

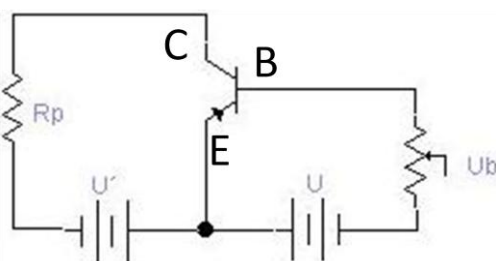
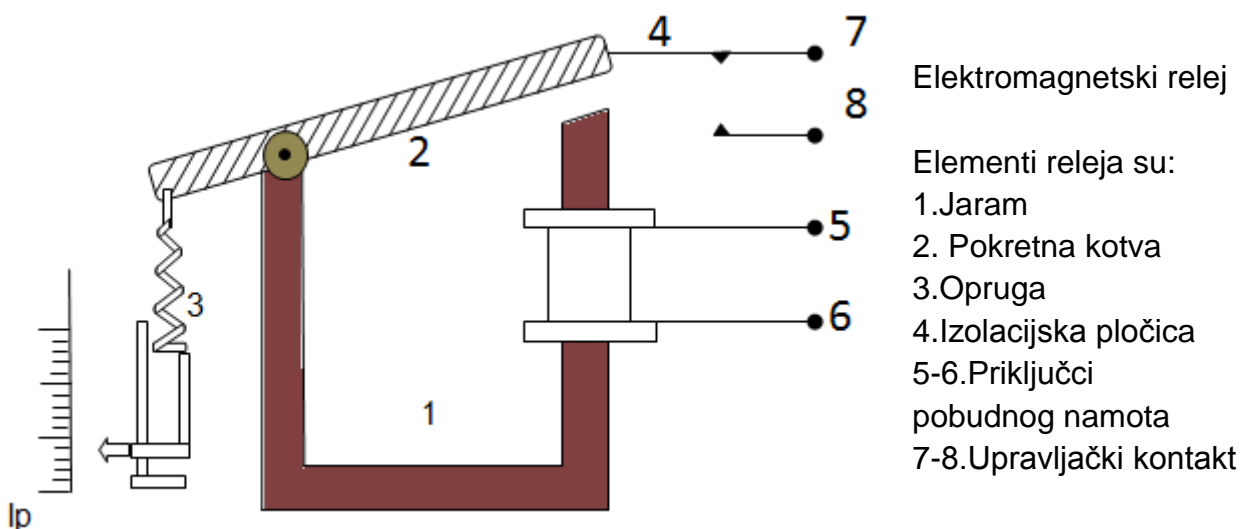
1. ZAŠTITNI UREĐAJI MREŽA

1.1. PREKOSTRUJNA ZAŠTITA

Prekostrujna zaštita je uređaj koji reagira na veličinu struje u štíćenom dijelu mreže. Djeluje kada struja prijeđe određenu unaprijed podešenu vrijednost.

Ova zaštita je osnovni tip zaštite za radialne mreže. U mrežama sa složenom konfiguracijom, koristi se kao pomoćna zaštita.

Pobudni element zaštite je prekostrujni relej. On može biti elektromehaničke ili statičke konstrukcije.



Tranzistorski preklopnik

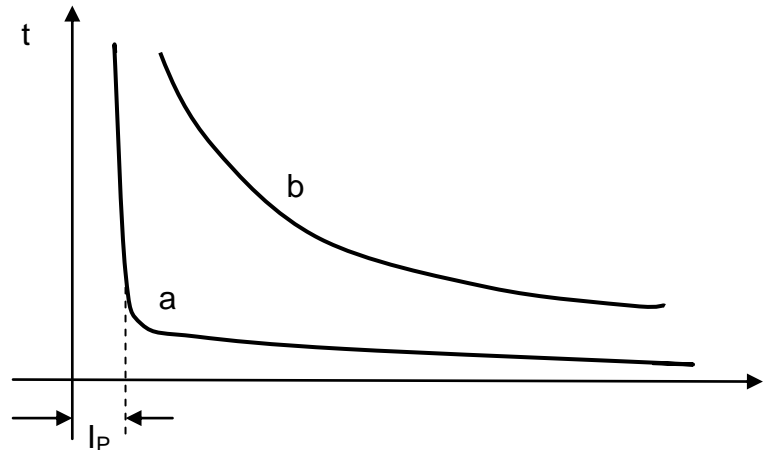
Elektromagnetski relej: Pri protjecanju struje kroz pobudni namot javlja se elektromagnetska sila koja privlači kotvu (pokretnu). Zakretnom momentu koji stvara pobudni namot, suprotstavlja se opruga. Pomoću vijka, opruga se može zatezati ili opuštati a time se podešava vrijednost struje (I_p) potrebne za aktiviranje releja. Kada se relej aktivira, izolacijska pločica aktivira upravljačke kontakte.

Primjer statičke konstrukcije releja je **tranzistorski preklopnik**. Ako se u točku B (bazu) dovede dovoljan negativan prenapon, tranzistor vodi, struja proteče od emitera (E) ka kolektoru (C) te kroz vanjski krug R_p .

Prema karakteru zavisnosti vremena djelovanja od veličine struje kvara, prekostrujne zaštite se dijele na zaštite sa nezavisnom i zavisnom radnom karakteristikom.

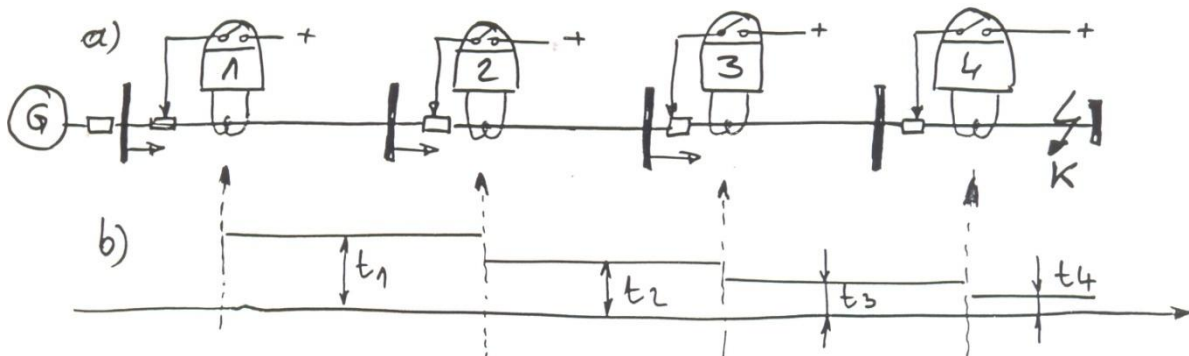
U slučaju zaštite sa nezavisnom karakteristikom zaštitni uređaj reagira čim struja šticeenog elementa prijeđe određenu vrijednost. (sl.a).

Kod zaštite sa zavisnom karakteristikom (sl. b), vrijeme djelovanja zaštitnog uređaja je najkraća kod najvećih struja kvara i sve je duža što je struja kvara manja.



1.2. ZAŠTITA SA NEZAVISNIM VREMENSKIM KAŠNENJEM

U radijalnim mrežama prekostrujna zaštita se postavi na početku svakog voda, sa strane izvora napajanja.



Prekostrujna zaštita sa nezavisnom karakteristikom u radijalnoj mreži.

- Razmještaj zaštitnih uređaja
- Vremensko stupnjevanje zaštite

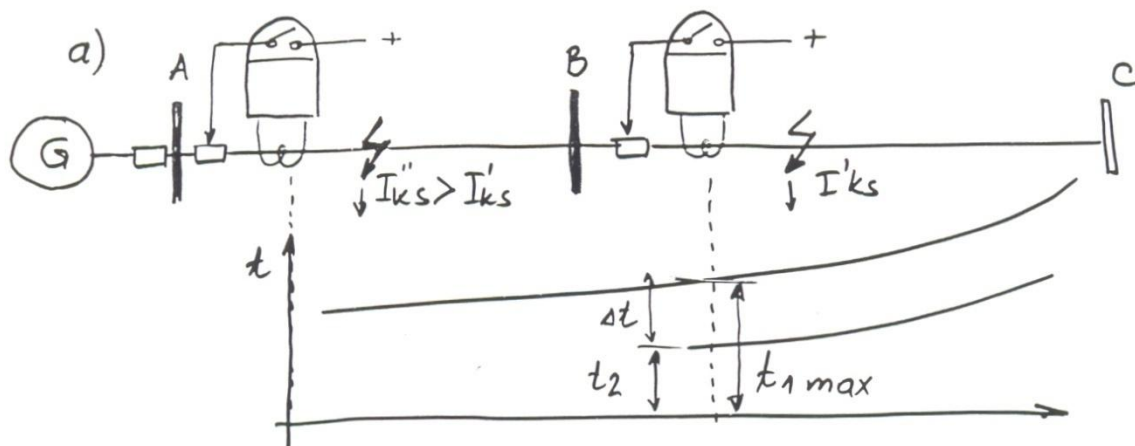
Ako na mjestu „K“ nastane kratki spoj, kroz pobudne namote releja (1, 2, 3, 4) poteći će prekomjerna struja kratkog spoja. Oni će reagirati i (teorijski) svi će istovremeno

djelovati na isključenje prekidača na svojoj dionici. Prema tome, cijela mreža napajana iz izvora „G“ ostati će bez napona.

Pred relejnu zaštitu postavlja se zahtjev selektivnosti. Da bi se ona postigla (reagiranje zaštite najbliže mjestu kvara), zaštita se realizira tako da na isključenje prekidača djeluje sa određenim vremenskim kašnjenjem. Vremenska kašnjenja zaštita pojedinih dionica se usuglašavaju, tj. biraju se tako da omogućuje selektivan rad zaštitnih uređaja u mreži

1.3. ZAŠTITA SA ZAVISNIM VREMENSKIM KAŠNENJEM

Pri primjeni ove vrste zaštite, vremenske karakteristike zaštita susjednih dionica se usuglašavaju kao što je prikazano na slici.



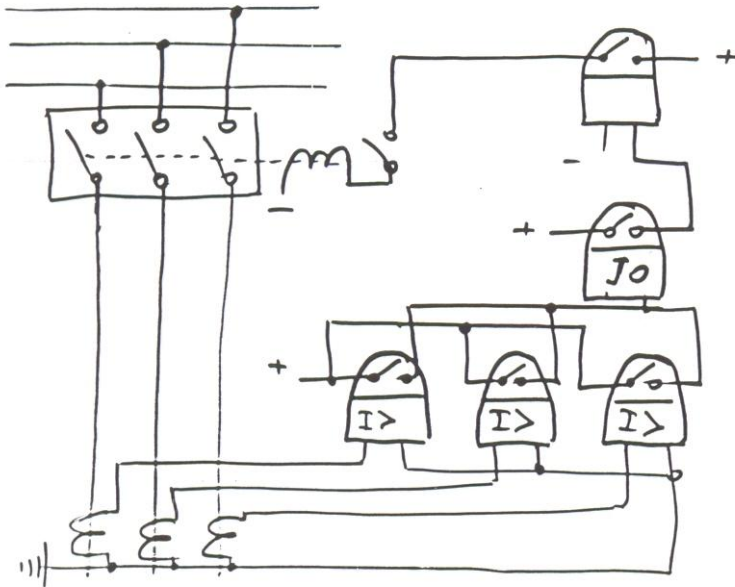
Pri usuglašavanju se vodi računa da vremenski interval „ Δt “ bude dovoljno velik da se osigura selektivnost zaštite.

Kada se podešava prekostrujni relej, mora se imati u vidu zavisnost struje kratkog spoja „ I_{KS} “ od udaljenosti mjesta kvara od izvora napajanja. Releji na dionici A-B podešavaju se na vrijednost struje kratkog spoja u toj dionici I_{KS} koja je veća od struje kratkog spoja u dionici B-C.

Ovakvim strujnim vremenskim podešavanjem osigurava se selektivno djelovanje zaštite.

1.4. OSNOVNE SCHEME ZAŠTITE

U mrežama sa direktno uzemljenom nul točkom, koristi se trofazna rekostrujna zaštita.

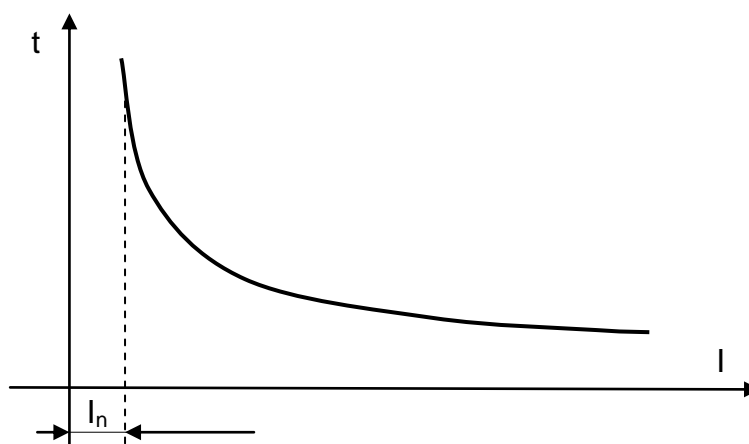
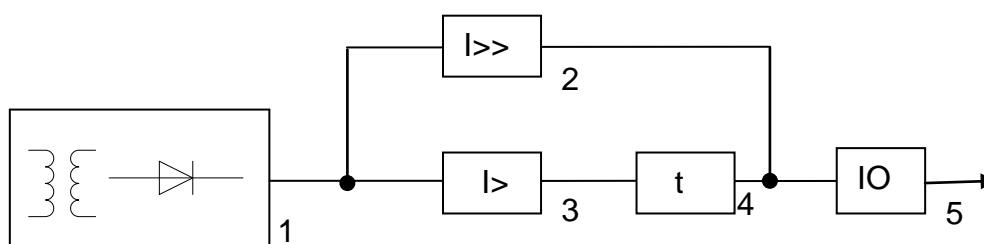


Osnovni elementi sheme su tri prekostrujna releja.

Pri pojavi kratkog spoja, aktiviraju se prekostrujni releji ($I >$) u fazama kroz koje protječe struja kratkog spoja. Upravljački kontakti svih prekostrujnih releja vezani su paralelno tako da pri proradi bilo kojeg od njih zatvara upravljački krug vremenskog releja. Poslije podešenog vremena, vremenski relej zatvara svoj kontakt i pobuđuje izvršni organ (I_0). Izvršni relej je u pravilu veće snage i djeluje na isključenje prekidača snage.

1.5. TRENUTNO VREMENSKA PREKOSTRUJNA ZAŠTITA

U praksi se često koristi kombinirana zaštita, čija je blok shema prikazana na slici.



Njeni osnovni elementi su:

1. Ulazni sklop – strujni transformator kojem se struje reda ampera svode na miliampere ili milivolte za statički relej.
2. Mjerni organ trenutnog člana – prekostrujni relej koji se podešava na struje kratkog spoja.
3. Mjerni organ vremenskog člana –prekostrujni relejkoji se podešava na struju preopterećenja.
4. Vremenski član – sklop kojim se osigurava inverzna vremenska karakteristika.
5. Izvršni organ –IO

Trenutni organ čini prekostrujni relej (2) koji se podešava na vrijednost osam puta veće od nominalne vrijednosti struje ($8I_n$).

U slučaju kratkog spoja na vodu, struja kvara je dovoljno velika da pobudi mjerni član. Zaštita djeluje na prekidače bez vremenskog kašnjenja.

Vremenski član zaštite čine prekostrujni relej (3) i vremenski član (4). Prekostrujni relej (3) je sa nezavisnom karakteristikom. Podešava se na vrijednost reda 5- 20 % veću od nominalne struje ($1,05 - 1,2I_n$).

Ukoliko je preopterećenje manje utoliko je vremensko kašnjenje djelovanja veći obratno. Time je karakteristika djelovanja zaštite više prilagođena karakteristici zagrijavanja voda, a eksploatacija voda je ekonomičnija.

1.6. USMJERENA PREKOSTRUJNA ZAŠTITA

Usmjerenom se naziva zaštita koja reagira pri određenom smjeru snage kratkog spoja. Potreba za ovakvom zaštitom javlja se u mrežama sa dvostrukim napajanjem. U dionicama sa dvostrukim napajanjem smjer snage kratkog spoja ovisi od mjesta kvara.

1.7. DIFERENCIJALNA ZAŠTITA

Kod vodova koji polaze od sabirnica kao izvora električne energije ili snažnih transformatorskih stanica, često je potrebno da bi bili zadovoljeni uvjeti stabilnosti elektroenergetskog sustava, isključenje bez vremenskih kašnjenja, svih kratkih spojeva u šticejnoj dionici.

Ovi zahtjevi ne mogu biti zadovoljeni primjenom prekostrujnih ili usmjerenih zaštita. U takvim slučajevima koriste se zaštite koje efikasno isključuju kvar. Jedna od takvih zaštita je i diferencijalna zaštita.

Diferencijalna zaštita osigurava trenutno isključenje kvara a ima i selektivnost.. Postoji uzdužna i poprečna diferencijalna zaštita.

Poprečna diferencijalna zaštita se koristi za šticeenje paralelnih voodova istih karakteristika i dužina te se rijetko susreće.

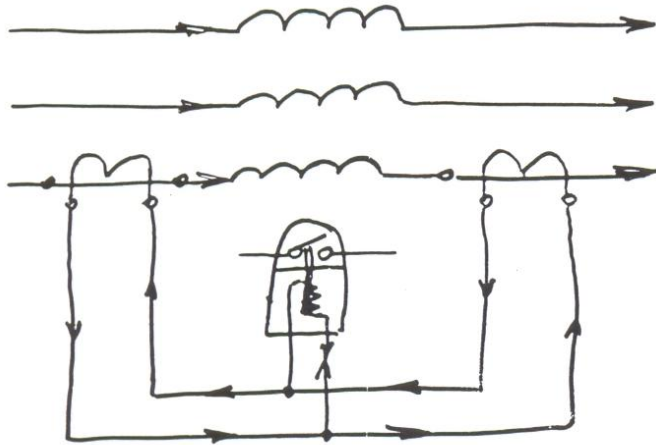
1.7.1. UZDUŽNA DIFERENCIJALNA ZAŠTITA

Uspoređuju se i mjere struje na početku i na kraju šticeenog voda.

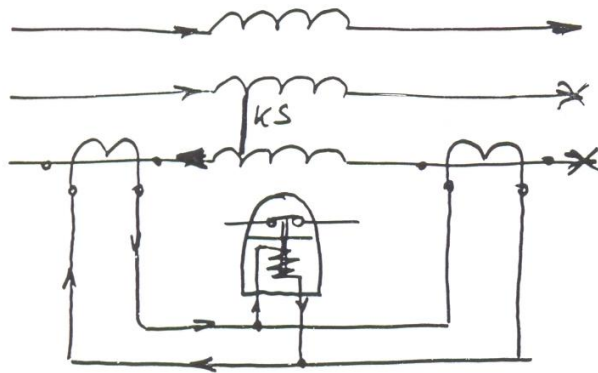
Diferencijalni releji se priključuju na sekundarne strane strujnih transformatora. Dio mreža između dva strujna transformatora zovemo šticeenim područjem.

Diferencijalni relej mora djelovati i dati impuls za isklapanje sklopke ako se u šticeenom području pojavi kvar i ne smije djelovati ako se kvar dogodi izvan šticeenog područja.

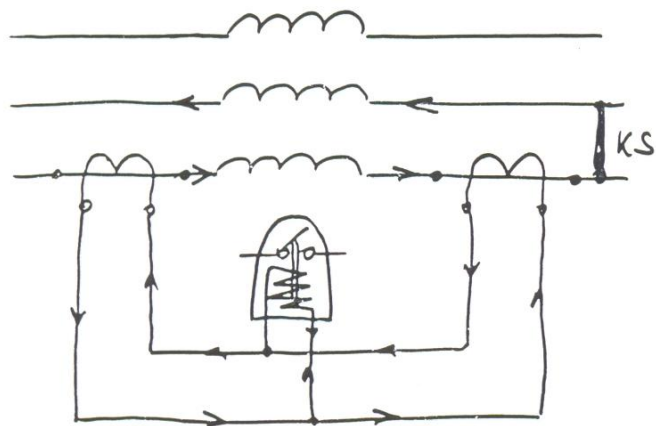
Ova zaštita se uvijek izvodi trolpolno, ali radi jasnijeg prikaza, na slici je dana jednopolno.



Nema kvara u šticeom dijelu niti izvan njega. Sekundarne struje strujnih transformatora istih su vrijednosti i smjerova te kroz diferencijalni relej ne protječe nikakva struja i on neće djelovati.



U šticeom dijelu dogodio se kratki spoj koji je napajan samo s jedne strane. Imati ćemo struju samo u lijevom transformatoru. U odnosu na taj transformator, diferencijalni relej i desni strujni transformator su potrošači u paralelnom spoju, zato će sva sekundarna struja lijevog transformatora protjecati kroz diferencijalni relej i on će proraditi.



Kratki spoj je nastao izvan šticeom područja. Ako kroz sekundarne strane strujnih transformatora teku struje istih vrijednosti i smjerova (kao u prvom slučaju), kroz diferencijalni relej ne teče nikakva struja i on neće djelovati.

1.8. DISTANTNA ZAŠTITA

Distantna zaštita su zaštitni releji kod kojih okidno vrijeme ovisi od udaljenosti kvara od distantnog releja.

Kao mjera udaljenosti služi prividni otpor, jalovi otpor ili djelatni otpor šticenog voda. Ukoliko je kvar udaljeniji, izmjereni otpor biti će veći pa će utoliko biti duže vrijeme okidanja releja.

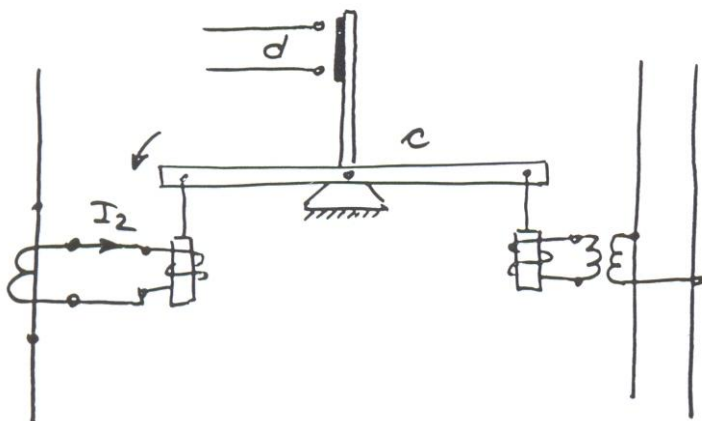
Struja kratkog spoja obično protječe kroz više dalekovoda i transformatorskih stanica, uslijed čega se aktivira više distantnih releja. Do okidanja sklopke će dovesti samo onaj distantni relej koji izmjeri najmanji otpor (najmanju udaljenost kvara).

Distantni relej mora obavezno imati i usmjereni član koji će mu omogućiti djelovanje samo onda kada energija teče od sabirnica.

Prema vrsti otpora koji mjere, ove releje dijelimo na:

- Impedantne $Z = \frac{U}{I}$
- Reaktivne $X = \frac{U}{I} \times \sin \varphi$
- Rezistentne $R = \frac{U}{I} \times \cos \varphi$

Impedantni releji su balansni releji (sa polugama vage). Sastoje se od jednog strujnog i jednog naponskog svitka (elektromagneta) čije se privlačne sile uspoređuju preko poluge vage.



Kod kvara smanjuje se napon na koji je priključen naponski svitak, a povećava se struja u strujnom svitku.. Privlačna sila strujnog elektromagneta postaje veća od privlačne sile naponskog elektromagnet pa se kontakti preklope i proradi zaštita.

1.9. AUTOMATSKO PONOVRNO UKLJUČIVANJE (APU)

Prema statističkim podacima, 70 – 90 % svih kvarova na nadzemnim vodovima je prolaznog karaktera. To su obično kratki spojevi (izazvani npr. njihanjem voda uslijed vjetra ili padom grane), koji je praćen pojavom električnog luka.

U slučaju nastanka kvara, reagira odgovarajuća zaštita koja isključuje prekidač voda na strani napajanja. Zbog toga se gasi luk i normalizira se stanje na mjestu kvara. Ako se tada prekidač ponovo uključi vrlo je vjerojatno da se kratki spoj više neće pojaviti.

Tehnika automatskog ponovnog uključivanja ne primjenjuje se kod kablenskog voda zato što je kod njih kvar praćen probojem izolacije i nije prolaznog karaktera.

1.9.1. BRZO I SPORO „APU“

Ako „APU“ uslijedi dovoljno brzo (za vrijeme kraće od 0,5 sek), najveći broj potrošača neće niti osjetiti prekid u napajanju. Želja za brzim APU je ograničena vremenom da se izvrši potrebna deionizacija zračnog prostora na mjestu kvara. Ovo vrijeme je najmanje kod vodova srednjeg napona (0,1 do 0,2 sekunde) i sve je veće što je naponski nivo viši.

Ukoliko ponovnim uključanjem opet dođe do pojave luka, na nekim naponskim nivoima koristi se tehnika još jednog (sporog) ponovnog uključivanja koji će uslijediti poslije duže beznaponske pauze. Ako se i tada električni luk ponovo uspostavi, definitivno se isključuje vod.

1.9.2. JEDNOPOLNO I TROPOLNO „APU“

Na višim naponskim nivoima, vodovima se prenosi znatna snaga i u slučaju ispada nekog od njih, stabilnost elektroenergetskog sustava može biti ugrožena. Zato je uvedena tehnika jednopolnog automatskog ponovnog uključivanja. Primjenjuje se na nivoima 110, 220, 400 kV.

Prekidači u mrežama opremljeni su posebnim pogonom za svaki pol. Kada dođe do jednofaznog kvara na vodu, djeluje zaštita i isključuje određeni pol.. poslije beznaponske pauze, spomenuti pol se ponovo uključuje. Za vrijeme beznaponske pauze snaga se prenosi ostalim dvjema fazama čime se umanjuju poremećaji u elektroenergetskom sustavu.

Na nižim naponskim nivoima ne ukazuje se potreba za jednopolnim APU. U mrežama napona do 35 kV i nižim, prekidači su opremljeni zajedničkim pogonom za sva tri pola. U slučaju kvara zaštita djeluje na isključenje sva tri pola prekidača, a po isteku beznaponske pauze, primjenjuje se trolpolno automatsko ponovno uključivanje.

Na naponskim nivoima do 35 kV predviđeno je APU sa dva ciklusa. Brzo APU (poslije beznaponske pauze od 0,3 sekunde) a zatim, ukoliko kvar nije otklonjen, sporo APU (poslije beznaponske pauze 15 – 20 sekundi). Ako se kvar pojavi i poslije dva pokušaja APU zaštita djeluje i treći put (definitivno isključuje prekidač voda).

U mrežama 110, 220, 400 kV, predviđa se samo jedan pokušaj APU i u slučaju neuspjeha ide se na definitivno trolpolno isključenje.

Na naponskom nivou 110 kV primjenjuje se najčešće, samo sporo APU poslije beznaponske pauze od 1,0 do 1,5 sekunde.

Statistički podaci efikasnosti primjene APU u mrežama do 110 kV:

Napon mreže	Uspjelo u I ciklusu	Uspjelo u II ciklusu	Neuspjelo
2 – 10 kV	62 %	15 %	23 %
20 – 35 kV	61 %	19 %	10 %
110 – 154 kV	82%	10 %	8 %

Najvažniji kriteriji za izbor brzog i sporog APU su važnost i snaga voda, karakteristike prekidača, problematika stabilnosti priključenih postrojenja na mrežu.