

ПРОБЛЕМАТИКА УСМЕРЕНЕ ЗЕМЉОСПОЈНЕ ЗАШТИТЕ НА 20 КВ ИЗВОДИМА

Б. Митровић, ПД Електровојводина-ЕД Рума, Србија
Д. Пилиповић, ПД Електровојводина-ЕД Рума, Србија

КРАТАК САДРЖАЈ

У дистрибутивним 20 кV мрежама данас се све више користе каблови са полиетиленском изолацијом (ХНЕ49). Ови каблови имају велике капацитивне струје пуњења, које у режиму земљоспоја могу правити проблеме са:

1. радом земљоспојне заштите
2. стационарним пренапонима
3. прелазним пренапонима

У раду ћемо анализирати само проблеме везане за рад земљоспојне заштите. Помоћу графика у временском домену и фазорских дијаграма, избегавајући преопширну теоретску анализу, приказаћемо како се понашају напони и струје у дистрибутивној мрежи у режиму једнополног земљоспоја. У другом делу реферата укратко ћемо описати на који начин Сименсов микропроцесорски релеј врши функцију усмерене земљоспојне заштите, параметрирање ове функције и на крају њено умервање помоћу кофера за секундарно испитивање релеја произвођача Programma, типа Sverker 760.

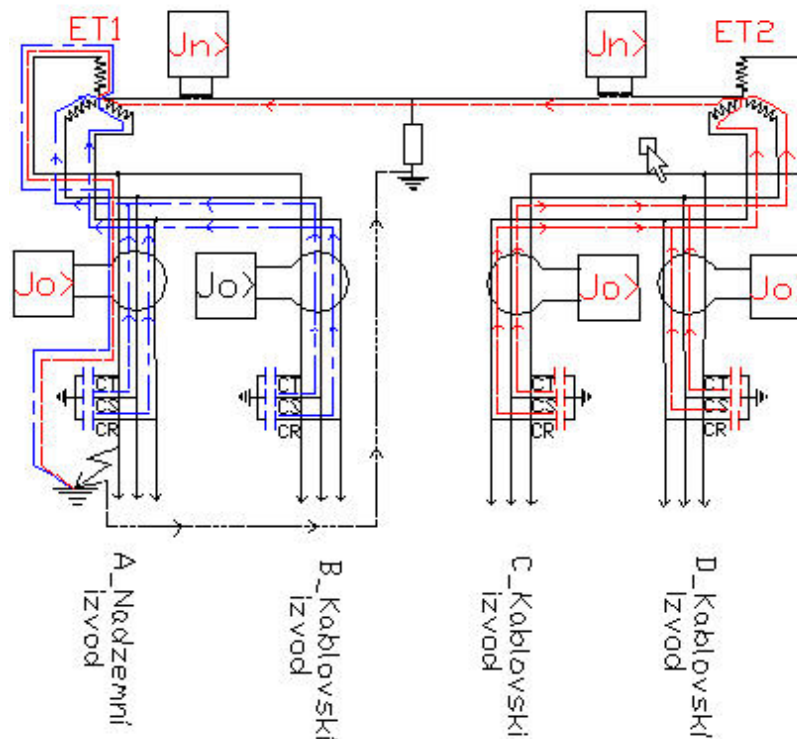
Кључне речи: каблови са полиетиленском изолацијом, усмерена земљоспојна заштита, микропроцесорски релеј

1. УВОД

Електродистрибуција Рума поседује трафостаницу 110/20кV "Нова Пазова", која има два енергетска трансформатора 110/20/10кV, снаге 31,5MVA. Терцијери ових трансформатора се не користе за напајање потрошача. Звездишта секундара су уземљена преко заједничког нискоомског металног отпорника од 40 ома. Овде ћемо увести појам критичног извода са становишта капацитивних струја. То је сваки извод чије капацитивне струје у режиму земљоспоја повећавају троструку вредност нулте компоненту струје земљоспоја на вредност која је већа од 50А, тј. који има више од двадесет километара кабла са полиетиленском изолацијом. Са енергетског трансформатора ET1 напаја се један, а са енергетског трансформатора ET2 напајају се два критична извода. Капацитивна струја у оба трафо реона је приближно иста и износи око 150 ампера. Напон кратког споја оба трансформатора је исти и износи 14%. Нулта реактанса је 1,66 ома, а директна 1,96 ома и исте су за оба ET-а. Сви 20кV изводи и оба трафо поља 20кV су опремљени Сименсовим микропроцесорским релејима, који имају могућност снимања кварова у мрежи.

Теоријску анализу режима једнополног земљоспоја на 20кV изводу урадићемо за случај једнополног земљоспоја на претежно надземном изводу, који се напаја са првог трансформатора. Анализу ћемо поткрепити снимцима стварног квара на овом изводу. Овај квар су регистровали и микропроцесорски релеји са свих критичних извода и са оба трафопоља 20кV.

На слици 1 је приказан поменути случај. Опште је познато да у режиму једнополног земљоспоја фазни напони здравих фаза порасту на вредност међуфазног напона, док напон фазе погођене кваром у зависности од отпора квара тежи нули, тако да међуфазни напони практично остају непромењени.. Због директне галванске везе преко отпорника у неутрали напони на оба трансформатора су исти, иако на другом трансформатору немамо земљоспој. На слици 2 је приказана табела у којој су дате вредности напона и струја које је снимио Сименсов микропроцесорски релеј који врши функцију заштите на изводу А.



Слика 1. Једнофазни земљоспој у фази Т на претежно надземном изводу који се напаја са ET1

Капацитивне струје су последица постојања капацитивности између фазних проводника и земље, која се у литератури обично именује са доземном капацитивношћу. Њена величина зависи

од типа фазног проводника, величине фазног напона и дужине извода. У нормалном погону капацитивне струје су у свим фазама исте и њихов збир је једнак нули. У режиму земљоспоја мењају се фазни напони, тако да се повећавају доземне капацитивности здравих фаза за $\sqrt{3}$, док ће код фазе погођене кваром пасти на нулу. Капацитивне струје у режиму земљоспоја за надземне 20kV мреже су јако мале и измосе 0,06А по дужном километру, док су код кабловских мрежа прилично велике и за каблове за полиетиленском изолацијом износе од 2,2 до 2,5 ампера по километру [5]. Оне преко секундарних намотаја енергетских трансформатора теку ка месту квара, као што је приказано на слици 1, повећавајући укупну струју земљоспоја. Значи, путеве капацитивне струје чине редна веза доземних капацитета здравих фаза и индуктивитети трансформаторских намотаја, што може изазвати струјне и напонске прелазне осцилаторне појаве у 20kV мрежи. Величина прелазних напона може бити и до 2-3 пута већа од фазних напона и она зависи од величине капацитивних струја земљоспоја. Те две величине су директно пропорционалне. Капацитивне струје утичу и на стационарне пренапоне, али они обично остају за $\sqrt{3}$ пута већи од фазних напона. Прелазни и стационарни напони оптерећују изолацију, што може изазвати додатне кварове у мрежи.

Cursor 1: 157.3 ms

Measuring Sign	R.M.S.	Real	Imag	Phase
Current iL1	324 A	-94.0 A	310 A	106.9°
Current iL2	64.7 A	54.2 A	-35.3 A	-33.1°
Current iL3	55.1 A	-51.1 A	-20.5 A	-158.1°
Voltage uL1	2.88 kV	-2.09 kV	1.97 kV	136.6°
Voltage uL2	17.0 kV	11.1 kV	-12.9 kV	-49.2°
Voltage uL3	19.6 kV	-8.18 kV	-17.8 kV	-114.7°
UL12*	19.8 kV	-13.2 kV	14.8 kV	131.6°
UL23*	19.9 kV	19.3 kV	4.91 kV	14.3°
UL31*	20.7 kV	-6.09 kV	-19.7 kV	-107.2°
I0*	90.0 A	-30.3 A	84.7 A	109.7°
U0*	9.55 kV	0.28 kV	-9.55 kV	-88.3°
Z L1E*	4.82 Ohm	4.25 Ohm	2.27 Ohm	28.1°

Слика 2. Табеларни приказ вредности напона и струја који је направио Сименсов микропроцесорски релеј у режиму једнополног земљоспоја на претежно надземном изводу, који се напаја са првог енергетског трансформатора

Вратимо се проблемима, које капацитивне струје праве у раду заштите. На слици 1 се види да капацитивне струје са извода који се напајају са ET1, преко његових секундарних намотаја теку ка месту квара. Пошто је извод Б критичан, његова земљоспојна заштита ће у режиму земљоспоја, који је настао на изводу А, такође бити побуђена. С друге стране, капацитивне струје са извода који се напајају са ET2 преко његових секундарних намотаја, неутрале оба енергетска трансформатора и секундарног намотаја ET1 фазе која је погођена кваром теку ка месту квара. Пошто је укупна капацитивна струја извода са ET2 око 150 ампера и пошто су изводи Ц и Д критични, можемо слободно закључити да ће и земљоспојне заштите на изводима Ц и Д и у обе неутрале бити побуђене.

Погледајмо табелу са мерењима, која је направио Сименсов микропроцесорски релеј са извода у квару на слици 2. Струја квара је струја прве фазе и њена вредност за измерену вредност отпора квара је приказана у табели. Такође видимо да имагинарни део струје квара износи 310А и да драстично повећава ефективну вредност струје квара. Ова вредност одговара укупној капацитивној струји свих извода који се напајају са ове трафостанице за овај квар.

На слици 1 се види да капацитивне струје не теку кроз отпорник, што значи да би оне биле исте и у случају да су звездишта изолована. Рачунским путем добијамо да је вредност струје кроз отпорник $i=(-94+j2)A$. Струја кроз неутралу првог трансформатора износи $iN1=(-91+j160)A$, а кроз неутралу другог трансформатора $iN2=(-3+j158)A$.

Из претходне анализе следи да ће шест земљоспојних заштита бити побуђено, и то:

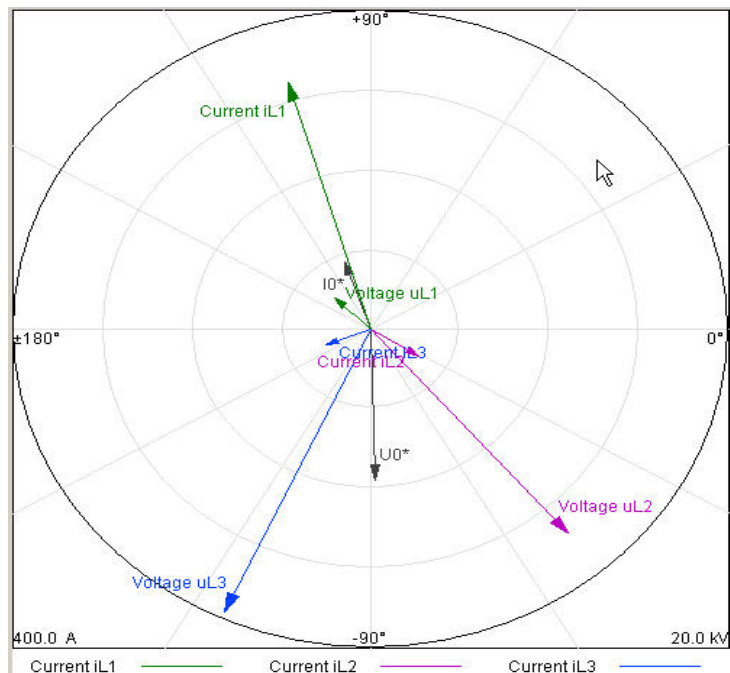
- на изводу А на којем је квар
- на изводима Б, Ц и Д на којима нема квара
- у обе неутрале, иако на сабирницама нема земљоспоја

Сада слободно можемо издвојити две основне групе проблема у раду заштите:

1. Искључење здравог критичног извода при земљоспоју на другом изводу.
2. У случају да заштита на изводу који је у квару затаји, тј. не искључи га, земљоспојне заштите у обе неутрале ће искључити оба енергетска трансформатора остављајући цело подручје које напаја трафостаница без електричне енергије.

Искључење здравог критичног извода се може десити без обзира са ког се енергетског трансформатора напаја други извод који је у квару. Овај проблем се може решити повећањем временске подешености земљоспојне заштите на критичном изводу. На овај начин би заштита на критичном изводу сачекала да одраде заштите на другим изводима, у случају да је на њима земљоспој, па тек онда ако је квар на критичном изводу дала налог за његово искључење. Ово решење се може користити у случају да имамо само један критичан извод. Постоји још неколико начина за превазилажење овог недостатка и они су дати у литератури [2] и [3].

И први и други проблем се најпоузданије може решити коришћењем усмерене земљоспојне заштите на 20kV изводима и у неутралама трафо поља. Да би објаснили како ова заштита ради погледајмо поново фазне напоне и струје, као и нулту компоненту напона и струје представљених фазорским дијаграмом на слици 3, који је направио микропроцесорски релеј који штити извод А у режиму једнополног земљоспоја на том изводу.

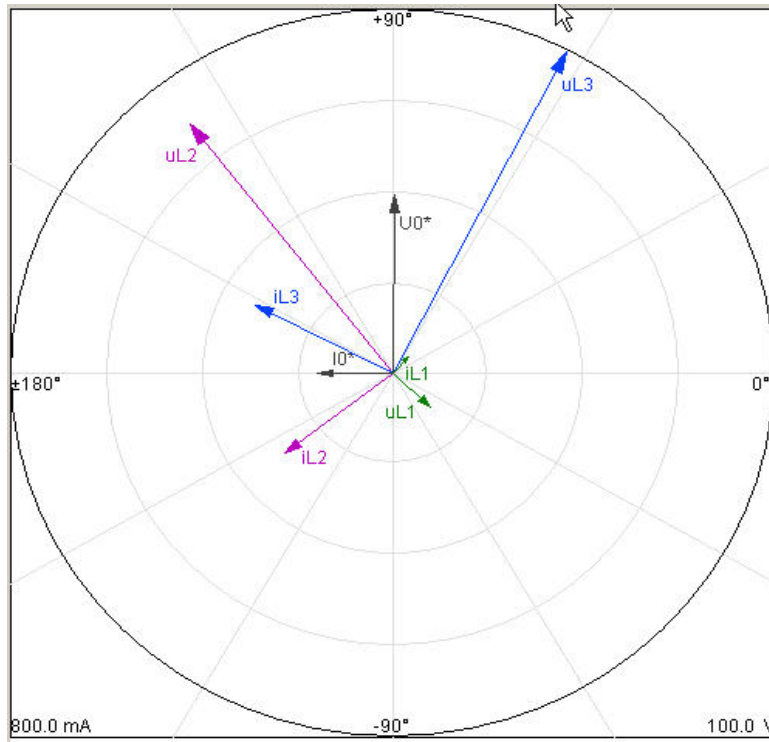


Слика 3. Фазорски дијаграм напона и струја који је направио Сименсов микропроцесорски релеј у режиму једнополног земљоспоја на претежно надземном изводу, који се напаја са првог енергетског трансформатора

На слици 3 се види да нулта компонента струје предњачи нултој компоненти напона. На основу анализе [1] и снимака кварова који су направили микропроцесорски релеји на 20kV

изводима при једнополним земљоспојевима, можемо закључити да без обзира на врсту квара са земљоспојем нулта компонента струје увек фазно предњачи нултој компоненти напона.

Погледајмо сада како изгледа фазорски дијаграм напона и струја на слици 4 на критичном изводу Ц без квара, у тренутку квара на изводу А. На слици 4 се види да у овом случају нулта компонента напона фазно предњачи нултој компоненти струје за 90 степени.



Слика 4. Фазорски дијаграм напона и струја на критичном изводу за време квара на другом изводу

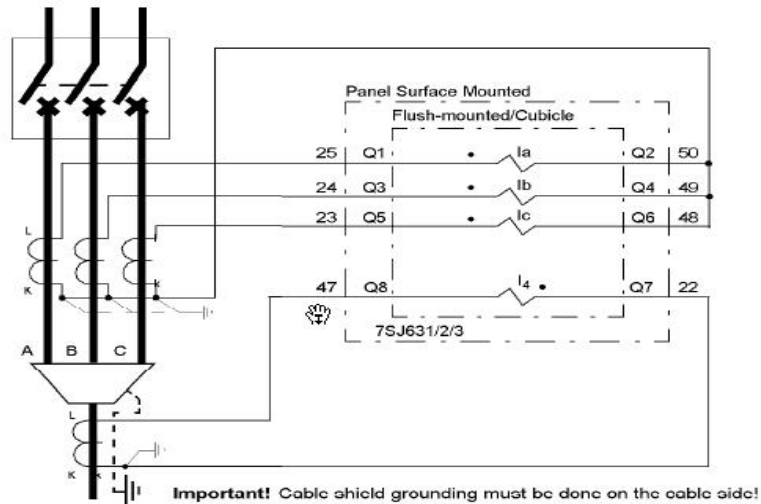
Претходна анализа нам сугерише да би усмерени земљоспојни релеј реаговао тек када би били испуњени следећи услови:

1. Нулта компонента струје мора бити већа од подешене
2. Нулта компонента напона мора бити већа од подешене
3. Угао између нулте компоненте напона и струје мора бити у подешеном опсегу $\alpha < \alpha < \phi + 180$
4. Временска подешеност земљоспојне заштите мора бити краћа од времена у којем су испуњена прва три услова.

2. ПАРАМЕТРИРАЊЕ ФУНКЦИЈЕ УСМЕРЕНЕ ЗЕМЉОСПОЈНЕ ЗАШТИТЕ НА СИМЕНСОВОМ МИКРОПРОЦЕСОРСКОМ РЕЛЕЈУ 7SJ633

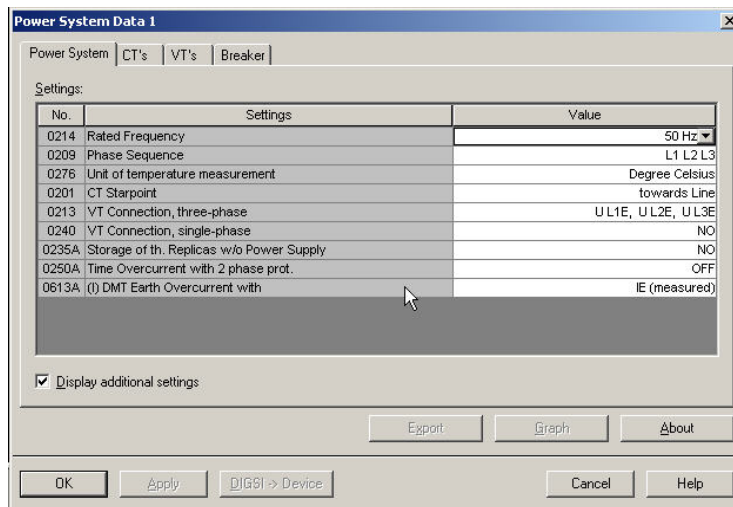
Сиенсов микропроцесорски релеј управља радом усмерене земљоспојне заштите 20kV извода на основу вредности амплитуде нулте компоненте струје и смера енергије (или вредности отпора до места квара), која тече ка месту квара. Смер енергије или вредност отпора до места квара користимо да би из једног од њих израчунали угао између нултих компоненти струја и напона. Нулте компоненте струје и напона релеј може да добија са обухватног струјног редуктора и напонских мерних трансформатора везаних у отворени троугао, респективно, или да их израчуна помоћу фазних напона и струја. Који од ових начина ће бити коришћен зависи од коришћене шеме везе микропроцесорских релеја. Све могуће шеме везе су дате у прилозима упутства за коришћење релеја (7SJ633 manual). На слици 5 је приказана шема везе секундарних струјних кругова. У овом

случају трострука нулта компонента струје се добија из обухватног мерног трансформатора, чији се примарне и секундарне везе виде на слици. Овде је битно напоменути да је јако важно због рачунања смера квара да, ли се уземљени крај секундара налази према сабирницама или према изводу. На слици 5 се види да се уземљени крај налази према изводу и ову чињеницу уносимо у релеј параметрирајући информацију на страници Подаци о енергетском систему (*Power system data 1*) на адреси 0201 (*CT starpoint*), видети слику 6.



Слика 5. Шема везе секундарних струјних кругова

С друге стране, нулта компонента напона се рачуна из три фазна напона везаних на напонске улазе релеја. Овај податак се такође уноси на страници Подаци о енергетском систему на адреси 0213.



Слика 6. Страна Подаци о енергетском систему

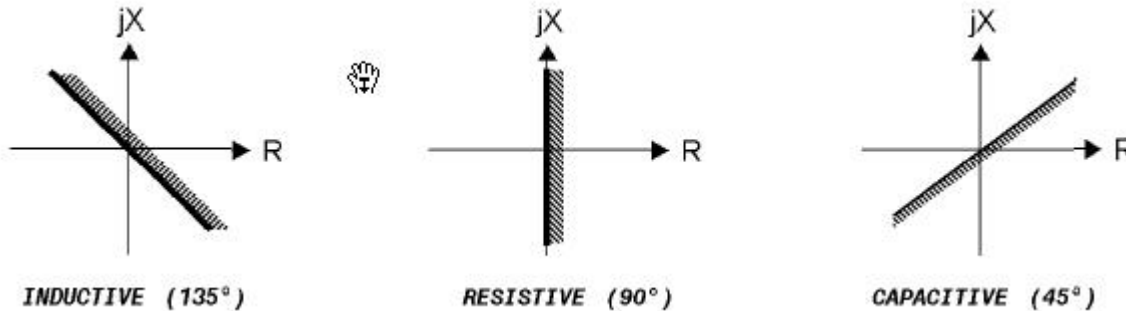
Као што се види на Слици 6 на овој страници се подешавају сви параметри објекта управљања, као што су фреквенција мреже, карактеристике струјних и напонских мерних трансформатора, прекидачу...

Да би функција могла одредити смер квара, мора се прво дефинисати гранична линија смера квара на страници Подешања усмерене земљоспојне заштите (слика 8) на адреси 1615A, која може бити индуктивна (Inductive (135)), резистивна (Resistive(90)), или капацитивна (Capacitive (45)). По правилу када релеј треба да одреди смер квара користи се индуктивна гранична линија

квара. Углови у заградама су углови између x осе и граничних линија. На слици 7 се види како оне изгледају.

Њихова функција је да на графику импедансе квара издвоје две области:

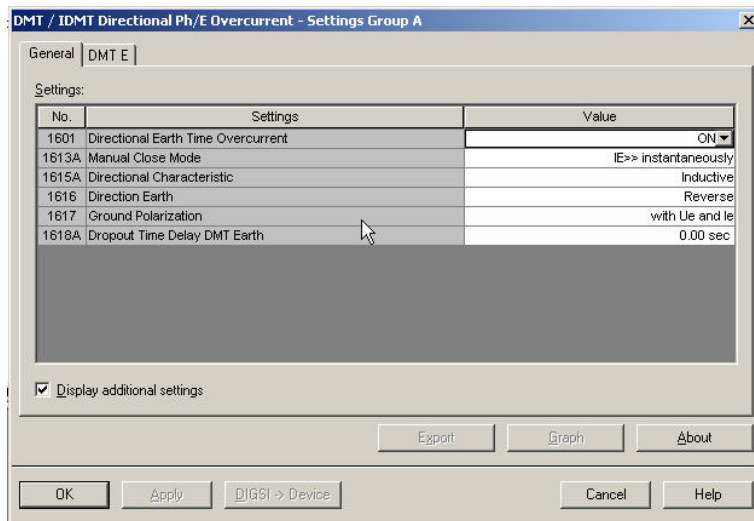
- *Напред* (Forward), десно од граничне линије
- *Назад* (Reserve), лево од граничне линије



Слика 7. Изглед граничних линија смера квара

У случају да импеданса до места квара у режиму земљоспоја буде у подешеној области, а да при томе и струја квара буде већа од подешене и да ови услови трају дужи од временске подешености усмерене земљоспојне заштите, релеј ће дати команду за искључење прекидача. На адреси 1616, на страници Подешења усмерене земљоспојне заштите параметрирамо у којој области хоћемо да релеј врши функцију усмерене земљоспојне заштите. Уколико је релеј везан у складу са шемама везе из прилога, подешење треба да буде напред. На поменутој страници параметрирамо вредности временски затегнуте и тренутне побудне струје, као и временско затезање.

На адреси 1617 подешавамо да ли ће се смер квара одређивати помоћу нултих или помоћу инверзних компоненти напона и струја. Ми користимо прву варијанту.



Слика 8. Страна Подешења усмерене земљоспојне заштите

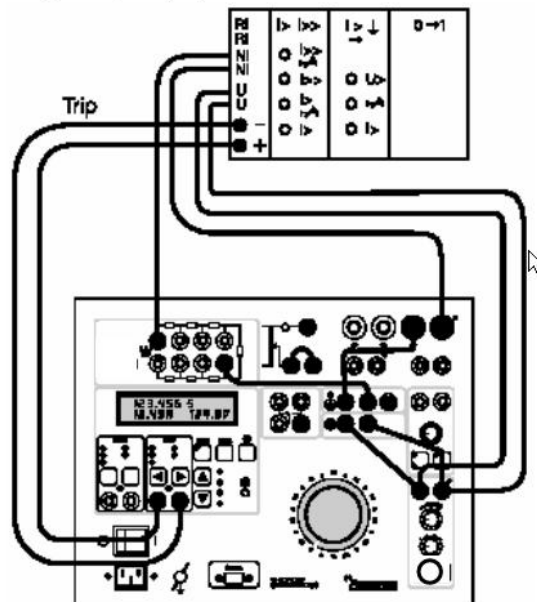
У случају квара на изводу нулта импеданса до места квара ће бити у области *напред*. С друге стране у режиму земљоспоја на релеју који штити критични извод (на којем није квар), снимљена нулта импеданса до места квара ће бити у области *назад*, тако да се усмерена земљоспојна заштита неће побуђивати.

3. УМЕРАВАЊЕ УСМЕРЕНЕ ЗЕМЉОСПОЈНЕ ЗАШТИТЕ ПОМОЋУ КОФЕРА ЗА СЕКУНДАРНО ИСПИТИВАЊЕ РЕЛЕЈА ПРОИЗВОЂАЧА ПРОГРАММА, ТИПА SVERKER 760

Да би помоћу овог кофера извршили секундарно испитивање усмерене земљоспојне заштите, морамо урадити следеће

1. кроз релеј морамо пустити нулту компоненту струје, која је већа од подешене
2. на један напонски улаз морамо довести 60V, 50Hz
3. приказ на дисплеју мора бити подешен тако да можемо прочитати вредности доведеног напона, струје и фазног става између њих.
4. мењамо угао између напона и струје од 0 до 360 степени

Умеравање радимо преко испитне утичнице. Повезивање кофера је приказано на слици 10. За начин на који је параметриран наш релеј гранична линија смера квара са X осом захвата угао од 135 степени. Релеј ће дати налог за искључење, ако је угао између напона и струје са десне стране граничне линије



Слика 10. Повезивање кофера за секундарно испитивање релеја за испитивање усмерене земљоспојне заштите

4. ЗАКЉУЧАК

У овом раду смо дали приказ проблематике усмерене земљоспојне заштите осврћући се на кратко на теорију, мерења, подешавање релеја и његово умеравање. Видимо да би о сваком поглављу могло много више да се пише, поготово због тога што ова заштита претставља једну од најсложенијих заштита у дистрибутивном систему. Надамо се да смо макар мало помогли у једном комплетном сагледавању тематике усмерене земљоспојне заштите, чије је разумевање изузетно битно за свакодневни рад заштитиара.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ђурић М, 1997, "Техника заштите у електроенергетици", 110
- [2] Кувач Ж, Ристановић З, 1997, "Примена усмерене земљоспојне заштите извода 20кVу TC 110/20кV", 3
- [3] Сарић С, 2001, "Предности увођења прекострујне заштите на дугим изводима", 3
- [4] Сименс, "7SJ633 manual"
- [5] Балкавој В, "Утицај великих капацитивних струја земљоспоја на прекиде напајања у уземњеним 20кV мрежама"