

ДОДАТАК ТЕХНИЧКЕ ПРЕПОРУКЕ 4а1:

- 1. Примери одабирања и подешавања прекострујне заштите водова и сабирница**
- 2. Опис рада појединих сложених заштита (релејних комбинација)**

II Издање

Обрадио:

Томислав Бојковић

Мај 2001.

ИЗДАВАЧ:	ЈП ЕПС ДИРЕКЦИЈА ЗА ДИСТРИБУЦИЈУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ СРБИЈЕ БЕОГРАД, Војводе Степе 412
Техничко уређење:	Т. Бојковић
Коректура:	Т. Бојковић
Рачунарска обрада цртежа:	А. Дренковић, Б. Стојановић и Ј. Марковић
Штампа:	"МСТ Гајић" Београд
Тираж:	500 примерака

II.-о издање Додатка 1 ТП-4а1 се незнатно разликује од I.-ог издања од децембра 1981: осим сажимања текста, извршена је допуна примера 1 у вези подешавања прекострујне заштите I_b водова 10kV(20 kV), ради усклађивања подешених вредности са дозвољеним струјним оптерећењима с обзиром на усвојене вредности у ТП-3, ТП-8 и ТП-14.

II.-о издање Додатка 2 ТП-4а1 је репринт I.-ог издања од октобра 1989, јер је пракса потврдила неопходност коришћења ових заштита, посебно заштите сабирница. Додатку је сада придодат и "аутоматски трагач замљоспоја".

Додаци су првенствено намењени лицима без већег искуства на овим пословима.

мај 2001.

Додатак 1: Примери одабирања и поде шавања прекострујне заштите водова и сабирница

Пример 1:

Извршити одабирање и подешавање:

а) краткоспојне заштите $I_{>>}$ на водовима 10 kV (20 kV) у ТС X/10(20) kV;

б) прекострујне заштите $I_{>}$ на водовима 10 kV, 20 kV и 35 kV.

Решење:

а) Краткоспојна заштита $I_{>>}$ треба да искључи вод без временске задршке при кратком споју на воду, али не треба да делује при кратком споју на сабирницама 0,4 kV у ТС 10(20)/0,4 kV која се напада преко овог вода.

У кабловским мрежама ЕД Србије снага трофазног кратког споја на сабирницама 0,4 kV не прелази 20 MVA, што на страни 10 kV даје струју:

$$I_k = \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 1156 \text{ A}$$

и $I_k = 578 \text{ A}$ на 20 kV.

У надземним мрежама снага трофазног кратког споја на сабирницама 0,4 kV не прелази 15 MVA, што на страни 10 kV даје струју: $I_k = 867 \text{ A}$ и $I_k = 433 \text{ A}$ на 20 kV.

Селективност рада краткоспојне заштите $I_{>>}$ вода биће обезбеђена ако вредност подешене струје I_{pks} ове заштите, прерачунате на страни 10 kV, износи (заокружено на већу вредност):

- $I_{pks} > I_k \geq 1200 \text{ A}$ у кабловској мрежи (подземни кабл или СКС);

- $I_{pks} \geq 900 \text{ A}$ у надземној мрежи,

што се и препоручује у тачки 5.5 ТП-4а1.

Селективност рада краткоспојне заштите вода 20 kV постиже се већ при вредностима: $I_{pks} \geq 600 \text{ A}$ у кабловској мрежи, односно $I_{pks} \geq 450 \text{ A}$ у надземној мрежи. То су релативно ниске вредности струја које су ближе струјама преоптерећења него струјама кратких спојева на воду. Због тога се, из разлога типизације, усвајају двоструко веће вредности струја, дакле исте вредности као и за водове 10 kV. Изузетно, код неких дугих повезних водова 20 kV може струја двополног кратког споја да буде испод 900 A, па у том случају подешена вредност краткоспојне заштите треба да се спусти све до $I_{pks} = 450 \text{ A}$.

Однос трансформације k струјних трансформатора за уобичајене типове и пресеке водова 10 kV (20 kV) креће се између $k = 300/5 \text{ A}$ и $k = 200/5 \text{ A}$, па вредност подешене струје I_{pr} на краткоспојном релеу износи:

$$I_{pr} = \frac{I_{pks}}{k} = \frac{1200 \cdot 5}{300} = 20 \text{ A},$$

односно $I_{pr} = 30 \text{ A}$ за $k = 200/5 \text{ A}$.

Зато је усвојено типско решење краткоспојног релеа $I_{>>}$ најмањег опсега подешавања 20 A до 50 A, тачка 1.2 ТП-4а1.

б) Прекострујна заштита I_b вода се подешава тако да струја отпуштања релеа I_{pp} има вредност дозвољеног струјног оптерећења I_{doz} вода и одређује се према изразу:

$$I_{pp} = I_{doz} = k_d \cdot I_{nd}$$

где је:

I_{nd} = назначена вредност дозвољеног струјног оптерећења вода (надземни вод изведен голим Al/č ужадима или СКС-ом, или подземни кабл) за дефинисане услове погона и амбијентне услове;

k_d = збирни сачинилац дозвољеног струјног оптерећења вода који зависи од услова окружења, и с обзиром на поглавље 25 у ТП-3, поглавље 11 у ТП-8 и ТП-14а, вредности сачиниоца k_d дате су у табели Пр.1.61, при чему се вредности k_{dZ}, односно k_{dL}, односе на зимски период (време максималног годишњег дистрибутивног оптерећења), односно летњи период (јун - септембар).

Табела Пр.1.61: Збирни сачинилац дозвољеног струјног оптерећења вода

Врста вода		k _{dZ}	k _{dL}
Надземни вод	СКС	1,55	1,095
	Al/č	1,9	1,3
Подземни кабл		1,105	1,0

Дозвољена струјна оптерећења у зимском периоду I_{dozZ}, односно у летњем периоду I_{dozL}, за просечне услове који су карактеристични за конзумно подручје Србије, дата су у табели Пр.1.62 за подземне каблове и у табели Пр.1.63 за надземне водове.

Табела Пр.1.62 Дозвољена струјна оптерећења подземних каблова

Врста кабла	Пресек [mm ² Al]	10 kV и 20 kV			35 kV		
		I _{nd} [A]	I _{dozZ} [A]	I _{dozL} [A]	I _{nd} [A]	I _{dozZ} [A]	I _{dozL} [A]
PVC*	150	245	271	245	-	-	-
	240	315	348	315	-	-	-
NPO	95	190	210	190	185	204	185
	150	250	276	250	235	260	235
	240	325	359	325	305	337	305
UPE	95	262	290	262	253	280	253
	150	333	368	333	321	355	321
	240	436	482	436	419	463	419

ρ_t = 1 K·m/W; дистрибутивни конзум; један кабл у рову; * - само 10 kV

Табела Пр.1.63 Дозвољена струјна оптерећења надземног вода

Врста вода	Пресек [mm ² Al]	10 kV и 20 kV			35 kV		
		I _{nd} [A]	I _{dozZ} [A]	I _{dozL} [A]	I _{nd} [A]	I _{dozZ} [A]	I _{dozL} [A]
СКС	50	176	273	193	179	277	196
	70	217	336	238	220	341	241
	95	264	409	289	267	414	292
Al/č	50	170	323	220	170	323	220
	70	235	447	305	235	447	305
	95	290	550	376	290	550	376

Из табела Пр.1.6 види се да би прекострујна заштита $I >$ вода могла да се користи као заштита од термичког преоптерећења ако би се вршило "сезонско" подешавање: $I_{pp} = I_{dozL}$ у летњем периоду и $I_{pp} = I_{dozZ}$ у зимском периоду, што не би требало да буде проблем у будућој примени микропроцесорске заштите и управљања. Подешавање само према струји I_{dozZ} задовољава за уобичајене случајеве антенског напајања вода и за остале случајеве где се ова заштита допуњава са "превентивном" заштитом, којом се спречава да у неким хаваријским режимима лети дође до термичког преоптерећења вода. Подешавање само према струји I_{dozL} доводи до недовољног искоришћења преносних могућности вода у време максималног оптерећења конзума. Као могуће "компромисно" решење дато је у тачкама 7.2.2 и 9.1 за прекострујну заштиту 35 kV вода: монофазна заштита $I_1 >$ се подешава према струји I_{dozL} и сигналише "преоптерећење" вода, док се "нормална" прекострујна заштита $I_2 >$ подешава према струји I_{dozZ} и обавезно иде на искључење вода.

Посебан велики проблем је подешавање прекострујне заштите $I >$ на подземним кабловским водовима на излазу из ТС 110/X kV и 35/10 kV, због великог утицаја броја положених каблова у истом рову и квалитета кабловске постелеице (види поглавље 25 у ТП-3).

На пример: на излазу из ТС 110/10 kV у истом рову налази се: $b_k = 6$ каблова типа ХНЕ 49-А, $3 \times 1 \times 240 \text{ mm}^2$. Из табеле Пр.1.62 добијамо за један кабл: $I_{dozZ} = 482 \text{ A}$, а из табеле 25.2.2 у ТП-3 је $k_{bk} = 0,59$, што значи да прекострујну заштиту $I >$ на овим изводима подешавамо на: $I_{pp} = 0,59 \cdot 482 \approx 285 \text{ A}$. Ако би се преко једног од тих 6 извода напајао индустријски потрошач који ради најмање у две смене, подешавање би било: $I_{pp} = 0,75 \cdot 285 \approx 213 \text{ A}$.

Пример 2:

Извршити одабирање и подешавање краткоспојне заштите сабирница ZS 10 kV (20 kV) у ТС X/10(20) kV.

Решење:

Задатак ове заштите је да брзо искључи енергетски трансформатор (ЕТ) при кратком споју на сабирницама 10 kV (20 kV) или у случају отказивања краткоспојне заштите на неком од извода 10 kV (20 kV). На сл. 3.2 ТП-4а1 дат је пример једноставног решења ове заштите. Изведена блокада омогућује селективност рада ове заштите у трафо пољу 10 kV (20 kV) са временском задршком до 0,1 s у односу на краткоспојну заштиту на изводима 10 kV (20 kV), што је задовољавајуће брза заштита.

И заштиту сабирница треба подесити тако да она не реагује при кратком споју на сабирницама 0,4 kV у ТС 10(20)/0,4 kV, па вредност подешене струје (I_{p1}) ове заштите треба да буде већа од вредности подешене струје (I_{pks}) краткоспојне заштите ($I >$) водова 10 kV (20 kV): $I_{p1} > I_{pks}$.

У примеру 1 смо видели да је: $I_{pks} = 1200 \text{ A}$ на кабловском и $I_{pks} = 900 \text{ A}$ на надземном воду. То су релативно ниске вредности струје с обзиром на назначене струје ЕТ-а већих снага (на пример: назначена секундарна струја ЕТ-а 110/10,5 kV, 40 MVA, износи 2200 A). Како је овде реч о краткоспојној заштити, нема потребе вршити струјно подешавање (I_{p1}) ове

заштите испод троструке вредности назначене струје I_{nt} ЕТ-а, па је усвојено да други критеријум за подешавање заштите сабирница буде: $I_{p1} \geq 3 \cdot I_{nt}$

У табели Пр.2 дати су подаци за избор и подешавање ZS-а у зависности од снаге ЕТ-а. Претпоставља се да у свакој ТС 110/10(20) kV или ТС 35/10 kV постоји бар један кабловски вод, па се први критеријум селективности рада своди на: $I_{p1} = 1200$ А. Међутим, из табеле се види да је само код ЕТ-а 35/10,5 kV снаге 4 MVA меродаван први критеријум за прорачун вредности подешене струје I_{p1} .

Табела Пр.2: Избор опсега струјног подешавања ZS-а

Снага ЕТ-а [MVA]		4	8	20	31,5	40
Назн. струја ЕТ-а I_{nt} [A]	10 kV	220	440	1100	1734	2200
	20 kV	110	220	550	867	1100
k [A/A]	10 kV	250/5	500/5	1200/5	2000/5	2400/5
	20 kV	125/5	250/5	600/5	1000/5	1200/5
$I_{p1} = 3 \cdot I_n$ [A]	10 kV	660	1320	3300	5000	6600
	20 kV	330	660	1650	2600	3300
$I_{p1r} = I_{p1}/k$ [A]	10 kV	25*	15	15	15	15
	20 kV	50*	25*	15	15	15
Опсег подешавања [A]		20 - 50	10 - 25			
* Рачунато према критеријуму: $I_{p1} \geq 1200$ А.						

За остале снаге је: $3 \cdot I_{nt} > 1200$ А, па се прорачун обавља према изразу:

$$I_{p1r} = \frac{3 \cdot I_{nt}}{k}$$

Из табеле се види да задовољава типско решење са краткоспојним релеом опсега регулације (10 - 25) А, изузев за снагу 4 MVA када задовољава опсег најмање (20 - 50) А. Међутим, како је у ТП-4а1 договорно усвојено да се ZS користи за ЕТ-е снаге изнад 4 MVA, усвојен је "типски" опсег струјног подешавања најмање (10 - 25) А, тачка 3.2 ТП-4а1.

Пример 3:

У којим случајевима резервна прекострујна заштита $RI_{1>}$ ЕТ-а има функцију резервне заштите водова 10 kV (20 kV)?

Решење:

Ова заштита се налази на примарној страни (35 kV, 110 kV) ЕТ-а. Изводи се према тачкама 1.6 и 2.6 ТП-46, а подешава се тако да "струја отпуштања" (користи се терминологија која је карактеристична за електромеханичке релее) мерног релее износи $1,8 \cdot I_n$ код ЕТ-а 35/10,5(21) kV и $1,9 \cdot I_n$ код ЕТ-а 110/X kV.

Анализираћемо случај ЕТ-а 35/10,5 kV снаге 8 MVA, код кога се $RI_{1>}$ налази на страни 35 kV. Како назначена примарна струја ЕТ-а износи 132 А, то ће "струја отпуштања" мерног релее износити (примарно): $I_o = 1,8 \cdot 132 = 238$ А.

Вредност струје реаговања зависи од "коефицијента отпуштања" (K_o) мерног релее. Код статичких релее је $K_o \approx 0,95$ па подешена струја реаговања I_p у трафо пољу примара (35 kV) износи:

$$I_p = \frac{I_o}{K_o} = \frac{238}{0,95} = 250 \text{ А}$$

Овој струји одговара на секундарној (10 kV) страни ЕТ-а струја I_{rs} :

$$I_{rs} = 250 \cdot \frac{35}{10,5} \geq 835 \text{ А.}$$

За електромеханичке релее је $K_o = 0,85$ и $I_{rs} = 933$ А.

Према томе, $RI_{1>}$ може да буде резервна заштита неког вода 10 kV у ТС 35/10 kV само ако струја преоптерећења или удаљеног квара на воду има вредност најмање 835 А (933 А). У примеру 16 смо видели да се вредности дозвољених струјних оптерећења I_{doz} водова крећу у границама 200 А до 550 А, и да се према овим струјама подешава прекострујна заштита $I_{>}$ водова. Према томе, $RI_{1>}$ није резервна прекострујна заштита водова. Она је резерва краткоспојној заштити $I_{>>}$ водова, чија је струја реаговања 900 А за надземне и 1200 А за кабловске водове.

У табели Пр.3 дати су подаци за струје реаговања I_{rs} $RI_{1>}$ за типске вредности снага ЕТ-а - вредности струја су сведене на ниженапонску страну ЕТ-а. Претпоставили смо да ће се користити статички мерни релее код којих је $K_o = 0,95$. Из табеле се такође види да за веће снаге ЕТ-а $RI_{1>}$ има функцију краткоспојне заштите водова само за блиске кратке спојеве.

Табела Пр.3: Секундарне струје при којима реагује $RI_{1>}$

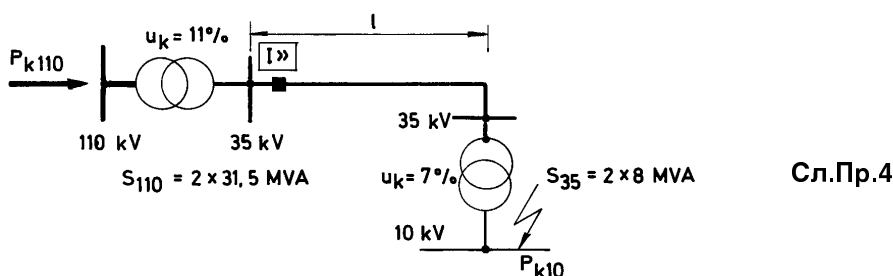
Снага ЕТ-а [MVA]		4	8	20	31,5	40
Примарна струја I_n [A]		66	132	105	166	210
Подешена примарна струја I_p [A]		125	250	210	332	420
Секундарна струја реаговања I_{rs} [A]	10 kV	417	835	2200	3490	4400
	20 kV	209	418	1100	1745	2200
	35 kV	-	-	630	990	1260

Пример 4:

Извршити одабирање и подешавање краткоспојне заштите $I_{>}$ у мрежи 35 kV, изведене према тачки 7.2.4б ТП-4а1.

Решење:

Краткоспојна заштита вода 35 kV треба да делује када је кратак спој на воду, али не треба да делује при кратком споју на сабирницама 10 kV у ТС 35/10 kV. Да би се обезбедила струјна селективност ове заштите у свим реалним условима који се јављају у дистрибутивној мрежи, претпоставићемо да је до кратког споја дошло на сабирницама 10 kV у најближој ТС 35/10 kV (сл. Пр.4).



Снагу трополног кратког споја на сабирницама 10 kV P_{k10} израчунаћемо помоћу израза:

$$P_{k10} = \frac{110}{X_e} \dots \dots \dots (1)$$

где је X_e еквивалентна реактанса кратког споја сведена на сабирнице 10 kV и износи:

$$X_e = X_{m110} + X_{t110} + X_{v35} + X_{t35} \dots \dots \dots (2)$$

где су X_{m110} , X_{t110} , X_{v35} и X_{t35} реактансе кратког споја мреже 110 kV, ЕТ-а 110/36,75 kV, вода 35 kV и ЕТ-а 35/10,5 kV. Прорачун изводимо за најнеповољнији случај при коме снага кратког споја P_{k10} има највећу вредност, па усвајамо:

- да је снага трополног кратког споја мреже 110 kV: $P_{k110} = 5000$ MVA;
- да у ТС 110/35 kV раде паралелно два ЕТ-а јединичних снага 31,5 MVA;
- да је дужина вода 35 kV свега $l = 1$ km (реактанса: $x_0 \approx 0,38 \Omega/\text{km}$);
- да у ТС 35/10 kV раде паралелно два ЕТ-а јединичних снага 8 MVA.

Реактансе кратких спојева су:

$$X_{m110} = \frac{110}{P_{k110}} = \frac{110}{5000} = 0,022 \Omega$$

$$X_{t110} = \frac{u_k}{S_{110}} = \frac{11}{2 \cdot 31,5} = 0,175 \Omega$$

$$X_{v35} = \frac{x_0 \cdot l}{U_n^2} \cdot 100 = \frac{0,38 \cdot 1}{35^2} \cdot 100 = 0,031 \Omega.$$

$$X_{t35} = \frac{u_k}{S_{35}} = \frac{7}{2 \cdot 8} = 0,437 \text{ } \Omega.$$

Снага трополног кратког споја на сабирницама 10 kV износи према (1):

$$P_{k10} = \frac{110}{X_e} = \frac{110}{0,022 + 0,175 + 0,437 + 0,031} = \frac{110}{0,665} = 165,4 \text{ MVA.}$$

Струја трополног кратког споја на страни 35 kV биће:

$$I_{k35} = \frac{165,4}{\sqrt{3} \cdot 35} = 2,73 \text{ kA.}$$

Према томе, краткоспојна заштита $I >>$ вода 35 kV у ТС 110/35 kV неће да реагује ако се струјно подеси изнад 2,73 kA. Међутим, због сигурности и “лакшег памћења”, као и чињенице да су поједини типови краткоспојних релеа осетљиви на брзину пораста струје, односно на једносмерну компоненту струје кратког споја, прорачунату вредност струје увећавамо за око 10%. Тако са великом сигурношћу можемо да закључимо да се тражена струјна селективност краткоспојне заштите водова 35 kV постиже ако се подеси на вредност $I_{pks} = 3 \text{ kA}$, што се и захтева у тачки 9.3 ТП-4а1.

Уобичајени преносни однос k струјних трансформатора на изводима 35 kV је $k = 300/5 \text{ A}$, па секундарно подешавање (I_{rs}) на краткоспојном релеу износи:

$$I_{rs} = \frac{I_{pks}}{k} = \frac{3000 \cdot 5}{300} = 50 \text{ A } (10 \cdot I_n),$$

односно: $I_{pr} = 75 \text{ A } (15 \cdot I_n)$ за $k = 200/5 \text{ A}$.

Уколико се у ТС 110/35 kV налази један ЕТ снаге 20 MVA, или два ЕТ-а исте јединичне снаге који у нормалном раду не раде паралелно, при краткој споју на сабирницама 10 kV (сл. Пр.4) појавиће се на страни 35 kV струја: $I_{k35} = 1,75 \text{ kA}$. Зато се у овом случају усваја подешавање: $I_{pks} = 2 \text{ kA}$.

Струјно подешавање на 3 kA и веће могло би да утиче на поузданост рада заштите сабирница 35 kV (ZS. тачка 8.1.2), јер је 3 kA ред величине струје кратког споја на страни 35 kV ЕТ-а 110/36,75 kV снаге 20 MVA, а ради селективности струја реаговања ZS-а (I_{p1}) треба да буде већа од струје реаговања краткоспојне заштите на изводу 35 kV, тј. треба да буде $I_{p1} > I_{pks}$ (тачка 9.4). Међутим ако се на неком изводу 35 kV налазе струјни трансформатори преносног односа 300/5 A, а секундарно подешавање (I_{rs}) на краткоспојном релеу није могуће испод 40 A ($8 \cdot I_n$), онда није могуће подешавање (примарно) струје реаговања краткоспојне заштите испод 2400 A, што се такође може сматрати задовољавајућим с обзиром на селективан рад заштите сабирница ZS 35 kV, па се у тачки 9.3 предвиђа и таква могућност.

Према томе, краткоспојни релеи $I >>$ треба да буду за назначену струју 5 A и за опсег подешавања 40 A до 80 A ($8 \cdot I_n$ до $16 \cdot I_n$), што се и препоручује у тачки 7.2.46 ТП-4а1.

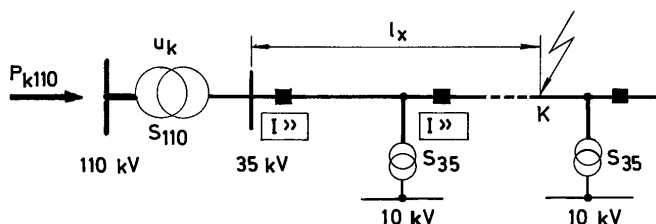
Пример 5:

Ако је на изводу 35 kV у ТС 110/35 kV постављена краткоспојна заштита $I >>$ према тачки 7.2.4б, у којим ТС 35/10 kV није потребно поставити краткоспојну заштиту истог типа на изводима 35 kV?

Решење:

Реактанса вода 35 kV пригушује снагу (струју) кратког споја, па се дуж вода може пронаћи “критична удаљеност” l_x неке ТС 35/10 kV од ТС 110/35 kV на којој је струја трополног кратког споја I_{k35} мања од подешене вредности струје I_{pks} краткоспојне заштите $I >>$ на воду 35 kV у ТС 110/35 kV (сл. Пр.5), тј. у нашем случају када је:

$$I_{k35} \leq I_{pks} = 3 \text{ kA}$$



Сл.Пр.5

Еквивалентна реактанса X_{ek} у тачки К износи:

$$X_{ek} = X_{m110} + X_{t110} + X_{vx}$$

Аналогно изразу (1) из примера 4, и узимајући прорачунате вредност за X_{m110} и X_{t110} из истог примера, добијамо:

$$X_{ek} = \frac{110}{P_{k35}} = \frac{110}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I_{k35}} = \frac{110}{\sqrt{3} \cdot 35 \cdot 3} = 0,605 \text{ } \Omega$$

$$X_{vk} = X_{ek} - X_{m110} - X_{t110} = 0,605 - 0,022 - 0,175 = 0,408 \text{ } \Omega$$

$$X_{vk} = \frac{x_0 \cdot l_x}{U_n^2} \cdot 100 = \frac{0,38 \cdot 100}{35^2} \cdot l_x = 0,031 \cdot l_x.$$

Тако на крају добијамо да у некој ТС 35/10 kV нема потребе постављати краткоспојну заштиту ако је ова ТС удаљена од ТС 110/35 kV најмање:

$$l_x = \frac{X_{vk}}{0,031} = \frac{0,408}{0,031} \geq 13,2 \text{ km.}$$

Прорачуната “критична удаљеност” l_x се односи на надземне водове 35 kV, док би код кабла ова удаљеност била знатно већа (приближно три пута) јер кабл има мању реактансу. Мање вредности за l_x би се добиле ако би се рачунало са импедансом кабловског вода, али може да се закључи да у све ТС 35/10 kV које раде у кабловској мрежи 35 kV треба да се угради

краткоспојна заштита $I >$ ако није уграђена подужна краткоспојна заштита РКЗ кабловског вода.

“Критична удаљеност” l_x може да се смањи ако се повећа вредност подешене струје I_{pks} . Тако на пример ако би се подесило: $I_{pks} = 4$ kA, уз задржавање осталих услова из овог примера, добили би да је: $l_x = 8,3$ km.

Значајан утицај на струју (снагу) кратког споја у мрежи 35 kV има реактанса ЕТ-а 110/36,75 kV. Зато у табели Пр.5 дајемо вредности “критичних удаљености” l_x за различите вредности снаге S_{110} у ТС 110/35 kV, и то за $I_{pks} = 3$ kA и $I_{pks} = 4$ kA, при чему је узето да напон кратког споја ЕТ-а 110/36,75 kV износи $u_k = 11\%$ (табела 5.6.1 у ТП - 11) за јединичне снаге до 40 MVA.

Табела Пр.5: Граничне дужине ефикасности заштите $I >$ 35 kV вода

Снага ЕТ-а (MVA)		20	31,5	40	63	80
l_x (km)	$I_p = 3$ kA	1,1	7,6	9,9	13,2	14,4
	$I_p = 4$ kA	-	2,6	5,1	8,3	9,5

Додатак 2: Опис рада појединих сложених заштита (релејних комбинација)

1 Заштита сабирница (ZS)

1.1 Сврха увођења заштите сабирница и принцип рада

Вероватноћа појаве квара на сабирницама трансформаторских станица 110/X kV (X=10 kV, 20 kV, 35 kV) и 35/10(20) kV (у даљем тексту: ТС ВН/СН) веома је мала. Међутим, када до квара ипак дође, последице су тешке, често праћене већим разарањем опреме и енергетског трансформатора (ЕТ-а). То упућује на потребу да се кратак спој на сабирницама у што је могуће краћем времену елиминише деловањем одговарајуће заштите.

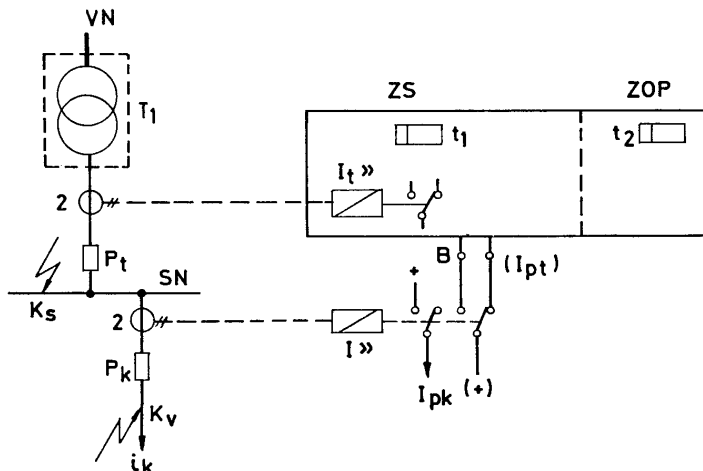
Наша индустрија је производила брзу стабилсану диференцијалну заштиту сабирница (ZS). Међутим, ова заштита је првенствено прилагођена сложеним захтевима високонапонске (ВН) мреже која ради као затворена петља, па примена ове заштите за средњенапонске (СН) сабирнице у ТС ВН/СН није економски оправдана. За производњу једноставнијих и јефтинијих решења ZS-а на СН страни у ТС ВН/СН наша индустрија није показала интересовање. Зато су електропривредници били принуђени да сами пројектују и изводе релејне комбинације које имају функцију ZS-а, прилагодивши их специфичним условима рада СН дистрибутивне мреже. Ова мрежа, наиме, ради као радијално (антенски) напајана из ТС ВН/СН, а то битно олакшава захтеве које треба да испуни ZS. Прва упрошћена решења ZS-а примењена су у "Електроистоку" Београд за заштиту сабирница 35 kV у ТС 110/35 kV. Слична решења усвојена су у "Електродистрибуцији" Београд за ZS 10 kV у ТС 110/10 kV. У погону су уочени извесни недостаци ових решења због појаве неселективног рада, па је шема ZS-а даље усавршавана. Тако се дошло до решења које је усвојено као типско и као такво укључено у ТП-4а1 електродистрибуције Србије (сл.3.2.2 у ТП-4а1).

У даљем тексту детаљније ћемо објаснити принцип рада и функционисање овог решења.

Принцип рада ZS-а СН у ТС ВН/СН је веома једноставан и заснован је на логици стања побудних релеа краткоспојне заштите у трафо пољу СН ТС ВН/СН и на СН изводима (сл.1, и сл.3.2.1 у ТП-4а1):

При кратком споју на сабирницама (тачка K_s на сл.1) побудиће се само краткоспојни реле $I_t \gg$ (јер се из ТС ВН/СН врши радијално напајање СН водова) и ZS треба да искључи ЕТ. При кратком споју на неком воду "к" (тачка K_v) побудиће се краткоспојни релеи и на том воду ($I \gg$) и у трафо пољу СН ($I_t \gg$), реле $I \gg$ треба да искључи вод, а да блокира рад ZS-а. Ако при кратком споју на воду откаже реле $I \gg$ на том воду, остварује се идентична функција као да је квар на сабирницама, па тако ZS има и функцију резервне краткоспојне заштите СН водова.

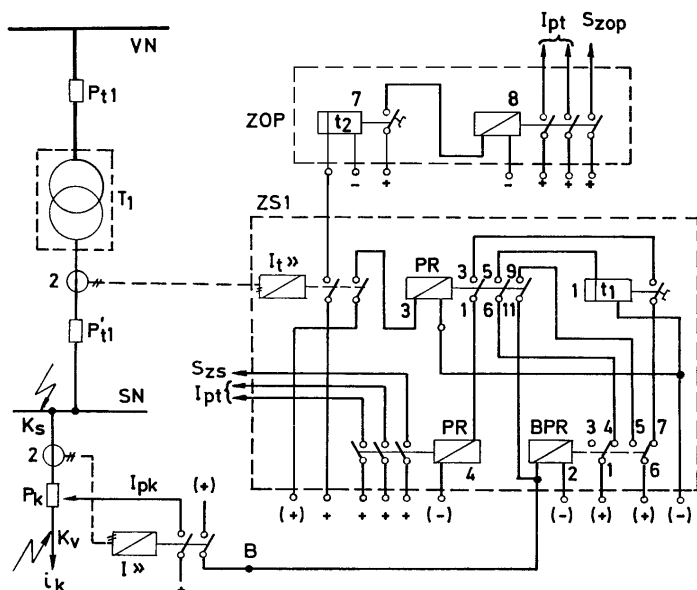
Ако, пак, при кратком споју на воду дође до побуђивања релеа $I \gg$ на том воду али откаже прекидач P_k , ZS остаје блокирана. Квар би био отклоњен деловањем резервне прекострујне заштите ЕТ-а, која обично има високо временско подешавање. Зато се у овом случају користи посебан временски реле (t_2 на сл.2), а ова функција заштите је названа "заштита од отказивања рада прекидача" ZOP.



Сл.1 Принцип рада ZS-a

Легенда:

ZS - заштита сабирница; ZS 1 - основни модул ZS-a; ZOP - заштита од отказивања прекидача; I>> - краткостројни реле на воду; I_t>> - краткостројни реле у трафо пољу; PR - помоћни реле; BPR - помоћни реле за блокаду рада ZS-a; t₁ - временска задршка ZS-a; t₂ - временска задршка ZOP-a; B - заједничка тачка (стежаљка) за блокаду ZS-a; S_{Zs} - сигнал деловања ZS-a; S_{ZOP} - сигнал деловања ZOP-a; (+) и (-) - помоћни напон 110 V= за ZS; P_k - прекидач извода "k"; P_{tk} - прекидач у трафо пољу; i_k - извод "k"; I_{pt} - искључење ET-a; I_{pk} - искључење вода "k".



Сл.2 Шема везе ZS-a (основни модул) и ZOP-a

1.2 Конструкција и опис рада ZS-а и ZOP-а

У дистрибутивним ТС ВН/СН обично има два ЕТ-а, који могу да раде паралелно или раздвојено преко спојног поља. У постројењима већих инсталираних снага (2x40 MVA), често се сабирнице сваког ЕТ-а деле на секције. У сваком случају постоји могућност да један ЕТ напаја и део сабирница који у нормалном раду напаја други ЕТ. Зато шема ZS-а треба да буде тако изведена да у свим погонским условима остварује своју функцију. Тако се анализом дошло до закључка да се ZS реши помоћу модула, и то:

- **Модул ZS 1** (сл.2) служи за случај да се за сваки ЕТ или сваку секцију сабирница користи посебна ZS. Међутим, модул ZS 1 служи и као основни модул када се користи ZS заједничка за два или више ЕТ-а или секција сабирница.
- **Модул ZS 2** (сл.3.2.2 у ТП-4а1) је додатни модул за сваки наредни ЕТ или секцију сабирница и прикључује се на модул ZS 1.

Комбинација (ZS 1 + ZS 2) препоручује се за примену у свим ТС ВН/СН са два ЕТ-а, а посебно у постројењима где се планира паралелан рад ЕТ-а (ТС 110/35 kV снаге до 2x40 MVA и све ТС 35/10(20) kV).

За напајање ZS-а користи се посебан струјни круг једносмерног напона, чије ознаке полова су на шемама везе дате у заградама, са сигнализацијом нестанка овог напона.

На сл. 2 дата је шема везе модула ZS 1. На истој слици дата је и шема везе ZOP-а. Шема на сл.2 одговара типској шеми ZS 1 на сл.3.2.2 у ТП-4а. Основне функције ове заштите се остварују на следећи начин:

а) Квар на СН сабирницама (у тачки K_s):

Побуђује се краткоспојни реле $I_{>>}$, затим помоћни реле 3, преко чијих радних контаката 5 и 6 и мирних контаката 1 и 4 помоћног релеа BPR за блокирање рада ZS-а (овај реле је остао непобуђен јер је непобуђен и реле $I_{>>}$ вода) побуђује се временски реле t_1 и после подешеног времена реда 0,1 s преко помоћног релеа 4 искључује ЕТ, уз сигнализацију деловања ZS-а.

б) Квар на СН воду (у тачки K_v):

Побуђују се краткоспојни релеи $I_{>>}$ и $I_{>>}$. Преко контаката релеа $I_{>>}$ побуђује се помоћни реле 3, док се преко контаката релеа $I_{>>}$ побуђује помоћни реле 2 (BPR) који отвара мирне контакте 1 и 4 и тако спречава да се побуди временски реле t_1 , чиме је блокиран рад ZS-а. Једновремено реле BPR пређе у самодрживу везу преко својих контаката 6 и 5 и контаката 9 и 11 помоћног релеа 3, и ова веза траје све док не искључи прекидач P_k на воду (деловањем $I_{>>}$) и отпусте релеи $I_{>>}$ и помоћни реле 3. Тиме се спречава да након искључења вода дође до искључења и ЕТ-а, што је био чест случај у раније коришћеним шемама.

Теоретски гледано временски реле t_1 није ни потребан јер реле BPR отвара своје контакте 1 и 4 пре него што се затворе контакти 9 и 11 релеа 3, и тако се блокира ZS. Међутим, немогуће је постићи идентичне карактеристике како краткоспојних, тако ни помоћних релеа, па би у случају да

реле BPR "закасни" у односу на реле 3 дошло до неселективног искључења ЕТ-а. Да се то спречи убацује се временски реле t_1 који треба да "сачека" да се реле BPR побуди и блокира ZS. У пракси је потврђено да се селективност рада гарантује ако се на релеу t_1 подеси временска задршка 50 ms до 100 ms, али је најбоље да се ова вредност провери мерењем на лицу места. Да би се постигла што мања вредност времена деловања ZS препоручује се:

- да релеи $I_{t>>}$ и $I_{>>}$ буду истог типа и произвођача, али је пожељно да релеи $I_{>>}$ имају краће побудно време;
- да помоћни релеи буду истог типа и произвођача, али је пожељно да реле BPR има краће побудно време.

Изузетно од претходних препорука, за заштиту сабирница 35 kV у ТС 110/35 kV може да се користи прекострујна заштита $I_{>}$, ако се ова заштита примењује уместо краткоспојне заштите $I_{>>}$ на изводима 35 kV. Тада се користи ZS 35 kV тако да се блокада ове заштите врши преко тренутних побудних контаката релеа $I_{>}$. Међутим, и у овом случају у трафо пољу 35 kV треба обавезно да се поставе краткоспојни релеи $I_{t>>}$ одабрани према тачки 8.1.2 ТП-4а1, јер би постављање прекострујног релеа $I_{>}$ довело до неселективног рада ZS-а и искључења ЕТ-а при отказивању побуде релеа $I_{>}$ на неком изводу 35 kV при кратком споју на страни 10(20) kV у некој ТС 35/10(20) kV. У сваком случају, прикључење ZS-а преко прекострујних релеа $I_{>}$ повећава ризик неселективног рада и смањује осетљивост ZS-а, па оваква решења треба користити као привремена.

в) Опис рада ZOP-а

Ако дође до квара на неком СН воду (у тачки K_v на сл.2) ZS ће бити блокирана побудом релеа $I_{>>}$ и BPR-а. Међутим, ако не дође до искључења прекидача P_k активираће се ZOP: преко контаката релеа $I_{t>>}$ побудиће се временски реле t_2 и после подешене временске задршке, која је за највише 0,5 s већа од вредности подешене временске задршке краткоспојне заштите $I_{>>}$ на СН воду, преко помоћног релеа 8 искључује ЕТ, уз сигнализацију деловања ZOP-а.

г) Рад ZS-а у затвореној петљастој СН мрежи

Иако је ZS специјално пројектована за рад у радијално напајаној СН мрежи, она ће корисно послужити и за случај да се преко неког СН вода грешком оствари трајнија галванска веза две суседне ТС ВН/СН (таква веза се нормално остварује само краткотрајно при манипулацијама, или помоћу AURN-а). Ако у таквим условима дође до кратког споја на СН сабирницама (у тачки K_s на сл.2) побудиће се релеи $I_{t>>}$ и $I_{>>}$, па ће преко релеа BPR бити блокиран рад ZS-а. Међутим, како је реле $I_{>>}$ неусмерен, он ће искључити прекидач P_k , релеи $I_{>>}$ и BPR ће затим отпустити, па ће иза тога прорадити ZS која ће искључити ЕТ. Укупно време деловања ZS-а биће увећано за време искључења СН вода деловањем $I_{>>}$, али је оно ипак осетно мање од времена деловања резервне прекострујне заштите ЕТ којом се искључује кратак спој на СН сабирницама када нема ZS-а.

2 Подужна краткоспојна заштита (PKZ) кабловског вода 35 kV

2.1 Сврха увођења и принцип рада заштите

Кратак спој у кабловском воду 35 kV мало је вероватан, јер је вод изведен троооловним каблом типа NPZO-13 итд. или се састоји од снопа три једножилна кабла типа ХНЕ 49-А итд, па је најчешћи квар земљоспој. Ипак, у кабловским спојницама и главама, па и у самом каблу, долази и до међуфазних кратких спојева, најчешће због оштећења од стране механизације. Ови кварови могу знатно да оштете кабл или опрему у ТС 110/35 kV.

Функцију краткоспојне заштите водова 35 kV у електродистрибуцији Србије често обавља прекострујна заштита $I_{>}$. Међутим, како ова заштита делује са релативно великом временском задршком (реда 2,5 s), оцењено је да би било корисно да се уведе нека брза селективна краткоспојна заштита.

Коришћење прекострујних временски независних рела $I_{>>}$ за краткоспојну заштиту није најпогодније решење, јер мора да се уведе временско степеновање ове заштите у односу на заштиту водова 35 kV у суседним ТС 110/35 kV и ТС 35/10(20) kV. Тако би време деловања овакве краткоспојне заштите могло да се смањи на око 1 s, али се у условима великих вредности струја кратких спојева у мрежи 35 kV ово не може сматрати задовољавајућим решењем.

Примена дистантних релеа за заштиту водова 35 kV економски је неоправдана, посебно зато што су кабловски водови обично "кратки".

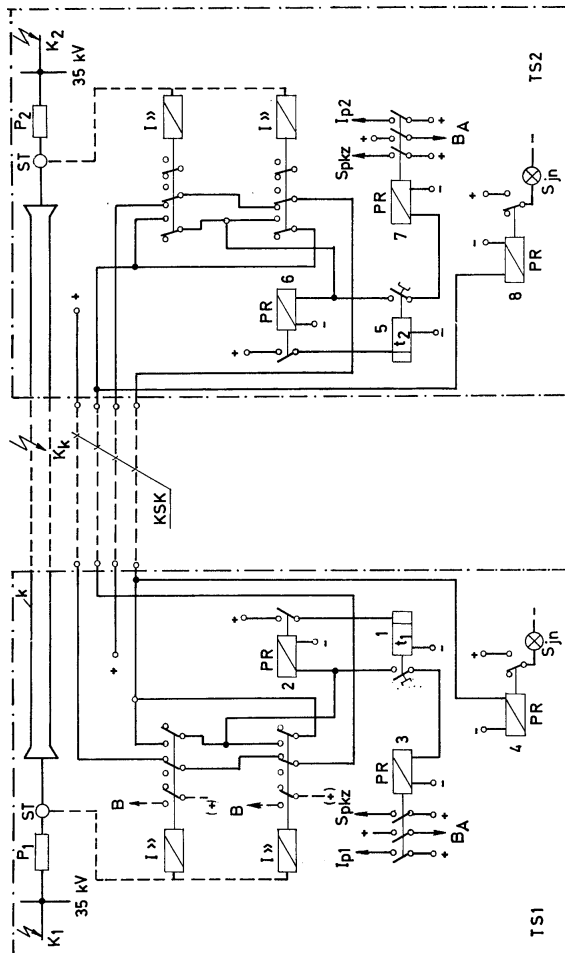
Остаје, на крају, могућност примене диференцијалне заштите. Међутим, уобичајена решења ове заштите прилагођена су сложеним захтевима високонапонске мреже која ради као затворена петљаста, па је таква диференцијална заштита скупа за примену у мрежи 35 kV. Мрежа 35 kV у електродистрибуцији Србије ради у отвореној петљи (прстену), што битно олакшава захтеве које треба да задовољи заштита. Тако смо сачинили оригиналну шему краткоспојне заштите кабловског вода 35 kV и назвали је "Подужна краткоспојна заштита PKZ". По функцији она одговара диференцијалној заштити, а по конструкцији прекострујној временски независној заштити ($I_{>>}$).

За рад PKZ-а потребно је да поред енергетског кабла (k) буде положен командно сигнални кабл KSK (NF кабл), са најмање четири пилот проводника (парица) за случај могућег двосмерног тока енергије кроз кабл, док је за случај једносмерног тока енергије (случај нападања кабла само из ТС 110/35 kV, сл.7.2.4.а1 у ТП-4а1) довољно два проводника.

Принцип рада PKZ заснован је на логици стања побудних краткоспојних релеа $I_{>>}$ на крајевима кабловског вода (сл.3). При кратком споју у каблу (у тачки K_k) побудиће се реле $I_{>>}$ само на једном крају кабла и активираће PKZ у њој, у зависности од тога са које стране се кабл напаја (једновремено нападање места квара из ТС 1 и ТС 2 се не предвиђа јер мрежа 35 kV ради у отвореној петљи) и искључиће одговарајући прекидач. При кратком споју изван штићене деонице (у тачки K_1 или K_2) побудиће се релеи $I_{>>}$ на оба краја кабла и PKZ у оба постројења треба да буду блокиране. На PKZ може да се прикључи и земљоспојна заштита кабловског

вода 35 kV (сл. 7.2.4.а2 у ТП-4а1), али тада треба рачунати са већим процентом неселективног рада. У овом случају земљоспојни реле се прикључује на обухватни кабловски трансформатор (ОКТ), при чему се мирни контакти мерног релеа веже редно, а радни паралелно са одговарајућим контактима краткоспојних релеа $I >>$. Треба рећи да је струја земљоспоја у мрежи 35 kV ограничена највише до 1000 А и термички битно не угрожава кабл. Како је у нашој пракси регистрован релативно велики проценат погрешних деловања земљоспојне заштите при временима деловања земљоспојне заштите до 0,2 s (услед неједнаких карактеристика струјних трансформатора или недовољно пажљиве монтаже ОКТ-а, услед лошег односа реаговања мерног релеа или великог времена отпуштања његових контаката итд.), прикључење земљоспојне заштите на РКЗ може да се третира као техничка могућност, али не и као препорука за заштиту кабловских водова 35 kV.

Сл.3 Подужна краткоспојна заштита кабловског вода 35 kV



2.2 Конструкција и опис рада РКЗ

РКЗ се састоји од два или три краткоспојна релеа $I_{>>}$, једног временског релеа t и три помоћна релеа. РКЗ се поставља у постројење из кога се напаја кабл 35 kV. Ако постоји могућност да се кабл напаја из два постројења, као на сл.3, РКЗ се поставља у оба постројења.

а) Квар у каблу 35 kV

Претпоставимо да се кабл 35 kV напаја из ТС 1. При квару у каблу (у тачки K_x) побудиће се краткоспојни реле $I_{>>}$ у ТС 1, док реле $I_{>>}$ у ТС 2 остаје непобуђен. Преко радног контакта релеа $I_{>>}$ у ТС 1 и редне везе мирних контакатарелеа $I_{>>}$ у ТС 2 побудиће се помоћни реле 2, а овај активира временски реле t_1 који после временске задршке 0,1 s до 0,2 s искључује прекидач P_1 , уз одговарајућу сигнализацију и блокаду рада аутоматског укључења резервног напајања (AURN) у ТС 1.

У случају да се кабл 35 kV напаја из ТС 2 побудиће се реле $I_{>>}$ у ТС 2, затим се сукцесивно побуђују релеи 6, 5 и 7, и овај искључује прекидач P_2 , уз одговарајућу сигнализацију и блокаду рада аутоматског укључења резервног напајања (AURN) у ТС 2.

Помоћни релеи 4 и 8 служе за сигнализацију трајног прекида једносмерног напона акубације у командно сигналном каблу.

б) Квар изван штићене деонице

При квару на сабирницама 35 kV у ТС 1 или ТС 2, односно на одводним водовима ових постројења (у тачки K_1 или K_2) побудиће се краткоспојни релеи $I_{>>}$ у ТС 1 и у ТС 2 независно од тога из којег постројења се напаја кабл 35 kV. При томе ће се отварањем једног или оба мирна контакта релеа $I_{>>}$ у једној ТС извршити блокада РКЗ у другој ТС. На пример: ако се кабл 35 kV напаја из ТС 1, а кратак спој се десило у тачки K_2 , отварањем једног или оба мирна контакта релеа $I_{>>}$ у ТС 2 спречиће се побуђивање помоћног релеа 2 у ТС 1, а тиме ће се блокирати рад РКЗ у тој ТС.

в) Подешавање временске задршке РКЗ

Теоретски гледано, за рад РКЗ није неопходна посебна временска задршка t , јер се мирни контакт релеа $I_{>>}$ у једној ТС отвара пре него што се затвори радни контакт релеа $I_{>>}$ у другој ТС када је кратак спој изван штићене деонице, а тиме се блокира рад РКЗ. Међутим, због неједнаких карактеристика краткоспојних и помоћних релеа реално би био могућ неселективан рад РКЗ (на пример: при кратком споју у тачки K_2 , за случај да реле $I_{>>}$ у ТС 1 побуди помоћни реле 2 и неселективно искључи прекидач P_1 пре него што реле $I_{>>}$ у ТС 2 отвори свој мирни контакт). Зато се уводи посебна временска задршка t од 50 ms до 100 ms којом се обезбеђује селективан рад РКЗ. Да би се постигла што мања вредност деловања РКЗ препоручује се:

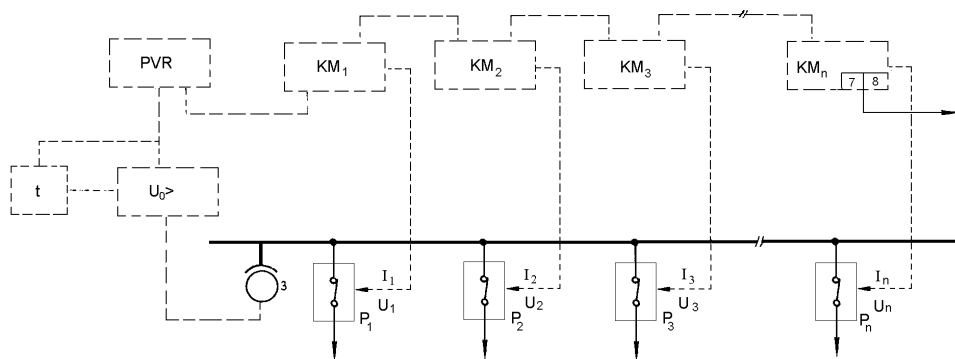
- да краткоспојни релеи $I_{>>}$ у ТС 1 и ТС 2 буду истог типа и истог произвођача;
- да струјни трансформатори СТ на крајевима кабловског вода буду истог преносног односа и сличних осталих карактеристика (класа тачности, потрошња).

3 Аутоматски "трагач" земљоспоја у изолованој мрежи 10 kV (20 kV)

У изолованим мрежама 10 kV (20 kV) величине капацитивних струја земљоспоја надземних водова су мале, па је познат проблем откривања вода у земљоспоју у ТС 35/10(20) kV са претежно надземним водовима 10 kV (20 kV). Постављање осетљивих усмерених релеа на сваком изводу 10 kV (20 kV) није јефтино решење, а превелика осетљивост повећава вероватноћу појаве погрешних деловања заштите услед грешака мерних трансформатора, појаве виших хармоника и других пролазних сметњи.

Поставља се и практичан проблем да ли, и када, искључити вод у земљоспоју ако је укупна струја земљоспоја реда неколико ампера. Наши технички прописи у принципу не ограничавају дужину рада изоловане мреже у режиму земљоспоја, али ако земљоспој траје дуже од два часа сматра се да је могућа појава двоструког земљоспоја, са практично неизводљивим захтевима за димензионисање уземљивача ТС 10(20)/0,4 kV. Поред тога, веома дуг рад мреже под земљоспојем може неповољно да утиче на сигурност рада појединих елемената мреже и постројења, а посебно на напонске трансформаторе (види тачку 1.4.2а у ТП-4а1). У сваком случају, **сваки земљоспој у изолованој мрежи мора да се елиминише најкасније за два часа**. Одмах се поставља и проблем како то извести, јер је овде најчешће реч о периферним ТС 35/10(20) kV које немају сталну посаду, нити су даљински командоване. Наметнуло се решење са локалном аутоматизацијом "тражења" вода у земљоспоју. Како наша индустрија до тада није била заинтересована за освајање таквог "трагача" земљоспоја, урађена је оригинална релејна комбинација и названа "Аутоматски трагач земљоспоја - **ATZ**".

Принцип рада ATZ-а дат је на блок шеми на сл.4.



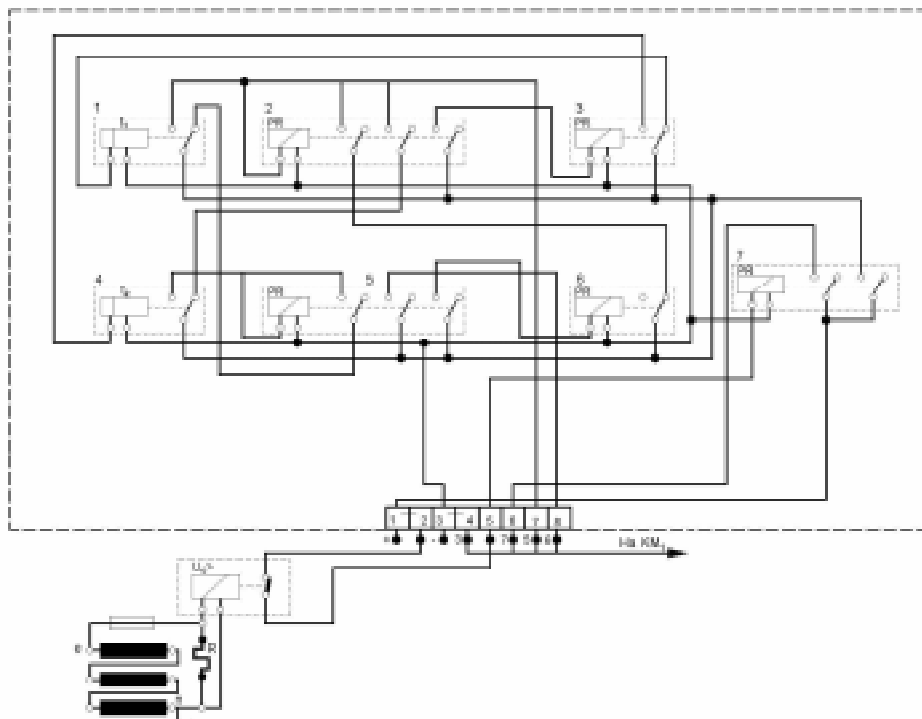
$U_0 >$ - пренапонски реле (20 - 60) V; PVR - програмски временски реле;
 KM_K - командни модул прекидача P_K ; P_K - прекидач извода "к"; $I_K (U_K)$ - искључење
 (укључење) прекидача "к"; t - временски реле (необавезно).

Сл.4 Блок шема аутоматског трагача земљоспоја ATZ

При појави земљоспоја побуди се у ТС 35/10(20) kV пренапонски реле $U_0 >$ који је прикључен на отворени троугао три једнополно изолована напонска трансформатора. Реле $U_0 >$ активира програмски временски реле PVR који, после одређене временске задршке, искључује први вод 10(20) kV који је

укључен у програм. Ако земљоспој и даље траје врши се брзо укључење (до 1 s) искљученог вода. Аутоматика: искључење - укључење изводи се помоћу командних модула КМ и "штафетно" преноси све до вода чијим искључењем нестаје сигнал земљоспоја. PVR може да се активира одмах при настанку земљоспоја, а може и да претходи одређена временска задршка, али укупно време од момента настанка земљоспоја до момента искључења последњег вода 10(20) kV који је укључен у програм не сме да буде дужи од два часа.

На сл.5 дата је шема PVR-а, а на сл.6 шема КМ₁:



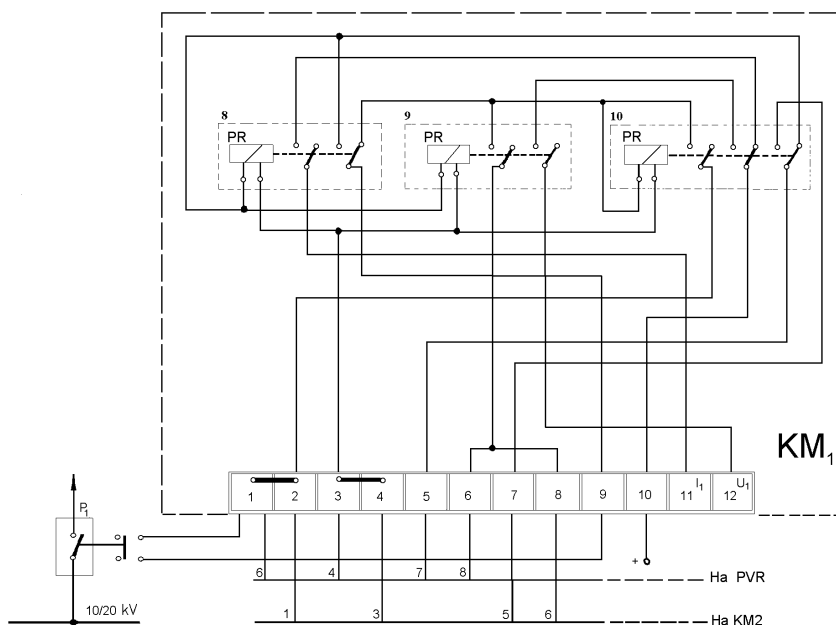
Легенда за слике 5 и 6:

$U_0 >$ - пренапонски реле (20 - 60) V; PVR - програмски временски реле; t - временски реле (0,2-3) s; PR - помоћни реле 110 V=; R - отпорник 40 Ω , 300 W; КМ_к - командни модул прекидача P_K ; P_K - прекидач извода "к"; $I_1 (U_K)$ - искључење (укључење) прекидача "к".

Сл.5: Програмски временски реле за рад АТЗ-а

Пренапонски реле $U_0 >$ побуђује реле 7, преко кога се аутоматика напаја једносмерним напоном. Преко контаката релеа 7 и 3 побуђује се временски реле 1 и после подешеног времена t , активира реле 2, па се преко контаката релеа 7, 4 и 2 шаље импулс на стезаљку 7, који се преноси на стезаљку 5 командног модула КМ₁. Преко контаката релеа 10 у КМ₁ активирају се релеи 8 и 9 и импулсом I_1 врши се искључење прекидача првог извода који је укључен у програм. Једновремено реле 3 у PVR прекида напајање временског релеа 1 и одмах се побуђује временски реле

4, па се преко контаката релеа 7 и 4 активира реле 5, преко кога се шаље импулс на стезаљку 8, који се преноси на стезаљку 6 KM_1 , у коме се преко контаката релеа 9 активира реле 10 и шаље импулс U_1 за укључење прекидача првог извода, јер на њему није био земљоспој. Једновремено се у PVR побуди реле 6 који прекида самодрживу везу релеа 2, а овај релеа 3. Реле 3 прекида напајање временског релеа 4 и поново побуђује временски реле 1, и програм почиње из почетка, само се импулси за укључење и искључење "штафетно" шаљу на наредне изводе 10 kV (20 kV).



Аутоматика "заобилази" извод који је искључен ручно или деловањем заштите.

Сл.6: Командни модул ATZ-a

Литература:

1. Т.Бојковић: Примена локалне аутоматике у дистрибутивним мрежама, "Електродистрибуција" бр. 2/1971.
2. Т.Бојковић: Примена локалне аутоматике у дистрибутивним мрежама Србије, XI Саветовање CIGRE, Охрид 1972. реф.бр. 312.15.

САДРЖАЈ

Р. бр.		Стр.
1	Додатак 1: Примери одабирања и подешавања прекострујне заштите водова и сабирница	1
2	Додатак 2: Опис рада појединих сложених заштита (релејних комбинација)	10
	1 Заштита сабирница	10
	2 Подужна краткоспојна заштита (РКЗ) кабловског вода 35 kV	14
	3 Аутоматски "трагач" земљоспоја у изолованој мрежи 10 kV (20) kV	17