

تحلیل خروج بدون برنامه ترانسفورماتورهای انتقال و اثرات آن بر بهره‌برداری شبکه سراسری برق

اکبر نوزادآمنه NOZAD@IGMC.IR

بهداد دالوندی DALVANDI@IGMC.IR

شرکت مدیریت شبکه برق ایران

کلمات کلیدی: بهره‌برداری - شبکه سراسری برق کشور - ترانسفورماتورهای انتقال - خروج بدون برنامه

شبکه سراسری برق کشور مجموعاً حدود ۱۰۸ پست(ایستگاه) ۴۰۰ کیلوولت و تعداد ۲۶۰ پست ۲۳۰ کیلوولت و ۴۸۰ پست ۱۳۲ کیلوولت در ۱۰ منطقه دیسپاچینگی وجود دارند[۴]. همچنین ظرفیت ترانسفورماتورهای انتقال شبکه در بخش ۲۳۰ کیلوولت از ۴۰ تا ۵۰۰ مگاوات آمپر(با بیشترین فراوانی ۱۲۵ و ۱۶۰ مگاوات آمپر) و در بخش ۴۰۰ کیلوولت از ۱۵۰ تا ۵۰۰ مگاوات آمپر(با بیشترین فراوانی ۲۰۰ مگاوات آمپر) موجودند. از سوی دیگر با متوسط دستگاه ۲ ترانسفورماتور به ازای هر پست انتقال به ترتیب تعداد ۲۰۳ و ۶۰۷ و ۹۴۰ دستگاه ترانسفورماتور برای پست‌های ۴۰۰ و ۲۳۰ و ۱۳۲ کیلوولت موجودند. همچنین طبق آمار سال ۹۳ به ترتیب تعداد ۱۱۴ ، ۶۱ ، ۳۷ دستگاه ترانسفورماتور در سطوح ولتاژی ۴۰۰/۲۳۰ ، ۴۰۰/۱۳۲ ، ۴۰۰/۶۳(۶۶) کیلوولت با مجموع ظرفیت حدود ۵۹۰۰۰ مگاوات آمپر موجودند[۱]. طبق همین آمار به ترتیب تعداد ۱۱۱ و ۴۰۴ دستگاه ترانسفورماتور در سطوح ولتاژی ۲۳۰/۱۳۲ ، ۲۳۰/۶۳(۶۶) کیلوولت با مجموع ظرفیت حدود ۷۹۰۰۰ مگاوات آمپر در حال بهره‌برداری می‌باشند.

بعلاوه حدود ۵۰۰ واحد نیروگاهی و تقریباً بهمین تعداد ترانس افزاینده نیروگاهی نصب شده است.

چکیده: "خروج بدون برنامه" ترانسفورماتورهای انتقال اثرات قابل بحثی بر بهره‌برداری شبکه از ایجاد یک محدودیت کم اهمیت تا حد فروپاشی شبکه می‌گذارد. استخراج و تحلیل آمار و اطلاعات خروج ترانسفورماتورها در شبکه برای بهره‌برداری بهینه و نیز توسعه آتی شبکه ضروریست. با عنایت به اهمیت ترانسفورماتورها در تولید و انتقال توان در این مقاله سعی شده است که بطور اجمال وضعیت کلی خروج "بدون برنامه" ترانسفورماتورهای انتقال (۴۰۰ و ۲۳۰ کیلوولت) به تفکیک چند شاخص (منطقه/ مدت زمان بی‌برقی/ علت خروج) بررسی شده و در نهایت ضمن ارائه تصویری از وضعیت جاری، راهکارهای عملیاتی جهت کاهش ریسک بهره‌برداری ارائه شود.

مقدمه:

انواع ترانسفورماتورهای انتقال بعنوان یکی از اجزای اصلی شبکه تولید و انتقال برق با رشد متوسط توسعه در حد ۵ درصد حائر اهمیت بسیار می‌باشند. همچنین از منظر قیمت ترانسفورماتور یکی از گران‌ترین اجزای شبکه می‌باشند که از مرحله ساده "خروج بدون برنامه" (اعم از خروج خودکار و خروج اضطراری) تا مرحله معیوب شدن آنها خسارت سنگینی به صنعت برق وارد می‌سازند. در

وضعیت "خروج بدون برنامه" شامل خروج اضطراری و یا خروج خودکار ترانسفورماتورها با توجه به شرایط شبکه می‌تواند موجب دیدگاه‌های فنی و اقتصادی ذیل گردد [۲] و [۳]:

شایان ذکر است که در بخش فوق توزیع تعداد حدود ۱۲۱۸ پست ۶۳/۶۶ کیلوولت با تعداد حدود ۲۳۷۳ دستگاه ترانسفورماتور مورد بهره‌برداری می‌باشند [۴] که بطور مستقیم مورد بحث مقاله نمی‌باشند لیکن به ناگزیر متاثر از مانورهای ترانسفورماتورهای انتقال می‌گردند.

❖ دیدگاه فنی

وضعیت شبکه:

- محدودیت تولید واحدهای نیروگاهی: در این حالت با بی‌برق شدن ترانس واحد عملاً واحد نیز غیرقابل بهره‌برداری می‌گردد و موجب کاهش ذخیره گردان و غیرگردان شبکه می‌گردد.
- حبس تولید و محدودیت انتقال توان: در این حالت علی‌رغم داشتن تولید در شبکه، انتقال توان (اعم از مگاوات و مگاوار) محدود شده و موجب محدودیت در یک پست(ها)/ در یک منطقه می‌گردد.
- بروز خاموشی محلی تا فرمانطقه‌ای: در این وضعیت خروج ترانسفورماتور که معمولاً ترانسفورماتور بار می‌باشد می‌تواند منجر به اعمال خاموشی دستی و یا خودکار در پست(ها) اجرا می‌شود.
- بروز سوینگ و تا حد فروپاشی شبکه: این موضوع در موارد حاد می‌تواند در یک یا چند منطقه رخ دهد کما اینکه سوابق BLACK OUT کلی و منطقه‌ای در شبکه در سال‌های گذشته نمایانگر نقش اضافه بار ترانسفورماتورهای انتقال در فروپاشی شبکه می‌باشد.
- افزایش تلفات انتقال که از بحث‌های روز مدیریت صنعت برق می‌باشد نیز می‌تواند نتیجه خروج ترانسفورماتورها و بدنبال تغییر پخش بار شبکه باشد.
- شایان ذکر است که در مواردی خاص ترانسفورماتورها بصورت بانک بوده و یا مستقیم به

بی‌برق شدن ترانسفورماتورها همانند سایر تجهیزات در ادبیات دیسپاچینگ شامل موارد خروج طبق برنامه/ خروج با هماهنگی/ خروج خودکار/ خروج اضطراری می‌باشد. دلایل بی‌برق شدن "خروج طبق برنامه" ترانسفورماتورها نوعاً بدلیل فنی مانند رفع نشستی روغن/آچارکشی/تست و سرویس سالیانه/ رفع اشکال بوشینگ/ رفع موارد ترموویژن/ رفع اشکال تپ چنجر و می‌باشند. در موارد "خروج اضطراری" طبعاً موارد آرک‌زدگی/رفع نشستی روغن/رفع موارد ترموویژن/ اشکالات بریکر و سکسیونر، افت فشار گاز و ... مطرح می‌گردند. در موارد خروج خودکار، ترانسفورماتورها نوعاً با عملکرد حفاظت الکتریکی و یا حفاظت مکانیکی (بوخه‌لنس و اضافه بار و REF) از مدار خارج می‌گردند که البته عوامل غیرفنی همانند شرایط جوی و عوامل متفرقه و نامعلوم نیز در این امر دخیل می‌باشند. در وضعیت خروج "طبق برنامه" تمهیدات لازم از سوی مراکز کنترل جهت کنترل تبعات بی‌برق شدن تجهیز انجام می‌شود لیکن در "خروج خودکار" و "خروج اضطراری" دامنه خسارات و تبعات نوعاً بیش از "خروج طبق برنامه" بر شبکه تحمیل می‌گردد از اینرو اینگونه خروج‌ها می‌تواند امنیت شبکه را نیز به مخاطره افکند. همچنین بدیهی است که خروج ترانسفورماتورها الزاماً بدلیل اشکال تجهیز ترانسفورماتور و کوتاهی سازنده نمی‌باشد.

تحلیل خروج بدون برنامه ترانسفورماتورهای انتقال و اثرات آن بر بهره‌برداری شبکه سراسری برقدومین کنفرانس بین المللی
ترانسفورماتور ۱۳۹۴ - تهران، ایران

جدول شماره (۱): آمار خروج بدون برنامه ترانسفورماتورها در سال ۹۲

شرکت برق منطقه‌ای	تعداد خروج (۲۳۰)	زمان خروج (۲۳۰) (ساعت)	تعداد خروج (۴۰۰)	زمان خروج (۴۰۰) (ساعت)
تهران	۸۶	۴۴۳۰	۱۳	۹۴
مازندران	۸	۲۷۳۰	۷	۲۲
گیلان	۷	۱۳۰۰	۲	۷
سمنان	۱۶	۷۶	۲	۳۴۶
زنجان	۲۶	۱۲۲۰	۲	۳
آذربایجان	۴۳	۶۹۰	۷	*۱۳۶۴۰
باختر	۲۴	۱۲۷۰	۲۱	۳۳۴
غرب	۲۱	۸۰۰	۰	۰
اصفهان	۳۷	۷۶۲۰	۲۸	۱۳۱۸۳
خوزستان	۲۸	۱۵۹۰	۲۷	۲۶۴۳
فارس	۴۸	۶۳۵	۲۰	۱۵۰
یزد	۱۱	۴۱۸۰	۱۲	۱۸۰۸
کرمان	۱۸	۴۵۲۰	۱	۸۶۴
هرمزگان	۱۷	۲۹	۶	۶
خراسان	۰	۰	۸	۴۲
سیستان و بلوچستان	۴۶	۱۳۱۳۳	۶	۴
مجموع	۴۳۶	۴۴۲۳۰	۱۷۲	24813

خط انتقالی متصل بوده از اینرو خروج ترانسفورماتور موجب بی‌برق شدن تجهیز دیگر می‌شود و بالعکس.

❖ دیدگاه اقتصادی

- از منظر اقتصادی با در نظر گرفتن هزینه ریالی به ازای هر مگاوات ساعت می‌توان به برآوردی از خسارت اقتصادی این موضوع دست یافت. از جمله هزینه‌ها می‌توان به هزینه خاموشی مشترکین/ عدم امکان تولید نیروگاه/ توان محدود شده انتقال/ تا هزینه تعمیرات اشاره نمود.
- با توجه به مستقر شدن بازار برق محدودیت توان ایجاد شده ناشی از خروج ترانسفورماتورهای انتقال می‌تواند تبعات مالی بیشتری داشته باشد چرا که بعضاً با تغییر پخش بار آرایش انرژی دریافتی از نیروگاه‌ها نیز به ناچار تغییر می‌یابد.
- افزایش تلفات انتقال و تغییر پخش بار نیز موجب افزایش هزینه‌ها و بعنوان ضرر اقتصادی مطرح می‌باشد.

جهت روشن شدن وضعیت جاری شبکه در مرحله اول از آمارهای خام شبکه در دو سال اخیر جهت مقایسه و کمک به فهم مطلب استفاده شده و در مرحله بعد برخی کمیات آماری محاسبه شده و در نهایت به توجه به دید شبکه‌ای نگارندگان مقاله، نتایج تحلیل شده‌اند.

آمار تقریبی "خروج بدون برنامه" این تجهیز در سال‌های ۹۲ و ۹۳ به تفکیک پارامترهای تعداد و مدت خروج- نام شرکت برق منطقه‌ای- علت خروج به شرح جداول ۱ و ۲ می‌باشند[۱]:

تحلیل خروج بدون برنامه ترانسفورماتورهای انتقال و اثرات آن بر بهره‌برداری شبکه سراسری برقدومین کنفرانس بین المللی
ترانسفورماتور ۱۳۹۴ - تهران، ایران

جدول شماره (۲): آمار خروج بدون برنامه ترانسفورماتورها در سال ۹۳

زمان خروج (۴۰۰) (ساعت)	تعداد خروج (۴۰۰)	زمان خروج (۲۳۰) (ساعت)	تعداد خروج (۲۳۰)	شرکت برق منطقه - ای
۱۸۴	۱۷	۱۱۰۰۳	۱۰۹	تهران
۸	۳	۵۲	۲۲	مازندران
۱	۱	۴۱	۱۰	گیلان
۰	۰	۴۴۸	۱۵	سمنان
۱	۱	۳۳	۱۵	زنجان
۲۰۲	۱۳	۳۳۳۸	۲۷	آذربایجان
۱۱۴	۲۰	۱۸۳۲	۲۸	باختر
۳۲۵	۳	۶۴۴۵	۲۲	غرب
۷۸۶۲	۳۱	۹۷۹۵	۲۸	اصفهان
۱۶۹۸	۶۳	۱۰۶۶۹	۷۱	خوزستان
۴۷	۲۳	۴۰۵	۳۱	فارس
۲۹	۶	۵۲	۶	یزد
۴۹۸۷	۵	۲۶۵۶	۲۲	کرمان
۴۳۰	۶	۳۰	۱۴	هرمزگان
۲۷۹	۱۵	۱	۲	خراسان
۱	۲	۲۸۸	۵۳	سیستان و بلوچستان
۱۶۱۶۳	۲۰۹	۴۵۲۸۹	۴۷۵	مجموع

همچنین با محاسبه متوسط کمیات طبق جدول شماره (۳):

جدول شماره (۳): متوسط زمان خروج بدون برنامه سال‌های ۹۲ و ۹۳

ترانسفورماتورهای ۴۰۰ کیلوولت (ساعت)	ترانسفورماتورهای ۲۳۰ کیلوولت (ساعت)	آمار کل شبکه در سال ۹۲	آمار کل شبکه در سال ۹۳
۲۰۴,۶	۱۰۱,۵	۹۲	۹۳
۷۷,۳	۹۵,۳		

از سوی دیگر با توجه به وابستگی مقوله "خروج بدون برنامه" به "خروج طبق برنامه" آمار تقریبی "خروج طبق برنامه" ترانسفورماتورهای کلی شبکه در سال‌های ۹۲ و ۹۳ به شرح جدول ۴ می‌باشند [۱]:

جدول شماره (۴): آمار خروج طبق برنامه ترانسفورماتورها سال‌های ۹۲ و ۹۳

زمان خروج (۴۰۰) (ساعت)	تعداد خروج (۴۰۰)	زمان خروج (۲۳۰) (ساعت)	تعداد خروج (۲۳۰)	خروج طبق برنامه سال ۹۲ شبکه
۳۲۵۶۰	۵۵۳	۶۸۴۸۵	۱۷۲۲	۹۲
۴۳۵۱۷	۶۱۵	۹۰۱۴۳	۱۷۶۵	۹۳

با تحلیل داده‌ها:

○ طبق جداول شماره (۱) و (۲) تعداد و زمان "خروج بدون برنامه" مجموعه ترانسفورماتورهای شبکه در سال ۹۳ نسبت به سال ۹۲ در بخش ۲۳۰ کیلوولت افزایش داشته است. این موضوع در بخش ۴۰۰ کیلوولت در خصوص تعداد خروج‌ها نیز صادق است لیکن خوشبختانه زمان خروج کاهش یافته است. رشد شبکه و

کرمان و خراسان افزایش قابل توجه و در مناطق سمنان- آذربایجان- اصفهان- یزد- کاهش معنادار داشته است.

○ آمار برخی مناطق بدلیل خروج چند ماهه چند ترانسفورماتور در چند پست خاص موجب افزایش آمار خارج از حد نرمال آن مناطق شده است که در آمار بعنوان نقاط دور از منحنی اصلاح گردید (مناطق آذربایجان، سیستان و بلوچستان، یزد و کرمان). همچنین شبکه خراسان فاقد سطح ۲۳۰ کیلوولت است.

○ با نرمالیزه کردن ارقام زمان "خروج بدون برنامه" ترانسفورماتورها نسبت به زمان و تعداد کل ترانسفورماتورها (۴۰۰ و ۲۳۰) در مدار به ترتیب ارقام ۰,۹ و ۰,۸۵ درصد در سال بدست می آید. این بدان معنا است که بطور تقریبی کمتر از یک درصد از ترانسفورماتورهای انتقال بطور دائم در طول سال "بدون برنامه" بی برق مانده‌اند.

○ از دیدگاه علت خروج، نوعاً ۵۰ درصد بدلیل ثانویه عملکرد حفاظت الکتریکی و یا حفاظت مکانیکی ترانسفورماتورها ثبت شده است.

○ در یک محاسبه کلی به فرض a ریال به ازای هر مگاوات محدودیت انتقال/تولید و با مدنظر قرار دادن زمان کل خروج‌ها و با تناسب ظرفیت‌ها و با فرض ۵۰ درصد ضریب بارگذاری این نوع تجهیزات می‌توان به رقم تخمینی b ریال خسارت در سال دست یافت. با محاسبه می‌توان به ارقام چند ده میلیاردی دست یافت که خود می‌تواند هزینه خرید تعدادی دستگاه ترانسفورماتور انتقال باشد.

هزینه توان محبوس شده/ از دست رفته =

ساعت*متوسط بارگیری*نرخ هر مگاوات ساعت

مسائل غیرفنی همانند شرایط جوی می‌تواند در این افزایش موثر باشند.

○ مطابق جدول (۳) متوسط زمان "خروج بدون برنامه" ترانسفورماتورها در سال ۹۳ نسبت به سال ۹۲ کاهش داشته است. این امر می‌تواند از بهره‌برداری مناسب از سوی شرکت های برق منطقه‌ای و نیز نگهداری مناسب تجهیزات ناشی شده باشد.

○ مطابق جدول شماره (۴) مشاهده می‌شود که زمان و تعداد خروج "طبق برنامه" ترانسفورماتورها در هر دو بخش ۴۰۰ و ۲۳۰ کیلوولت در سال ۹۳ نسبت به سال ۹۲ افزایش داشته است که می‌تواند علامت مثبت برای صنعت برق باشد. همچنین طبق محاسبه متوسط زمان خروج "طبق برنامه" برای ترانسفورماتورها ۴۰۰ و ۲۳۰ کیلوولت در سال ۹۳ به ترتیب برابر ۷۰,۷ و ۵۱ ساعت بوده که این امر نسبت به ارقام مشابه ۵۸,۸ و ۴۰,۸ ساعت در سال ۹۲ رشد داشته است. نتیجه آنکه این موضوع می‌تواند حاصل تلاش کارکنان صنعت برق در سرویس به موقع تجهیزات باشد.

○ زمان خروج ترانسفورماتورها در بخش ۲۳۰ کیلوولت در مناطق تهران- سمنان- آذربایجان- غرب- خوزستان افزایش قابل توجه و در مناطق مازندران- زنجان- گیلان- یزد- سیستان و بلوچستان کاهش معنادار داشته است. بعنوان نمونه شبکه تهران بزرگ با توجه به افزایش تعداد و زمان خروج ترانسفورماتورهای ۲۳۰ کیلوولت ناشی از رشد بار و عدم توسعه کافی وضعیت مطلوبی ندارد.

○ تعداد خروج ترانسفورماتورها در بخش ۴۰۰ کیلوولت در منطقه خوزستان و زمان خروج در مناطق

بعنوان نمونه در بخش ۴۰۰ کیلوولت سال ۹۳ به رقم
۱۲۹ میلیارد تومان تخمین زده می‌شود:
 $50,000 * 160 * 16163 = 129,000,000,000$

نتیجه‌گیری و پیشنهادات:

۱. تاکید بر تعمیر و نگهداری بیشتر تجهیزات بویژه ترانسفورماتورهای انتقال از بازدید تست و سرویس پیشگیرانه تا اورهال
۲. توسعه و نوسازی بیشتر صنعت برق و بارگذاری بهینه ترانسفورماتورها با توجه به ملاحظات اقتصادی و ارتقای امنیت و پایداری شبکه
۳. بازخورد بیشتر موارد بهره‌برداری به مسئولین برنامه-ریزی و طرح و توسعه و در نهایت مراجع تصمیم‌گیر
۴. استفاده از تجربیات سایر کشورها و بکارگیری فناوری‌های نوین در پایش تجهیزات
۵. بررسی کیفیت تجهیزات و سازندگان و استفاده از کلیه تجهیزات باکیفیت‌تر از جمله ترانسفورماتورها در صنعت برق.
۶. تشکیل و تحلیل دیتابیس برای بهره‌برداران شبکه و جمع‌آوری تجربیات بهره‌برداری

مراجع:

- [۱] گزارش‌های روزانه و ادواری سایت و شرکت مدیریت شبکه برق ایران (WWW.IGMC.IR)
- [۲] مطالعات روزانه شبکه با استفاده از نرم افزار PSSE
- [۳] اطلاعات سیستم PN40 مرکز کنترل دیسپاچینگ ملی
- [۴] آمار تفصیلی صنعت برق ایران- ویژه مدیران- سال ۹۲