

۲۰۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

بررسی پدیده TRV دو سر بریکر در شبکه ولتاژ متوسط و شناسایی اغتشاشات حالت گذرا با استفاده از تبدیل S

^۱ محمد مصباح، ^۲ علی ابوطالبی، ^۳ آناهیتا قاسمی

^۱ آموزشکده فنی و حرفه ای سما، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران، M_mesbah65@yahoo.com

^۲ مربی موسسه آموزش عالی نقش جهان، Abootalebi_a@alumni.iut.ac.ir

^۳ آموزشکده فنی و حرفه ای سما، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران، Ana_ghasemi@yahoo.com

چکیده - هنگامی که ولتاژهای کاری سیستم‌های صنعتی خارج از بازه‌ی معمول باشد ولتاژ برگشتی گذرا (TRV) بریکرها بحرانی می‌شود از این رو باید مسئله ولتاژ برگشتی گذرا (TRV) کلیدهای قدرت مورد مطالعه قرار گیرد. همچنین به منظور بهبود کیفیت توان الکتریکی باید منابع ایجادکننده اغتشاشات شناخته شده و در پی آن حذف شود در این مقاله به منظور شناسایی اغتشاشات حالت گذرای کیفیت توان از تبدیل S استفاده شده است. بدین منظور از نرم افزارهای EMTP و MATLAB برای مطالعه TRV و اغتشاشات حالت گذرا استفاده شده است.

کلید واژه - ولتاژ برگشتی گذرا TRV، کلیدهای قدرت، تبدیل S، EMTP

گذرا پرداخته شده است. شکل شماره ۱ دیاگرام تک خطی سیستم مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

۱- مقدمه

۱- ولتاژ برگشتی گذرای بریکر

هنگامی که یک کلید بریکر قطع می‌شود، سه قطب آن بصورت مکانیکی از هم جدا شده و باعث ایجاد شکاف بین بخش‌های ثابت و قطعات متحرک می‌شوند. در پیکره بندی‌های ساده هر سمت قطب بریکر می‌تواند دارای تغذیه یا سمت بار باشد. جریان تا حد یونیزه شدن ادامه می‌یابد تا شکاف بین هوا یا گاز به صفر برسد. در یک سیستم AC نمونه بعد از قطع کلید جریان در نیم سیکل صفر می‌شود (یعنی 8.3 ms در سیستم با فرکانس ۶۰ هرتز و 10 ms در سیستم با فرکانس ۵۰ هرتز). تفاوت در ولتاژ بین دو طرف بریکر در طول فرایند قطع جریان، تولید ولتاژ برگشتی گذرا (TRV) می‌نماید [1].

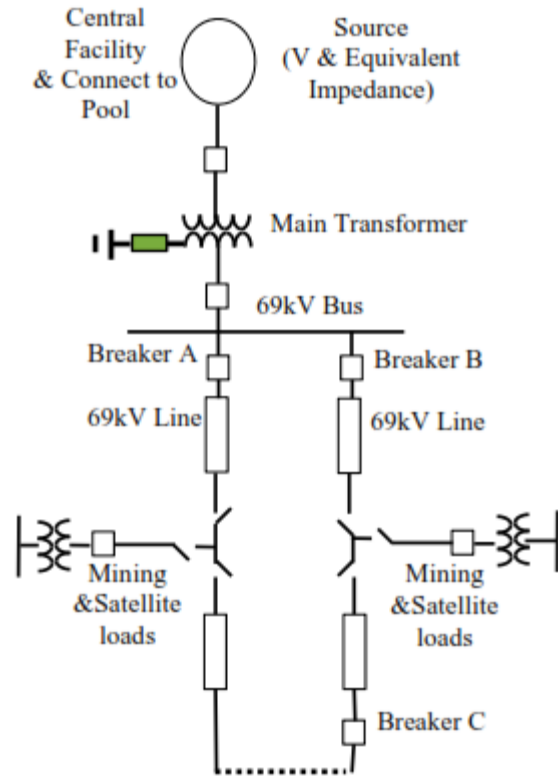
تجدید ساختار صنعت برق در ایالت البرتای کانادا سبب شده است که سیستم‌های صنعتی بزرگ تولید انتقال و توزیع برق مالکیت داشته باشند و تولید انتقال و توزیع برق منطقه مورد نظر را تامین کنند. سیستم‌های توزیع صنعتی در ایالت آلبرتای شمالی کانادا انرژی الکتریکی مورد نیاز معادن را تامین می‌کنند. ولتاژهای بهره برداری سیستم‌های مذکور در ۵٪ تا ۱۰٪ بالاتر از ولتاژ کلاس کاری مورد بهره برداری قرار می‌گیرند. سیستم‌های ۶۹KV منطقه در ولتاژهای ۷۲kv تا ۷۴kv مورد بهره برداری قرار می‌گیرند. فرض شده است که پست‌های موجود تجهیزات لازم برای هر گونه تغییر موجود هست همچنین یک بریکر جدید برای تغذیه معادن به پست موجود اضافه شده است.

امروزه روش‌های متعددی از جمله تبدیل فوریه [۱] و تبدیل موجک [۲-۳]، تبدیل فوریه زمان کوتاه [۴-۵-۶] و شبکه‌های عصبی مصنوعی [۷] برای تجزیه و تحلیل اغتشاشات کیفیت توان به کار گرفته شده است.

در مرجع [۸] به بررسی عوامل مختلف موثر بر روی TRV کلیدهای قدرت پرداخته شده است که در این مقاله علاوه بر بررسی TRV بریکر، با استفاده از تبدیل S به شناسایی اغتشاشات حالت

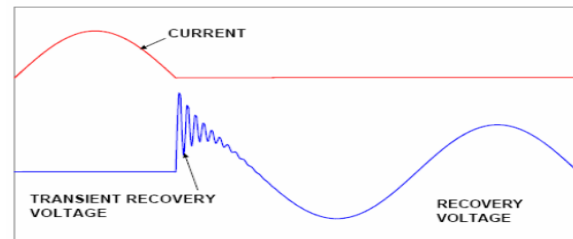
۲۰۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد صغمان (خوراسگان)

ولتاژ برگشتی گذرا به هر قطع در مدار وابسته است اما قطع جریان اتصال کوتاه یک ولتاژ برگشتی گذرای مخرب را ایجاد می‌کند. بنابراین انتخاب کلیدهای قدرت یا معرفی وسایل و روش‌هایی برای محافظت مدار و کلید قدرت مطرح شده است. ولتاژ برگشتی گذرا تحت تاثیر پارامترهای مختلفی از جمله اندوکتانس و ظرفیت خازنی در سیستم، اندازه جریان خطا در یک نقطه از سیستم، ظرفیت خازنی بوشینگ‌ها در کلیدهای قدرت و ترانسفورماتورهای ولتاژ، تعداد خطوط انتقال در باس و مشخصه مقاومت ظاهری آنها، عوامل داخلی کلید قدرت مانند تعداد پل ونحوه از بین بردن خطا (نوع بریکر) زمین بودن سیستم قرار دارد [۸].



شکل ۱: سیستم توزیع صنعتی ۷۲،۵kV آلبرتای شمالی

ولتاژ برگشتی گذرا می‌تواند ولتاژ ظاهر شده در دو سر یک کلید قدرت قبل از عمل قطع معنی بدهد. انواع خیلی گذرای TRV دامنه و فرکانس بزرگی دارند در شکل زیر یک نمونه از TRV نمایش داده شده است. TRV می‌تواند نمایی (بیش از میرا شده) و یا نوسانی (زیر میرا شده) باشد.

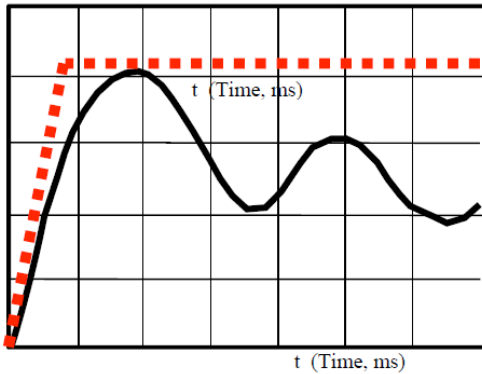


شکل ۲: نمایش رخداد TRV ساده

۲- تبدیل S
تبدیل S یک بیان زمان - فرکانسی را از سری زمانی ایجاد می‌کند. این تبدیل به طور منحصر به فرد یک رزولوشن مبتنی بر فرکانس را تولید می‌کند که به طور همزمان طیف‌های حقیقی و مجازی را محلی می‌سازد. توابع پایه برای تبدیل S توابع سینوسی مدوله شده گوسی هستند و این باعث می‌شود که بتوان از فرکانس‌های سینوسی در اجرای طیف زمان فرکانسی نتیجه شده استفاده نمود.

تبدیل S مانند تبدیل فوریه دارای این مزیت می‌باشد که می‌توان سیگنالی را از حوزه زمان به حوزه زمان - فرکانس به سرعت و بدون تلفات انتقال داد و بالعکس. در صورت وجود اغتشاشات غیر ایستا با اطلاعات دارای نویز تبدیل S الگوهایی را فراهم می‌کند.

هنگامی که بریکر قطع می‌کند طرف وارد شونده یا طرف شین یا طرف منبع سطح ولتاژ با فرکانس متناوب متصل است و طرف خروجی منوط به چگونگی اتصال است اختلاف این ولتاژها ولتاژ برگشتی است.



شکل ۳: مقدار پیک TRV و RRV

تا چند سال پیش ، محاسبات ولتاژ گذرا با استفاده از سیستم مدار معادل ، شرایط اولیه ، معادلات ریاضی با برخی از تقریب و ماشین حساب دستی انجام می گرفت. تمرینات مشابه می تواند به کمک نرم افزار EMTP(ATP) و با مدلسازی شرایط خطا در یک سمت کلید و همچنین زمان رفع خطا و سپس قطع کلید در لحظه صفر هر فاز صورت گیرد

کند که شبیه به نوع اغتشاشات مورد بررسی می باشد و در نتیجه احتیاج به فرآیند دسته بندی ساده ای دارد. با مقیاس پذیر کردن پنجره در تبدیل فوریه زمان کوتاه، روش تبدیل فوریه زمان کوتاه اصلاح شده به نام تبدیل S به دست می آید. در تبدیل S فرکانس، رابطه مستقیم با طیف فوریه نیز حفظ می شود که این مهم ترین ویژگی تبدیل S است [۹-۱۰].

تبدیل S سری زمانی $h(t)$ به صورت زیر است:

$$S(t, f) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(\tau) \frac{|f|}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{f^2(t-\tau)^2}{2}\right] \exp(-2\pi i f \tau) d\tau \quad (1)$$

که در آن τ و f به ترتیب مشخصه های زمان و فرکانس می باشند می توان به آسانی ثابت نمود که:

$$h(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} TT(t, \tau) dt \quad (2)$$

۳- مطالعه TRV با استفاده از EMTP

محاسبات برای به دست آوردن مقدار پیک برای بریکر ۷۲ کیلو ولت انجام شده است. از استاندارد های C37.011 و C37.04b برای ارزیابی و محاسبه TRV در کلید پرداخته می شود [2,3,4]. الزامات TRV باید برای مقدار پیک (مقدار پیک TRV) و نرخ افزایش مقدار ولتاژ بازیابی (RRRV) تایید شود. (شکل ۳)

۲۰۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد صنفهان (خوراسگان)

- تجهیزات ممکن است در هر طرف فشرده در نظر گرفته شود، با این حال ، فشرده سازی تجهیزات نباید روی عملکرد گذرا اثر بگذارد.

- اگر سیستم شامل یک تغذیه برگشتی از طریق یک مسیر موازی باشد، توصیه می شود مسیر موازی به عنوان جهت جلوگیری از انحراف نتایج جدا در نظر گرفته شود.

- پیکربندی مدل باید اجازه دهد محاسبات به طور جداگانه برای موارد زیر انجام شود :

* TRV ترمینال (TRV با یک خطا نزدیک ترمینال بریکر)

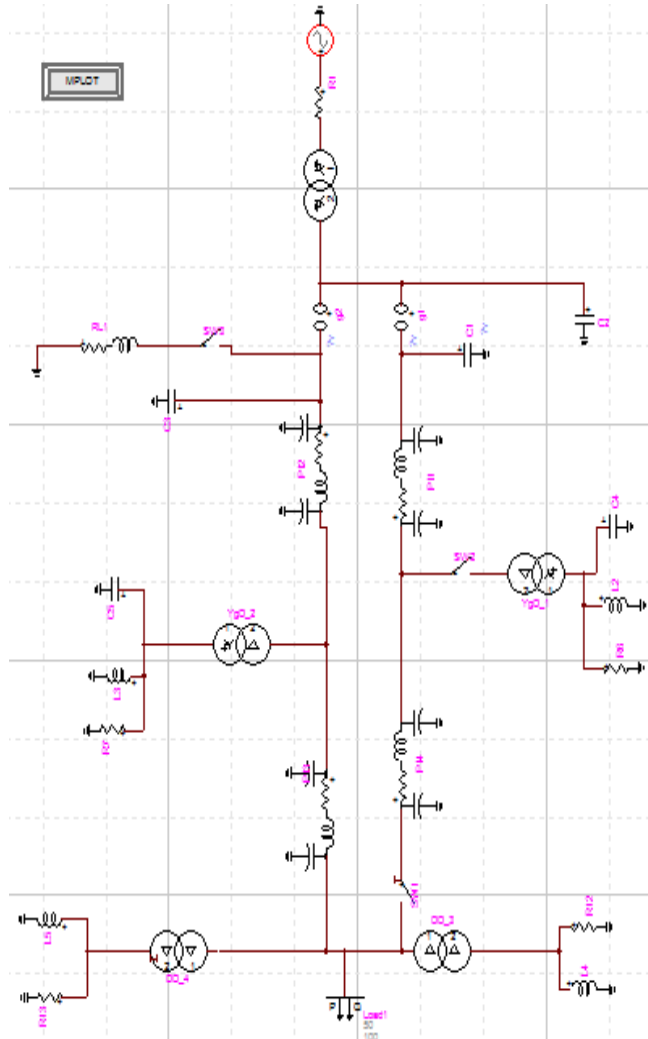
* TRV خط (خطا در انتهای خط)

- اگر محاسبات برای مقادیر مختلف منبع مورد نیاز است، مدل سازی منبع و پیکربندی با محاسبات به طور جداگانه برای بریکر های با مشخصات زیر انجام شود: [۱۱-۱۲-۱۳]

جدول ۱-مقادیر ماکزیمم TRV برای بریکر های ۷۲.۵KV

	SC Current in kA	Amplitude Factor	TRV Peak Value kV
T100	40	1.54	137
T60	24	1.65	146
T30	12	1.74	155
T10	4	1.80	160

سیستم نشان داده شده در شکل ۱ را در نظر بگیرید. دو بریکر برای TRV مورد بررسی قرار گرفته اند. بریکر A و بریکر C و بریکر B برای محاسبات TRV در نظر گرفته شده است. چند مرحله اجرا در شکل های ۵ و ۶ ارائه می گردد.



شکل ۴- مدل EMTP برای سیستم نشان داده شده در شکل ۱

به منظور مدل سازی بایستی به عواملی که روی TRV اثر می

گذارند توجه نمود. این عوامل عبارتند از:

- مدل سازی هر طرف باید منبع با ویژگی اتصال کوتاه را شامل شود (بدترین حالت)

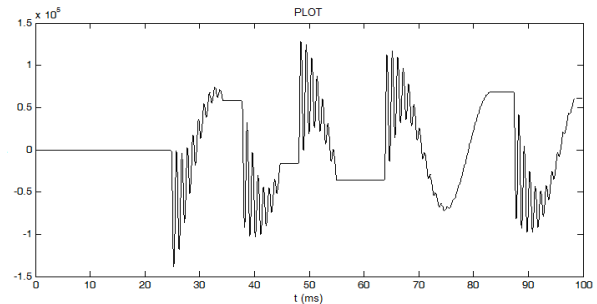
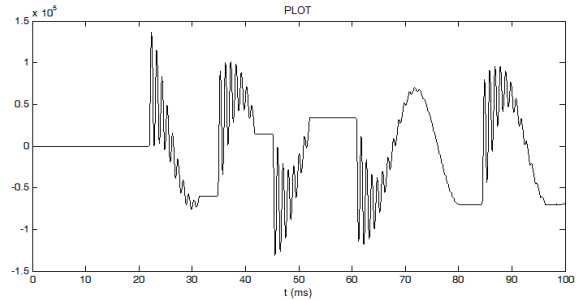
- مدل سازی باید شامل خازن و راکتانس های مرتبط با سیستم متصل به آن باشد . که باید شامل تجهیزات و خازنهای باس باشد.

۴- نتیجه گیری

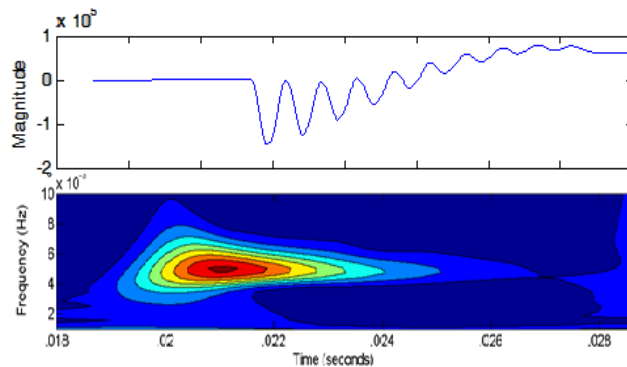
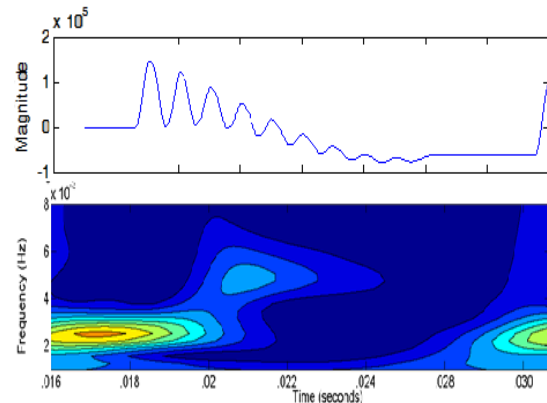
اگر ولتاژهای کاری سیستم‌های صنعتی خارج از بازه‌ی معمول باشد ولتاژ برگشتی کذرا (TRV) بریکرها بحرانی می‌شود در این مقاله سیستم توزیع صنعتی فشار متوسط ۷۲,۵KV توسط نرم افزار EMTP مدل سازی شده است و همچنین روشی ارائه گردیده است که در آن با استفاده تبدیل S به شناسایی اغتشاشات حالات گذرا پرداخته شد. همچنین همانطور که نشان داده شد می‌توان با استفاده از تبدیل S طیف فرکانسی، طیف زمانی و زمان وقوع اغتشاش همراه با تغییر زمان را با دقت بسیار بالایی به دست آورد. از آن جایی که این روش دارای پویایی و دقت بسیار بالایی در تحلیل فرکانسی و زمانی برای هر نوع اغتشاش می‌باشد، استفاده از این روش در مراکز صنعتی و مکان‌هایی که بارهای حساس و آسیب پذیر دارند، توصیه می‌شود.

مراجع

- [1] Santoso, S., et al., Characterization of distribution power quality events with Fourier and wavelet transforms. Power Delivery, IEEE Transactions on, 2000. 15(1): p. 247-254.
- [2] Gaouda, A., et al., Power quality detection and classification using wavelet-multiresolution signal decomposition. Power Delivery, IEEE Transactions on, 1999. 14(4): p. 1469-1476.
- [3] He, H. and J.A. Starzyk, A self-organizing learning array system for power quality classification based on wavelet transform. Power Delivery, IEEE Transactions on, 2006. 21(1): p. 286-295.
- [4] Kwok, H.K. and D.L. Jones, Improved instantaneous frequency estimation using an adaptive short-time Fourier transform. Signal Processing, IEEE Transactions on, 2000. 48(10): p. 2964-2972.
- [5] Griffin, D. and J.S. Lim, Signal estimation from modified short-time Fourier transform. Acoustics, Speech and Signal Processing, IEEE Transactions on, 1984. 32(2): p. 236-243.
- [6] Chen, G., et al., An adaptive non-parametric short-time Fourier transform: Application to echolocation. Applied Acoustics, 2015. 87: p. 131-141.
- [7] Tey, L., P. So, and Y. Chu. Unified power quality conditioner for improving power quality using ANN with hysteresis control. in Power System Technology, 2004. PowerCon 2004. 2004 International Conference on. 2004. IEEE.



شکل ۵- نمایش TRV در بریکر A برای فاز a و b



شکل ۶: نمایش تبدیل S هنگام رخ دادن TRV در بریکر A

برای فاز a, b



چهارمین کنفرانس ملی ایده های نو در مهندسی برق



۲۰۱۳ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

[8] Rifaat, R., T.S. Lally, and J. Hong. Circuit breaker transient recovery voltage requirements for medium voltage systems with NRG. in Industry Applications Society Annual Meeting, 2013 IEEE. 2013. IEEE.

[9] Stockwell, Robert Glenn, Lalu Mansinha, and RP Lowe. 1996. "Localization of the complex spectrum: the S transform." Signal Processing, IEEE Transactions on no. 44 (4):998-1001.

[10] Dash, PK, KB Panigrahi, and G Panda. 2003. "Power quality analysis using S-transform." Power Delivery, IEEE Transactions on no. 18 (2):406-411.

[11] IEEE Std. C37.011-2005 IEEE "Application Guide for Transient Recovery Voltage for AC High-Voltage Circuit Breakers", IEEE, 3Park Ave., NY,NY 10016-5997, USA.

[12] IEEE Std. C37.04-1999(R2006) "IEEE Standard Rating Structure for AC High-Voltage Circuit Breakers". IEEE, 3Park Ave., NY,NY 10016-5997, USA.

[13] IEEE Std. C37.04, "IEEE Standard Rating Structure for AC High Voltage Circuit Breakers Rated Symmetrical Current Basis, Amendment 2: To Change the Description of Transient Recovery Voltage for Harmonization with IEC 62271-100", IEEE, 3Park Ave., NY,NY 10016-5997, USA.

[14] Schniter, P., Short-time Fourier Transform. Version, 1915. 2(2005): p. 21.