

## تأثیر محدودسازهای جریان خطا بر رفتار و تنظیم رله های دیستانس خطوط انتقال

مهديه باقري پور  
شرکت برق منطقه ای کرمان

حمید جوادی، محمد تقی عاملی، علیرضا مبرهنی  
دانشگاه صنعت آب و برق - دانشکده برق

[javadi@pwut.ac.ir](mailto:javadi@pwut.ac.ir)

**خلاصه:** ایجاد شبکه های سراسری به هم پیوسته و تأسیس نیروگاههای جدید در سیستم قدرت همانگونه که پاسخگوی رشد بار و نیاز به توانهای بالاتر می باشد، باعث به وجود آمدن خطاها و اتصالاتی های بیشتر نیز در شبکه می شود. به همین دلیل همزمان با گسترش شبکه و ورود نیروگاههای جدید به سیستم قدرت، مطالعات سطح اتصال کوتاه در نقاط مختلف شبکه نیز باید انجام گیرد. چرا که ممکن است قدرت اتصال کوتاه از قدرت قطع کلیدهای موجود بالاتر رفته و تجهیزات جدید نیز کاملاً متناسب با شدت جریانهای اتصالاتی محاسبه شده انتخاب شوند. یکی از راهکارها برای پرهیز از تعویض کلیدهای قدرت استفاده از محدودسازهای جریان خطا می باشد. از آنجا که در چند ساله اخیر شبکه انتقال شرکت برق منطقه ای کرمان از رشد قابل توجهی برخوردار بوده لذا ضرورت به کارگیری و مدل سازی محدودساز جریان خطا از نوع رزونانس موازی در یک پست نمونه ۲۳۰ کیلوولت آن شرکت مورد تحقیق قرار گرفته و عملکرد حفاظت دیستانس خطوط با حضور محدودساز فوق الذکر ارزیابی شده و چگونگی تنظیم رله دیستانس نیز ارائه شده است.

**کلید واژه:** محدودساز جریان خطا، رله دیستانس، امپدانس رزونانس موازی، خطوط انتقال

### ۱- مقدمه

انتخاب و نصب آن بدون توجه به جریان اتصال کوتاههای احتمالی اقدام شده است ممکن است در موقع عبور جریان اتصال کوتاه صدمه ببیند و جرقه حاصل نیز باعث خطاهای دیگر و یا تلفات جانبی به متصدیان تأسیسات گردد. به همین دلیل بایستی همزمان با گسترش شبکه و ورود نیروگاههای جدید به سیستم قدرت، مطالعات سطح اتصال کوتاه در نقاط مختلف شبکه نیز انجام گیرد. چرا که ممکن است قدرت اتصال کوتاه از قدرت قطع کلیدهای موجود بالاتر رفته و تجهیزات جدید نیز کاملاً متناسب با شدت جریانهای اتصالاتی محاسبه شده انتخاب شوند. در این ارتباط در شرکت برق منطقه ای کرمان برآورد سطح اتصال کوتاه پست های ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلو ولت (سطح ولتاژ انتقال) جهت استخراج نقاط

ایجاد شبکه های سراسری به هم پیوسته و تأسیس نیروگاههای جدید در سیستم قدرت همانگونه که پاسخگوی رشد بار و نیاز به توانهای بالاتر می باشد، باعث به وجود آمدن خطاها و اتصالاتی های بیشتر نیز در شبکه می شود. شناخت علت وجودی این خطاها و شدت جریانهای اتصالاتی به منظور انتخاب صحیح دستگاهها و تجهیزات مختلف سیستم قدرت بسیار حائز اهمیت است. انتخاب نامناسب و عدم تحمل دستگاهها، عناصر الکتریکی و المانهای مختلف شبکه در برابر نیروهای مکانیکی و حرارتی اتصال کوتاه اغلب باعث انهدام و متلاشی شدن دستگاههایی می شود که در معرض اتصالاتی بوده اند. مثلاً کلیدی که در

امپدانسهای توالی مثبت و صفر بترتیب روابط ۲ و ۳ می باشد [۲]:

(۲)

$$X^+ = X^- = j\omega \frac{\mu_0}{2\pi} \left( \frac{1}{4} + Ln \frac{D}{R} \right)$$

(۳)

$$X^0 = j\omega \frac{\mu_0}{2\pi} \left( 1 + Ln \frac{D_n^6}{R \cdot R_n^3 \cdot D^2} \right)$$

که

D فاصله بین فازها

R شعاع هر یک از سیمهای فاز

$D_n$  فاصله متوسط سیم خنثی از هر یک از سیمهای فاز

و  $R_n$  شعاع سیم خنثی می باشد.

برای محاسبه امپدانس توالی مثبت و منفی ترانسفورماتور بر حسب پریونیت به صورت زیر عمل شده است.

در ترانسفورماتورهای سه سیم پیچ، امپدانس درصد به صورت  $X(HV\_LV)$ ,  $X(HV\_TV)$ ,  $X(LV\_TV)$

(معادله ۴) داده شده که منظور از H سیم پیچ ولتاژ بالا، L

سیم پیچ وسط و T سیم پیچ ثالثیه (۲۰ کیلو ولت) می باشد.

(۴)

$$X(HV\_LV) = A$$

$$X(HV\_TV) = B$$

$$X(LV\_TV) = C$$

که A و B و C مقادیر امپدانس درصد ذکر شده روی پلاک ترانسفورماتور می باشد.

با حل دستگاه معادله ۴ امپدانس توالی ترانسفورماتور در

مبنای مشترک بدست می آید.

(۵)

$$X_H^+ = \frac{1}{2}(HL + HT - LT)$$

$$X_L^+ = \frac{1}{2}(LT + HL - HT)$$

$$X_T^+ = \frac{1}{2}(LT + HT - HL)$$

که HL همان HV-LV می باشد

بحرانی برای شبکه موجود تا پایان سال ۱۳۸۶ و با در نظر گرفتن طرح های توسعه شبکه تا سال ۱۳۹۰ مورد توجه قرار گرفته که نتایج تحقیق در این مقاله ارائه شده است. بر اساس به کارگیری و مدل سازی محدود ساز جریان خطا از نوع رزونانس موازی دریک پست نمونه ۲۳۰ کیلوولت این شرکت برق منطقه ای، عملکرد حفاظت دیستانس خطوط نیز ارزیابی شده است.

## ۲- محاسبه امپدانسهای توالی سیستم قدرت کرمان

برای انجام محاسبات اتصال کوتاه نیاز به اطلاعات دقیق شبکه می باشد که جمع آوری اطلاعات بطور دقیق صورت گرفته است. اطلاعات پست های انتقال شامل تعداد ترانس (اتوترانس)های پست، ظرفیت نامی سیم پیچها، گروه برداری، امپدانس درصد اتصال کوتاه، در بخش خطوط نیز اطلاعات مربوط به طول خط، تیپ برج مورد استفاده، نوع هادی، تعداد مدار، تعداد باندل، اندوکتانس و مقاومت خود هادی بر حسب  $\Omega/mile$  و برای واحدهای گازی نیروگاه کرمان نیز ظرفیت نامی واحد ها، راکتانس مثبت محور  $X_d$ ، راکتانس گذرا  $X'_d$ ، زیر گذرا  $X''_d$  و نیز راکتانس صفر  $X^0$  جمع آوری شده است.

اطلاعات اولیه برای واحد های گازی نیروگاه کرمان در مبنای ظرفیت نامی سیم پیچها یعنی ۲۰۰ مگاوات آمپر تهیه شده است که این اطلاعات باید به یک مبنای مشترک برای کل شبکه تبدیل گردند. مبنای قدرت مشترک برای مطالعات 100MVA می باشد که با استفاده از رابطه ۱ تبدیل امپدانسها به مبنای مشترک صورت گرفته است [۲]:

(۱)

$$Z_{new} = Z_{old} * \left( \frac{S_{new}}{S_{old}} \right) * \left( \frac{V_{old}}{V_{new}} \right)^2$$

که S قدرت ظاهری، V ولتاژ مبنا و Z امپدانس می باشند

برای محاسبه امپدانس خطوط انتقال از نرم افزار موجود (SYSCON) استفاده شده است. مبنای محاسبه

#### ۴- آنالیز اتصال کوتاه شبکه موجود و شبکه آینده

محاسبات اتصال کوتاه با نرم افزار digsilent انجام شده است. پس از ترسیم دیاگرام تک خطی شبکه کرمان و مرحله ورود اطلاعات، محاسبه اتصال کوتاه انجام شده که نتایج اتصال کوتاه شبکه سال ۱۳۸۶ در جدول ۱ و برای شبکه توسعه یافته در سال ۱۳۹۰ در جدول ۲ ارائه شده است.

#### ۵- استخراج نقاط بحرانی اتصال کوتاه

با داشتن مقادیر قدرت اتصال کوتاه و قدرت نامی قطع بریکرهای شبکه انتقال و از مقایسه این مقادیر، نقاط بحرانی را در شبکه برق کرمان شناسایی گردید.

جدول (۱) جریان اتصال کوتاه شبکه کرمان در سال ۱۳۸۶

Fault Current (kA)		Short Circuit Level (MVA)		سطح ولتاژ (kV)	نام پست
1 Ø	3 Ø	1 Ø	3 Ø		
6.5	9.1	1505	6287	400	سیرجان
10.1	12.9	1335	5134	230	سیرجان
21.5	20.4	2854	8142	230	باغین
29.3	24.6	3895.4	9801	230	نیروگاه کرمان
3.5	3.2	808.2	2208.7	400	نیروگاه کرمان
3.3	4.5	444.4	1784.6	230	بم
10.9	12.7	1453.4	5047.5	230	شهاب

جدول (۲) جریان اتصال کوتاه شبکه کرمان در سال ۱۳۹۰

Fault Current (kA)	Short Circuit Level (MVA)	سطح ولتاژ (kV)	نام پست
12.4	8585	400	سیرجان
15.8	6319	230	سیرجان
27.01	10761.1	230	باغین
35.5	14137.2	230	نیروگاه کرمان

امپدانس صفر ترانسفورماتور ۰.۸۵ مقادیر توالی مثبت می باشد [۱].

با محاسبه و مشخص نمودن امپدانس المانهای شبکه، جریان اتصال کوتاه متقارن (سه فاز) و جریان اتصال کوتاه نامتقارن (تک فاز) بترتیب از روابط ۶ و ۷ بدست می آیند.

(۶)

$$I_{f3\Phi} = \frac{1}{Z^+}$$

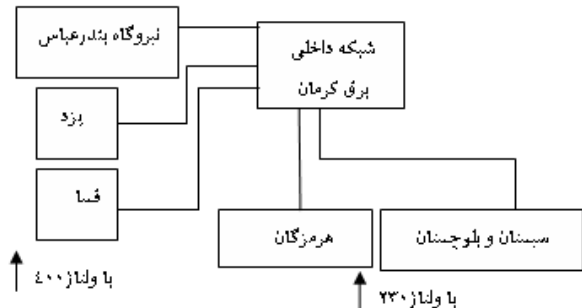
(۷)

$$I_{f1\Phi} = \frac{3}{Z^+ + Z^- + Z^0}$$

که  $Z^+, Z^-, Z^0$  بترتیب معرف امپدانسهای توالی صفر، منفی و مثبت شبکه از دید نقطه اتصالی می باشند.

#### ۳- نحوه مدل سازی سیستم قدرت کرمان در نقاط اتصال به شبکه سراسری

در نقاط اتصال شبکه شرکت برق منطقه ای کرمان به شبکه سراسری نیز مدل تونن شبکه محاسبه و جایگزین شده است. شکل (۱) نحوه اتصال شبکه داخلی برق کرمان را به شبکه سراسری نشان می دهد. در نقاط اتصال، سهم جریانهای شبکه سراسری با یک ژنراتور مجازی مدل شده است که پارامترهای این ژنراتور مجازی همان مقادیر امپدانس تونن معادل شبکه سراسری در نقطه اتصال می باشد. مقادیر امپدانس تونن برای شبکه موجود و برای شبکه آینده از دفتر فنی سازمان توانیر اخذ شده است.



شکل (۱) - ارتباط شبکه داخلی برق کرمان با شبکه سراسری

منظور از S.C.L همان Short Circuit Level یا سطح اتصال کوتاه و منظور از S.C.C همان Short Circuit capacity یا قدرت قطع کلید است. در جدول (۳) نتایج این مقایسه دیده می شود.

همانگونه که در این جدول مشاهده می شود تا پایان سال ۱۳۸۶ هیچ یک از پستهای منطقه به محدوده بحران وارد نمی شوند. بهترین پست در این حالت پست بم با نسبت  $\frac{MAX(S.C.L)}{MIN(S.C.C)}$  برابر ۱۱.۳٪ و بدترین آن پست نیرو گاه کرمان با نسبت فوق برابر ۶۱.۵٪ است.

برای سال ۱۳۹۰ نیز نسبت فوق در هر یک از پستهای منطقه افزایش می یابد. اما باز هم بهترین نقطه، پست بم با افزایش نسبت فوق تا ۱۸٪ و بدترین آن پست نیرو گاه کرمان با نسبت ۸۸٪ می باشد که بسیار بحرانی تلقی می شود.

نیروگاه کرمان	400	11757.3	16.9
بردسیر	230	3522.8	8.84
بم	230	2884.1	7.2
شهاب	230	7750.7	19.5

بر طبق استانداردهای وزارت نیرو [۳]، جریان نامی قطع اتصال کوتاه کلید عبارت است از حد اکثر جریان خطائی که باید تحت شرایط مشخص شده توسط آن کلید قطع گردد. اگر نسبت بیشترین سطح اتصال کوتاه محاسبه شده به کمترین قدرت قطع کلید موجود یعنی  $\frac{MAX(S.C.L)}{MIN(S.C.C)}$  بر حسب در صد از ۷۰ بیشتر باشد نقطه مورد نظر بحرانی است

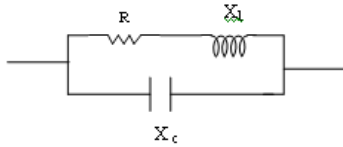
جدول (۳) معرفی پستهای با شرایط بحرانی

نقاط بحرانی		$\frac{MAX(S.C.L)}{MIN(S.C.C)} \%$		MIN (S.C.) (KA)	MAX (S.C.L) (KA)		نام پست
		۱۳۸۶	۱۳۹۰		۱۳۸۶	۱۳۹۰	
۱۳۸۶	۱۳۹۰	۱۳۸۶	۱۳۹۰				
-	-	18.2	24.8	50	9.1	12.4	سیرجان ۴۰۰
-	-	25.8	31.6	50	12.9	15.8	سیرجان ۲۳۰
-	**	51	67.5	40	20.4	27.01	باغین
*	***	61.5	88.7	40	24.6	35.5	نیروگاه کرمان ۲۳۰
-	-	11.3	18	40	4.5	7.2	بم
-	-	31.75	48.7	40	12.7	19.5	شهاب

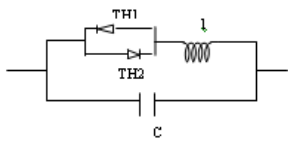
یک محدود کننده جریان اتصال کوتاه یا F.C.L وسیله ای است که به شکل سری با مدار قدرت قرار گرفته و جریان خطا را قبل از رسیدن به مقدار ماکزیمم خود محدود می کند تا اینکه جریان به وسیله کلیدهای قدرت موجود قابل قطع باشد.

۶- ضرورت محدود سازی جریان اتصال کوتاه  
موضوع محدود سازی جریان خطا اولین بار در دهه ۷۰ میلادی و در مرکز تحقیقات برق \_ الکترونیک آمریکا (EPRI) مورد توجه محققان و مهندسان برق قرار گرفت [۴].

تریستورها به طور کامل هدایت کرده و سلف  $L$  را وارد مدار شده و چون در شرایط رزونانس با خازن می باشد، امپدانس بزرگی در مسیر جریان قرار گرفته و آنرا محدود می نماید.



(ب) در حالت وقوع اتصال کوتاه



(الف) در حالت عملکرد عادی سیستم

شکل (۳) مدار محدود ساز رزونانس موازی

در حالت خطا، امپدانس معادل مدار (شکل (۲) ب) بدین صورت قابل محاسبه است [۷].

(۸)

$$Z_{FCL} = \frac{X_l \cdot X_C - JRX_C}{R + J(X_l - X_C)}$$

$Z$  تابع سه متغیره ای از  $R$  و  $X_l$  و  $X_C$  می باشد. حد اکثر مقدار امپدانس F.C.L پس از اعمال شرایط ذکر شده در (۹) بدست می آید.

$$\frac{\partial Z}{\partial X_C} = 0 \quad \frac{\partial Z}{\partial X_l} = 0 \quad (۹)$$

$$\frac{\partial Z}{\partial R} = 0$$

که نتیجه می دهد:

$$R = 0$$

$$X_l = \frac{X_C \pm \sqrt{X_C^2 + 4R^2}}{2}$$

$$X_C = \frac{3X_l \pm \sqrt{X_l^2 - 8R^2}}{4}$$

البته نقطه کار  $R=0$  عملاً برای سلف امکان پذیر نیست. از طرفی خاصیت خازنی  $Z_{FCL}$  نباید زیاد شود زیرا در این صورت  $Z_{FCL}$  ممکن است بخش زیادی از راکتانس خط انتقال را ختنی کرده و در حالتی خاص نیز تمام آن را ختنی کند و تشدید سری در مدار رخ دهد. یعنی F.C.L که برای

معمولاً کلیدها ی قدرت برای قطع جریان اتصال کوتاه در ۲، ۳ یا حتی ۵ سیکل بعد از وقوع خطا تا خاموش شدن کامل قوس ساخته میشوند. حتی اگر فرض کنیم که هزینه ساخت کلید های قدرت جدید با توانائی بالاتر متعارف باشد نمی توان از عبور جریان اتصال کوتاه در چند پریود اول جلوگیری نمود. بنابراین مساله از یاد ولتاژ های گذرا تشدید شده و عایق بندی شبکه را با مشکل مواجه می کند. بعضی انتظارات لازم از یک F.C.L عبارتند از:

۱- افت ولتاژ ناشی از عنصر محدود ساز در شبکه برای حالت عملکرد عادی سیستم ناچیز باشد.  
 ۲- در هنگام اتصال کوتاه امپدانس بزرگی از خود نشان دهد.

۳- عمل محدود سازی را قبل از رسیدن جریان به اولین ماکزیمم خود انجام دهد.

۴- قابلیت وصل مجدد سریع را دارا باشد

محدود ساز های جریان خطا انواع مختلفی دارند [۴].

- محدود ساز های اکتیو

- محدود ساز های پسیو

روشهای محدودسازی جریان خطا به پنج روش عمده تقسیم می شوند که عبارتند از:

الف - محدود ساز جریان با استفاده از فیوز ها [۵]

ب - محدودسازی امپدانس با کلید مکانیکی [۵]

ج - محدود ساز های ابر رسانا [۶]

د - محدود ساز های امپدانس با مدارات رزونانسی و

سوئیچ تریستوری [۷]

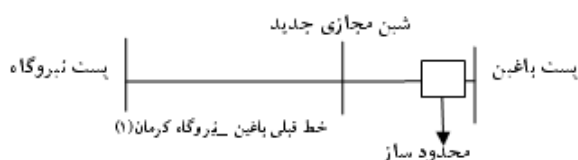
ه - محدود سازی جریان با استفاده از کلید خلاء [۸]

۷- مدلسازی محدود ساز رزونانس موازی در

پست ۲۳۰ کیلوولت باغین

در شکل (۲) محدود ساز جریان خطا با مدار LC موازی دیده می شود. در عملکرد عادی سیستم تریستورها خاموش بوده و خازن C وظیفه جبران سازی مدار را بر عهده دارد. در زمان وقوع خطا با صدور فرمان از قسمت کنترل،

محدود ساز رزونانس موازی را در پست ۲۳۰ باغین روی خط نیروگاه (۱) مدل کرده ایم. نحوه قرار گرفتن محدودساز در پست مذکور در شکل ۳ نشان داده شده است به ازای  $X_C$  های مختلف،  $Z_{FCL}$  های مختلف را بدست می آوریم. مقدار  $X_L$  برای خط نیروگاه (۱) برابر 0.0123 P.U است.



شکل (۳) مدل سازی محدودساز در پست باغین

جدول (۴) مقادیر  $Z_{FCL}$  را به ازای مقادیر مختلف  $X_C$  نشان می دهد.

جدول (۴) مقادیر  $Z_{FCL}$  به ازای مقادیر مختلف  $X_C$

$Z_{FCL}(P.U)$	$X_C(\%)$
0.0242	20
0.0281	25
0.0313	30
0.048	40

حال به ازای  $Z_{FCL}$  های مختلف آنالیز اتصال کوتاه از دید سهم خطوط مختلف به خصوص خط باغین\_نیروگاه (۱) در تشکیل جریان اتصال کوتاه باس باغین انجام گرفته است. نتایج در جدول (۵) مشاهده می شود.

جدول (۵) \_ جریانهای اتصال کوتاه به ازای مقادیر مختلف

$Z_{FCL}$	
جریان خطا در خط نیروگاه (۱) (A)	امپدانس $Z_{FCL}$ (P.U)
4250	0.024
1410	0.029
1340	0.0313
1227	0.037
1000	0.048

محدود کردن جریان استفاده شده خود سبب افزایش آن می گردد.

بنابراین در بهترین حالت تشدید  $X_C$  و  $X_L$  در نظر گرفته می شود. پس شرط تشدید از رابطه (۱۰) حاصل می شود.

(۱۰)

$$Z_{FCL} = \frac{(R + jX_L)(-jX_C)}{R + j(X_L - X_C)}$$

$$R^2 X_C + X_L^2 X_C - X_L X_C^2 = 0$$

در نتیجه

(۱۱)

$$X_L = \frac{X_C \pm \sqrt{X_C^2 - 4R^2}}{2}$$

و نیز

$$Z_{FCL} = \frac{RX_C^2}{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

بدست می آید.

با اعمال شرط مثبت بودن زیر رادیکال داریم:

$$X_C^2 - 4R^2 \geq 0$$

پس  $R \leq \frac{X_C}{2}$  و معمولا  $R$ ، مقدار 10%  $X_C$  انتخاب می

شود. در نتیجه با داشتن مقدار  $R$  بر حسب  $X_C$  و رابطه  $X_L$  خواهیم داشت:

(۱۲)

$$X_L = \frac{X_C + \sqrt{X_C^2 - 0.04X_C^2}}{2} = 0.99X_C$$

و در نهایت، حداکثر امپدانس برای محدود ساز عبارت است از:

(۱۳)

$$Z_{FCL} = 9.9X_C$$

جبران سازی برای خطوط نیز از ۲۰ تا ۷۰٪ متغیر است [۹] یعنی:

$$X_C = (20 - 70)\% X_L$$

پس در بیشترین مقدار

$$Z_{FCL} = 7X_L$$

در روابط بالا، امپدانس خط باغین - نیرو گاه (۱) برابر 6.6 اهم بدست آمده اما چون هر مدار این خط از دوهادی موازی تشکیل شده در محاسبه زونها بر عدد دو تقسیم می شود.

برای تنظیم زون دو رله توجه شده که امپدانس قرار داده شده روی رله، امپدانس ترانسهای پست نیروگاه را پوشش ندهد.

حالت پایه دوم:

بررسی رله دیستانس پست نیرو گاه روی خط باغین است. برای زون یک و دو، تنظیمات فرقی نمیکند، اما برای زون سه، بلندترین خط منشعب از پست باغین، خط باغین - سیرجان خواهد بود .

با در مدار آمدن محدود ساز، امپدانس خط عبارت خواهد بود از :  $Z'_L = Z_L + Z_{FCL} = 17.4 \angle 20^\circ$  که امپدانس بزرگی است.

با تنظیمات قبلی، رله دیستانس که در زون یک خود ۹۰٪ خط را پوشش می داد، حال فقط به اندازه ۱۷٪ خط را حفاظت می کند .

زون ۲ نیز به جای ۱۲۰٪ خط، به اندازه ۲۲٪ خط را پوشش داده است و باعث می شود در حالت وقوع خطا و در مدار آمدن محدود ساز، دید رله دیستانس بسیار کم شده و تاثیر بسیار نامطلوبی بر حفاظت سیستم بگذارد.

در جدول (۷) نتایج تنظیمات مختلف رله دیستانس در حالت بدون محدود سازی و با وجود آن مقایسه شده است.

جدول(۷): مقایسه تنظیمات رله دیستانس روی خط

نیروگاه(۱) با و بدون F.C.L

بدون F.C.L			با F.C.L		
امپدانس خط ohm	درصد حفاظت خط		امپدانس خط ohm	درصد حفاظت خط	
	Z2	Z1		Z2	Z1
3.3	120	90	17.4	22	17

تاثیر محدود ساز بر رله های سایر پست های منطقه مطابق دیاگرام تک خطی شکل (۵)، چنین است:

در جدول (۶) نیز مقادیر جریان اتصال کوتاه با و بدون F.C.L ارائه شده است.

جریان خطای مورد نظر 30٪ جریان اولیه یعنی حدود 1.3 کیلو آمپر بوده است.

جدول(۶) مقایسه نتایج اتصال کوتاه در خط نیروگاه(۱) با و بدون F.C.L

جریان فالت با F.C.L (A)	جریان فالت بدون F.C.L (A)
1340	4603.2

### ۸- تاثیر محدودساز جریان بر حفاظت دیستانس

از مهمترین حفاظتهای خط انتقال حفاظت دیستانس می باشد که بر مبنای سنجش امپدانس محل خطا تا محل رله

می کند با وقوع خطا، جریان افزایش یافته و ولتاژ افت نموده و باعث می گردد امپدانس خط به شدت کاهش یابد. اغلب رله های دیستانس حد اقل ۳ زون را دارا می باشند که زون یک و زون دو برای حفاظت خط اصلی و زون سه به منظور حفاظت پشتیبان برای بلندترین خط بعدی در نظر گرفته شده اند [۱۰].

۸-۱ بررسی حفاظت دیستانس پست باغین بدون محدودساز .  
حالت پایه اول:

امپدانس مثبت این خط از نتایج برنامه محاسبه پارامترهای خطوط عبارتست از :

$$Z^+ = 0.0021 + j 0.0123 \text{ P.U}$$

که جهت تبدیل به اهم با امپدانس مبنای  $Z_{base} = 529 \Omega$  نتیجه می دهد

$$Z^+ = 1.11 + j 6.51 = 6.6 < 80^\circ \Omega$$

زون های مختلف آن به صورت زیر قابل تنظیم می باشند.

$$\text{Zone1} = 90\% Z^+ \text{ (خط باغین - نیرو گاه (۱))}$$

$$\text{Zone2} = 120\% Z^+ \text{ (خط باغین - نیرو گاه (۱))}$$

$$\text{Zone3} = 100\% Z^+ \text{ (نیرو گاه (۱))}$$

((خط نیروگاه - سیرجان)  $+ 120\% Z^+$  (خط باغین -

۱- با مقایسه سطح اتصال کوتاه شبکه در سطح ولتاژ انتقال با قدرت نامی قطع بریکرهای در شرایط فعلی نیاز به هیچ محدودسازی در شبکه برق کرمان نیست.

۲- برای شبکه در سال ۱۳۹۰ در پست نیروگاه کرمان، قدرت قطع بریکرهای فعلی مشکل جدی وجود خواهد آمد با کاربرد محدود ساز جریان از نوع امپدانس رزنانس موازی و مدلسازی شبکه امکان کاهش سطح اتصال کوتاه وجود دارد.

۳- محدود سازهای جریان خطا قطعا بر حفاظت دیستانس شبکه تاثیر می گذارند و این تاثیر رضایت بخش و مطلوب نخواهد داشت.

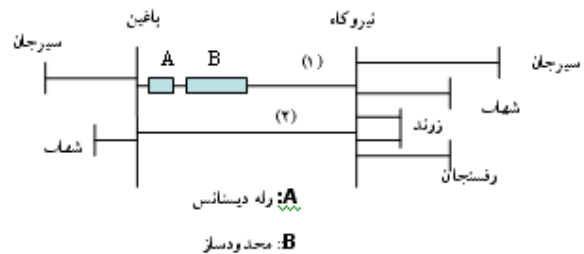
۴- تغییر امپدانس سیستم به نحوی است که محدوده کمی از خطوط در زونهای یک و دو حفاظت خواهند شد.

## مراجع

- ۱- سلطانی مسعود، "محاسبات اتصال کوتاه در شبکه"، دانشگاه تهران، ۱۳۶۸
- ۲- ال آی . الگرد "نظریه سیستم های انرژی الکتریکی" مهدوی طباطبایی نجات، چاپ اول، دانشگاه صنعتی سهند، ۱۳۷۳
- ۳- استاندارد وزارت نیرو درخصوص طراحی بهینه پستهای ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت جلد ۲۰۴
- 4 - Seungje lee, "The short circuit Analysis of Integrated three phase superconducting fault current limiter with two phase superconductor" IEEE transaction on applied superconductivity, vol.12, No.1, March 2002
- 5- Wanmin fei, Lingyun. "Research of fault- current limiter for three phase-four wire power system" 2002 IEEE
- 6- Wanmin fie, zhenyu Lu, Ligyun tan, zhaolin wa and Daozhuo Jiang "Experimental Study on limiting of S.F.C.L in Double circuit transmission line" National key Laboratory of power Electronics, IEEE trans. Power Delivery, vol.7, no.2, April 1992,
- 7-Takahiro, Mitsugi "Single DC Reactor type fault current limiter for 6.6kV power system". IEEE Transaction on applied superconductivity, vol 11, No. 1, March 2001

در پست سیرجان و شهاب روی خطوط نیروگاه و باغین تاثیر ندارد.

در پستهای زرنند و رفسنجان نیز روی خطوط نیروگاه تاثیر ندارد.



شکل (۵) اتصالات خطوط در پست باغین

## ۹- ارائه راه کار و هماهنگی مجدد

تنظیم رله خط باغین - نیروگاه (۱) را مطابق با امپدانس  $Z_L'$  قرار می دهیم. اما با این روش، امپدانس زون یک، ترانسهای پست نیروگاه را پوشش می هد که برای جلوگیری از تداخل، امپدانس زون یک را در مقداری کمتر از امپدانس ترانسها قرار داده و حفاظت بقیه خط را با از دست دادن خاصیت آنی بودن حفاظت قسمت عمده آن، به عهده زون ۳ و ۲ واگذار می گردد.

اما برای تنظیم رله خط نیروگاه - باغین (۱) به این صورت زیر عمل می شود.

$$\text{Zone1} = 90\% Z_L'$$

برای تنظیم زون ۲، ضریب ۱۲۰٪، ترانسهای پست باغین را پوشش می دهد پس ضریب را ۱۱۰٪ قرار می دهیم.

## ۱۰- نتیجه

با پیوستن شبکه ها به یکدیگر و گسترده شدن بیش از بیش ابعاد آنها، جریان خطا و در پی آن سطح اتصال کوتاه در شبکه افزایش می یابد.

در این مقاله عملا برای شبکه سال ۱۳۸۶ و سال ۱۳۹۰ محاسبات اتصال کوتاه با نرم افزار **digsilent** انجام گرفته و اعمال محدودساز جریان خطا برای شبکه کرمان مورد توجه قرار گرفت که نتیجه حاصله عبارت است از:





10 \_ G.E.C "Protective Relays application guide",  
England, 1985

8\_Takamu Genji, Osamu Nakamura, Masru Isozoki  
and Mamoru Yamada "Triggered Vacuum Switch  
type fcl " IEEE 1993

۹ - محمدی\_ارسلان، رسولی محمد "طراحی و ساخت  
محدود ساز رزونانس موازی" پایان نامه کارشناسی، دانشگاه  
صنعت آب و برق مهر ۱۳۷۶