20,7	20,6	20,6	20,6
FUT-ET1	8	20,5	20,5	20,5	20,6	20,6	20,5	20,4	20,1	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,4	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,3	20,4	20,6	20,7	20,6	
FUT-ET2	9	21,1	21,0	20,9	20,9	20,9	20,8	20,9	20,8	20,8	20,8	21,0	21,0	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,0	21,2	21,4	21,3	21,2	
BP2-ET1	10	20,3	20,5	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,5	20,5	20,5	20,5	20,6	20,6	20,7	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	19,9	19,9	19,7	19,8	
BP2-ET2	11	20,4	20,3	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,3	20,3	20,3	20,5	20,6	20,5	20,5	20,5	20,6	20,6	20,5	20,3	20,5	20,6	20,7	20,4	20,5	
TEM-ET2	12	20,4	20,3	20,4	20,4	20,3	20,2	20,2	20,3	20,3	20,3	20,3	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,4	20,2	20,3	20,4	20,5	20,5	
ZAB-ET1	13	20,3	20,4	20,3	20,4	20,4	20,3	20,1	20,1	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,2	20,3	20,3	20,3	20,4	20,3	20,2	20,4	20,5	20,4	20,4	
Zbir		245	244	244	244	244	243	243	242	243	243	243	244	244	245	246	245	245	245	245	243	244	246	245	245	
Prosek (X)		20,4	20,4	20,3	20,3	20,3	20,2	20,2	20,2	20,2	20,3	20,3	20,3	20,4	20,4	20,5	20,4	20,4	20,4	20,4	20,3	20,3	20,5	20,4	20,4	
St devijacija (σ)		0,34	0,31	0,30	0,30	0,31	0,32	0,31	0,32	0,35	0,34	0,36	0,37	0,38	0,34	0,35	0,35	0,35	0,32	0,34	0,35	0,39	0,40	0,42	0,37	

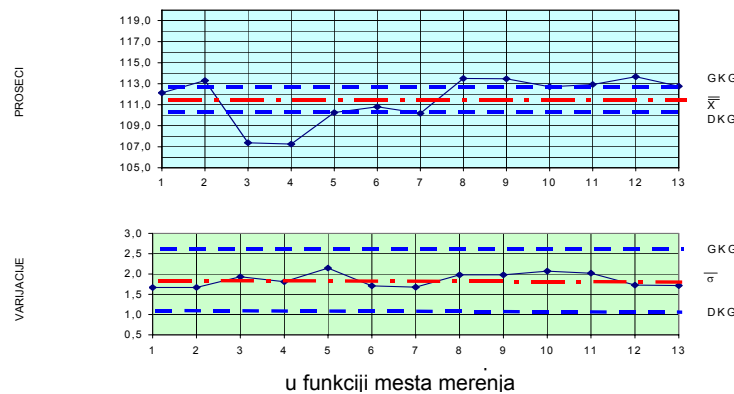


Slika 6: X/σ kontrolna karta napona 20 kV u funkciji vremena

ELEKTROVOJVODINA		KONTROLNA KARTA VARIJABLI (X/σ)													Karta broj: 2003/02	
Deo preduzeja: ED Novi Sad		Objekat: mre' a 110 kV											Naponski nivo: 110 kV			
Podatke preuzeo: Dragan Cvetinov		Mesto merenja: TS 110/20 kV											Specificirane granice: 99 - 121 kV			
Datum: 18.04.2003.		Na-in preuzimanja podataka: SCADA											Jedinica mere: 1 kV			
Mesto merenja		NS5-ET1	NS5-ET2	NS5-ET1	NS5-ET2	NS7-ET1	NS8-ET1	NS8-ET2	FUT-ET1	FUT-ET2	BPE-ET1	BPE-ET2	TEA-ET2	ZAB-ET1		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Vreme merenja (h):	01	113	115	109	109	112	112	111	115	115	114	114	115	114		
	02	114	115	110	110	113	113	112	116	116	115	115	116	115		
	03	115	116	110	110	114	113	113	117	117	115	115	116	115		
	04	115	116	111	110	114	114	113	117	117	115	115	116	117	116	
	05	115	116	111	110	114	114	113	117	117	115	115	116	117	116	
	06	115	116	110	110	113	113	113	116	116	116	116	116	116	115	
	07	114	115	109	109	112	112	112	115	115	115	115	115	115	114	
	08	112	113	107	107	110	111	110	113	113	112	112	113	112		
	09	111	112	106	106	108	109	109	112	112	110	110	112	111		
	10	110	111	105	105	108	109	108	111	111	110	110	112	111		
	11	110	111	105	105	108	109	108	111	111	109	110	112	111		
	12	110	111	105	105	108	109	108	111	111	109	110	112	111		
	13	111	112	105	105	108	109	109	112	112	110	110	112	111		
	14	111	113	106	106	109	110	109	112	112	111	111	113	112		
	15	112	113	107	107	110	111	110	113	113	112	112	113	113		
	16	112	113	107	107	110	111	110	114	114	113	113	114	113		
	17	112	113	107	107	110	111	110	114	114	113	113	114	113		
	18	112	113	108	108	111	111	110	114	114	113	113	114	113		
	19	112	113	107	107	110	111	110	113	113	113	113	113	113		
	20	111	112	106	106	108	109	109	112	112	112	112	112	111		
	21	110	111	105	105	107	108	108	111	111	111	111	111	110		
	22	111	112	106	106	109	109	109	112	112	113	113	112	111		
	23	111	113	107	106	109	110	109	112	112	114	114	113	113		
	24	112	114	108	108	111	111	111	114	114	115	115	114	113		
Zbir		2691	2719	2577	2574	2646	2659	2644	2724	2723	2705	2710	2728	2706		
Prosek (X̄)		112,1	113,3	107,4	107,3	110,3	110,8	110,2	113,5	113,5	112,7	112,9	113,7	112,8		
St.devijacija (σ _p)		1,7	1,7	1,9	1,8	2,1	1,7	1,7	2,0	2,0	2,1	2,0	1,7	1,7		

Međutim, na bazi prethodnih indikacija dobijenih analizom histograma, ovaj proces se mora sagledati i iz nekog drugog ugla. Rotacijom matrice izmerenih vrednosti napona za 90°, dobija se dijagram proseka iz kog se jasno vidi mesto merenja, koje je pod značajnim uticajem specijalnih uzroka varijacija. (Slika 7 i Slika 8)

Što znači da se u tim mestima mora izvršiti verifikacija ispravnosti regulacione sklopke i regulatora napona, zatim provera parametara za podešenje regulatora, i na kraju proveriti, i ako je potrebno pre-podesiti parametre regulatora.



5. REZULTATI ANALIZE

Iz kontrolnih karti se mogu izvući pokazatelji koji kvantifikuju kako kvalitet procesa tako i sigurnost procesa. (Tabela 2) Obratimo pažnju na jedan dovoljno reprezentativan pokazatelj P_{pk} , koji u stvari predstavlja Indeks performansi procesa, i računa se sledećom relacijom:

ELEKTROVOJVODINA		KONTROLNA KARTA VARIJABLI (X/σ)													Karta broj: 2003/02	
Deo preduzeja: ED Novi Sad		Objekat: mre' a 20 kV											Naponski nivo: 20 kV			
Podatke preuzeo: Dragan Cvetinov		Mesto merenja: TS 110/20 kV											Specificirane granice: 19 - 22 kV			
Datum: 18.04.2003.		Na-in preuzimanja podataka: SCADA											Jedinica mere: 1 kV			
Mesto merenja		NS5-ET1	NS5-ET2	NS5-ET1	NS5-ET2	NS7-ET1	NS8-ET1	NS8-ET2	FUT-ET1	FUT-ET2	BPE-ET1	BPE-ET2	TEA-ET2	ZAB-ET1		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Vreme merenja (h):	01	19,8	20,1	19,9	20,2	20,6	20,5	20,8	20,5	21,1	20,6	20,4	20,4	20,3		
	02	19,8	20,1	19,9	20,2	20,6	20,4	20,7	20,1	21,0	20,5	20,3	20,3	20,4		
	03	19,8	20,1	19,9	20,1	20,5	20,3	20,8	20,7	20,9	20,4	20,2	20,3	20,3		
	04	19,8	20,1	19,9	20,2	20,5	20,4	20,8	20,7	20,9	20,4	20,2	20,4	20,4		
	05	19,8	20,1	19,7	20,2	20,5	20,2	20,5	20,9	20,5	20,4	20,2	20,4	20,4		
	06	19,7	20,1	19,6	20,1	20,5	20,2	20,5	20,5	20,8	20,4	20,2	20,3	20,3		
	07	19,8	20,0	19,7	19,9	20,6	20,2	20,4	20,1	20,8	20,4	20,2	20,2	20,1		
	08	19,7	20,0	20,0	19,8	20,6	20,2	20,4	20,1	20,8	20,4	20,3	20,2	20,1		
	09	19,8	20,1	19,9	20,7	20,5	20,3	20,4	20,5	20,8	20,4	20,2	20,2	20,1		
	10	19,7	20,1	19,9	19,7	20,5	20,3	20,4	20,5	20,8	20,5	20,3	20,3	20,0		
	11	19,9	20,0	20,1	19,8	20,6	20,3	20,5	20,2	21,0	20,5	20,5	20,3	20,0		
	12	19,7	20,0	20,2	19,8	20,7	20,5	20,3	20,1	21,0	20,5	20,6	20,3	20,0		
	13	19,8	20,1	20,2	19,7	20,7	20,3	20,6	20,2	21,2	20,6	20,5	20,4	20,0		
	14	20,0	20,2	20,2	19,8	20,7	20,5	20,7	20,4	21,2	20,6	20,5	20,5	20,2		
	15	19,8	20,2	20,0	20,1	20,7	20,5	20,8	20,5	20,7	20,5	20,7	20,6	20,4		
	16	19,8	20,2	20,0	20,1	20,8	20,3	20,8	20,8	21,2	20,5	20,6	20,4	20,3		
	17	19,8	20,2	20,0	20,1	20,8	20,3	20,8	20,8	21,2	20,5	20,6	20,4	20,3		
	18	19,9	20,2	20,0	20,2	20,7	20,3	20,6	20,6	21,2	20,5	20,5	20,4	20,4		
	19	19,8	20,2	20,0	20,1	20,8	20,3	20,4	20,6	21,2	20,5	20,3	20,4	20,3		
	20	19,7	20,1	19,8	19,9	20,7	20,5	20,4	20,1	21,0	20,5	20,5	20,2	20,2		
	21	19,9	20,1	20,0	19,8	20,8	20,5	20,6	20,4	21,2	19,9	20,6	20,3	20,4		
	22	20,0	20,2	20,1	20,1	20,9	20,6	20,7	20,8	21,4	19,9	20,7	20,4	20,5		
	23	19,9	20,1	19,8	20,3	20,8	20,5	20,6	20,7	21,3	19,7	20,4	20,5	20,4		
	24	19,8	20,2	20,0	20,2	20,7	20,5	20,7	20,6	21,1	19,8	20,5	20,5	20,4		
Zbir		477,0	483,1	479,0	480,4	486,0	489,0	491,0	491,0	495,0	489,0	489,0	486,0			
Prosek (X̄)		19,8	20,1	19,8	20,0	20,7	20,3	20,6	20,4	21,1	20,4	20,4	20,4	20,3		
St.devijacija (σ _p)		0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2		

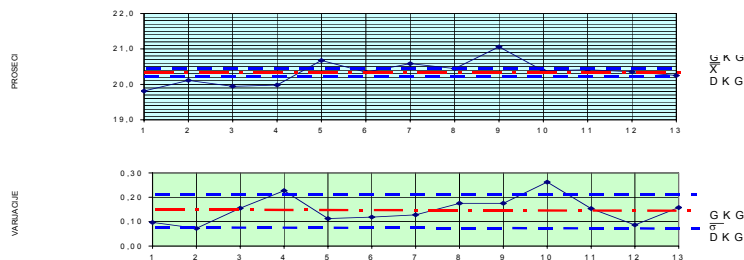
$$P_{pk} = \min \left\{ \frac{GSG - \bar{X}}{3\sigma_u}; \frac{\bar{X} - DSG}{3\sigma_u} \right\}$$

Kada je ovaj indeks:

$$P_{pk} \geq 1$$

smatra se da je obezbeđen minimalni nivo sigurnosti procesa uz uvažavanje centriranosti procesa u odnosu na specificirane granice $\pm 10\%$ (GSG i DSG).

U datom primeru, i na 110 kV, na 20 kV strani, ovaj indeks je veći od 1, ali je isto tako bitno i to što je ovaj indeks na 20 kV strani veći od onog na 110 kV za 39%, što znači da je pod uticajem automatske regulacije napona, sigurnost procesa za toliko i povećana.



Slika 8: X/σ kontrolna karta napona 20 kV u funkciji mesta merenja

Tabela 2: Pokazatelji kvaliteta procesa

ELEKTROVOJVODINA		EFEKTI POBOLJ[ANJA				Karta broj: 2003/02
Deo preduzeja: ED Novi Sad						Datum: 18.04.2003.
redni broj	MERE PROCESA	oznaka mere procesa	proces na 110 kV	proces na 20 kV	efekat pobolj[anja	komentar
1	Prosek varijacije (kV)	$\bar{\sigma}$	2,20	0,35		
2	Prosek procesa (kV)	\bar{X}	111,46	20,34		
3	Gornja kontrolna granica proseka (kV)	GKG \bar{x}	113,33	20,64		
4	Donja kontrolna granica proseka (kV)	DKG \bar{x}	109,59	20,05		
5	Gornja kontrolna granica raspona (kV)	GKG σ	3,55	0,56		
6	Dolnja kontrolna granica raspona (kV)	DKG σ	0,84	0,13		
7	Standardna devijacija procesa (kV)	σ_n	2,24	0,35		
8	Ukupna varijacija procesa (kV)	σ_u	2,84	0,36		
9	Odnos ukupne varijacije procesa i standardne devijacije procesa	σ_u/σ_n	1,27	1,01		prisustvo specijalnih uzroka varijacija na 110 kV je 27%, dok na 20 kV to iznosi 1%
10	Sposobnost procesa	$6\sigma_n$	13,46	2,12		
11	Performanse procesa	$6\sigma_u$	17,07	2,14		
12	Indeks sposobnosti procesa	C_p	1,63	1,89	1,16	indeks sposobnosti procesa bez uticaja specijalnih uzroka varijacija je povejan za 16%
13	Indeks performansi procesa	P_p	1,29	1,87	1,45	indeks performansi ukupnog procesa je povejan za 45%
14	Indeks gornje sposobnosti procesa	CPG	1,42	1,56	1,10	indeks gornje sposobnosti procesa je povejan za 10%
15	Indeks donje sposobnosti procesa	CPD	1,85	2,21	1,19	indeks donje sposobnosti procesa je povejan za 19%
16	Indeks sposobnosti procesa koji uzima u obzir centriranost	C_{pk}	1,42	1,56	1,10	indeks sposobnosti procesa koji uzima u obzir centriranost je povejan za 10%
17	Indeks gornje performanse procesa	PPG	1,12	1,55	1,39	indeks gornje performanse procesa je povejan za 39%
18	Indeks donje performanse procesa	PPD	1,46	2,19	1,50	indeks donje performanse procesa je povejan za 50%
19	Indeks performansi procesa koji uzima u obzir centriranost	P_{pk}	1,12	1,55	1,39	indeks performansi procesa koji uzima u obzir centriranost je povejan za 39%
20	Koli-nik sposobnosti procesa	CR	0,61	0,53	0,87	
21	Koli-nik performansi procesa	PR	0,78	0,53	0,69	
22	Jedinica standardne devijacije	Z_{min}	4,25	4,69	1,10	jedinica standardne devijacije bez uticaja specijalnih uzroka varijacija je povejan za 10%

6. ZAKLJUČAK

Ocena da je kontrola procesa, na bazi χ^2 -testa, ne prihvatljiva, bila bi verovatno prestroga, ali se dobijeni rezultat sasvim sigurno može prihvatiti kao identifikacija mogućnosti poboljšanja procesa, eliminisanjem barem dela specijalnih uzroka varijacija.

Kad je reč o sigurnosti procesa, proces se može oceniti kao sasvim prihvatljiv i pored značajnog prisustva specijalnih uzroka varijacija, jer se sve izmerene vrednosti napona 110 kV i 20 kV nalaze unutar specificiranih granica. Da je to tako, vidi se u prikazu histograma (Slika 3 i Slika 4), kao i na osnovu kvantifikovanih pokazatelja primenjene X/σ kontrolne karte.

Primenom odgovarajućih preventivnih i korektivnih mera, kontrola procesa će se poboljšati a sigurnost procesa još više povećati.

7. LITERATURA

1. mr Dragan B. Bogičević, 1996. Statistical Process Control, AQA, Beograd.
2. mr Zoran T. Spasić, 1999. Statistička kontrola procesa, AQA, Beograd.
3. dr Bato Kamberović, 1998. Model integralnog sistema za upravljanje kvalitetom, FTN – Institut za industrijske sisteme, IIS – Istraživački i tehnološki centar, Novi Sad.
4. dr Vojislav Vulanović, dr Bato Kamberović, dr Dragutin Stanivuković, mr Nikola Radaković, mr Rado Maksimović, Vladan Radlovački, Miodrag Šilobad, 1997. Sistem kvaliteta, FTN – Institut za industrijske sisteme, IIS – Istraživački i tehnološki centar, Novi Sad.
5. dr Vojislav Vulanović, dr Bato Kamberović, dr Dragutin Stanivuković, mr Nikola Radaković, mr Rado Maksimović, Vladan Radlovački, Miodrag Šilobad, 1997. Metode i tehnike unapređenja kvaliteta – Tom I – Statističke, FTN – Institut za industrijske sisteme, IIS – Istraživački i tehnološki centar, Novi Sad.
6. prof. dr Milutin Stojković, 1995. Statistika za menadžere, Ekonomski fakultet, Subotica.
7. Aleksandar Jovanović, 2001. Prilog razvoju softverske podrške za unapređenje sistema kvaliteta primenom statističkih metoda na primeru JP "Elektrovojvodina", magistarski rad, Novi Sad.
8. Filip Gantar, 2002. Primena statističkih metoda u funkciji kontrole naponskih prilika kod potrošača, CIREC, Zbornik referata – sveska 4, str. 165.