

# روشی جدید برای کاهش اثر TCSC بر حفاظت دیستانس

علی یزدیان<sup>ii</sup>

دانشگاه تربیت مدرس

[yazdian@modares.ac.ir](mailto:yazdian@modares.ac.ir)

سید علی اکبر شهریار<sup>i</sup>

دانشگاه تربیت مدرس

[s.shahriari@modares.ac.ir](mailto:s.shahriari@modares.ac.ir)

## چکیده

برای بهبود ظرفیت و انعطاف بیشتر انتقال توان در خطوط بلند از ادوات FACTS سری نظیر خازن کنترل شدهی تریستوری (TCSC) استفاده می‌شود. این تجهیز سری در خط با تزریق ولتاژ سری، امپدانس خط را تغییر می‌دهد و باعث می‌شود که در زمان وقوع خطا در شبکه، امپدانس مشاهده شده توسط رله دیستانس کوچکتر یا بزرگتر از مقدار واقعی باشد و رله حفاظتی بترتیب دچار مشکل اضافه ناحیه در دسترس (افزایش زون حفاظتی) (Over reach) یا کاهش ناحیه در دسترس (کاهش زون حفاظتی) (Under reach) گردد.

در این مقاله روش جدیدی برای کاهش اثر TCSC بر عملکرد حفاظتی رله دیستانس ارائه گردیده است. در این روش هر TCSC به یک محدود کننده جریان خطا با امپدانس متغیر مجهز می‌گردد، که در زمان وقوع خطا این محدود کننده جریان خطا وارد مدار شده و با تزریق یک امپدانس سری اثر TCSC بر امپدانس مشاهده شده توسط رله دیستانس را کاهش می‌دهد. شبیه سازی انجام شده صحت این روش را نشان می‌دهد.

## کلمات کلیدی

حفاظت دیستانس، خازن کنترل شدهی تریستوری، محدودکننده جریان خطا.

## *A New Method for Minimizing the Impact of TCSC on Distance Protection*

Sayyed Ali Akbar Shahriari  
Tarbiat Modares University  
[s.shahriari@modares.ac.ir](mailto:s.shahriari@modares.ac.ir)

Ali Yazdian  
Tarbiat Modares University  
[yazdian@modares.ac.ir](mailto:yazdian@modares.ac.ir)

### **ABSTRACT**

FACTS series devices such as Thyristor control series capacitor (TCSC) are used to improve the power transfer capability of long transmission lines. These series connected FACTS devices inject a series voltage with the line and change the line impedance and cause the impedance seen by distance relay to be lower or higher than the actual line impedance and the distance relay either over reaches or under reaches.

In this paper, a new method is proposed to minimize the impact of TCSC on distance relay. In this method each TCSC is equipped with the Variable Impedance Fault Current Limiter, when fault is occurred, this Fault Current Limiter enters in the system and by injecting series impedance, minimizes the impact of TCSC on distance relay. The simulation results verify the suggested method.

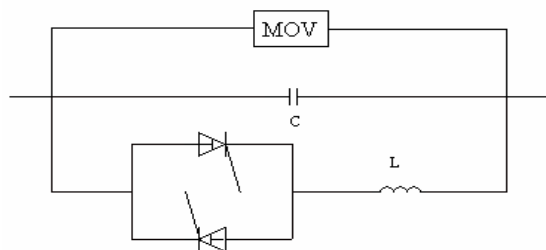
### **KEYWORDS**

Distance Protection, Thyristor control series capacitor, Fault Current Limiter.

<sup>i</sup> - دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس

<sup>ii</sup> - استادیار دانشگاه تربیت مدرس

$KX_{net}$  (هم سلفی هم خازنی) مدل می شود، که  $KX_{net}$  بستگی به زاویه هدایت تریستورها دارد.



شکل (۱): مدار TCSC

هنگامی که  $\alpha$  بین ۱۴۵ و ۱۸۰ درجه باشد، راکتانس معادل خازنی می باشد، که در این محدوده هر چه  $\alpha$  بزرگتر شود، راکتانس خازنی کمتر می شود.

زمانی که  $\alpha$  بین ۹۰ و ۱۴۵ درجه باشد، راکتانس معادل سلفی می باشد، که در این محدوده هر چه  $\alpha$  بزرگتر شود، راکتانس سلفی بزرگتر می شود.

به صورت کلی TCSC در سه مد عملکردی کار می کند، این سه مد عبارتند از:

- مد قفل شدگی<sup>۵</sup> : در این مد عملکردی تریستورها

آتش نمی شوند و جریان خط تنها از خازن می گذرد. بنابراین در این حالت TCSC شبیه یک خازن ثابت عمل می نماید.

- مد بای پس<sup>۶</sup> : در این مد عملکردی تریستورها بصورت پیوسته آتش می شوند و در تمام مدت سلف در مدار می باشد. بنابراین در این حالت رفتار TCSC شبیه اتصال موازی خازن و سلف می باشد.

- مد بوست خازنی<sup>۷</sup> : در این حالت قبل از آنکه ولتاژ خازن به صفر برسد، تریستورها روشن می شوند و جریان دشارژ خازنی از طریق شاخه سلفی شروع به چرخش می کند. این جریان دشارژ به جریان خطی که از خازن عبور می کند، اضافه می شود و یک ولتاژ خازنی به ولتاژ دوسر خازن (ناشی از عبور جریان خط) اضافه می شود.

- مد بوست القایی<sup>۸</sup> : در این مد عملکردی جریان عبوری از تریستورهای TCSC بزرگتر از جریان خط می باشد. شکل موج ولتاژ خازنی در این حالت نسبت به شکل موج سینوسی دارای اعوجاج زیادی است. [۵]

پیشرفت سریع تکنولوژی الکترونیک قدرت امکانات زیادی را برای توسعه تجهیزات جدید به منظور بهره برداری بهتر از سیستم های موجود فراهم آورده است. در خلال دهه های گذشته، تجهیزات کنترلی متعددی تحت عنوان تکنولوژی سیستم های انتقال انعطاف پذیر AC (FACTS<sup>۱</sup>) طراحی و تکمیل شده اند. تجهیزات FACTS را می توان بطور موثری برای کنترل عبور توان، کنترل توان گردشی، تنظیم ولتاژ، افزایش پایداری گذرا و تعدیل نوسانات سیستم بکار برد.

یکی از انواع ادوات FACTS خازن سری کنترل شده تریستوری (TCSC<sup>۲</sup>) می باشد، که برای بهبود ظرفیت انتقال توان در خطوط بلند استفاده می شود. در حالی که استفاده از TCSC ظرفیت انتقال توان و پایداری سیستم را بهبود می بخشد، می تواند باعث بروز مشکلاتی در زمینه های حفاظت سیستم قدرت بخصوص در حوزه حفاظت دیستانس شود. مشکل ایجاد شده شامل تغییر امپدانس، زاویه فاز، دامنه ولتاژ و جریان بار می باشد.

در صورت حضور TCSC در حلقه ی خطا، اجزای حالت ماندگار و گذرای جریان و ولتاژ در نقطه نصب رله تحت تاثیر قرار می گیرند. بنابراین برای محاسبه امپدانس ظاهری میبایستی منبع ولتاژ سری، جریان، ادمیتانس و زاویه در نظر گرفته شوند. اگر امپدانس دیده شده توسط رله کوچکتر یا بزرگتر از امپدانس واقعی خط باشد، رله دیستانس بترتیب دچار اضافه ناحیه در دسترس<sup>۳</sup> یا کاهش ناحیه در دسترس<sup>۴</sup> می شود.

تاکنون برای بررسی اثر TCSC روی امپدانس اندازه گیری شده توسط رله دیستانس، TCSC بصورت یک امپدانس سری متغیر در نظر گرفته شده و اثر آن بر امپدانس اندازه گیری شده در محل نصب رله بکمک روابط ریاضی و شبیه سازی نشان داده شده است. [۱ و ۲ و ۳ و ۴]

در این مقاله پس از مرور مختصر بر اثر TCSC و محدود کننده جریان خطا بر رله دیستانس، از محدود کننده جریان خط بعنوان روشی برای می نیم کردن مشکل TCSC در ایجاد اضافه ناحیه در دسترس حفاظت دیستانس استفاده شده است.

## ۲- مدل TCSC

همانطور که در شکل (۱) نشان داده شده است، TCSC شامل یک خازن ثابت و یک سلف کنترل شده با تریستور می باشد. در این مطالعه TCSC بصورت یک راکتانس متغیر

## ۳- محاسبه امپدانس ظاهری در حضور TCSC

رله دیستانس بر اساس امپدانس اندازه گیری در محل نصب رله عمل می نماید. زمانی که مقاومت خطا برابر صفر باشد،

$$K = \frac{1 - he^{-j}}{Z_{1B} + Z_{1A}he^{-j}} \quad (6)$$

$$\frac{V_B}{V_A} = he^{-j} \quad (7)$$

$$C_1 = \frac{Z_{1B}}{Z_{1A} + Z_{1B}} \quad (8)$$

$$C_0 = \frac{Z_{0B}}{Z_{0A} + Z_{0B}} \quad (9)$$

$$C_{Ld} = (Z + 3R_f)K \quad (10)$$

$$K_{0L} = \frac{Z_{0I} - Z_{1L}}{3Z_{1L}} \quad (11)$$

پس از حضور TCSC در سیستم دو حالت ایجاد خواهد شد. یکی اینکه TCSC در مسیر جریان خطا واقع باشد و دیگر اینکه TCSC در خارج از مسیر جریان خطا باشد، که برای هر مورد روابط بدست آمده بصورتی که در ادامه بیان می‌شود، تغییر خواهند کرد.

### ۳-۱- TCSC در مسیر جریان خطا

در این حالت TCSC در مسیر جریان خطا واقع می‌باشد و امپدانس معادل آن بصورت سری با امپدانس خطا قرار دارد، بنابراین در این حالت معادلات (۱) و (۲) و (۳) بصورت زیر تصحیح می‌شوند:

$$Z_{1A} = Z_{S1A} + Z_{TCSC} + pZ_{1I} \quad (12)$$

$$Z_{0A} = Z_{S0A} + Z_{TCSC} + pZ_{0I} \quad (13)$$

$$Z_A = Z_{TCSC} + pZ_{1L} + \frac{3R_f}{C_{Ld} + 2C_1 + C_0(1 + 3K_0)} \quad (14)$$

### ۳-۲- TCSC خارج از مسیر جریان خطا

در این حالت TCSC در مسیر عبور جریان خطا واقع نمی‌باشد و امپدانس آن بصورت سری با امپدانس خط بعد از نقطه خطا در نظر گرفته می‌شود، بنابراین معادلات (۴) و (۵) بصورت زیر تصحیح می‌شوند:

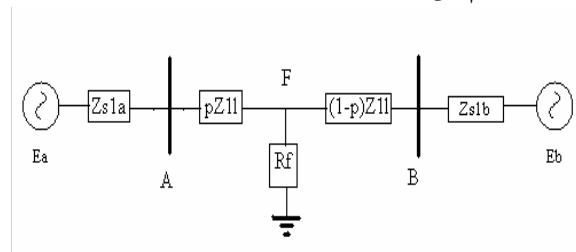
$$Z_{1B} = Z_{S1B} + Z_{TCSC} + (1-p)Z_{1I} \quad (15)$$

$$Z_{0B} = Z_{S0B} + Z_{TCSC} + (1-p)Z_{0I} \quad (16)$$

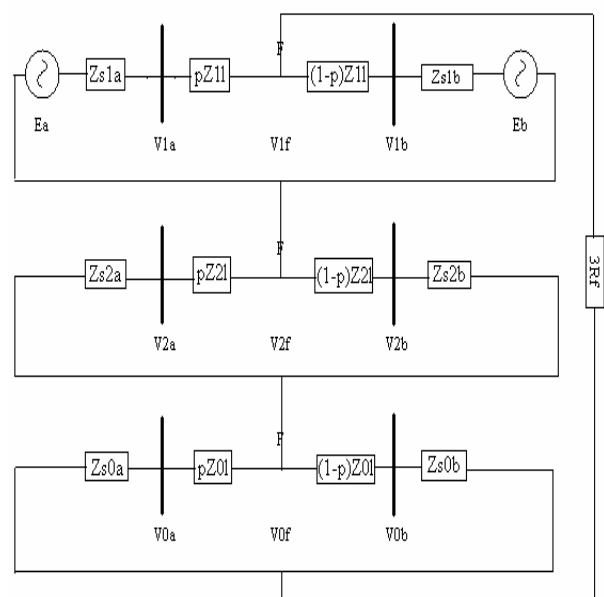
### ۴- محدود کننده جریان خطا

همانطور که در قسمت قبل نشان داده شد، وجود TCSC در مدار باعث تغییر امپدانس ظاهری موجود در سیستم شده و عملکرد اشتباه رله‌ها را در پی دارد. در این قسمت محدود کننده جریان خطایی معرفی می‌شود، که در زمان وقوع خطا وارد مدار شده و با اضافه کردن یک امپدانس سلفی به سیستم مشکل TCSC بر رله دیستانس را در زمانی که TCSC در مد

امپدانس مشاهده شده توسط رله دیستانس فقط وابسته به طول خط بین رله و نقطه ی وقوع خطا می‌باشد. بنابراین در صورت صفر بودن مقاومت خطا مطابق با شکل (۲) امپدانس مشاهده شده به وسیله رله برابر  $pZ_{1I}$  است. p پریونیت طول خط بین نقطه ی خطا و نقطه ی نصب رله و  $Z_{1I}$  امپدانس توالی مثبت رله بر حسب اهم می‌باشد.



شکل (۲): مدار معادل برای خطای تکفاز به زمین



شکل (۳): مدار معادل فاز A در خطای فاز به زمین

برای یک خطا با مقاومت غیر صفر مقدار امپدانس ظاهری دیگر با این مقدار بیان شده  $(pZ_{1I})$  برابر نیست. در مرجع [۳] با توجه به شکل (۲) و شکل (۳) امپدانس ظاهری مشاهده شده توسط رله بدون حضور TCSC بصورت رابطه (۱) بدست آورده شده است.

$$Z_A = pZ_{1L} + \frac{3R_f}{C_{Ld} + 2C_1 + C_0(1 + 3K_0)} \quad (1)$$

که عبارت های تعریف شده در این رابطه بصورت زیر می

باشند:

$$Z_{1A} = Z_{S1A} + pZ_{1I} \quad (2)$$

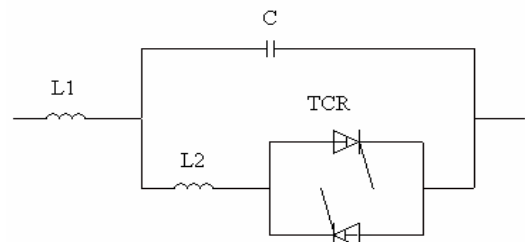
$$Z_{0A} = Z_{S0A} + pZ_{0I} \quad (2)$$

$$Z_{1B} = Z_{S1B} + (1-p)Z_{1I} \quad (4)$$

$$Z_{0B} = Z_{S0B} + (1-p)Z_{0I} \quad (5)$$

خازنی است، برطرف نماید.

با توجه به اینکه میزان امپدانس خازنی TCSC در زمان وقوع خطا از قبل مشخص نمی باشد، بنابراین محدود کننده جریان خطا می بایستی دارای امپدانس سلفی متغیر<sup>۹</sup> باشد [۷۶] و با توجه به میزان امپدانس خازنی TCSC در زمان وقوع خطا، امپدانس سلفی لازم را به اشتراک گذارد. از طرف دیگر برای کاهش تلفات محدود کننده باید بگونه‌ای طراحی شده باشد، که در شرایط عادی شبکه دارای امپدانس مینیمم باشد. در شکل (۴) محدود کننده جریان خطایی نشان داده شده است. که شرایط بیان شده را دارا می باشد،



شکل (۴) محدود کننده جریان خطا

محدود کننده جریان خطای پیشنهاد شده شامل یک مدار LC رزونانس و یک راکتور کنترل شدهی تریستوری برای داشتن یک محدود کننده با امپدانس متغیر می باشد.

TCR<sup>۱۰</sup> تنها در زمان وقوع خطا وارد مدار شده و بنابراین در حالت نرمال هیچ هارمونیکی تولید نمی نماید و از طرفی بدلیل اینکه هیچ قسمت مکانیکی نیز در مدار موجود نمی باشد، دارای عملکرد سریع می باشد.

در فرکانس نامی شبکه تریستورها خاموش می باشند و L1 و C رزونانس سری می باشند. بنابراین در عملکرد عادی شبکه تلفات حاصل از محدود کننده جریان خطا می‌نیم می باشد.

جریان لحظه ای محدود کننده خطا بصورت رابطه (۱۷) می باشد:

$$i(t) = \begin{cases} \frac{\sqrt{2}V}{X_L}(\cos\alpha - \cos\alpha t) & \alpha < \alpha t < \alpha + \sigma \\ 0 & \alpha + \sigma < \alpha t < \alpha + \pi \end{cases} \quad (17)$$

که در این رابطه  $\alpha$  زاویه آتش تریستور،  $\sigma$  زاویه هدایت،  $V$  ولتاژ موثر  $v(t)$  و  $X_L$  راکتانس سلفی می باشد.

جریان پایه بصورت رابطه (۱۸) یا بصورت رابطه (۱۹) محاسبه می شود.

$$I_1 = \frac{(\sigma - \sin\sigma)V}{\pi X_L} \quad (18)$$

$$I_1 = \frac{V}{X_L(\sigma)} \quad (19)$$

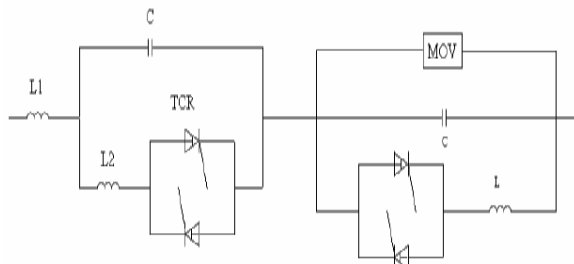
که در رابطه (۱۹)  $X_L(\sigma)$  راکتانس پایه‌ی قابل تنظیم کنترل شده بوسیله زاویه هدایت می باشد.

$$X_L(\sigma) = \frac{\pi X_L}{\sigma - \sin\sigma} \quad (20)$$

با تغییر  $\sigma$  از ۰ تا  $\pi$  راکتانس نرمالیزه شدهی  $\frac{X_L(\sigma)}{X_L}$  از  $\infty$  تا ۱ تغییر می کند.

## ۵- استفاده از TCSC به‌مراه محدود کننده جریان خطا

همانگونه که بیان شد، در این مقاله برای می‌نیم کردن اثر TCSC بر حفاظت دیستانس، هر TCSC به یک محدود کننده جریان خطا با امپدانس متغیر مجهز می شود. (شکل (۵))



شکل (۵) محدود کننده جریان خطا در کنار TCSC

هنگام وقوع خطا در شبکه با توجه به طرح کنترلی موجود در محدود کننده جریان خطا، محدود کننده جریان خطا افزایش جریان را متوجه شده و از طرف دیگر با توجه به میزان جبران سازی TCSC در آن لحظه زاویه هدایت TCR تنظیم می شود و بدین گونه محدود کننده جریان خطا در زمان خطا در شبکه امپدانس را به اشتراک می‌گذارد که اثر خازنی TCSC بر حفاظت دیستانس و مشکل اضافه ناحیه در دسترس را حذف نماید.

اگر راکتانس به اشتراک گذاشته شده توسط محدود کننده جریان خطا را بصورت  $X_{FCL}$  در نظر بگیریم، روابط (۱) تا (۱۶) با تغییر  $Z_{TCSC} + X_{FCL}$  اصلاح می‌شوند.

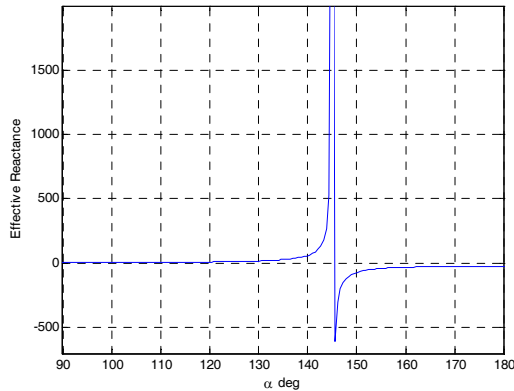
بنابراین در صورت حذف  $Z_{TCSC}$  توسط  $X_{FCL}$  در لحظه خطا، روابط (۱) تا (۱۶) پس از تغییر از نظر تئوری بیانگر حذف اثر TSCS بر مشکل اضافه ناحیه در دسترس رله دیستانس می باشد.

## ۶- شبیه سازی

برای نشان دادن صحت مطالب فوق شبیه سازی زیر با نرم افزار PSCAD انجام می گیرد.

مدار شامل دو خط انتقال ۴۰۰ کیلو ولت می باشد که بصورت سری به یکدیگر متصل می باشند. طول خط اول

برای اینکه اثر TCSC بر اضافه ناحیه در دسترس رله دیستانس نشان داده شود، یک TCSC در ابتدای خط B نصب می‌شود و در زمان ۰.۲ ثانیه خطای تکفاز به زمین (فاز A به زمین) در انتهای خط B اتفاق می‌افتد. راکتانس TCSC بکار برده شده بصورت شکل (۸) می‌باشد.



شکل (۸): راکتانس معادل TCSC

می‌توان به این نکته توجه کرد، که در زمان وقوع خطا در شبکه دو رهیافت برای عملکرد TCSC در نظر گرفته می‌شود، که عبارتند از:

- هنگام وقوع خطا TCSC وارد مد بای‌پس می‌شود و تا زمان برطرف سازی خطا در این مد عملکردی باقی می‌ماند و بمحض برطرف شدن خطا وارد مد بوست خازنی می‌شود.
- هنگام وقوع خطا TCSC وارد مد قفل شدگی می‌شود و تا زمان برطرف سازی خطا در این مد عملکردی باقی می‌ماند و بمحض برطرف شدن خطا وارد مد بوست خازنی می‌شود. [۵]

همانطور که در قسمت های قبل بیان کردیم، مشکل اضافه ناحیه در دسترس رله دیستانس در زمانی ایجاد می‌شود، که امپدانس معادل TCSC خازنی باشد. بنابراین در شبیه سازی انجام گرفته رهیافت دوم مد نظر واقع شده و از زمان وقوع خطا تا زمان برطرف سازی آن TCSC در مد قفل شدگی در نظر گرفته شده و بصورت خازن ثابت مدل می‌شود.

نتایج شبیه سازی ولتاژ و جریان خط A در این حالت در شکل (۹) نشان داده شده است.

(خط A) برابر ۲۰۰ کیلومتر و خط دوم (خط B) ۳۰۰ کیلومتر است. Ea بیانگر ایستگاه ۴۰۰ کیلوولت می‌باشد و Eb بیانگر شبکه پایین دستی است. (شکل (۶))



شکل (۶): مدل تک خطی مدار شبیه سازی شده

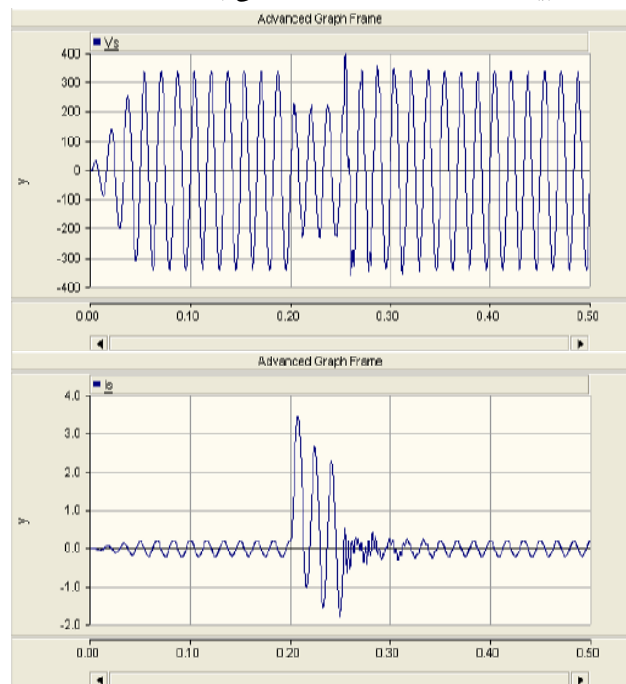
خصوصیات مدار بصورت زیر می‌باشد:

R1A= .0201e-3 [ohms/m]  
R2A= .0201e-3 [ohms/m]  
R0A= .1064e-3 [ohms/m]  
X1A= .2868e-3 [ohms/m]  
X2A= .2868e-3 [ohms/m]  
X0A= .867e-3 [ohms/m]

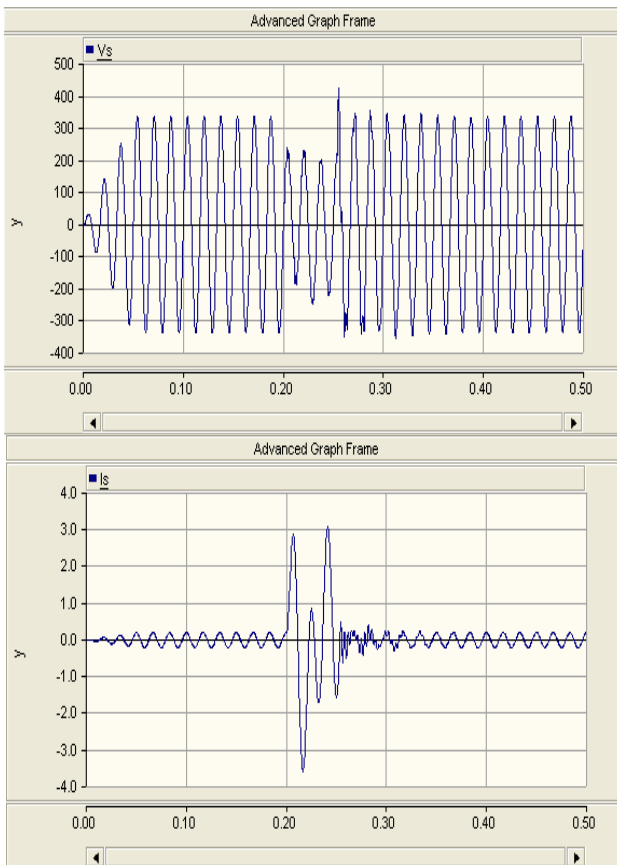
R1B= .0113e-3 [ohms/m]  
R2B= .0113e-3 [ohms/m]  
R0B= .1535e-3 [ohms/m]  
X1B= .3037e-3 [ohms/m]  
X2B= .3037e-3 [ohms/m]  
X0B= 1.1478e-3 [ohms/m]

فرض کنیم، در زمان ۰.۲ ثانیه خطای تکفاز (فاز A) به زمین در ۱۰۰ کیلومتری خط B روی دهد. نتایج شبیه سازی ولتاژ و جریان خط A به صورت شکل (۷) می‌باشد.

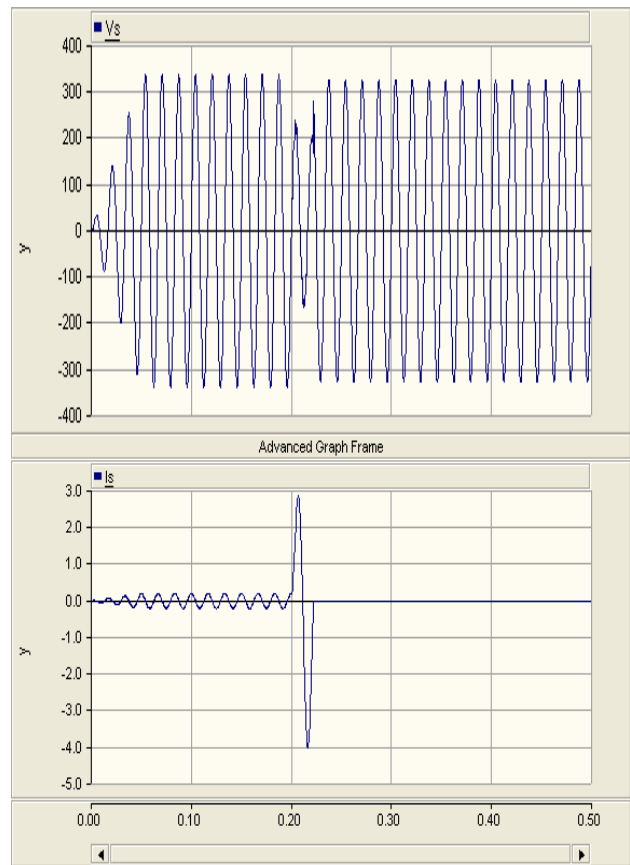
همانگونه که از شکل (۷) مشخص است، رله خط A در هنگام وقوع خطا در خط B عمل نمی‌نماید و جریان در خط A قطع نمی‌شود و این رله خط B است که خطا را تشخیص داده و برطرف می‌نماید، این موضوع همان بحث هماهنگی حفاظتی موجود بین رله های دو خط A و B می‌باشد.



شکل (۷): ولتاژ و جریان خط A قبل از نصب TCSC



شکل(۹): ولتاژ و جریان خط A پس از نصب TCSC و محدود کننده جریان خط



شکل(۹): ولتاژ و جریان خط B پس از نصب TCSC

### ۷- نتیجه گیری

همانگونه که در این مقاله نشان داده شد، اضافه شدن TCSC باعث برهم خوردن هماهنگی حفاظتی بین رله‌های دیستانس می شود. با کمک محدود کننده جریان خط با امپدانس متغیر می توان مشکل اضافه ناحیه در دسترس رله دیستانس حاصل شده از TCSC را برطرف نمود و هماهنگی حفاظتی موجود را دوباره برقرار کرد. برای نشان دادن صحت این روش، شبیه سازی در حضور و عدم حضور FCL در کنار TCSC انجام شد. نتایج شبیه سازی نشان می دهد، که FCL می تواند در زمان وقوع خطا با تزریق امپدانس سلفی به خط امپدانس خازنی TCSC را جبران نموده و خطای اضافه ناحیه در دسترس ناشی از حضور TCSC را به نحوه مناسبی کاهش دهد. لازم به ذکر است، که به کمک این روش نمی توان مشکل کاهش ناحیه در دسترس رله دیستانس حاصل شده از TCSC را برطرف نمود.

همانگونه که از شکل (۹) مشخص است، بدلیل وجود TCSC رله خط A دچار اضافه ناحیه در دسترس شده و خطای موجود در خارج از زون حفاظتی خود را در داخل زون حفاظتی خود می بیند و بهنگام وقوع خطا در خارج از زون حفاظتی خود نیز تریپ می دهد و باعث می شود که خط A نیز از مدار حذف و جریان در خط A قطع شود، بنابراین هماهنگی حفاظتی موجود بین رله خط A و رله خط B از بین می رود.

حال برای از بین بردن این مشکل، از ترکیب FCL در کنار TCSC همانند شکل (۵) استفاده می شود. هنگام وقوع خطا FCL افزایش جریان را تشخیص داده ، وارد مدار شده و با توجه به میزان جبران کنندگی TCSC اندوکتانس لازم را وارد مدار می نماید. نتایج شبیه سازی ولتاژ و جریان خط A در شکل (۱۰) نشان داده شده است.

همانگونه که از شکل (۱۰) مشخص است، در هنگام وقوع خطا در خط B، رله A عمل نکرده و جریان در خط A قطع نشده و این رله خط B است که خطا را برطرف نموده است، بنابراین در اینجا نیز هماهنگی حفاظتی موجود بین رله های دو خط A و B برقرار می باشد و مشکل اضافه ناحیه در دسترس رله A بدلیل وجود TCSC برطرف شده است.

## ۸- مراجع

- [5] Y.H.Song and A.T.Johns (Eds.); “*Flexible AC Transmission System (FACTS)*”, London, UK: The Institute of Electrical Engineers (IEE) Press, 1999, On pages: 202-237.
- [6] E.F. King, A.Y. Chikhani, R. Hackam, M.M.A.Salama; “*A microprocessor-controlled variable impedance adaptive fault current limiter*”, IEEE Transactions on Power Delivery, Oct 1990 , Volume 5, Issue 4, Page(s):1830 – 1838.
- [7] S.Henry, T.Baldwin and M.Steurer; “*The Effect of a Fast Switching Fault Current Limiter on Distance Protection*” , Proceeding of the 35<sup>th</sup> Southeastern Symposium on system Theory, 16-18 March 2003, On page(s): 264- 268.
- [1] P.K. Dash, A.K. Pradhan. G. Panda and A.C. Liew; “*Digital Protection of Power Transmission Lines in the Presence of Series Connected FACTS Devices*”, Power Engineering Society Winter Meeting, IEEE, Volume: 3, 23-27 Jan 2000, pp. 1967-1972, vol.1.3.
- [2] W.Weiguo, Y.Xianggen, Y.Jiang , D.Xianzhong and Chen Deshu; “*The Impact of TCSC on Distance Protection Relay*”, in Proc. 1998 IEEE International Conference on Power System Technology, vol. 1, pp. 382-388.
- [3] S. Jamali and H.Shateri; “*Effect of TCSC on distance relay tripping characteristic*”, 39th International Universities Power Engineering Conference, 6-8 Sept. 2004, pp. 704 - 708 vol.1.
- [4] S. Jamali, A. Kazemi, H. Shateri; “*Distance Relay Over-Reaching due to Installation of TCSC on Next Line*” , IEEE ISIE, 9-12 July, 2006, Montreal, Quebec, Canada.

## ۹- زیر نویس ها :

- <sup>1</sup> - Flexible Ac Line Transmission System
- <sup>2</sup> - Thyristor control series capacitor
- <sup>3</sup> - Over reach
- <sup>4</sup> - Under reach
- <sup>5</sup> - Blocking mode
- <sup>6</sup> - Bypass mode
- <sup>7</sup> - Capacitive boost mode
- <sup>8</sup> - Inductive boost mode
- <sup>9</sup> - Variable Impedance Fault Current Limiter
- <sup>10</sup> - Thyristor controlled reactor