

Mario Pisačić, dipl.ing.  
HEP – ODS d.o.o., Elektroslavonija Osijek  
[mario.pisacic@hep.hr](mailto:mario.pisacic@hep.hr)

Zdenko Strmečki, dipl.ing.  
HEP – ODS d.o.o., Elektroslavonija Osijek  
[zdenko.strmecki@hep.hr](mailto:zdenko.strmecki@hep.hr)

## BLOKIRANJE POGREŠNOG SKLAPANJA APARATA U SREDNJE NAPONSKOM POSTROJENJU IZVEDENOM KOMPAKTNIM SKLOPNIM MODULIMA

### SAŽETAK

Transformatorska stanica 35/10(20) kV Orlovnjak je obnovljena nakon što je potpuno uništena tijekom ratnih razaranja. Postrojenje 35 kV i 10(20) kV je izvedeno kompaktnim sklopnim modulima tipa KSMA.

Uzimajući u obzir izvedbu KSMA blokova bilo je potrebno osmisliti sustav blokada koji će onemogućiti pogrešan pogonski zahvat te zaštititi pogonsko osoblje od ozljede i postrojenje od kvarova koji mogu uzrokovati havariju. U radu su opisane blokade koje se primjenjuju u srednjenaponskim postrojenjima s posebnim osvrtom na blokade koje su izvedene za pojedine vrste polja u TS 35/10(20) kV Orlovnjak. Osobita pažnja posvećena je blokadi upravljanja trofaznom rastavnom sklopkom u položaj uzemljena ako je prisutan povratni napon. Transformatorska polja koja imaju mogućnost uzemljenja električkim putem na višem i nižem naponskom nivou imaju najviše blokadnih uvjeta.

**Glavne riječi:** sustav blokada, blokada uzemljenja, povratni napon

## BLOCKING OF WRONG DEVICE OPERATION IN MIDDLE VOLTAGE SUBSTATIONS DERIVED BY A COMPACT SWITCHGEAR MODULES

### SUMMARY

Transformer station 35/10(20) kV Orlovnjak has been restored after being completely destroyed during the war devastations. 35 kV and 10(20) kV facilities were made using compact switchgear modules, type KSMA.

Bearing in mind the performance of KSMA modules, it was necessary to develop a system that will prevent actions that may be caused by a human mistake, that will protect people from getting injured and that will protect the facility from faults that can cause bigger damage. This article is describing blockades that were used in middle-voltage facilities with a special overview on blockades that were developed for different types of fields in TS 35/10(20) kV Orlovnjak.

Special attention has been devoted to a blockade system of three-state control position disconnecting switch in grounded position if working voltage on the other side is present.

Transformer fields that have a possibility of electrical grounding using electrical means, at higher and lower voltage levels, have more blockade conditions to fulfill.

**Keywords:** blockade system, grounding blockade, working voltage on the other side

## **1. UVOD**

Problem blokiranja pogrešnog sklapanja aparata u postrojenjima pojavljuje se od izgradnje prvih postrojenja. Blokada sprječava izvršenje pogrešnih ili opasnih upravljačkih naloga ali povećava investicije u postrojenja jer traži odgovarajuću osnovnu opremu i posebnu dodatnu opremu. Njena primjena može imati pozitivne ekonomske posljedice u pogonu, jer osigurava ljude i imovinu. Također, članak 262. Pravilnika o tehničkim normativima za elektroenergetska postrojenja nazivnog napona iznad 1000 V obvezuje da: " pogoni naprava što služe za uzemljenje ili električno rastavljanje pojedinih dijelova postrojenja od ostalih dijelova pod naponom moraju imati uređaje za blokiranje ili zaključavanje".

## **2. BLOKADE U SREDNJENAPONSKIM POSTROJENJIMA**

Razvojem srednjenaponskih postrojenja dolazi i do razvoja blokada. U nastavku su ukratko opisane vrste blokada koje se najčešće primjenjuju u srednjenaponskim postrojenjima počevši od najjednostavnijih do najsloženijih. Opširnije o blokadama se nalazi u [1] i [2].

### **2.1. Mehaničke blokade**

Mehaničko blokiranje je najstarije, najjednostavnije ali i najsigurnije blokiranje. Obično se izvodi raznim zasunima, klinovima, svornjacima te zaključavanjem. Mogućnosti za mehaničke blokade nisu velike i često su ograničene na jedno polje jer bi blokiranje aparatima u drugim poljima dovelo do kompliciranih mehanizama.

Mehaničke blokade su tvornički izvedene i vrlo su pouzdane. Navedimo nekoliko primjera. U postrojenju izvedenom klasičnom opremom, rastavljačima se upravlja sustavom poluga takozvanim stremenastim pogonom. Blokada kod sabirničkog rastavljača je izvedena na način da se u krajnjem položaju utakne svornjak kroz odgovarajuću rupu i zaključa bravica. Drugi primjer je vodni (izlazni) rastavljač s noževima za uzemljenje. Tu je izvedena uzajamna blokada, to jest nikada oba aparata ne mogu biti u zatvorenom položaju. Mogu biti oba otvorena, zatvoren prvi ili zatvoren drugi. Na taj način je onemogućena pogrešna radnja.

Primjena mehaničke blokade nalazi se i u modernim postrojenjima. U VDAC blokovima u polju s prekidačem i zemljospojnikom provedena je uzajamna blokada da nikada ne mogu biti uključena oba sklopna aparata. U BVK sklopnim blokovima je moguće uklopiti zemljospojnik jedino ako su kolica sa prekidačem u test položaju. Odnosno, prekidačem je moguće krenuti iz test položaja u pogonski položaj jedino ako je zemljospojnik iskllopljen.

### **2.2. Elektromehaničke blokade**

Elektromehanička blokada radi na principu kotve i svitka sa željeznom jezgrom. U klasičnim postrojenjima koristi se kod ručnog upravljanja vodnim rastavljačem kada se želi spriječiti otvaranje rastavljača «pod teretom». To je izvedeno na način da je uklanjanje blokade izvršeno tek kad se pritiskom deblokadnog tipkala, spojenog u serijski krug s uvjetom da je prekidač u polju isključen, aktivira svitak elektromehaničke blokade. U novijim postrojenjima se ta vrsta blokade rjeđe susreće.

Mogućnosti elektromehaničke blokade su veće nego mehaničke jer se u deblokadni krug može priključiti više serijski spojenih kontakata koji predstavljaju dodatne uvjete kao na primjer otvorena vrata polja, prisutan povratni napon i tako dalje.

### **2.3. Električne blokade**

Električne blokade se primjenjuju u postrojenjima s električkim upravljanjem. Mogućnosti za električnu blokadu su znatne, no često sadrže mnogo kontakata spojenih u seriju. Električna blokada je provedena na način da se na element upravljanja (tipkalo, komandno-potvrдна sklopka ili izvršni relej) dovede napon upravljanja (P1) preveden preko signalnih kontakata svih aparata uključenih u krug blokade. Tu su često uključeni aparati kako u jednom polju, tako i u susjednim i/ili drugim poljima. Za pravilno funkcioniranje takvog sustava je važno da su signalne sklopke dobro podešene i da se kod proširenja postrojenja s novim poljima pažljivo isprojektira, izvede i ispita novo stanje.

Električna blokada djeluje samo ako se upravljački poticaj daje električki. Ručno djelovanje mehaničkim poticajem nije blokirano. Također je moguće mehaničko blokiranje električkog upravljanja

ulaganjem sigurnosnog klina u provrt na pogonu rastavljača. Primjer električne blokade je upravljanje sabirničkim rastavljačima u postrojenjima s dva sustava sabirnica koji su opremljeni elektromotornim pogonima. Sabirnički rastavljač jednog sustava se smije pokretati samo kad su isključeni pripadajući prekidač i rastavljač drugog sustava sabirnica ili uz uključen rastavljač drugog sustava, spojno polje (oba rastavljača i prekidač) mora biti zatvoreno.

## **2.4. Programske blokade**

Povijest programskih blokada je vezana s pojavom računala. Osnovna ideja je bila da se već privedene informacije o položaju aparata iskoriste i za blokadne krugove. Željelo se uvesti takozvane blokirne aparate izvedene pomoću programibilnih logičkih kontrolera (PLC). To u praksi nije zaživjelo.

Tek pojavom terminala polja (feeder terminal) se ostvarila i realizirala ta želja. Naime, dovedene informacije o položaju aparata, stanju plina SF<sub>6</sub>, kontroli isklonog kruga, stanju uklopne opruge su elementi uključeni u krug blokade. Unutar funkcijskih blokova svakog aparata se mogu provesti blokade upravljanja na način da se nalog isključenja ili uključanja sklopnog aparata uvjetuje potrebnim uvjetima. Ako uvjeti nisu ispunjeni na displeju se kod izvođenja naloga javlja poruka da je upravljanje onemogućeno jer nije ispunjena blokadna odnosno deblokadna logika.

## **3. BLOKADE U POSTROJENJU IZVEDENOM KSMA BLOKOVIMA**

Na konkretnom primjeru TS 35/10(20) kV Orlovnjak, koja je izvedena kompaktnim sklopnim modulima serije A, izvedene su opisane blokade.

Vodna i transformatorska polja te polje vlastite potrošnje su izvedena modulima tipske oznake KSMA 24(38)-PS koji sadrže vakuumski prekidač i tropoložajnu vakuumsku rastavnu sklopku. Mjerna polja 24 kV su izvedena modulima tipske oznake KSMA 24-Mpn koja sadrže tropoložajnu vakuumsku rastavnu sklopku, dok je mjerno polje 35 kV izvedeno poljem KSMA 38-Mpn koje sadrži dvopoložajni rastavljač. Sekcijsko polje je ostvareno dvopoložajnom vakuumskom rastavnim sklopkom u modulu tipske oznake KSMA 24-Sp. Jednopolna shema postrojenja TS 35/10(20) kV Orlovnjak se nalazi u dodatku. Svim sklopnim aparatima, izuzev rastavljačem u mjernom polju 35 kV, uz obvezno ručno upravljanje, predviđeno je i električno upravljanje. Električno upravljanje je provedeno s razine polja preko terminala polja te s razine postrojenja sa staničnog računala. Također je predviđeno daljinsko upravljanje svim uređajima koji imaju mogućnost električkog upravljanja u svim položajima: uključeno, isključeno, uzemljeno te odzemljeno.

U postrojenju je provedena programska blokada upravljanja tropoložajnom sklopkom u položaj uzemljena ako je prisutan povratni napon. Opširnije o indikatorima napona sa izlaznim kontaktima koji se koriste u blokadnim krugovima u [3].

### **3.1. Blokade u vodnim poljima 35 kV**

Kao što je već spomenuto, vodna polja sadrže vakuumski prekidač i tropoložajnu rastavnu vakuumsku sklopku. Osnovna načela blokada su:

- a) onemogućiti dovođenje pod napon dijela postrojenja koje ne smije doći pod napon jer je na primjer uzemljeno ili
- b) onemogućiti promjenu uklopnog stanja sklopnim aparatom koji nije dimenzioniran za struje koje se mogu pojaviti pri tom pogonskom događaju.

Prilikom kreiranja logike blokada vodnih polja odustalo se od načela opisanog pod "b" jer se svjesno tropoložajnu rastavnu vakuumsku sklopku koja može prekinuti nazivnu struju tretira kao rastavljač. Dakle, odlučeno je da se promjena uklopnog stanja obavlja isključivo prekidačem, a da tropoložajna rastavna sklopka ima funkciju vodnog rastavljača.

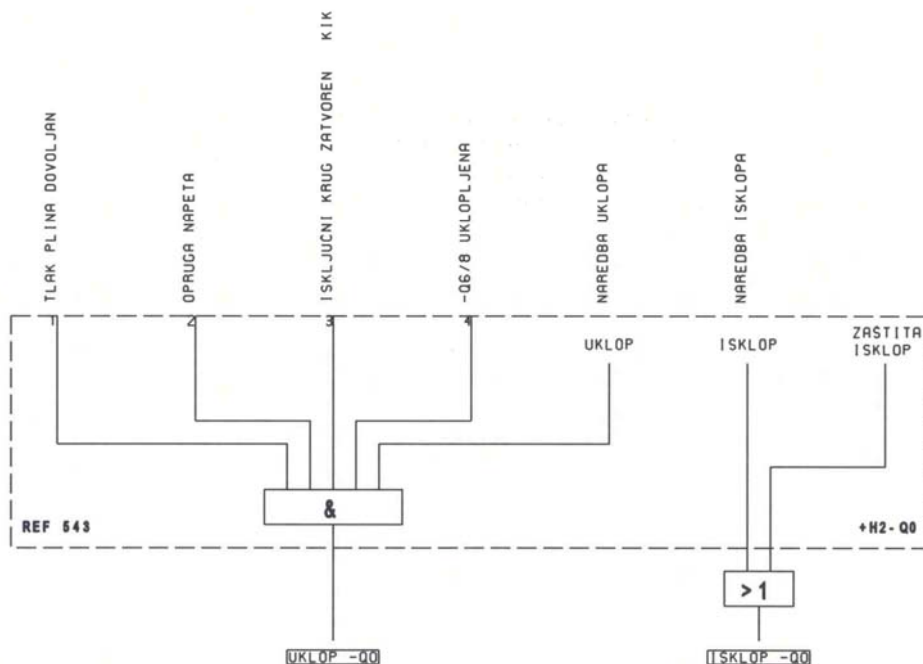
Ručne manipulacije su predviđene isključivo za potrebe održavanja, te iznimno kod otkazivanja električkih upravljačkih naloga. Ručne manipulacije u ovom slučaju nisu ni s čim blokirane stoga ih treba izbjegavati. Električno upravljanje omogućuje izvršenje upravljačkih naloga uz ispunjenje zadanih blokadnih uvjeta [4].

Na temelju nadzora položaja i stanja sklopnih aparata te stanja tlaka plina SF<sub>6</sub> u sklopnom bloku, programski su izvedeni sljedeći blokadni uvjeti za električno upravljanje u vodnim poljima 35 kV:

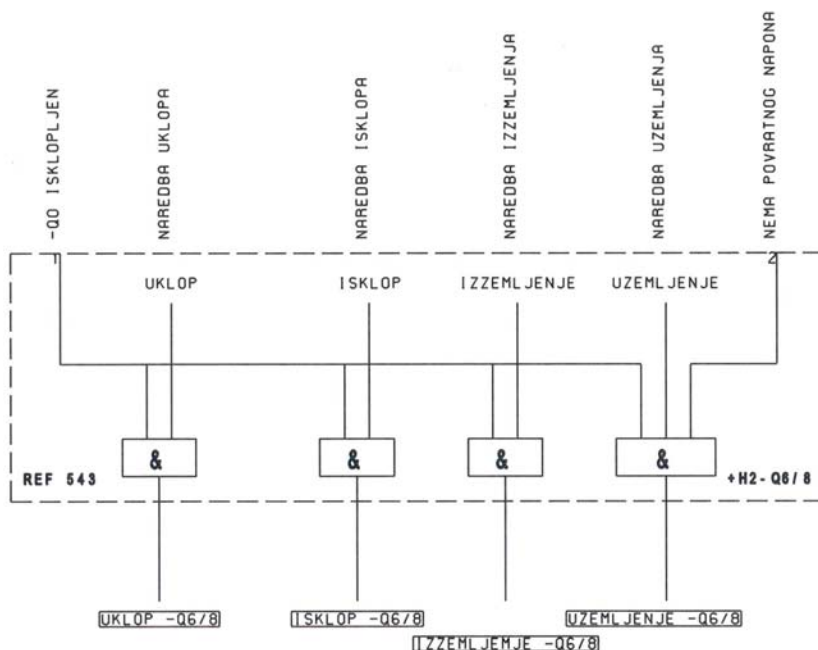
- a) uključenje prekidača –Q0 je moguće ako je dovoljan tlak plina SF<sub>6</sub>, napeta uklopna opruga, zatvoren isključni krug prekidača i uključena tropoložajna sklopka -Q6/8,

- b) isključenje prekidača –Q0 nije ni s čim blokirano,
- c) uključenje tropoložajne sklopke -Q6/8 je moguće ako je isključen prekidač –Q0,
- d) isključenje tropoložajne sklopke -Q6/8 je moguće ako je isključen prekidač –Q0,
- e) odzumljenje tropoložajne sklopke -Q6/8 je moguće ako je isključen prekidač –Q0,
- f) uzumljenje tropoložajne sklopke -Q6/8 je moguće ako je isključen prekidač –Q0 i ako nema povratnog napona.

Logička shema blokade upravljanja prekidačem je prikazana na slici 1., a tropoložajnom rastavnom sklopkom na slici 2.



Slika 1. logička shema blokade upravljanja prekidačem



Slika 2. logička shema blokade upravljanja tropoložajnom sklopkom

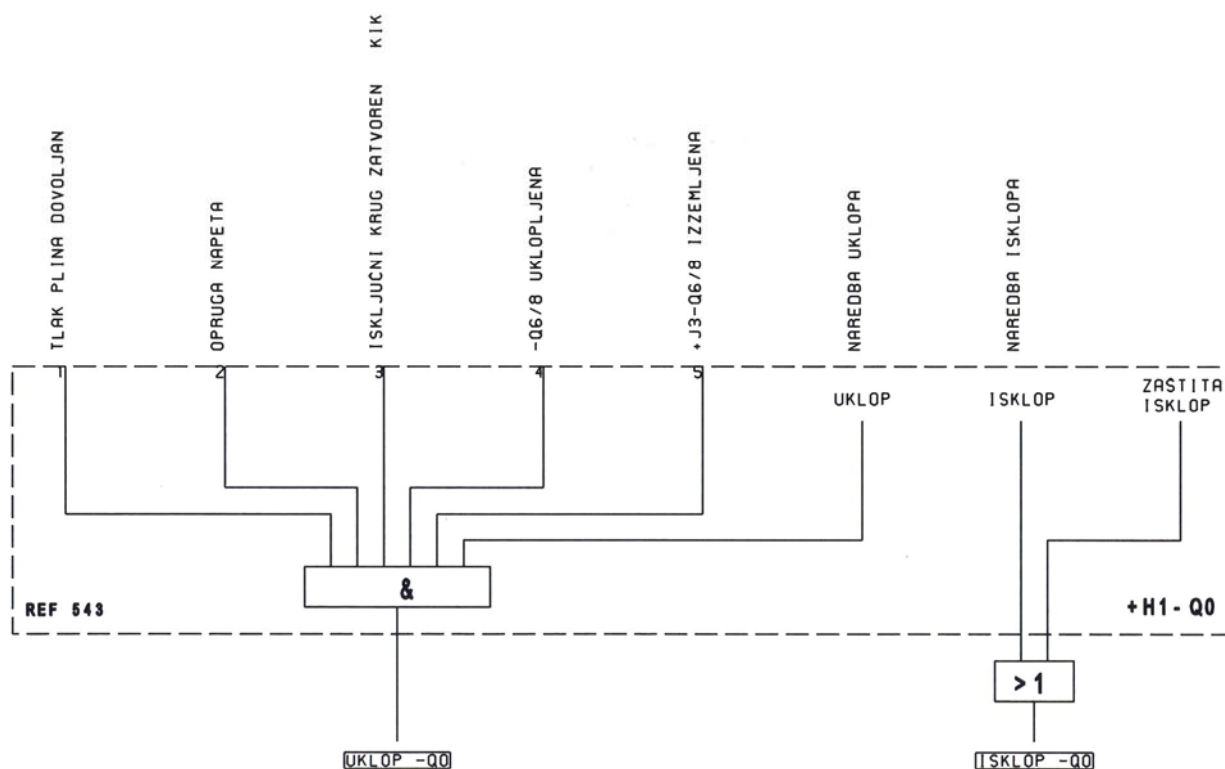
### 3.2. Blokade u transformatorskim poljima 35 kV

Transformatorska polja 35 kV sadrže vakumski prekidač i tropoložajnu rastavnu vakumsku sklopku. Sva načela koja su spomenuta u prethodnoj točki (3.1.) vrijede i ovdje, ali za transformatorska polja 35 kV vrijede dodatni blokadni uvjeti koji su opisani u nastavku.

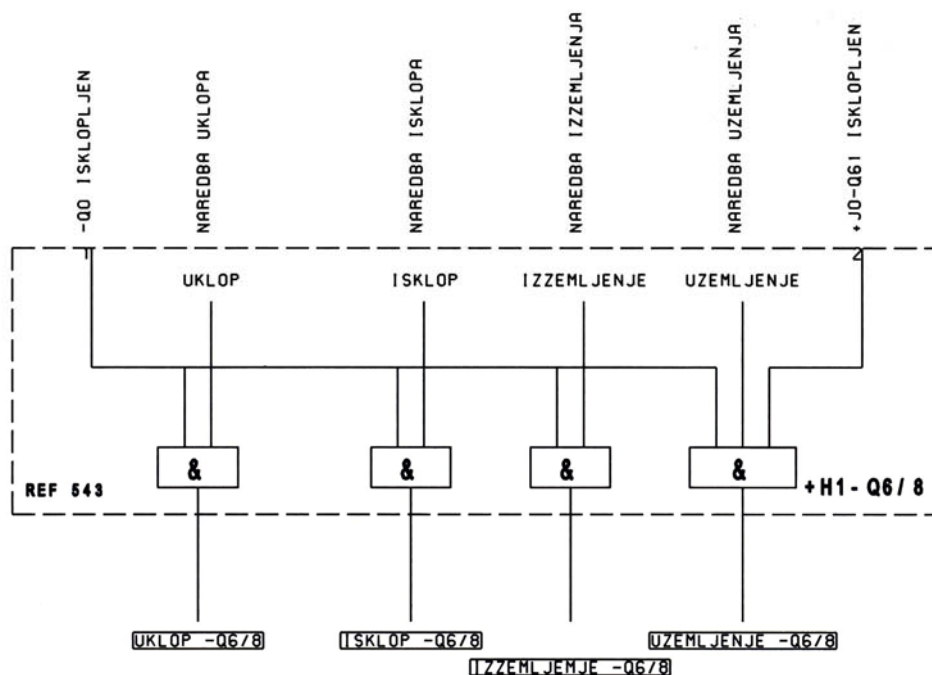
Na temelju nadzora položaja i stanja sklopnih aparata te stanja tlaka plina SF<sub>6</sub>, programski su izvedeni sljedeći blokadni uvjeti za električno upravljanje u transformatorskim poljima 35 kV:

- uključenje prekidača –Q0 je moguće ako je dovoljan tlak plina SF<sub>6</sub>, napeta uklopna opruga, zatvoren isključni krug prekidača, uključena tropoložajna sklopka –Q6/8 i odzemljena tropoložajna sklopka +J3-Q6/8 pripadajućeg transformatorskog polja 10(20) kV,
- isključenje prekidača –Q0 nije ni s čim blokirano,
- uključenje tropoložajne sklopke –Q6/8 je moguće ako je isključen prekidač –Q0,
- isključenje tropoložajne sklopke –Q6/8 je moguće ako je isključen prekidač –Q0,
- odzemljenje tropoložajne sklopke –Q6/8 je moguće ako je isključen prekidač –Q0,
- uzemljenje tropoložajne sklopke –Q6/8 je moguće ako je isključen prekidač –Q0 i ako je isključen pripadajući rastavljač neutralne točke +J0-Q61.

Logička shema blokade upravljanja prekidačem je prikazana na slici 3., a tropoložajnom rastavnom sklopkom na slici 4.



Slika 3. logička shema blokade upravljanja prekidačem



Slika 4. logička shema blokade upravljanja tropoložajnom sklopkom

Kao što se vidi, u transformatorskom polju 35 kV nema blokade uključenja zemljospojnika kad postoji povratni napon jer je blokadom od obrnute transformacije u transformatorskom polju 10(20) kV eliminirana mogućnost pojave povratnog napona što je opisano u točki 3.4.

### 3.3. Blokade u mjernom polju 35 kV

Mjerno polje 35 kV sadrži dvopoložajni rastavljač, ručno upravljani, koji može biti uključen ili uzemljen. Obzirom je rastavljač dimenzioniran za prekidanje male struje koja se pojavljuje prilikom uključenja naponskih mjernih transformatora, u ovom polju nisu potrebne nikakve blokade.

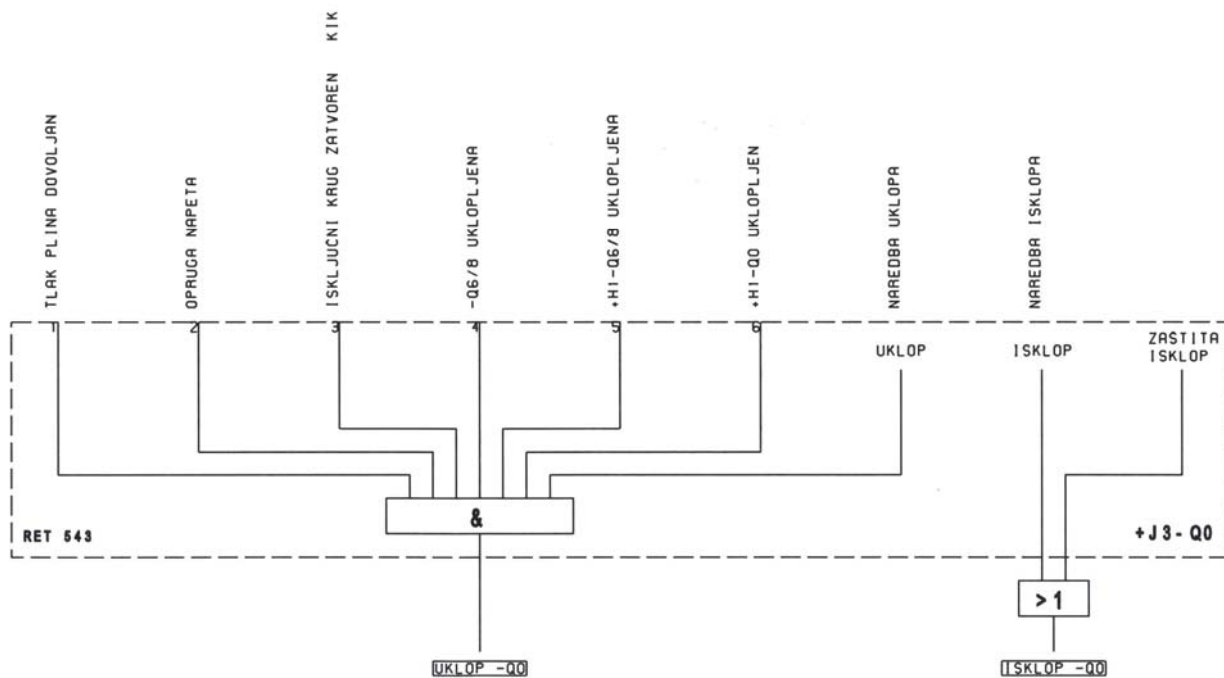
### 3.4. Blokade u transformatorskim poljima 10(20) kV

Transformatorska polja 10(20) kV sadrže vakumski prekidač i tropoložajnu rastavnu vakumsku sklopku. Kako u ovim poljima imamo mogućnost uzemljenja električkim putem te na dodatne blokadne uvjete koje uzrokuje rastavljač neutralne točke 10 kV, ova polja imaju najviše blokadnih uvjeta.

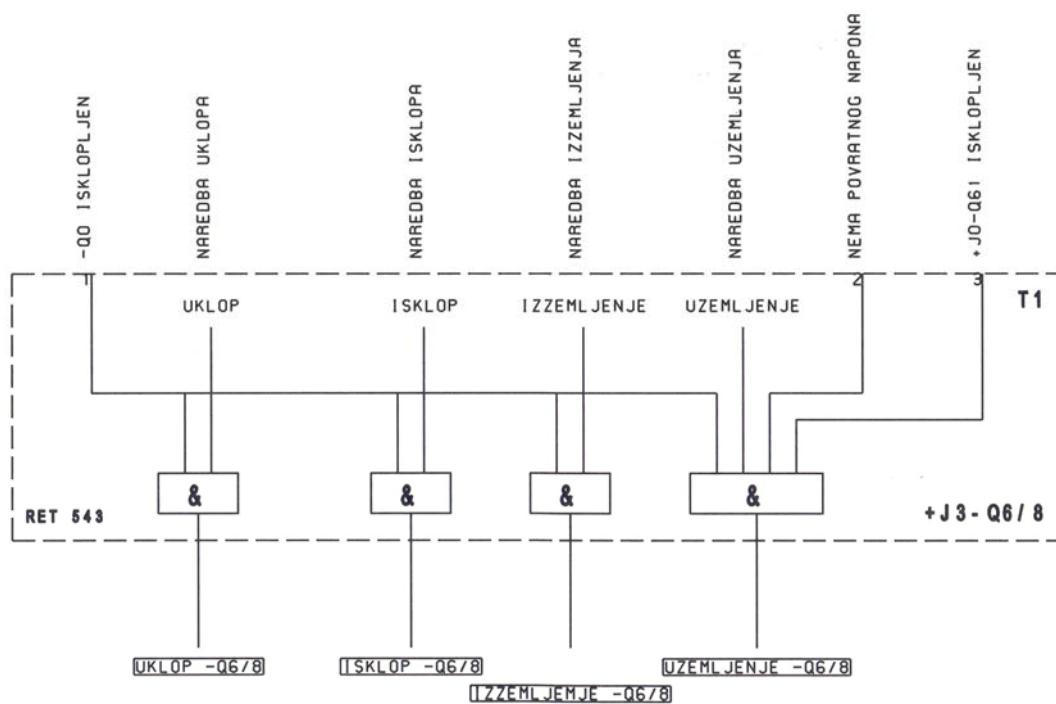
Na temelju nadzora položaja i stanja sklopnihih aparata te stanja tlaka plina SF<sub>6</sub>, programski su izvedeni sljedeći blokadni uvjeti za električno upravljanje u transformatorskim poljima 10(20) kV:

- uključenje prekidača –Q0 je moguće ako je dovoljan tlak plina SF<sub>6</sub>, napeta uklopna opruga, zatvoren isključni krug prekidača, uključena tropoložajna sklopka -Q6/8, uključena tropoložajna sklopka +H1-Q6/8 i prekidač +H1-Q0 pripadajućeg transformatorskog polja 35 kV,
- isključenje prekidača –Q0 nije ni s čim blokirano,
- uključenje tropoložajne sklopke -Q6/8 je moguće ako je isključen prekidač –Q0,
- isključenje tropoložajne sklopke -Q6/8 je moguće ako je isključen prekidač –Q0,
- odzemljenje tropoložajne sklopke -Q6/8 je moguće ako je isključen prekidač –Q0,
- uzemljenje tropoložajne sklopke -Q6/8 je moguće ako je isključen prekidač –Q0, nema povratnog napona i ako je isključen pripadajući rastavljač neutralne točke +J0-Q61.

Logička shema blokade upravljanja prekidačem je prikazana na slici 5., a tropoložajnom rastavnom sklopkom na slici 6.



Slika 5. logička shema blokade upravljanja prekidačem



Slika 6. logička shema blokade upravljanja tropoložajnom sklopkom

### 3.5. Blokade u vodnim poljima 10(20) kV

Vodna polja 10(20) kV su izvedena jednakim tipskim poljima kao i vodna polja 35 kV, stoga su i provedeni isti blokadni uvjeti kao za vodna polja 35 kV koja su obrađena u točki 3.1.

### **3.6. Blokade u mjernim poljima 10(20) kV**

Mjerna polja 10(20) kV sadrže tropoložajnu sklopku. Obzirom je tropoložajna sklopka dimenzionirana za prekidanje male struje koja se pojavljuje prilikom uključanja naponskih mjernih transformatora, a povratni napon nije moguć jer je projektnim rješenjem onemogućen paralelni rad naponskih mjernih transformatora, u ovom polju nisu potrebne nikakve blokade [4].

### **3.7. Blokade u sekcijском polju 10(20) kV**

Sekcijsko polje 10(20) kV sadrži dvopoložajnu sklopku koja može biti uključena ili isključena. Kako je dvopoložajna sklopka dimenzionirana za struje koje se mogu pojaviti prilikom uključanja ili isključanja sekcijskog polja, u ovom polju nisu potrebne nikakve blokade.

### **3.8. Blokade u polju kućnog transformatora 10(20) kV**

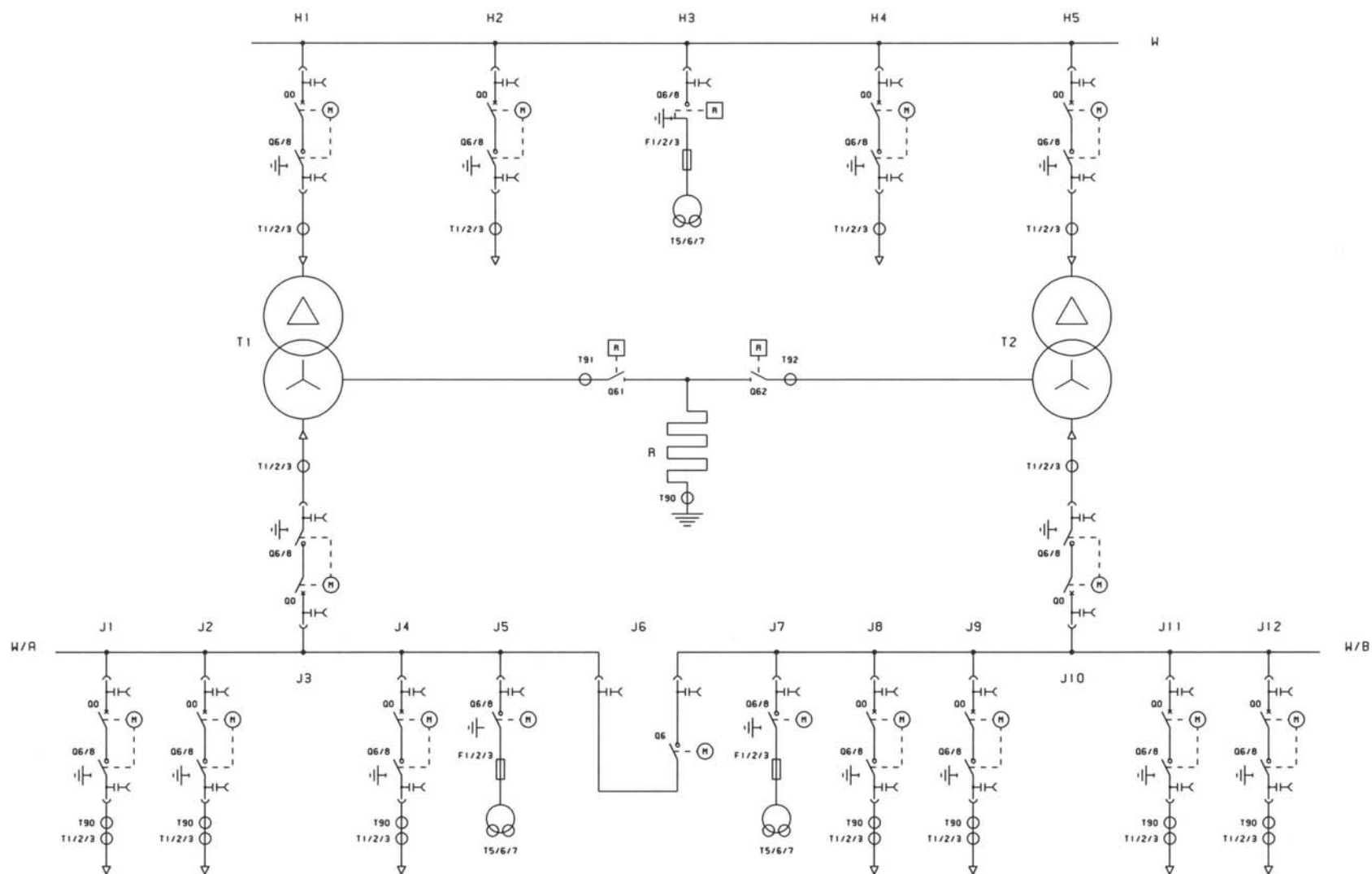
Polje kućnog transformatora 10(20) kV +J12 je izvedeno jednakim tipskim poljem kao i ostala vodna polja 10(20) kV, stoga su i provedeni isti blokadni uvjeti kao za vodna polja 10(20) kV koja su obrađena u točki 3.5. Jedina je razlika što u ovom polju nemamo uređaj za procesiranje povratnog napona pa niti blokade uključanja zemljospojnika kad postoji povratni napon jer se isti ne može niti pojaviti.

## **4. ZAKLJUČAK**

Provedbom opisanih blokadnih uvjeta za električno upravljanje u srednjenaponskom postrojenju izvedenom KSMA blokovima, eliminirana je mogućnost pogrešne manipulacije.

U slučaju daljinskog upravljanja tropoložajnom rastavnom sklopkom u položaj uzemljena, preporuča se primjena blokade kada postoji mogućnost povratnog napona. Mogućnosti programskih blokada su velike i svaki investitor se može odlučiti koje blokadne uvjete će uvrstiti u proces. Postupkom programiranja terminala polja, koji posjeduje sve potrebne informacije o procesu, definiraju se željeni blokadni uvjeti. Primjenom blokada povećavaju se investicije u postrojenja, ali se zbog toga povećava i sigurnost postrojenja jer je mogućnost pogreške praktički eliminirana. Stoga zaključujemo da je opravdano ulaganje u blokade radi zaštite osoblja i postrojenja.





DODATAK- Jednopolna shema TS 35/10(20) kV Orlovnjak

## LITERATURA

- [1] Hrvoje Požar, „Visokonaponska rasklopna postrojenja“, Tehnička knjiga Zagreb, lipanj 1973.
- [2] Slavko Krajcar, Marko Delimar, „Električna postrojenja“, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2008/09.
- [3] Mario Pisačić, Zdenko Strmečki, „Indikatori napona u zrakom izoliranim sklopnim blokovima srednjeg napona“, 1. savjetovanje HO CIRED, Šibenik, 18.-21. svibnja 2008. godine.
- [4] „Izvedbeni projekt TS 35/10(20) kV Orlovnjak“, HEP-ODS d.o.o., Elektroslavonija Osijek, Knjiga E-1, Tekst i proračuni, srpanj 2008. i Knjiga E-2, Strujne sheme, listopad 2008.