

ترانسفورماتورهای جریان حفاظتی

مؤلفین:

سید محمد شهرتاش (عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران)
مصطفی سرلک (عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول)

به نام خداوند مهربان

پیش‌گفتار

استفاده از ترانسفورماتورهای جریان به منظور فراهم آوردن شرایطی برای اندازه‌گیری جریان عبوری در شبکه قدرت و یا اعمال آن به دستگاه‌های حفاظتی و کنترلی در قالب تبدیل دامنه جریان به مقادیر کوچکتر امری اجتناب‌ناپذیر است. به عبارتی دیگر، به دلیل محدودیت تجهیزات پایشی، اندازه‌گیری، کنترلی و حفاظتی موجود در سیستم قدرت به لحاظ اندازه جریان ورودی، لازم است که جریان‌های عبوری در شبکه به اندازه‌های مناسب جهت اعمال به دستگاه‌های حفاظتی و تجهیزات اندازه‌گیری و یا کنترلی تبدیل گردند که ترانسفورماتورهای جریان این وظیفه مهم تبدیل و مقیاس‌بندی را بر عهده دارند. اما عدم درک مفاهیم اولیه در کاربرد این ادوات، باعث بروز مشکلات در دستگاه‌های نصب شده و به ویژه در عملکرد دستگاه‌های حفاظتی متصل به ثانویه آنها می‌گردد. در واقع، با توجه به اینکه اندازه‌گیری دقیق و حفاظت موثر از شبکه قدرت به میزان صحت عملکرد ترانسفورماتورهای جریان بستگی دارد، اهمیت هرچه بیشتر این مبدل جریان مشهود می‌گردد. به عبارت دیگر، خطای ترانسفورماتورهای جریان در اندازه‌گیری و تبدیل جریان عبوری در شبکه، باعث عملکرد اشتباه تجهیزات کنترلی و حفاظتی خواهد شد و متعاقب آن بروز خسارات فنی و اقتصادی به شبکه قدرت احتمال بیشتری می‌یابد که این موضوع، نشان از اهمیت این ادوات در سیستم قدرت دارد. بر این اساس، موسسه‌های IEC و IEEE، استانداردهای گوناگونی شامل:

- IEC60044-1 (2003), Instrument Transformers-Part 1: Current Transformers.
- IEC60044-6 (1992), Instrument Transformers-Part 6: Requirements for Protective Current Transformers for Transient Performance.
- IEC61869-1 (2007), General Requirements for Instrument Transformers.
- IEC61869-2 (2012), Instrument Transformers-Part 2: Additional Requirements for Current Transformers.

- IEEE Std C57.13 (1993), IEEE Standard Requirements for Instrument Transformers.
- IEEE Std C37.110 (1996), IEEE Guide for the Application of Current Transformers Used for Protective Relaying Purposes.

به منظور انتخاب و استفاده صحیح و بهینه از ترانسفورماتورهای جریان، تدوین و منتشر کرده‌اند.

در همین راستا، مرکز تحقیق و توسعه پایش و حفاظت دیجیتالی شبکه قدرت در دانشکده مهندسی برق دانشگاه علم و صنعت ایران مبتنی بر تجربیات بدست آمده در انجام پروژه‌های برای شرکت مدیریت شبکه برق ایران و تدوین بسته نرم‌افزاری تعیین مشخصات ترانسفورماتورهای جریان حفاظتی مبتنی بر استاندارد IEC، در چارچوب برنامه‌های کلینیک برق ایران اقدام به تهیه این مجموعه جهت استفاده عموم مهندسين شاغل در صنعت برق و دانشجویان مهندسی برق نموده است که امید است مورد استفاده قرار گیرد.

شایسته است از شرکت مدیریت شبکه برق ایران برای همکاری در گردآوری مطالب و جناب آقای مهندس عدل‌بند از شرکت نیرو ترانس و سرکار خانم مهندس خلیلی‌فر برای کمک در تهیه منابع سپاسگزاری شود.

هم‌چنین مولفین بر خود وظیفه می‌دانند از حمایت‌های شرکت محترم توانیر و هم‌چنین قطب علمی اتوماسیون و بهره‌برداری سامانه‌های قدرت در دانشگاه علم و صنعت ایران از انتشار این کتاب قدردانی و تشکر نمایند.

سید محمد شهرتاش

مصطفی سرلک

زمستان ۱۳۹۲

فهرست مطالب

فصل اول: تعاریف و مفاهیم اولیه.....	۱
فصل دوم: بررسی رفتار حالت ماندگار ترانسفورماتور جریان در ناحیه عملکرد خطی	۱۵
۱-۲ تئوری عملکرد ترانسفورماتور جریان	۱۵
۲-۲ جریان مغناطیس‌کنندگی	۱۷
۳-۲ خطاهای ترانسفورماتور جریان	۲۱
۴-۲ اندازه‌گیری جریان خطا	۲۳
۵-۲ محاسبه جریان خطا	۲۶
۶-۲ عوامل موثر بر جریان خطا	۲۷
۷-۲ محاسبه ضریب حد دقت	۲۹
فصل سوم: بررسی رفتار حالت ماندگار ترانسفورماتور جریان با ورود به ناحیه اشباع	۳۳
۱-۳ رفتار ترانسفورماتور جریان با بار ثانویه مقاومتی	۳۵
۲-۳ رفتار ترانسفورماتور جریان با بار ثانویه سلفی.....	۳۸
۳-۳ رفتار ترانسفورماتور جریان با بار ثانویه سلفی-مقاومتی	۴۰
۴-۳ اثر مدار باز نمودن ثانویه ترانسفورماتورهای جریان	۴۲
فصل چهارم: رفتار ترانسفورماتور جریان در شرایط گذرا.....	۴۵
۱-۴ رفتار ترانسفورماتور جریان با بار ثانویه مقاومتی	۴۸
۱-۱-۴ ترانسفورماتور جریان با مشخصه ایده‌آل	۴۹
۲-۱-۴ ترانسفورماتور جریان با مشخصه خطی	۵۱
۲-۴ رفتار ترانسفورماتور جریان با بار ثانویه سلفی	۵۳
۱-۲-۴ ترانسفورماتور جریان با مشخصه ایده‌آل	۵۳
۲-۲-۴ ترانسفورماتور جریان با مشخصه خطی	۵۴
۳-۴ رفتار ترانسفورماتور جریان با بار ثانویه سلفی-مقاومتی	۵۵
۱-۳-۴ ترانسفورماتور جریان با مشخصه ایده‌آل	۵۵
۲-۳-۴ ترانسفورماتور جریان با مشخصه خطی	۵۷
۴-۴ تاثیر شار پس‌ماند بر رفتار گذرای ترانسفورماتور جریان.....	۵۸

۶۲.....	۵-۴ رفتار گذرای ترانسفورماتور جریان در شرایط عملکرد کلید وصل مجدد
۶۶.....	۶-۴ تاثیر زمان عملکرد سیستم حفاظتی بر تحلیل رفتار گذرای ترانسفورماتور جریان
۶۸.....	۷-۴ محاسبه ضریب بزرگی هسته
TPY، TPX،	۸-۴ ملاحظات عملی در محاسبه ضریب بزرگی هسته ترانسفورماتورهای دسته‌های
۶۹.....	و TPZ
۷۱.....	فصل پنجم: انتخاب و تعیین مطلوبیت مشخصات ترانسفورماتور جریان
۷۳.....	۱-۵ شرایط ماندگار
۷۳	۱-۱-۵ الگوریتم تعیین مطلوبیت مشخصات ترانسفورماتور جریان معلوم در شرایط ماندگار
۷۶.....	۲-۱-۵ الگوریتم انتخاب ترانسفورماتور جریان مورد نیاز برای شرایط ماندگار
۷۹.....	۲-۵ شرایط گذرا
۱-۲-۵	در نظر گرفتن شرایط گذرا در الگوریتم تعیین مطلوبیت مشخصات ترانسفورماتور
۷۹.....	جریان معلوم
۸۱.....	۲-۲-۵ در نظر گرفتن شرایط گذرا در الگوریتم انتخاب ترانسفورماتور جریان
۸۲.....	۳-۵ انتخاب دسته دقت ترانسفورماتور جریان
۸۵.....	مراجع
۸۷.....	واژه‌های مهم