



## تأثیر خاموشیها در فرسودگی و استهلاک تأسیسات شبکه‌های توزیع

فرامرز شادفر - مهرداد شیرالی - اسدالله امیدواری نیا  
شرکت توزیع نیروی برق استان خوزستان

### چکیده :

با بررسی و شناخت کافی و نیز داشتن اطلاعات آماری جامع از تعداد و علت خاموشیها در شبکه‌های توزیع می‌توان از بروز اکثر خاموشیها جلوگیری بعمل آورده و باعث بهبود پایداری شبکه گردید و در نتیجه هزینه‌های تولید و انتقال انرژی الکتریکی را تا حد زیادی کاهش داد. لازم به ذکر است که خاموشیهای مکرر، چه خاموشیهای ناخواسته و چه خاموشیهای نوبتی و از پیش برنامه‌ریزی شده، میتواند خسارات جبران ناپذیری به شبکه وارد نماید، زیرا در اثر ضربه‌های ناشی از قطع و وصل مکرر شبکه به ژنراتورها، موتورها، ترانسفورماتورها، کلیدها و حتی وسائل خانگی و صنعتی خسارات عمده‌ای وارد می‌گردد که منجر به کاهش عمر مفید و کم شدن راندمان این تجهیزات خواهد شد.

در این مقاله ضمن بررسی تأثیر خاموشیها بر تجهیزات شبکه، برنامه خاموشیهای سال ۱۳۷۰ شبکه برق خوزستان مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به نتایج حاصله پیشنهاداتی جهت کاهش خاموشیها، بهره برداری بهینه، بهبود پایداری شبکه و کاهش فرسایش تجهیزات شبکه ارائه می‌گردد.

### شرح مقاله :

امولا" خاموشیها را میتوان به دو نوع تقسیم بندی کرد :

الف - خاموشیهای دستی (با برنامه)

ب - خاموشیهای اتوماتیک (بدون برنامه)

هر کدام از این خاموشیها دلائل مخصوص به خود دارند که با شناخت کافی از این دلائل میتوان تدابیر مناسبی جهت بهبود بهره‌برداری و پایداری شبکه اتخاذ نمود، لذا ضروری است تا هر ساله تعداد، نوع و مدت زمان خاموشیها مورد بررسی قرار گرفته و بر مبنای آنها برنامه‌های سرویس و تعمیرات و احیانا تغییرات لازم در شبکه را ایجاد نمود.

در این مقاله با توجه به اطلاعات موجود روشهای مناسبی جهت کاهش خاموشیها پیشنهاد شده که باعث کاهش تلفات شبکه و ایجاد شرایط مطلوب برای استفاده صحیح از انرژی الکتریکی خواهد شد. بدیهی است که با توجه به رابطه تنگاتنگ پیشرفت کشور در زمینه‌های علمی، فرهنگی، صنعتی، کشاورزی و... با انرژی الکتریکی باید تا سرحد امکان میزان خاموشیها را کاهش داد که برای نیل به این هدف داشتن سیاستهای مناسب تولید، انتقال و توزیع ضروری است.

یکی از تاثیرات منفی خاموشیها فرسایش زودرس تجهیزات شبکه میباشد، چراکه عمر هر وسیله الکتریکی به میزان زیادی بستگی به تعداد قطع و وصل بسرق آن وسیله دارد، مثلاً در کلیدهای قدرت در موقع قطع و وصل جرقه ایجاد می‌گردد که این جرقه‌ها موجب تجزیه و کشیف شدن روغن کلید و نیز خال زدن کنتاکتها شده، در ترانسفورماتورها تولید جریانه‌های هجومی (INRUSH CURRENT) نسوده، در ژنراتورها و موتورهای سنکرون باعث بروز اشکال در سنکرون کردن این تجهیزات با شبکه شده و در وسایل برقی خانگی احتمال ضعیف شدن و احیانا سوختن را در پی دارد. هر کدام از موارد فوق علاوه بر اینکه باعث از دست دادن وقت و انرژی میشود، هزینه‌های ریالی و ارزی زیادی را نیز به دنبال دارد.

#### ۱ - تاثیر خاموشیها بر ماشینهای الکتریکی:

جریان راه‌اندازی یک موتور القاشی در لحظه راه‌اندازی با ولتاژ نامی ۲ تا ۷ برابر جریان نامی آن است. این جریان زیاد در دراز مدت باعث مدمه دیدن عایق و سیم پیچ روتور و استاتور گردیده و به محور موتور نیز ضربه وارد

می‌کند. استمرار این ضربه‌ها می‌تواند باعث نامنظم کار کردن و احیانا " از کار افتادن موتور گردد. لازم به ذکر است که موتورهای کوچک طوری ساخته می‌شوند که در مقابل ضربه‌های ناشی از راه‌اندازی مقاومت کرده و آسیب کمتری را متحمل می‌گردند ، اما در موتورهای بزرگ ضروری است که روشی جهت کاهش جریان راه‌اندازی بکار رود ، در غیر اینصورت امکان اینکه به موتور آسیب وارد شود بسیار زیاد است.

همچنین اختلال ایجاد شده ممکن است روی کار موتورهای دیگری که بصورت موازی با موتور معیوب کار میکنند نیز اثر بگذارد. از اینرو لازم است به روش مناسبی اثرات ناشی از جریان راه‌اندازی را به حداقل رساند. بعضی از وسایل راه‌اندازی عبارتند از :

- الف - راه‌انداز فشاری (با کلید فشاری) برای موتورهای کوچک
- ب - راه‌انداز مغناطیسی مستقیم به خط
- ج - راه‌انداز مقاومتی کاهنده ولتاژ
- د - راه‌انداز اتوترانسفورمری
- ه - راه‌انداز ستاره مثلث
- و - راه‌انداز استوانه‌ای
- ز - راه‌انداز موتور باسیم پیچ چند قسمتی

بکار بردن هر یک از روشهای فوق مستلزم صرف هزینه‌های نسبتا " سنگین جهت نصب دستگاهها و وسایل حفاظتی جانبی اضافی و ایجاد هماهنگی بین آنها می‌باشد. لازم به ذکر است که خاموشیهای مکرر روی ژنراتورهای قدرت نیز تاثیرات سویی دارد ، زیرا همانطور که می‌دانیم سرعت ژنراتور ناشی از تعادل بین گشتاور بار شبکه و گشتاور مکانیکی توربین می‌باشد ، از اینرو بر اثر کاهش ناگهانی بار ، ازدیاد گشتاور مکانیکی حاصل می‌گردد که باعث سرعت گرفتن سریع ژنراتور شده و این تغییر ناگهانی سرعت بر روی محور ژنراتور و شبکه ایجاد شوک نموده و تا مدت زمانی محدود باعث نوسان ولتاژ و فرکانس شبکه میگردد.

شوکه‌های وارده نیز منجر به کاهش عمر مفید ژنراتور و دیگر تجهیزات شبکه میشود.

## ۲ - تاثیر خاموشیها بر ترانسفورماتورهای توزیع :

از آنجائیکه ترانسها از گرانترین وسایل شبکه میباشند ، چگونگی استفاده و نگهداری آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و حفاظت آنها در برابر انواع اضافه ولتاژها و جریانهای اتصال کوتاه و جریانهای هجومی و دیگر خطاهایی که روی شبکه پیش می آید ضروری می باشد.

با وجود کلیه تجهیزاتی (برقگیر ، CT ، PT ، رله جریان زیاد ، رله دیفرانسیل و ... ) که جهت حفاظت از ترانس بکار برده میشود ، در نظر گرفتن بعضی پارامترها برای استفاده بهتر از ترانس لازم است.

یکی از مواردی که تاثیر مستقیم روی عملکرد و مدت عمر مفید ترانس دارد تعداد خاموشیها می باشد ، زیرا در اثر این قطع و وصلها جریانهای هجومی در لحظه وصل مجدد ترانسها به آنها اعمال می شود که این جریانها در حدود ۶ برابر جریان نامی ترانسفورماتور بوده و می تواند مدت زمان نسبتاً طولانی ادامه داشته باشد و ممکن است دامنه آن تا ۳۰ برابر جریان نامی ترانسفورماتور هم برسد. این اضافه جریانها باعث تولید حرارت و صدمه زدن به عایق و کثیف شدن روغن ترانسفورماتور شده و منجر به کاهش عمر مفید ترانس میگردد. ضمناً در هنگام وصل مجدد شبکه پدیده بارگیری سرد (COLD LOAD PICK UP) سبب اعمال بارهای اضافی بر ترانسفورماتور و آسیب رسیدن به سیم پیچهای ترانسفورماتور میشود، که با توجه به تعداد بسیار زیاد ترانسفورماتورهای بکار رفته در شبکه بخصوص در سطح توزیع حجم خسارات وارده به ترانسفورماتور معمولاً قابل ملاحظه می باشد. جدول (۱) تعداد ترانسفورماتورهای بکار رفته در شبکه شهر اهواز را نشان میدهد.

نسبت تبدیل (KV)	۲۳۰/۲۳	۱۳۲/۲۳	۱۳۲/۱۱	۲۲/۱۱	۳۳/۰/۴	۱۱/۰/۴
تعداد	۱۹	۱۵	۱۷	۱۱	۳۵۷۳	۲۹۳۹

جدول ۱

تعداد ترانسفورماتورهایی که آسیب کلی دیده یا سوخته‌اند در ۹ ماهه اول سال ۱۳۷۱ در شهر اهواز برابر ۴۱ دستگاه بوده است. جدول (۲) میزان آسیب دیدگی ترانسفورماتورهای شبکه برق خوزستان در سال ۱۳۷۰ را نشان میدهد.

ردیف	نوع آسیب	تعداد
۱	سوختن ترانس	۱۳
۲	سوختن فیوز ترانس	۱۵۵
۳	ترکیدن برقیگیر ترانس	۸۱
۴	اشکال در ترانس ایستگاه	۴۶
۵	اتصال در ترانسهای توزیع	۱۱
۶	تعویض روغن ترانسهای ایستگاه	۸
۷	سوختن فیوز ترانس ایستگاه	۲
۸	تعمیر ترانس ایستگاه	۱۲
۹	جمع کل	۳۲۸

جدول ۲

### ۳ - تاثیر خاموشیها بر کلیدهای قدرت :

وسیله اصلی که کار قطع و وصل مدارهای قدرت را بسعهده دارد ، کلید قدرت است. از اینرو بیشترین تاثیر خاموشیها بر روی این وسیله خواهد بود ، البته مکانیزم قطع کلید بر چگونگی نحوه عملکرد آن تاثیر مستقیم دارد. از آنجائیکه کلید قدرت تحت بار مدار را قطع و وصل می کند ، همیشه بین کنتاکتهای آن جرقه خواهیم داشت که شدت این جرقه به میزان ولتاژ ، جریان ، نوع بار و ... بستگی دارد . جرقه باعث خال زدن کنتاکتها ، ایجاد حرارت و نیز تجزیه روغن و تولید گاز و ایجاد فشار بخموص در هنگام قطع کلید می گردد . کلید بعد از قطع و وصلهای مکرر سرعت و دقت عملکرد خود را از دست داده و ممکن است در اثر تاخیر در عملکرد ، پایداری شبکه رابه خطر بیاندازد. البته کلیدهای قدرت مدرن امروزی تا ۲۵۰۰۰ بار می توانند مدار را قطع و وصل نمایند ولی لازم است به خاطر اطمینان پیدا کردن از عملکرد آنها هر ساله مورد بازرسی و تعمیرات قرار گرفته و کاملاً سرویس شوند. این مسئله بخموص در مورد کلیدهای قدرت موجود در شبکه که عموماً از نوع کلیدهای روغنی قدیمی هستند ضرورت بیشتری دارد. در جدول (۳) تعداد خرابیهای ناشی از بریکرها و کلیدهای قدرت که در شبکه های توزیع برق

خوزستان منجر به قطع شبکه گردیده آورده شده است. مورد (۱) منجر به تلفات جانی و مالی نیز گردیده است.

ردیف	نوع خرابی	تعداد	ردیف	نوع خرابی	تعداد
۱	ترکیدن بریکر	۱ -	۶	تعمیر کلید هوایی	۳۶
۲	تعمیر بریکر	۵	۷	تعطیل روغن بریکرایستگاه	۱
۳	سرویس بریکر	۳۱	۸	تعویض روغن بریکرایستگاه	۲۱
۴	قطع ناشی از بریکر	۳۷	۹	تعمیرات ایستگاهها	۳۲۵
۵	نقص کلید هوایی	۱۴	۱۰	جمع کل	۴۷۱

جدول ۳

#### ۴ - تاثیر خاموشیها بر لوازم خانگی :

گرچه آمار دقیقی از تعداد و میزان خسارات وارده بر وسایل الکتریکی خانگی ناشی از قطع و وصل مدار در دست نیست ، ولی کمتر خانهای میتوان پیدا نمود که در اثر قطع و وصل برق به وسایل الکتریکی آنها خساراتی وارد نگردیده باشد. مثلا" ممکن است یخچال ، تلویزیون ، کولر ، ماشین لباسشویی و یا دیگر وسایل الکتریکی خانگی در اثر نوسانات ناشی از قطع و وصل از حالت عادی خود خارج گردیده و یا احیانا" بطور کامل سوخته باشند ، که رقم قابل توجهی را به خود اختصاص میدهند. این مسائل باعث گردیده هم سازندگان وسایل الکتریکی و هم مصرف کنندهها از تجهیزات حفاظتی استفاده نمایند تا بدین طریق تا حد زیادی از میزان مدمات وارده جلوگیری نمایند. اما وسایل حفاظتی نیز بطور کامل قادر به مهار آسیب ها و تلفات ناشی از قطع و وصل مدار نمی باشند.

خسارات وارده بر وسایل الکتریکی بر اثر خاموشیها ممکن است در نگاه اول مهم به نظر نرسد ، ولی واقعیت این است که در اثر حالتی گذرانی که در لحظه های اولیه قطع یا وصل رخ میدهد ، ممکن است خسارات عمده ای به این وسایل وارد گردیده و تا حد زیادی از عمر مفید آنها کاسته شود. از اینرو کاهش خاموشیها می تواند خسارات وارده به وسایل خانگی را نیز به میزان زیادی تقلیل دهد.

## ۵ - تاثیر خاموشیها بر صنایع :

از آنجا که راه اندازی صنایع و تولید آنها مستقیماً با تداوم تغذیه الکتریکی در ارتباط میباشد ، هرگونه خاموشی و یا حتی کاهش بار یا نوسانات الکتریکی بر روی تجهیزات و میزان تولید کارخانجات اثرات نامطلوبی داشته و در بعضی موارد منجر به خسارات جبران ناپذیر میگردد. برای مثال میتوان به اثر قطع برق بر کارخانه های ذوب فلزات ، نورد لوله و یا کارخانه های که به نوعی با ذوب فلزات سر و کار دارند و نیز پالایشگاهها اشاره نمود. همچنین در کارخانه های شیشه و بتون سازی و یا صنایع وابسته به آنها قطع ناگهانی برق میتواند باعث گرفتگی لوله های رابط و مسدود شدن آنها گردد که استفاده مجدد از کارخانه را منوط به تمویض قطعات و تعمیر اساسی کارخانه می نماید. لازم به ذکر است حتی اگر خاموشیها با هماهنگی قبلی با کارخانه ها صورت گیرد باز هم در امر تولید و راه اندازی مجدد ماشین آلات مشکلات زیادی از قبیل صرف هزینه ، زمان ، و هماهنگی دستگاهها ایجاد میشود. بطور نمونه قطع برق برنامه ریزی شده در کارخانجات ذوب فلزات و فولاد ، باعث می گردد که از چندین ساعت قبل از قطع برق بخاطر جلوگیری از رسوب مواد مذاب در کوره و ... عمل تولید را متوقف نمایند که تا مدتی پس از وصل مجدد برق نیز بخاطر آماده سازی کوره و مواد اولیه و ... قادر به تولید نخواهند بود. در صنایع بتون و شیشه سازی نیز همین مسئله به دلیل پاک نمودن خط تولید از مواد اولیه قبل از اعمال خاموشی و آماده سازی پس از رفع خاموشی مطرح می باشد.

بطور کلی اثرات نامطلوب قطع برق در صنایع رابطه مستقیم با میزان تولید داشته و اثرات سوء بر اقتصاد مملکت می گذارد ، که در این رابطه میتوان به شکایاتی که از طرف کارخانجات و صنایع مکرراً در ارتباط با خاموشیها عنوان می گردد اشاره نمود.

## ۶ - بررسی خاموشیها :

جدول (۴) آمار دفعات عملکرد بریکرهای شبکه توزیع خوزستان در سال ۱۳۷۰ را نشان می دهد. ملاحظه می شود که بر روی هر کلید بطور متوسط در طول سال حدوداً ۳۹ بار قطع یا ۷۸ بار عملکرد صورت میگیرد ، که میتواند سریعاً " عمر مفید آنها را کاهش داده و تا" شیرات سوئی از قبیل کثیف شدن روغن ، ضعف عایقی و خال زدن کنتاکتها را ایجاد نماید ، که ممکن است در عملکرد سریع و به موقع کلید

خلل وارد کرده و موجب ترکیدن آن شود. علاوه بر این همانگونه که قبلاً ذکر کردید، این عملکردها بر روی کلیه تجهیزات شبکه از جمله ترانسفورماتورها، ماشینهای الکتریکی، CT، PT و نیز بر وسائل مصرف کننده‌های صنعتی و خانگی اثرات بسیار سوئی داشته و در نهایت به مرور زمان موجب تخریب تجهیزات شبکه و وسائل مشترکین می‌گردد.

ردیف	نوع خاموشی	تعداد	میانگین	درصد
۱	کاهش بار	۱۰۶۷	۵/۳	۱۳/۷
۲	انتقال بار	۱۸۵	۰/۹	۲/۳
۳	عبور محموله	۱۵۴	۰/۷۷	۱/۹
۴	تعمیر و توسعه شبکه	۱۸۸۵	۹/۴	۲۴/۳
۵	تعمیر و سرویس ایستگاه	۶۴۷	۳/۲	۸/۳
۶	قطع خودکار	۳۸۱۵	۱۹	۴۹/۲
	جمع کل	۷۷۵۳	۳۸/۷	۱۰۰

جدول ۴

آمار نشان میدهد که در حدود نیمی از خاموشیها قابل پیش بینی و برنامه‌ریزی شده بوده و بقیه بر اثر بروز خطا در شبکه بطور خودکار ایجاد شده است. در رابطه با کاهش خاموشیهای بدون برنامه (اتوماتیک) مسلماً اصلاح و بهینه‌سازی شبکه با انجام تعمیرات منظم و دوره‌ای و اعمال روشهای صحیح در طراحی، ساخت و بهره‌برداری امکانپذیر خواهد بود. ذیلاً به چند نکته جهت بهبود بهره‌برداری و کاهش میزان خاموشیها بشرح زیر اشاره می‌گردد.

الف - طراحی شبکه‌های توزیع براساس دیدگاههای فنی و مهندسی

ب - استفاده از تجهیزات مناسب از جمله سیم، ترانس، برقگیر و ... جهت احداث شبکه

ج - اعمال نظارت دقیق بر ساخت شبکه‌های توزیع تا مرحله بهره‌برداری



- د - انجام بازدیدها و تعمیرات دوره‌ای منظم و از پیش تعیین شده
- ه - کنترل بار اعمال شده به ترانسفورماتورها متناسب با بار نامی آنها
- و - بهینه‌سازی ایستگاهها و جایگزینی بریکرهای جدید به جای کلیدهای قدیمی و از رده خارج شده
- ز - جایگزینی شبکه زمینی به جای شبکه هوایی در مراکز شهرهای بزرگ
- ح - رعایت نکات ایمنی در رابطه با اجرای طرحها و رعایت حریم و استاندارد
- ت - اصلاح شبکه‌های موجود با توجه به روند رشد بار و گسترش شهر و...

در رابطه با کاهش خاموشیهای برنامه‌ریزی شده (نوبتی) نیز میتوان با اعمال ضوابط خاص نسبت به کاهش این خاموشیها اقدام نمود. پاره‌ای از این خاموشیها مربوط به انتقال بوده که با اصلاح شبکه‌های توزیع و احیانا " احداث خطوط کمکی میتوان نسبت به افزایش قدرت مانور شبکه کمک نموده و از خاموشی جلوگیری کرد. همچنین باید خطوطی که از عرض جاده عبور می نمایند با استفاده از پایه‌های مناسب احداث و یا اصلاح کردند تا هنگام عبور محموله‌های مرتفع نیاز به قطع برق و اعمال خاموشی نباشد. تعمیر و توسعه شبکه و ایستگاهها نیز باید بصورتی برنامه ریزی شود که حداقل زمان را شامل گردد.

انجام برنامه تعمیرات دوره‌ای باعث جلوگیری از ایجاد آسیبهای شدید به شبکه که مستلزم تعمیرات وقت گیر و اساسی است می گردد. در این رابطه آموزش پرسنل تعمیراتی و بالا بردن کارآئی آنها و اعمال روشهای تشویقی از جمله طرح کارانه از عوامل بسیار مؤثر در تقلیل زمان و دفعات تعمیرات می باشد. ضمناً در رابطه با خاموشیهای نوبتی ناشی از کاهش بارهای اعمال شده از طرف وزارت نیرو و دیسپاچینگ ملی باید مسئله در بعد وسیعتری مورد بررسی قرار گیرد.

با توجه به مطالب ذکر شده در رابطه با اثرات زیان‌آور قطع و وصل‌های مکرر برق بر روی تجهیزات شبکه و وسایل مشترکین و همچنین بدلیل زیانهای اقتصادی ناشی از کاهش تولید و تعطیلی فعالیتهای مختلف در سطح کشور در هنگام قطع برق ، اگر بررسی دقیق و جامعی صورت گیرد ، هزینه‌های تحمیل شده بر اثر قطع برق بیش از هزینه لازم جهت افزایش تولید و رفع کمبود برق خواهد بود. اهمیت این مسئله در این است که خسارات وارده ناشی از قطع برق عمده‌تاً هزینه‌های ارزی دربر داشته و بار سنگینی را بر اقتصاد کشور تحمیل مینماید.

بنابراین باید نسبت به افزایش تولید و اعمال روشهای مرفه‌جویی در مصرف برق، کامهای اساسی برداشته شود. از جمله میتوان به تغییر ساعت، تجدید نظر در استفاده از وسائل پرمصرف و جایگزینی وسائل کم‌مصرف بجای آنها و تشویق مردم به مصرف کمتر در ساعات پیک بار اشاره نمود.

#### نتیجه :

با توجه به بررسیهای انجام شده قطع و وصل برق بر روی کلیه تجهیزات شبکه و نیز وسائل مصرف‌کنندگان برق اثرات سوء داشته و باعث به هدر رفتن نیرو و تعطیل شدن فعالیتهای مختلف در سطح کشور میگردد، بطوریکه صدمات وارده بر تجهیزات بعضاً "زیاد بوده و در صنایع منجر به کاهش تولید شده و نهایتاً" اثرات نامطلوبی بر اقتصاد کشور میگذارد. بنابراین برای کاهش تعداد دفعات خاموشیها و زمان آن باید به فکر اقدام اساسی بود. باید برای کاهش خاموشیهای خارج از برنامه به بهسازی شبکه‌های توزیع همت گماشت و در رابطه با کاهش خاموشیهای نوبتی به اقدامات مناسب و هماهنگ اقدام نمود. شکی نیست که افزایش تولید اساسی‌ترین راه حل بوده اما باید به راه‌های جنبی کاهش مصرف نیز توجه خاص مبذول داشت.

#### منابع :

- ۱- سیم پیچی، عیب‌یابی و تعمیر انواع موتورهای الکتریکی - حمید لسانی
- ۲- تجهیزات نیروگاه - مسعود سلطانی
- ۳- بررسی آماری عیوب ترانسفورماتورهای توزیع - مشکوه الدینی - دومین کنفرانس سراسری شبکه‌های توزیع نیروی برق - ۱۳۷۱ - برق منطقه‌ای اصفهان
- ۴- آمار و گزارشات خاموشی‌های سالهای ۷۰ و ۷۱ شبکه برق خوزستان