

VPLIV GENERATORJA NA KRATKOSTIČNE RAZMERE V DISTRIBUCIJSKEM OMREŽJU

Tomaž SOTLAR, Jože PIHLER, Miran ROŠER

POVZETEK

V članku je obravnavana analiza vpliva generatorja na kratkostične razmere v distribucijskem omrežju. Namen je ugotoviti vpliv sinhronskega generatorja na kratkostične toke, ki so na mestu priključitve izhodiščni podatki za projektiranje in dimenzioniranje posameznih elementov omrežja. Kratkostični tokovi se bodo v točki kratkega stika določili s pomočjo programskega orodja DMS, ki je razvito za analizo realnih razmer v omrežju in med drugim omogoča tudi izračune parametrov vseh vrst kratkih stikov. Analiza vpliva generatorja na kratkostične toke v distribucijskem omrežju je izvedena v točki blizu generatorja in v točki daleč od generatorja s primerjavo rezultatov z vključenim in izključenim generatorjem.

ABSTRACT

The article deals with the analysis of the impact of the generator to short-circuit conditions in the distribution network. The aim is to determine the effect of synchronous generator on short-circuit currents, which are at the point of connection baseline data for the design and sizing of individual network elements. Short-circuit currents will be in point of short circuit determined using a DMS software tool that is developed for the analysis of the actual situation in the network and also enables the calculation of the parameters of all types of short circuits. Analysis of the impact of the generator to the short-circuit currents in the distribution network is carried out in point near the generator and point away from the generator by comparing the results with the generator on and off.

1. UVOD

Generator s svojim virom električne energije močno vpliva na obratovalne in tehnične lastnosti distribucijskega omrežja. Namen je ugotoviti njegov vpliv na parametre kratkega stika, ki so na mestu priključitve izhodiščni podatki za projektiranje in dimenzioniranje posameznih elementov omrežja.

Cilj je analizirati in prikazati vpliv sinhronskega generatorja Merkscha moči 8,44 MVA na kratkostične razmere v distribucijskem omrežju, ki je v RTP 110/20 kV Trnovlje napajano iz distribucijskega transformatorja moči 31,5 MVA. Analiza kratkostičnih razmer v točki kratkega stika se bo izvedla s pomočjo programskega orodja DMS (Distribution Management

System). Programsko orodje DMS je razvito za analizo realnih razmer v omrežju, ki med drugim omogoča tudi izračune parametrov vseh vrst kratkih stikov.

Analiza vpliva generatorja na kratkostične razmere v distribucijskem omrežju je izvedena v različnih točkah distribucijskega omrežja s primerjavo parametrov kratkega stika z vključenim in izključenim generatorjem.

2. PROGRAMSKO ORODJE DMS

DMS programsko orodje je napredna sistemska programska oprema za podporo učinkovitemu in optimalnemu upravljanju distribucijskega omrežja. DMS program zagotavlja orodja za dinamično vizualizacijo, spremljanje in nadzor nad distribucijskim električnim omrežjem, skupaj s široko paleto funkcij za analizo delovanja, načrtovanje in optimizacijo. Sistem je zgrajen na industrijskih standardih in na zmogljivih tehničnih bazah. Skupaj s popolno integracijo s SCADA (Supervisor Control And Data Aquisition), OMS (Outage Management System) ali GIS (Geografski Informacijski Sistem), je program DMS ustrezna tehnična rešitev za elektrodistribucijska podjetja.

DMS določa:

- spremljanje in nadzor celotnega distribucijskega omrežja v realnem času,
- napreden uporabniški vmesnik z logičnim in geografskim prikazom mreže,
- analizo delovanja omrežja in "kaj če" scenarijev v simulacijskem načinu,
- optimizacijo delovanja omrežja in za učinkovito uporabo distribucijskih zmogljivosti,
- okolje za načrtovanje omrežja, oblikovanje in razvoj distribucijskih zmogljivosti,
- učinkovito mrežno upravljanje podatkov z naprednimi podatkovnimi inženirskimi orodji in odprtimi podatkovnimi bazami,
- glavne integracijske platforme za tehnične informacijske sisteme vključujoč SCADA, GIS, OMS in daje dodatno vrednost upravljanju s podatki in informacijami.

Najpomembnejše prednosti DMS programa so:

- učinkovit in uporabniku prijazen uporabniški vmesnik za upravljanje električnega omrežja,
- izjemno hitre, robustne in učinkovite funkcije, ki zagotavljajo vse tehnične podatke in rešitve za upravljanje distribucijskih omrežij (ocena stanja, pretok moči, Volt/Var kontrola, relejne koordinacije, analize, itd),
- največji nabor funkcij za distribucijska in prenosna omrežja,

- glavni podatki celotne platforme in najpomembnejši podatki o izkoriščenosti,
- temelj za "Smart Grid Solution" in popolno upravljanje distribucijskih omrežij povezanih s pametnimi meritvami na daljavo, geografskimi sistemi in sistemi v realnem času.

Izvajanje DMS programa prinaša veliko koristi za podjetje:

- zmanjšanje trajanja obnovitvenih del in nedobavljene električne energije,
- izboljšanje indeksov zanesljivosti omrežja in storitev za stranke,
- zmanjšanje izgub energije in sprostitve novih zmogljivosti omrežja brez naložb,
- zmanjšanje vzdrževalnih in obratovalnih stroškov,
- višja uporabnost distribucijskih zmogljivosti in preložitve naložb,
- povečanje prihodkov in dobička podjetja,
- višja kakovost oskrbe z električno energijo.

DMS analitične funkcije (Analytical Functions System), so "inteligenca" programske opreme DMS. Ta sistem je celoten sklop prefinjene programske opreme in algoritmov, ki omogočajo optimalno delovanje, sprejemanje odločitev in učinkovito oblikovanje celotne opreme nameščene v distribucijskem omrežju:

1. funkcija delovanja omrežja,
2. načrtovanje in optimizacija delovanja omrežja,
3. analiza delovanja omrežja,
4. načrtovanje razvoja omrežja,
5. usposabljanje.

2.1 Upravljanje z okvarami

Upravljanje z okvarami (Fault Management) je ena od osnovnih funkcij za upravljanje okvar v distribucijskem omrežju. Vključi se lahko v on-line načinu delovanja in v načinu simulacije. Operater v on-line načinu upravlja dejanske okvare v realnem času, medtem ko lahko v načinu simulacije simulira mesto in vrsto okvare.

Upravljanje okvare je sestavljeno iz treh delov:

- lociranje okvare,
- osamitev okvare,
- obnova dobave.

2.2 Izračun okvare

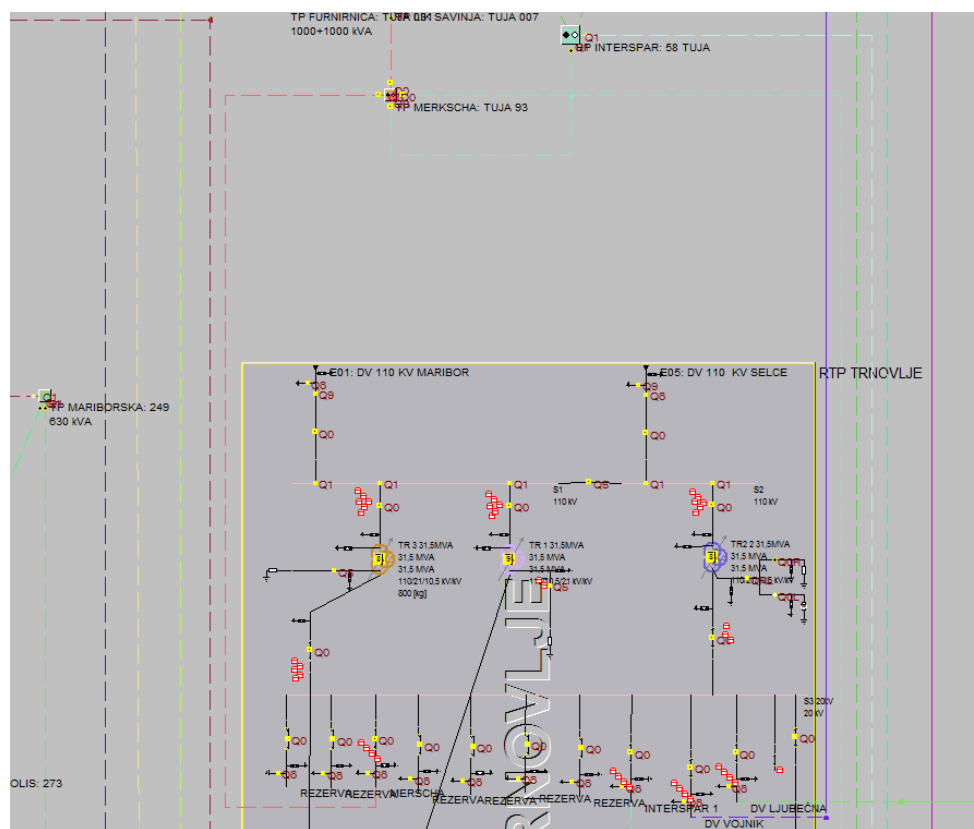
Izračun okvare (Fault Calculation) se uporablja za izračun stanja distribucijske mreže v stanju okvare in v stanju pred okvaro. To pomeni, da se izračunajo napetosti v vseh vozliščih in tokovi v vseh odsekih in transformatorjih.

Na voljo je izbor med več vrstami okvare kot so trifazni kratek stik, dvofazni kratek stik z zemeljskim stikom, dvofazni kratek stik, enofazni zemeljski stik in prekinitev ene, dveh ali vseh treh faz.

Na voljo je pogovorno okno za izračun okvare v katerem se določijo vsi parametri okvare. Omogoča prikaz subtranzientnih, tranzientnih in stacionarnih vrednosti parametrov okvare.

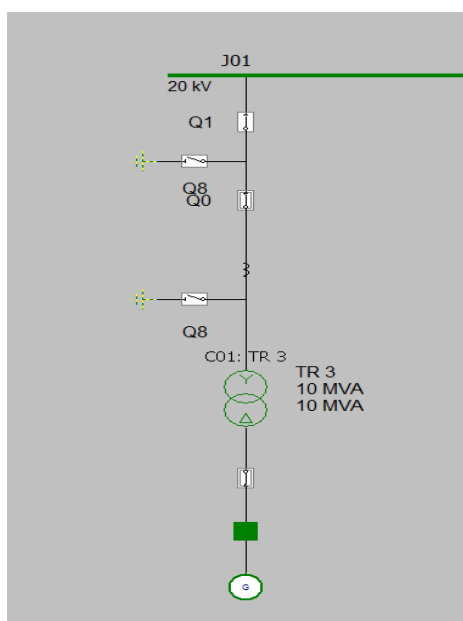
3. MODEL DISTRIBUCIJSKEGA OMREŽJA

Model distribucijskega omrežja v DMS je prikazan na spodnji sliki in je preslikava dejanskega stanja. Sinhronski generator Merkscha moči 8,44 MVA je vključen v distribucijsko omrežje, ki je v RTP 110/20 kV Trnovlje napajano iz distribucijskega transformatorja moči 31,5 MVA.



Slika 1. Model distribucijskega omrežja

Ker je sinhronski generator izdelan za nazivno napetost 10 kV je v 20 kV distribucijsko omrežje priključen preko transformatorja 20/10 kV.



Slika 2. Model priključitve generatorja

3.1 Generator

Dodatni vir električne energije v distribucijskem omrežju napajanem iz RTP 110/20 kV Trnovlje predstavlja sinhronski generator Merkscha.

Tehnični podatki generatorja:

- tip: HTM 180 D04
- nazivna moč (SN): 8.440 kVA
- delovna moč (PN): 6.750 kW
- faktor moči ($\cos \varphi$): 0,8
- nazivna napetost (UN): 10,5 kV, +5/-5 %
- nazivni tok (IN): 464 A
- frekvenca (f): 50 Hz
- nazivni obrati (nN): 1.500 1/min
- kratkostični tok (I_k''): 3.272 A
- trajni kratkostični tok (I_k): 687 A

V programskem orodju DMS se je uporabil model sinhronskega generatorja z zgoraj navedenimi tehničnimi podatki.

3.2 Transformator

Sinhronski generator nazivne napetosti 10 kV je na 20 kV distribucijsko omrežje priključen preko transformatorja 20/10 kV.

Tehnični podatki transformatorja:

- tip: BT 10000-20.8
- nazivna napetost [V]: 20.800/10.400
- nazivni tok [A]: 277,5/555,1
- nazivna moč [kVA]: 10.000
- izgube v praznem teku [W]: 14.408
- izgube v kratkem stiku [W]: 66.400
- kratkostična napetost [%]: 6,33

V programskem orodju DMS se je uporabil model transformatorja z zgoraj navedenimi tehničnimi podatki.

4. REZULTATI

Analiza vpliva generatorja, na kratkostične razmere v distribucijskem omrežju, je izvedena s primerjavo parametrov kratkega stika z vključenim in izključenim generatorjem.

Za prikaz vpliva generatorja na parametre kratkega stika smo izvedli analizo v različnih točkah dejanskega distribucijskega omrežja. Obravnavana sta dva različna primera, prvi je s kratkim stikom v neposredni bližini generatorja in drugi na koncu izvoda napajanega iz RTP 110/20 kV Trnovlje.

Za oba primera so obravnavani kratki stiki:

- enofazni zemeljski stik (1f - KS),
- trifazni kratek stik (3f - KS).

Rezultati so za kratek stik blizu in daleč od generatorja predstavljeni s prikazom kratkostičnih tokov z vključenim (I_{KS+G}) in izključenim generatorjem (I_{KS}). Pri vsaki primerjavi rezultatov je prikazan tudi delež dviga kratkostičnega toka zaradi vpliva generatorja.

4.1 Kratek stik blizu generatorja

V spodnji tabeli so prikazani subtranzientni (subt), tranzientni (tranz) in stacionarni (stac) kratkostični tokovi, ki nastanejo pri kratkem stiku blizu generatorja.

Tabela 1. Rezultati za kratek stik v neposredni bližini generatorja.

KS	1f - KS			3f - KS		
perioda	subt	tranz	stac	subt	tranz	stac
I_{KS} [kA]	0,159	0,159	0,159	5,863	5,814	5,466
I_{KS+G} [kA]	0,159	0,159	0,159	7,011	6,807	5,569
Povečanje [%]	0	0	0	19,58	17,08	1,88

4.2 Kratek stik daleč od generatorja

V spodnji tabeli so prikazani kratkostični tokovi, ki nastanejo pri kratkem stiku daleč od generatorja na koncu izvoda.

Tabela 2. Rezultati za kratek stik daleč od generatorja.

KS	1f - KS	3f - KS
I_{KS} [kA]	0,145	1,661
$I_{KS + G}$ [kA]	0,145	1,721
Povečanje [%]	0	3,61

5. ZAKLJUČEK

Namen članka je prikaz vpliva vgradnje dodatnega vira električne energije v distribucijsko omrežje. Cilj je prikazati vpliv generatorja na kratkostične toke, ki so na mestu priključitve izhodiščni podatki za projektiranje in dimenzioniranje posameznih elementov omrežja. Analiza vpliva generatorja na kratkostične razmere je izvedena s pomočjo programskega orodja DMS.

Iz rezultatov je razvidno, da je največji vpliv generatorja na dvig začetnega »subtranzientnega« kratkostičnega toka pri trifaznem kratkem stiku kjer se pojavljajo tudi največji kratkostični tokovi. Rezultati analize vpliva vgradnje generatorja so pokazali, da pri enofaznem zemeljskem stiku vgradnja generatorja nima nobenega vpliva na vrednost kratkostičnih tokov.

Analiza vpliva generatorja na kratkostične razmere v distribucijskem omrežju je izvedena še v točki daleč od generatorja, na koncu izvoda, kjer je vpliv občutno manjši zaradi vpliva upornosti omrežja.

Ugotovimo lahko, da vgradnja generatorjev v distribucijsko omrežje s svojim virom električne energije močno vpliva na parametre kratkega stika. Čeprav vpliv z oddaljenostjo izginja je pri projektiranju in dimenzioniranju novih naprav potrebno upoštevati njihov vpliv.

6. VIRI, LITERATURA

- [1] Dragan Popović, Duško Bekut, Valentina Treskanica, "Specijalizovani DMS algoritmi", DMS Group, Novi Sad 2004
- [2] Telvent DMS, "Training program", DMS Group, Novi Sad 2010
- [3] J. Pihler, "Stikalne naprave elektroenergetskega sistema – 2. izdaja", Maribor, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor 2003
- [4] J. Voršič, T. Zorič, M. Horvat, "Izračun obratovalnih stanj v elektroenergetskih omrežjih", Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor 2012

NASLOV AVTORJEV

Tomaž SOTLAR, univ.dipl.inž.el.

dr. Miran ROŠER

Elektro Celje, d.d.

Vrunčeva 2A, 3000 Celje, Slovenija

Tel: + 386 3 42 01 000

Elektronska pošta: tomaz.sotlar@elektro-celje.si , miran.rosar@elektro-celje.si

red. prof. dr. Jože PIHLER

Univerza v Mariboru, Fakulteta, za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

Smetanova ulica 17, 2000 Maribor, Slovenija

Tel: + 386 2 220 70 61

Elektronska pošta: joze.pihler@um.si