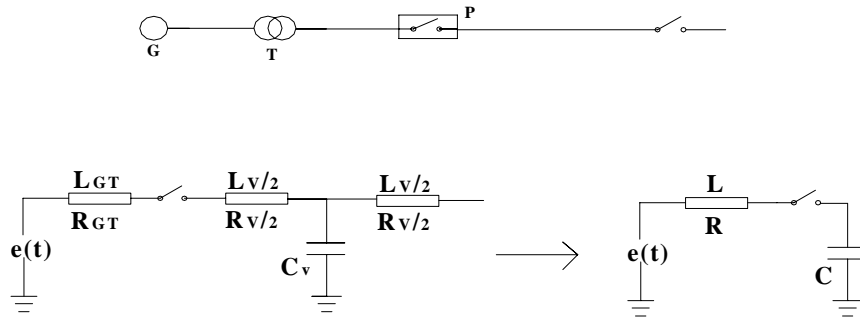


2. Teorijski osvrt na proračun sklopnih prenapona u postrojenju

2.1. Sklopni prenaponi izazvani manipulacijom prekidačem

2.1.1. Uključenje voda u praznom hodu



Slika 5 - Prikaz ekvivalentne seme za proračun sklopnih prenapona pri uključenju voda u pr. hodu

- Na kondenzatoru C u trenutku uključenja ($t=0$) napon je nula : $U_{C0} = 0$

$$e(t) = E_m \cos(\omega t + \varphi); \omega = 314 \text{ rad/s} \quad E_m = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} E \quad (E_m - \text{temena fazna}$$

vrednost)(1)

(E - efektivna linijska

vrednost)

- Napon na kondenzatoru će biti :

$$u_C(t) = E_m k_f \cos(\omega t + \varphi) - E_m k_f \cos \varphi \cos \omega_1 t \cdot e^{-\delta t} + E_m k_f \left(\frac{\omega}{\omega_1}\right) \sin \varphi \sin \omega_1 t \cdot e^{-\delta t} \dots\dots\dots$$

.....(2)

gde je : $k_f = \frac{1}{1 - (\frac{\omega}{\omega_1})^2}$ koeficijent Ferantijevog efekta (uvek je veći od 1)

$$\delta = \frac{R}{2L} \quad \text{koeficijent prigušenja}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{učestanost prigušenja}$$

- Kada je $\omega = \omega_1$ tada vod pada u rezonantnu učestanost .

- Prvi član izraza za $u_c(t)$ menja se sa industrijskom učestanošću ω , drugi član se menja sa visokom učestanošću ω_1 i vremenom se prigušuje, dok se treći član zanemaruje jer je $\omega_1 \gg \omega$, pa će sada izraz imati sledeći oblik :

$$u_c(t) = E_m k_f \cos(\omega t + \varphi) - E_m k_f \cos \varphi \cos \omega_1 t \cdot e^{-\delta t}$$

.....(3)

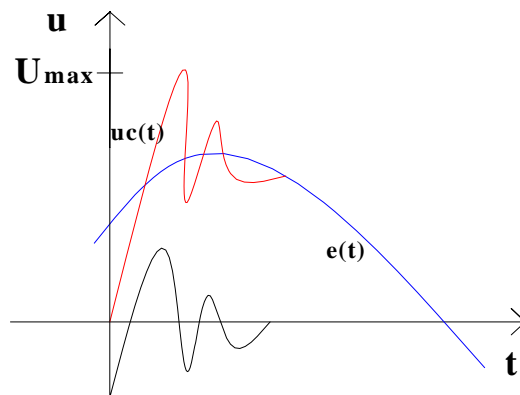
- Prvi član ovog izraza je ustaljeni član, dok je drugi promenljiv i kada je $\cos \omega_1 t = -1$ tada $u_c(t)$ dostiže maksimalnu vrednost. To će se, dakle, dogoditi kada bude važno :

$\omega_1 t = \pi$, tj. $t_{\max} = \frac{\pi}{\omega_1}$. Ako se pri ovome još pretpostavi i $\omega \cdot \frac{\pi}{\omega_1} \approx 0$ tada je prvi član izraza oblika : $E_m k_f \cos \varphi$

- Maksimalni prenapon koji se može javiti na vodu ima se ako se njegovo uključenje izvrši u trenutku $\varphi = 0$ (slika 6) i imaće vrednost :

$$U_{\max} = E_m k_f (1 + e^{-\delta t_{\max}}), \quad \text{za} \quad \omega_1 t = \pi, \varphi = 0$$

.....(4)



Slika 6 - Prikaz maksimalnog prenapona pri uključenju voda u pr. hodu

- U cilju boljeg sagledavanja visine prenapona uveden je *koeficijent prenapona* (k):

$$k = \frac{U_{\max}}{E_m k_f} \quad (1 < k < 2)$$

.....(5)

pa se za najkritičniji slučaj ($\omega_1 t = \pi, \varphi = 0, \delta = 0$) ima : $U_{\max} = 2E_m k_f$

Za kraće vodove (20-30 km) : $k = 1,5 \sim 1,8$

- Ako je vod trofazni , bar u jednoj od faza se javljaju visoki prenaponi .

2.1.2. Isključenje malih kapacitivnih struja

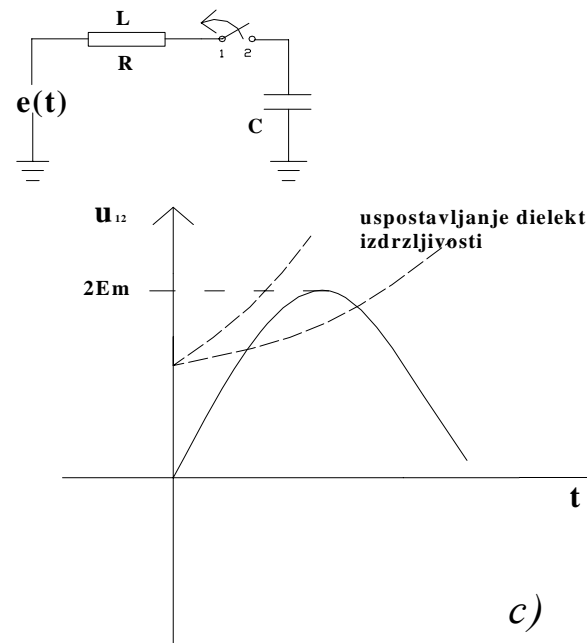
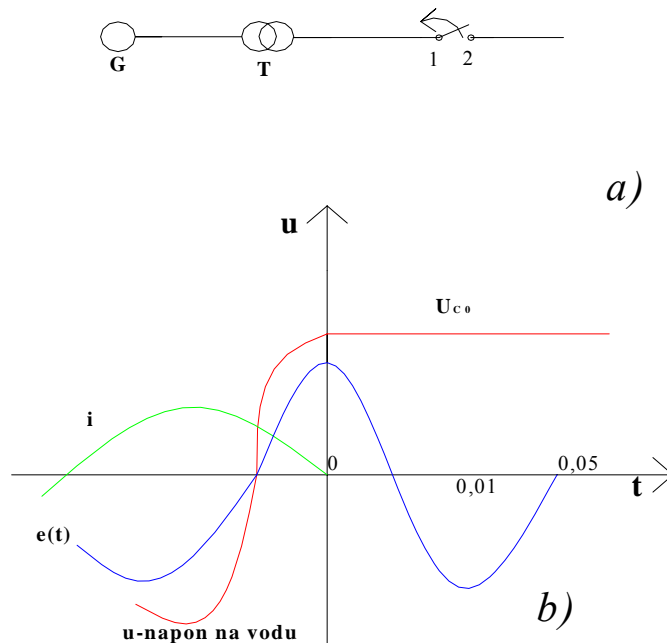
- Ovde spadaju :

- Isključenje voda u praznom hodu
- Isključenje baterije kondenzatora

- Postoje dve vrste prekidača :

- 1) Prekidači sa zavisnom karakteristikom gašenja luka
- 2) Prekidači sa nezavisnom karakteristikom gašenja luka

- Ova operacija je problematična za prekidače sa zavisnom karakteristikom gašenja luka (malouljne) jer može doći do ponovnog paljenja luka što se ne može desiti ako je u upotrebi neki od prekidača sa nezavisnom karakteristikom gašenja luka .



Slika 7 – a) Prikaz ekvivalentne šeme za proračun sklopnih prenapona pri isključivanju voda u praznom hodu ; b) Ilustracija napona i struja u kolu pri navedenoj manipulaciji ; c) Različite brzine uspostavljanja dielektrične izdržljivosti u kolu

- U trenutku gašenja luka ostaje napon na kondenzatoru : $U_{C_0} = E_m k_f \cdot e^{-\delta t}$
.....(6)

- Napon između kontakata prekidača je : $u_{12}(t) = U_{C_0} - E_m \cos \omega t$
.....(7)

- Ukoliko se dielektrična izdržljivost sporo uspostavlja može doći do ponovnog paljenja luka između kapacitivnosti prekidača . Ponovno paljenje luka je isto što i zatvaranje prekidača , pa napon na kondenzatoru na kome već postoji zaostali napon U_{C_0} ima vrednost :

$$u_C(t) = E_m k_f \cos(\omega t + \varphi) - E_m k_f \cos \varphi \cos \omega_1 t \cdot e^{-\delta t} + E_m k_f \frac{\omega}{\omega_1} \sin \varphi \sin \omega_1 t \cdot e^{-\delta t} + U_{C_0} \cos \omega_1 t \cdot e^{-\delta t}$$

.....(8)

$$\approx 0 \text{ (jer je } \frac{\omega}{\omega_1} \approx 0 \text{)}$$

$$u_C(t) = E_m k_f \cos(\omega t + \varphi) - (E_m k_f \cos \varphi - U_{C_0}) \cos \omega_1 t \cdot e^{-\delta t}$$

.....(9)

~ slobodan član ~ ~ prelazna komponenta ~

- Amplituda prelazne komponente zavisi od razlike trenutne vrednosti ems i zaostalog napona U_{C_0} .

Najviša amplituda prelaznog napona ima se ako do ponovnog paljenja luka dodje u trenutku kada je $\varphi = \pi$. Dakle, uz pretpostavku da je do ponovnog paljenja luka

došlo u trenutku $t_{\max} = \frac{\pi}{\omega_1}$, $\varphi = \pi$ ima se

$$U_{\max} = E_m k_f \cos\left(\frac{\omega}{\omega_1} \pi + \pi\right) - (E_m k_f \cos \pi - U_{C_0}) \cdot \cos \omega_1 t \cdot e^{-\delta t_{\max}}$$

.....(10)

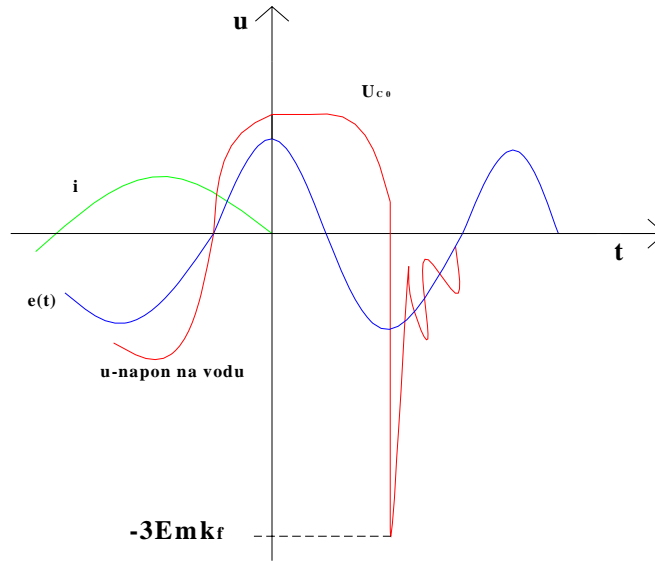
- Ako još uvedemo i pretpostavke da je $\omega_1 \gg \omega$ i da je $U_{C_0} \approx E_m k_f$ dobiće se :

$$U_{\max} = -E_m k_f - 2E_m k_f \cdot e^{-\delta t_{\max}} \approx -3E_m k_f$$

.....(11)

- Dakle, koeficijent prenapona može dostići vrednost $k = 3$.

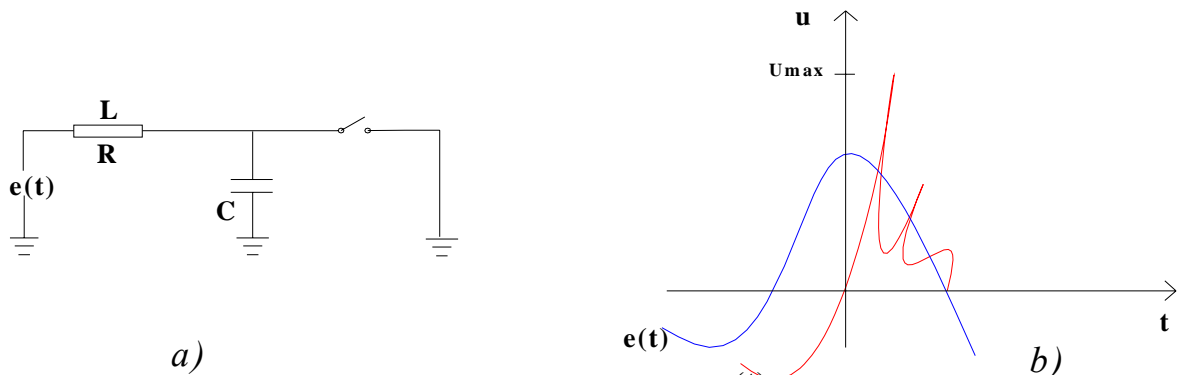
- Oblik napona za najkritičniji slučaj isključenja malih kapacitivnih struja je :



Slika 8 – Oblik napona za najkritičniji slučaj isključenja malih kapacitivnih struja

2.1.3. Isključenje kratkog spoja

- U VN mrežama gašenje luka kratkog spoja uvek se odvija kada struja kroz prekidač prolazi kroz nulu jer je u tom trenutku temperatura prostora najniža, najmanja je brzina jonizovanih čestica, ali je i ems tada maksimalna. Smatramo da je kratki spoj nastao neposredno iza prekidača.



Slika 9 - a) Ekvivalentna sema za proracun prenapona pri isključenju kr. spoja
 b) Prikaz prenapona koji se javlja u navedenom slucaju

- U trenutku gašenja napon na kondenzatoru je jednak nuli , a zatim dostiže maksimum . Struja je induktivna jer je u kratkom spoju induktivnost dominantna ($L \gg R$) .
- Napon na kondenzatoru u toku isključenja kratkog spoja je :

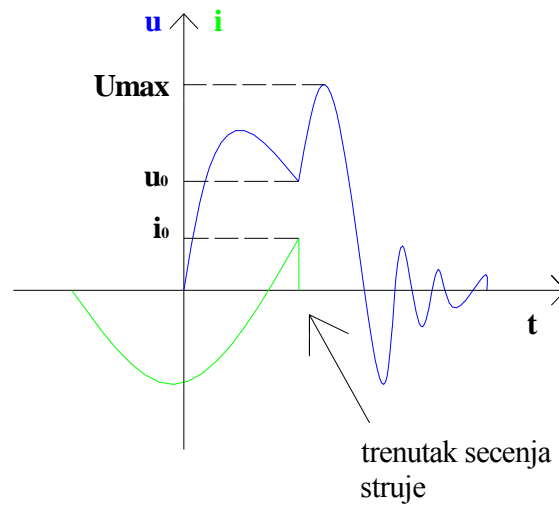
$$u_c(t) = E_m \cos \omega t - E_m \cos \omega_1 t \cdot e^{-\delta t} \dots\dots\dots(12)$$

- Ako zanemarimo prigušenje ima se $U_{\max} \approx 2E_{\max}$, tj. $k = 2$, međutim , u realnim uslovima važi da je $k = 1,3 \div 1,6$
- Ovi prenaponi nisu opasni za izolaciju , već su opasni za prekidače .
- Prelazni povratni napon je napon koji se uspostavlja između kontakata prekidača nakon gašenja luka . Zbog toga je izuzetno važno da se dielektrična izdržljivost što pre uspostavi jer će posledica njenog sporog uspostavljanja biti ponovno paljenje luka . Ovo je razlog zbog koga je brzina uspostavljanja dielektrične izdržljivosti veoma važna karakteristika prekidača .
- Konstrukcija prekidača dozvoljava da se nakon isključenja i beznaponske pauze prekidač ponovo uključi (*isključenje sa ponovnim automatskim uključenjem – APU*). Ukoliko je kvar u toku beznaponske pauze otklonjen , tj. reč je bio o kvaru prolaznog karaktera što je slučaj kod većine kvarova u EES-u , sistem će se nakon uključenja prekidača vratiti u normalno pogonsko stanje . Ukoliko se , pak , desi da se prekidač ponovo isključi , tada se radi o trajnom kvaru koji se mora na drugi način otkloniti . Postoje dve vrste ovih isključenja : *monofazno* , koje se primenjuje na VN mrežama ne bi li se prenos električne energije nastavio preko dve zdrave faze i time ostvario kontinuitet

snabdevanja konzuma , i *trofazno* , koje se koristi na SN mrežama i kod koga se prekidači pokreću jednim mehanizmom istovremeno za sva tri kontakta .

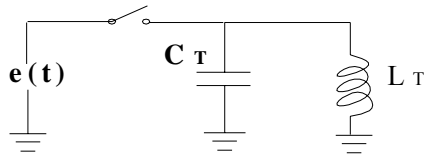
2.1.4. Isključenje malih induktivnih struja

- Ovakva isključenja dešavaju se u sledećim slučajevima :
 - 1) Isključenje transformatora u praznom hodu
 - 2) Isključenje transformatora opterećenog prigušnicom
 - 3) Isključenje motora u praznom hodu
 - 4) Isključenje motora u fazi zaletanja



Slika 10 - Prikaz isključenja malih induktivnih struja

- Kada se prekidaju male struje koriste se prekidači sa nezavisnom karakteristikom koji mogu da prekinu luk i pre nego što struja prodje kroz nulu.



Slika 11 - Ekvivalentna sema za proračun sklopnih prenapona pri isključenju malih induktivnih struja

$$E_L = \frac{1}{2} L_T i_0^2 \quad - \quad \text{elektromagnetna energija pre sečenja} \quad (i_0 = I_m \sin \varphi)$$

.....(13)

$$E_C = \frac{1}{2} C_T U_0^2 \quad - \quad \text{elektrostatička energija pre sečenja} \quad (U_0 = U_m \cos \varphi)$$

.....(14)

- Nakon sečenja je $i_0 = 0$ pa će celokupna energija preći u elektrostatičku :

$$E_C'' = E_L + E_C$$

.....(15)

$$\frac{1}{2} C_T U_{\max}^2 = \frac{1}{2} L_T i_0^2 + \frac{1}{2} C_T U_0^2$$

.....(16)

$$U_{\max} = \sqrt{U_0^2 + \eta \frac{L_T}{C_T} i_0^2}$$

.....(17)

($\eta = 0,4 \div 0,6$ stepen iskorišćenja)

2.2. Sklopni prenaponi izazvani manipulacijom rastavljačem

- Kod manipulacija rastavljačem dolazi do višestrukog paljenja i gašenja luka . Kao posledica , pojavljuju se male kapacitivne struje , međjutim , ovde su pojave izuzetno brze (*Very Fast (Front) Transients*) pa se nakon pojave paljenja luka javljaju oscilatorne pojave u obliku putujućih prenaponskih talasa frekvencije reda MHz . Ove pojave nisu opasne za izolaciju postrojenja , ali se javljaju smetnje u sistemima za zaštitu , merenje i upravljanje . Opasnost je najizraženija u SF_6 postrojenjima gde se sabirnice nalaze na kraćim rastojanjima, pa su i kapaciteti znatno veći . To uslovljava da je ω_1 veće, pa su usled toga i kapacitivne struje ($I_C = \omega_1 \cdot C \cdot U$) znatno višeg intenziteta , reda čak kA .

- Visokonaponska postrojenja radnog napona do 800 kV se koriste za prenos i distribuciju električne energije u gradovima , regijama i industrijskim centrima . Glavne prednosti ovih postrojenja su :

- Visoka pouzdanost
- Niski troškovi životnog ciklusa
- Mali zahtevani prostor

Ove prednosti omogućavaju nalaženje lokacije blizu potrošačkih centara .

- Visokonaponska postrojenja izolovana vazduhom za napone $U_n \geq 110kV$ zahtevaju dosta prostora , pa se grade na otvorenom prostoru . Medjutim , u gradovima i u industrijskim kompleksima prostor je deficitaran i skup . Iz tog razloga se kao rešenje javljaju metalom oklopljena i SF_6 gasom izolovana postrojenja . Ona se grade kao modularne ćelije , koje spajanjem formiraju postrojenje . Modularna ćelija sadrži sve rasklopne aparate i merne transformatore . Kako je SF_6 (sumpor heksa-fluorid) mnogo bolji izolator od vazduha , rastojanja u modulu su znatno manja . Zato ova postrojenja imaju male gabarite i mogu se smestiti u zgrade . SF_6 postrojenje može biti trofazno ili jednofazno oklopljeno . Kod jednofazno oklopljenog postrojenja koji je primenjen u HE "Višegrad" ima se pravilnija raspodela polja , ali se takodje ima i složeniji oklop u odnosu na trofazno izolovano postrojenje . Prostor unutar ćelije podeljen je na komore koje su gasno izolovane . Dominantne prednosti primene metalom oklopljenih i gasom SF_6 izolovanih postrojenja su :

- male dimenzije
- hermetička zatvorenost
- odsustvo meteo uticaja
- odsustvo uticaja nadmorske visine jer je sve pod konstantnim pritiskom (2 - 4 puta višim od atmosferskog)
- odsustvo smetnji pri koroni
- izolacija je samoobnovljiva
- čak do 20% vazduha u SF_6 ne utiče bitno na izolaciona svojstva
- velika moć dejonizacije
- vrlo malo razlaganje pod dejstvom luka
- brzo uspostavljanje dielektrične čvrstoće na mestu luka
- nizak napon luka
- pritisak SF_6 gasa malo varira sa promenom temperature

- Ovakva postrojenja bez održavanja rade i do 10 godina . Svi proizvođači garantuju isticanje gasa do 1% godišnje .

- U ovom radu biće izvršena analiza prenapona izazvanih sklopnim operacijama rastavljačima i prekidačima u metalom oklopljenom i SF_6 gasom izolovanom postrojenju

- Prenaponi izazvani sklopnim operacijama rastavljačem u metalom oklopljenom i SF_6 gasom izolovanom postrojenju odlikuju se izrazito kratkim vremenom uspona (od 5 do 20 ns) . Zbog ovog svojstva ovi prenaponi su nazvani **vrlo brzi prenaponi** (*Very Fast Transients – VFT*) i mogu izazvati znatno naprezanje izolacije elemenata SF_6 postrojenja. Ujedno, ovi prenaponi predstavljaju potencijalni izvor smetnji koje mogu uticati na ispravnost rada sistema za upravljanje i zaštitu . Naime , jedan deo generisanog prenapona prenosi se preko parazitnih kapacitivnosti do komandno – signalnih kablova ugrađenih strujnih i naponskih transformatora . Ovi prenaponi putuju do sekundarnih priključaka sistema za upravljanje i zaštitu razvodnog postrojenja .

- Rastavljač osim osnovne funkcije fizičkog odvajanja dela kola i drugih funkcija , vrši i sklapanje kapacitivnih struja neopterećenih sabirnica , provodnih izolatora , mernih i sklopnih aparata itd.

- Karakteristike rada rastavljača pri sklapanju malih kapacitivnih struja u metalom oklopljenom postrojenju u odnosu na klasična otvorena postrojenja su :

- visok gradijent električnog polja izmedju luka i uzemljenog oklopa za vreme operacije sklapanja
- veće kapacitivne struje zbog većih specifičnih kapaciteta prema zemlji
- manje talasne impedanse
- veći gradijent prelaznog napona i struje

- Kada napon izmedju kontakata rastavljača predje dielektričnu čvrstoću razmaka iskrišta , javljaju se ponovna paljenja ili predpaljenja usled kojih protiču visokofrekventne struje koje nastoje da izjednače napone napojne strane i strane tereta . Zbog male brzine kontakata (reda cm/sec) ponovna paljenja se javljaju i do 100 puta po operaciji . Ponovna paljenja izazivaju putujuće talase čiji se oblik formira unutar metalom oklopljenog postrojenja i čije su frekvencije do nekoliko desetina MHz (zavisno od konfiguracije postrojenja) . Prenaponi mogu , zavisno od naponskog nivoa , dostići tolike vrednosti koje mogu izazvati preskok sa sabirnice na uzemljeni oklop . Zbog toga je važno tačno poznavati kritična mesta u postrojenju gde se mogu javiti najviši prenaponi kako bi se izvršio pravilan izbor zaštite .

Za sagledavanje najstrožijih uslova koji se mogu desiti pri sklapanju malih kapacitivnih struja rastavljačem , potrebno je razmotriti sledeće slučajeve :

- sklapanje kratke deonice u praznom hodu sa strane opterećenja
- sklapanje dugih sekcija sabirnica sa strane opterećenja pri čemu mogu biti uključene i ostale komponente (prekidač , energetski transformatori , itd.)
- sklapanje pri opoziciji faza.

- **Porast potencijala metalnog oklopa** gasom SF_6 izolovanog postrojenja je jedan od fenomena uočenih u praksi pri sklopnim operacijama rastavljačem . Ovaj fenomen , u literaturi poznat pod nazivom *Transient Ground Potential Rise – TGPR* , manifestuje se varničenjem izmedju oklopa i ostalih uzemljenih delova i može oštetiti pojedine komponente sistema za upravljanje i zaštitu i ugroziti pogonsko osoblje gasom SF_6

izolovanog postrojenja . Posledice ovog porasta potencijala metalnog oklopa koji može dostići vrednosti reda 100 kV i više mogu postati dominirajući faktor za strujna kola kontrole , zaštite i merenja .

- Uzroci porasta potencijala metalnog oklopa su :

- Sklopne operacije rastavljačem u gasom SF_6 izolovanom postrojenju
- Kvarovi unutar gasom SF_6 izolovanog postrojenja , kao što su kratki spojevi
- Kvarovi izvan gasom SF_6 izolovanog postrojenja , kao što su kratki spojevi ili atmosferska pražnjenja

- Prenaponi izazvani sklopnim operacijama rastavljačem u metalom oklopljenom i SF_6 gasom izolovanom postrojenju odlikuju se izrazito kratkim vremenom uspona (od 5 do 20 ns) . Zbog ovog svojstva ovi prenaponi su nazvani **vrlo brzi prenaponi** (*Very Fast Transients – VFT*) i mogu izazvati znatno naprezanje izolacije elemenata SF_6 postrojenja . Ujedno , ovi prenaponi predstavljaju potencijalni izvor smetnji koje mogu uticati na ispravnost rada sistema za upravljanje i zaštitu . Naime , jedan deo generisanog prenapona prenosi se preko parazitnih kapacitivnosti do komandno – signalnih kablova ugrađenih strujnih i naponskih transformatora . Ovi prenaponi putuju do sekundarnih priključaka sistema za upravljanje i zaštitu razvodnog postrojenja .

- Rastavljač osim osnovne funkcije fizičkog odvajanja dela kola i drugih funkcija , vrši i sklapanje kapacitivnih struja neopterećenih sabirnica , provodnih izolatora , mernih i sklopnih aparata itd.

- Karakteristike rada rastavljača pri sklapanju malih kapacitivnih struja u metalom oklopljenom postrojenju u odnosu na klasična otvorena postrojenja su :

- visok gradijent električnog polja između luka i uzemljenog oklopa za vreme operacije sklapanja
- veće kapacitivne struje zbog većih specifičnih kapaciteta prema zemlji
- manje talasne impedanse
- veći gradijent prelaznog napona i struje

- Kada napon između kontakata rastavljača predje dielektričnu čvrstoću razmaka iskrišta , javljaju se ponovna paljenja ili predpaljenja usled kojih protiču visokofrekventne struje koje nastoje da izjednače napone napojne strane i strane tereta . Zbog male brzine kontakata (reda cm/sec) ponovna paljenja se javljaju i do 100 puta po operaciji . Ponovna paljenja izazivaju putujuće talase čiji se oblik formira unutar metalom oklopljenog postrojenja i čije su frekvencije do nekoliko desetina MHz (zavisno od konfiguracije postrojenja) . Prenaponi mogu , zavisno od naponskog nivoa , dostići tolike vrednosti koje mogu izazvati preskok sa sabirnice na uzemljeni oklop . Zbog toga je važno tačno poznavati kritična mesta u postrojenju gde se mogu javiti najviši prenaponi kako bi se izvršio pravilan izbor zaštite .

Za sagledavanje najstrožijih uslova koji se mogu desiti pri sklapanju malih kapacitivnih struja rastavljačem , potrebno je razmotriti sledeće slučajeve :

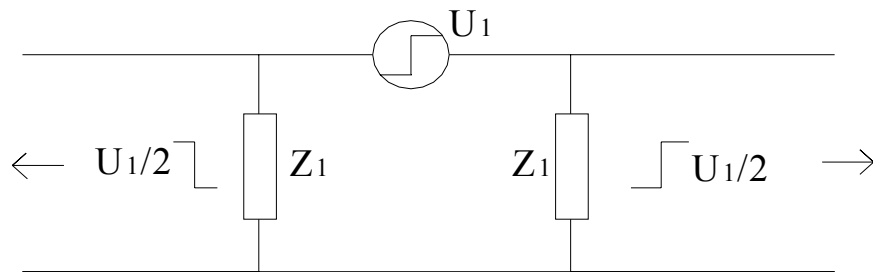
- sklapanje kratke deonice u praznom hodu sa strane tereta
- sklapanje dugih sekcija sabirnica sa strane tereta pri čemu mogu biti uključene i ostale komponente (prekidač , energetska transformatori , itd.)
- sklapanje pri opoziciji faza

- **Porast potencijala metalnog oklopa** gasom SF_6 izolovanog postrojenja je jedan od fenomena uočenih u praksi pri sklopnim operacijama rastavljačem . Ovaj fenomen , u literaturi poznat pod nazivom *Transient Ground Potential Rise – TGPR* , manifestuje se varničenjem izmedju oklopa i ostalih uzemljenih delova i može oštetiti pojedine komponente sistema za upravljanje i zaštitu i ugroziti pogonsko osoblje gasom SF_6 izolovanog postrojenja . Posledice ovog porasta potencijala metalnog oklopa koji može dostići vrednosti reda 100 kV i više mogu postati dominirajući faktor za strujna kola kontrole , zaštite i merenja .

- Uzroci porasta potencijala metalnog oklopa su :

- Sklopne operacije rastavljačem u gasom SF_6 izolovanom postrojenju
- Kvarovi unutar gasom SF_6 izolovan ostrojenja , kao što su kratki spojevi ili atmosferska pražnjenja

- Prva dva uzroka dovode do brzog sloma dielektrične čvrstoće gasa SF_6 . Kao posledica ovog sloma generiše se putujući talas izrazito kratkog vremena uspona (U_1) . Za slučaj sklopne operacije rastavljačem ovaj putujući talas se deli na dve komponente koje putuju od rastavljača (slika 1)



Slika 1 - Ekvivalentna sema za ilustrovanje nastanka vrlo brzih prenapona usled uključenja rastavljacu u SF_6 postrojenju

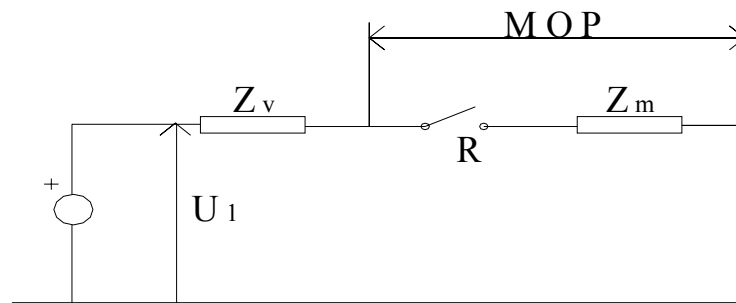
- Oznaka Z_1 predstavlja talasnu impedansu tzv. unutrašnjeg sistema sastavljenog od površine provodnika i unutrašnje površine metalnog oklopa. Maksimalna vrednost prenapona U_1 jednaka je dvostrukoj amplitudi faznog napona .

- Sistem uzemljenja i njegovi spojevi na električnu opremu su predviđeni da provode struju kratkog spoja industrijske frekvencije bez porasta potencijala koji mogu ugroziti

ljudske živote . Impedansa uzemljivačkog sistema je uglavnom induktivnog karaktera i stoga raste sa frekvencijom . Frekvencija u kHz-nom području neće usloviti veliki porast napona uzemljivačkih delova jer su struje zanemarljive u odnosu na struje kratkog spoja . U MHz-nom području , međutim , impedansa uzemljivačkog sistema dostiže velike vrednosti tako da , uprkos niskim vrednostima struja, naponske razlike između uzemljenih delova dostižu 100 kV , pa i više .

- Situacije u kojima rastavljač u metalom oklopljenom postrojenju može da vrši sklapanje malih kapacitivnih struja su :

1) Sklapanje deonice metalom oklopljenog postrojenja



Slika 2 - Sklapanje deonice metalom oklopljenog postrojenja

U_1 - napon izvora

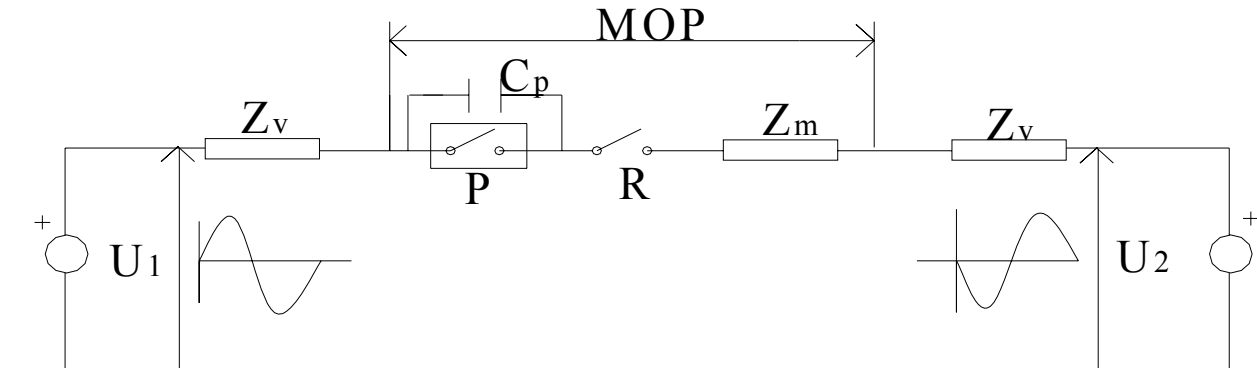
Z_v - talasna impedansa priključnih vodova

Z_m - talasna impedansa metalom oklopljenog postrojenja

R - rastavljač

- Pogonska situacija na slici 2, koja je u praksi najčešća, je upotreba rastavljača za sklapanje dela neopterećenih sabirnica. Ovo u praksi znači da se deo metalom oklopljenog postrojenja sklapa pomoću rastavljača od napojnog voda, pri čemu je kapacitet ovog dela strujnog kola zavisao od dužine sabirnica i priključene opreme na nju i može iznositi do nekoliko nF .

2) Sklapanje pri opoziciji faza



Slika 3 - Sklapanje pri opoziciji faza

postrojenja

U_1 - napon izvora

U_2 - napon izvora

Z_v - talasna impedansa priključnih vodova

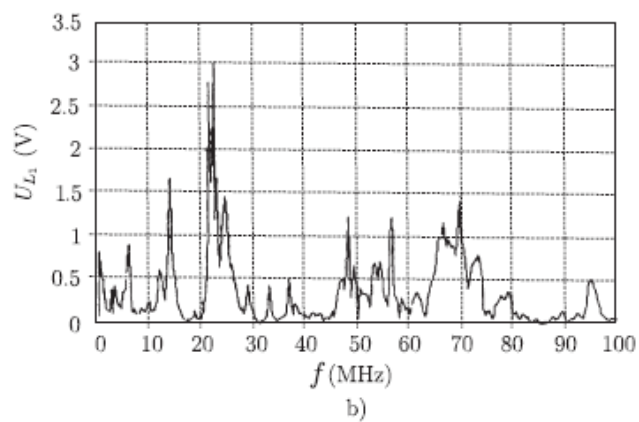
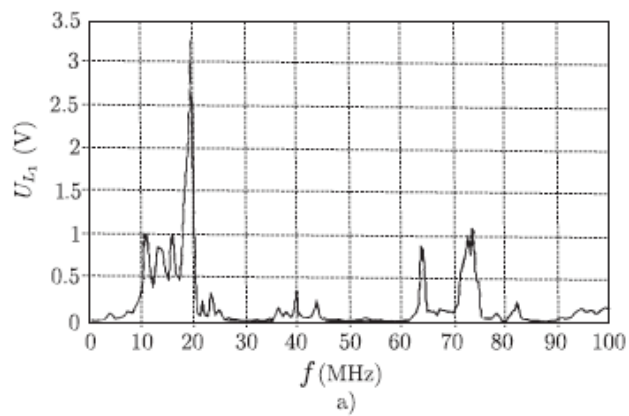
Z_m - talasna impedansa metalom oklopljenog

P - prekidač

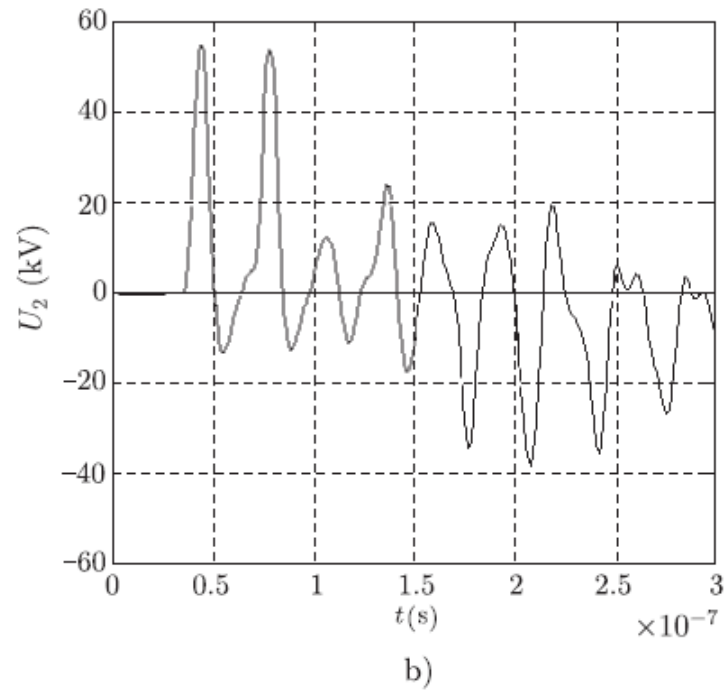
R - rastavljač

C_p - kapacitet između kontakata prekidača

- U ovom slučaju koji je ilustriran slikom 3 dve odvojene mreže se sklapaju pomoću rastavljača preko paralelnog kapaciteta C_p između otvorenih kontakata prekidača. Pri najnepovoljnijem uslovu faze ove dve mreže mogu biti pomerene za 180 stepeni (opozicija faza). Tada se između kontakata rastavljača javlja razlika napona jednaka dvostrukoj vrednosti amplitude faznog napona.



Sl. 2.63 - a) Frekvenjski spektar numerički određenog prenapona datog na slici 2.62a; b) Frekvenjski spektar eksperimentalno određenog prenapona datog na slici 2.62d



Sl. 2.69 - Talasni oblik potencijala metalnog oklopa na spoju gasom SF₆ izolovanog postrojenja i provodnog izolatora; a) Vremenski period od 0 do 3 μs; b) Vremenski period od 240 ns do 360 ns