



چهارمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیرو

نقش برنامه ریزی تعمیرات در بهینه سازی بهره برداری

محسن فخاری
شرکت توانیر

محمد جواد اخوان - عباس نیکخواه
سازمان برق ایران

چکیده مقاله :

=====

افزایش مصرف سرانه انرژی الکتریکی هر جامعه در سطوح مختلف نشانگر رشد صنعتی ، اقتصادی و رفاه عمومی آن جامعه میباشد. بنابراین در کشور ما با عنایت به روند توسعه اقتصادی و بازسازی بعد از جنگ تحمیلی ، دوری منابع تولید از مراکز مصرف ، شرایط زیست محیطی و عوامل جغرافیایی گسترش شبکه های انتقال و توزیع برق امری اجتناب ناپذیر بوده و از طرفی با توجه به گستردگی صنعت برق در جای جای مملکت و همچنین میزان ارزشی تجهیزات الکتریکی ، برنامه ریزی تعمیرات در بهینه سازی بهره برداری تاسیسات موجود اهمیت زیادی دارد و نیازمند تلاشی همگانی و فراگیر میباشد. در این مقاله باتکیه بر تجارب علمی و عملی چندین ساله نگارنده گان روشهایی در زمینه برنامه ریزی تعمیرات و بهینه سازی بهره برداری در راستای تامین برق مشترکین با توجه به پارامترهای استاندارد که از اهم وظایف شرکتهای توزیع بعنوان رابط مستقیم بین صنعت برق و مردم میباشد ارائه خواهدگردید.

با توجه به نقش اساسی و مهم انرژی الکتریکی در جهان امروز قطع این نیرو خسارات اقتصادی فراوان و بعضاً " خسارات جانی به همراه خواهد داشت.

در این میان وظیفه اصلی هر شرکت توزیع ، برق رسانی مطمئن با کیفیت مطلوب و در حد استانداردهای معمول به مصرف کنندگان انرژی میباشد. عوامل موثر کاهش ضریب اطمینان در برقرسانی عبارتند از :

- **عدم توازن تولید و مصرف** ، با افزایش روز افزون تقاضا برای مصرف برق در سطوح جامعه ، میبایست تاسیسات جدید تولید، انتقال و توزیع ایجاد گردد که این خود مستلزم صرف وقت و سرمایه گذاری زیاد در صنعت برق میباشد و چنانچه این مهم سرعت لازم را دارا نباشد ، رشد سریعتر تقاضا در مقابل رشد ایجاد تاسیسات برق باعث این عدم توازن میگردد.

- **خروجیهای ناخواسته و پهنای باند** ، این خروجیها عمدتاً ناشی از خرابی تجهیزات الکتریکی ، حوادث غیر مترقبه در شبکه ، بهره برداری غیر اصولی ، خطای گروه نصب و تعمیرات در حین کار و یانقص طراحی و ساخت میباشد.

بررسی علل خاموشیهای ایجاد شده در سطح یک شبکه توزیع (جدول ۱) در یک دوره سه ساله ۶۸ تا ۱۳۷۱ بخوبی مشخص می نماید که ۳۵/۲۲ درصد در اثر عملکرد رلههای حفاظتی و ۵۴/۵۰ درصد ناشی از کار گروه تعمیرات بوده و تنها ۱۰/۲۸ درصد ناشی از کمبود تولید ، افت ولتاژ ، ازدیاد بار خطوط و غیره میباشد.

بر متخصصین صنعت برق پوشیده نیست که میتوان با مطالعه و برنامه ریزی صحیح و مداوم درصد زیادی از این خاموشیها ناخواسته را که جمعا " حدود بیست و دو میلیون کیلووات ساعت برای یک شرکت در طول سه سال بوده است کاست .

درصد از کل	جمع انرژی قطع شده MWH	علت خاموشی
۳۱/۵۵	۶۹۵۶/۵	انرژی قطع شده در اثر عملکرد رله های حفاظتی و اتصال کوتاه ۲۰ کیلوولت
۲/۷۶	۵۸۸/۴	انرژی قطع شده در اثر عملکرد رله های حفاظتی و اتصال کوتاه ۱۳۲ و ۶۳ کیلوولت
۵۴/۵۰	۱۲۰۱۷/۹	انرژی قطع شده در اثر کارگروه تعمیرات روی ۶۳ و ۱۳۲ کیلوولت
۴/۶۶	۱۰۲۷/۳	انرژی قطع شده در اثر تریپ نیروگاهها
۵/۰۷	۱۱۱۷/۳	انرژی قطع شده در اثر کمبود نیرو
۰/۲۴	۵۳/۱	انرژی قطع شده در اثر افت ولتاژ
۱/۳۱	۲۸۹/۳	انرژی قطع شده در اثر ازدیاد بار خطوط
۱۰۰/۰۰	۲۲۰۴۹/۸	جمع انرژی قطع شده

جدول شماره (۱) سهم عوامل مختلف در خاموشیهای شبکه مورد مطالعه

۱- روش برنامه ریزی

=====

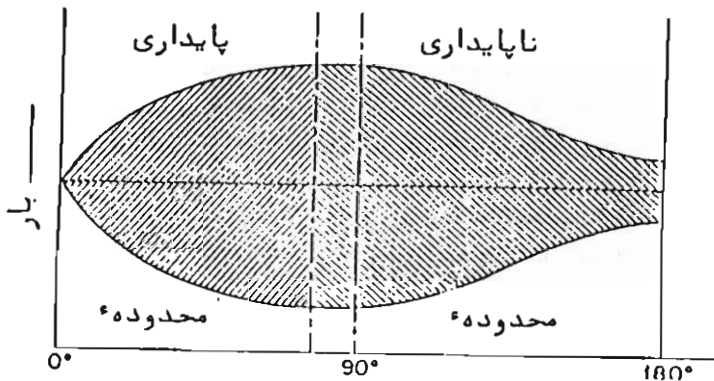
باتوجه به زمان بری و هزینه اقتصادی فوق العاده زیاد تاسیسات جدید در صنعت برق ، سرویس و نگهداری تجهیزات موجود بمنظور کاهش خروجیهای ناخواسته برای کلیه شرکتهای بهره برداری در بخشهای تولید ، انتقال و توزیع از اهمیت ویژه ای برخوردار است لازمه دستیابی به این مهم ایجاد واحدهای برنامه ریزی برای خروج و تعمیرات و سرویسهای به موقع تجهیزات می باشد.

باتوجه به جایگاه ویژه این واحد در امر بهره برداری ذیلا "مسائلی که یک برنامه ریز خروجیهای بایستی درمدم نظر قرار دهد مورد بررسی قرار داده و باتکیه بر تجارب خود هریک از این موارد را در سطوح مختلف بهره برداری و تعمیرات بررسی خواهیم نمود.

- پایداری سیستم
 - نیروی کار متخصص و ورزیده
 - مطالعه اقتصادی
 - مصالح سیاسی و اجتماعی
 - تجهیزات مورد نیاز و ابزار کار
 - شرایط محیط کار
- باتوجه به محدودیت حجم مقاله ، برای هر یک از موارد فوق توضیح مختصری ارائه میگردد.

1-1- پایداری سیستم

انتقال توان از منابع تولید به مراکز مصرف در یک شبکه همواره باعث ایجاد اختلاف فازی بین طرفین فرستنده و گیرنده خط میگردد. این اختلاف فاز با ازدیاد بار افزایش می یابد. حداکثر توان انتقالی هر خط بستگی به ولتاژ ، طول خط ، قطر هادی و تعداد هادی های هر فاز دارد . زمانی که به بار انتقالی در حد پایداری برسیم هر افزایش بار دیگری منتهی به افزایش زاویه تا ناحیه ناپایداری میشود و متعاقب آن حالت ناهمگامی پیش می آید. در شکل 1 میتوان دید که اگر یک خط رانزدیک به حد پایداری آن بار کنیم و لازم شود توان بیشتری از آن عبور کند (مثلاً پس از قطع خطی دیگر و یا بر اثر یک خرابی) جابجائی زاویه ای میان طرفین فرستنده و گیرنده ممکن است از حد پایداری تجاوز کند.



جابجائی زاویه ای الکتریکی بر حسب درجه

شکل 1

پس برنامه ریز بایستی جهت بهره برداری پایدار از سیستم قدرت به تغییرات پیوسته میان ورودی انرژی به محرکهای اولیه (ژنراتورها) ، خطوط انتقال ، خطوط توزیع و ظرفیت انرژی مصرفی از جهت پایداری توجه خاص مبذول نماید.

۲-۱- نیروی انسانی متخصص :

نیروی انسانی متخصص و کارآمد یکی از مهمترین فاکتورها در هر صنعت و بویژه در صنعت برق میباشد. تقلیل هزینه و زمان تعمیرات ، مستلزم اعزام نیروی متخصص به محل تعمیرات میباشد. در این رابطه توجه به نکات زیر میتواند عامل موثری در ایمنی و افزایش بهره وری سیستم گردد.

- آموزش پرسنل با توجه به پیشرفت علوم ، تنوع در تکنولوژی ساخت تجهیزات برق و ابزار کار تعمیرات ، آموزش و آشنائی با طرز کار این وسایل یکی از ضروریات بوده و همواره بایستی دانش پرسنل موازی با تکنولوژی جدید افزایش یابد.

- تهیه و بکارگیری جدید ترین ابزار و وسایل کار موجود.

۳-۱- مطالعه اقتصادی :

امروزه در بهره برداری از سیستمهای الکتریکی توجه زیادی به مخارج و هزینه های حاصل از خروج دستگاهها از مدار میگردد. خروجیهای اجباری و یا طبق برنامه قبلی و یا زمان تاخیر دستگاههای جدید برای قابل استفاده شدن و در مدار آمدن همه باعث بالا رفتن هزینه ها و مخارج میشوند. حتی اگر خروجی طبق برنامه قبلی بوده و در بهترین شرایط سیستم از مدار خارج شود محاسبه مخارج حاصل از آن مورد توجه میباشد. اطلاعات مربوط به هزینه حاصل از خروج دستگاهها برای مسئولین و برنامه ریزان و گروه تعمیرات و کارکنان مالی شرکت بسیار مهم بوده و نقش مهمی در بهینه بهره برداری از شبکه دارد . برنامه ریز خروجی میتواند بر احوالی بعد از انجام کار مخارج حاصل از آن را محاسبه و با پیش بینی های انجام شده جهت حفظ تجارب مقایسه نماید.

پارامترهای اقتصادی که در یک برنامه خروجی بایستی مورد نظر قرار بگیرد عبارتند از :

- تغییر هزینه تلفات شبکه ناشی از خروجی : در زمان تنظیم یک برنامه خروجی همیشه بایستی احتمال خروج ناخواسته یکی از تجهیزات دیگر شبکه را در نظر بگیریم. قطع هریک از خطوط انتقال در شبکه ضمن اینکه باعث نارسائی هائی در برقرسانی میگردد، باعث افت ولتاژ و پربار شدن خطوط موجود نیز میخود. جدول شماره (۲) یک نمونه از محاسبات پخش بار انجام شده در شبکه سراسری را نشان میدهد در این جدول حالت یک وسه افت ولتاژ را در پست بهرنگ (پست بهرنگ بعلت اینکه در زمان حادثه فوق یکی از نقاط ارتباطی حساس قسمت جنوب به شمال شبکه میباشد انتخاب گردیده است) وهمچنین از دیاد تلفات شبکه و تغییرات زاویه بار را نشان میدهد.

ولتاژ در بهرنگ	اختلاف زاویه		تلفات شبکه KWH	شرایط سیستم
	حداکثر	حداقل		
۲۱۵	۳۹/۵	-۱۵/۶	۱۵۶۱۵۶	۱ عادی و کلیه خطوط در مدار
۲۱۳/۷	۴۰	-۱۸/۹	۱۶۱۳۹۷	۲ خط ۴۰۰ کیلووات اراک - شهید عباسپور از مدار خارج است .
۱۸۲/۶	۵۳	-۲۹	۲۶۳۹۳۲	۳ خط ۴۰۰ کیلووات - اراک - شهید عباسپور از مدار خارج است . خط ۴۰۰ کیلووات تهران - اراک نیز خارج می شود .
۲۱۱	۴۳/۹	-۱۹/۷	۱۷۱۴۷۳	۴ خط ۴۰۰ کیلووات تهران - اراک خارج از مدار است .
-	۳۸	-۲۳	۱۶۷۰۳۹	۵ خطوط ۴۰۰ کیلووات اراک - عباسپور ۲۳۰ کیلو- ولت دز - خرم آباد از مدار خارج است .

جدول شماره ۲

- هزینه حمل و نقل
- هزینه نیروی انسانی
- زیانهای ناشی از خاموشیها و محدودیتهای ایجاد شده
- تغییر هزینه های تولید
- تغییرات هزینه تجهیزات و ابزار مورد نیاز

ع-۱- مصالح سیاسی واجتماعی

یکی از ویژگیهای برنامه ریزی توجه به مسائل درون سازمانی و برون سازمانی و همچنین مسائل سیاسی مملکت میباشد. مثلاً " با توجه به تفاوت درجه حرارت بین دو نقطه از کشور ما که بطور متوسط ۴۰ درجه سانتیگراد بوده و همچنین باتوجه به اینکه آب آشامیدنی اکثر شهرهای کشور توسط پمپهای الکتریکی تامین میگردد و وسایل سرمایشی و گرمایشی نیز وابسته به انرژی الکتریکی میباشد. برنامه ریز بایستی درتنظیم خروجیها به مسائل زیست محیطی توجه خاص داشته باشد.

باتوجه به مسائل امنیتی درجلبگیری از جنایات بزهکاران و سوء استفاده های آنها ازتاریکی درارتکاب جنایات دریک شرایط زمانیخاص ایجاب می نماید که از انجام خروجی منجر به خاموشی حتی الامکان جلوگیری به عمل آورد.

ع-۱- تجهیزات مورد نیاز و ابزار کار :

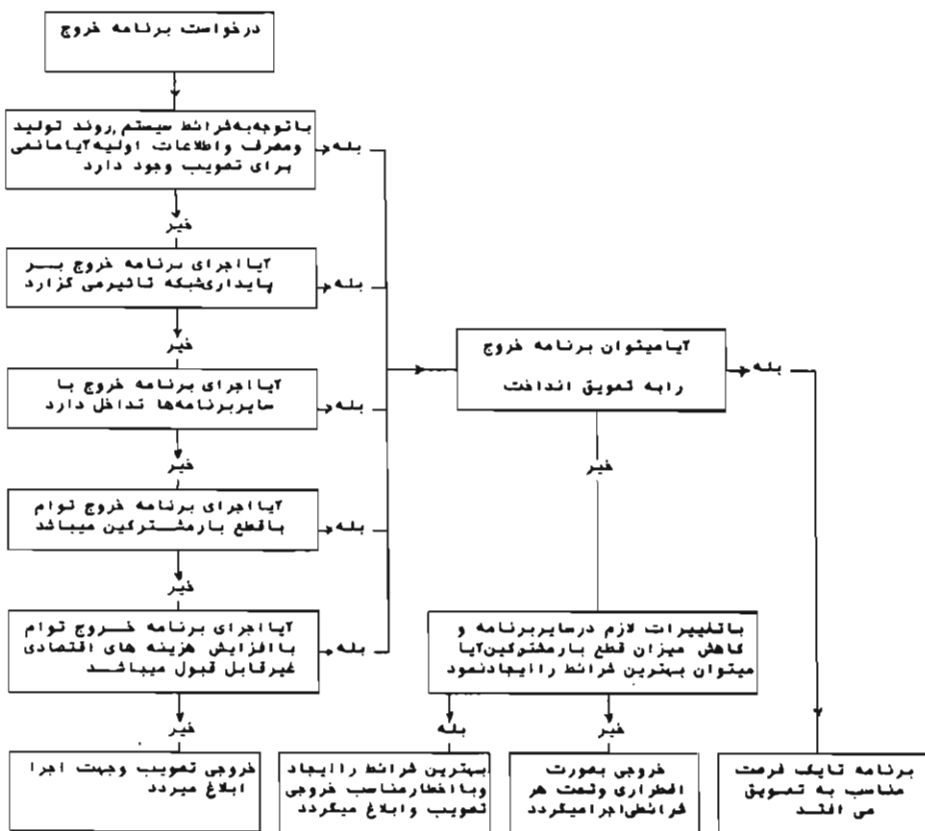
با توجه به اینکه میتوان ادعا نمود حداقل ۵۰٪ اجرای کاربستگی به ابزار کاردارد ، جهت هر چه کوتاهتر نمودن زمان تعمیرات پیش بینی های لازم برای تهیه تجهیزات و همچنین ابزارکار مورد نیاز الزامی میباشد.

باتوجه به محل استقرار ایستگاههای انتقال و توزیع و یا مسیر عبور خطوط از مناطق پرتراфик شهری و یا صعب العبور و بد آب و هوای برون شهری ، به منظور حفاظت و ایمنی گروه تعمیرات یا تجهیزات الکتریکی و همچنین سهولت تردد و حمل و نقل ابزار کار و قطعات یدکی مورد نیاز ، برنامه ریز بایستی به موقعیت زمانی و مکانی اجرای برنامه و همچنین دمای محیط و نور محل کار و تجهیزات ایمنی توجه داشته باشد.

۲- نکات ضروری در برنامه ریزی تعمیرات :

- مراحل راکه یک برنامه ریز برای خروج تجهیزات الکتریکی از مدار بایستی در نظر بگیرد بصورت سوالات ذیل میتوان خلاصه نمود :
- آیا نیاز به خروجی دارد. یا خیر . مقدار کاهش ، محدودیت و یا افت انرژی چه مقدار است ؟
 - آثار سوء خروج تجهیزات در سیستم و در صورت نیاز و امکان جایگزین نمودن موقت دستگاهی بجای دستگاه خارج شده .
 - این جانمایی چه مقدار هزینه دارد؟
 - انرژی از دست رفته آیا به صورت ذخیره باقی میماند؟
 - پس از خروج آیا سیستم باقیمانده از نظر ولتاژ و بار و همچنین پایداری قابل قبول است ؟
 - چند نفر ساعت و چه ابزار کاری مورد نیاز است ؟
 - آیا زمان کار و همچنین وضعیت سیستم از نظر بی برق شدن یا برقدار بودن مناسب است؟
 - آیا میتوان خروجی رابه تعویق انداخت و در صورت به تعویق انداختن خروجی چه هزینه ای افزوده میشود؟
 - کل مخارج خروج در حالات مختلف چه مقدار است؟

باتوجه به سوالات فوق و همچنین سوالاتی که در مورد خروجی خاصی ممکن است وجود داشته باشد دستورالعمل صفحه بعد میتواند عامل بسیار مناسبی در جهت تقلیل خروجی های ناخواسته و کاهش آثار سوء آن باشد.



به منظور کاهش خروجیهای ناخواسته و خاموشیهای ناشی از خروج تجهیزات جهت تعمیرات ، زیانهای اقتصادی و همچنین افزایش ضریب اطمینان شبکه موارد ذیل پیشنهاد میگردد.

۳-۱- حتی الامکان سعی شود تا تعمیرات بصورت خط گرم (HOT LINE) انجام شود. در این صورت قسمتی از خروجیها کم میشود و این مهم بخصوص در مناطقی که آلودگی هوا و درصد شرجی بودن زیاد میباشد خیلی قابل اهمیت است چون در چنین مناطقی تجهیزات نیاز بیشتری به شستشو دارند و بعنوان مثال سازمان آب و برق خوزستان در این مورد موفق بوده است و میتوان از تجارب ارزشمند آنها استفاده نمود.

۳-۲- اطلاعات تغییر بار روی تجهیزات جانبی سیستم در طول مدت خروج ، پارامترهای اقتصادی و نقاط ضعف و قوت برنامه را جمع آوری کرده مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل کارشناسان ذیربط قرار داده تا این تجارب در برنامه های آینده مورد توجه قرار گیرد.

۳-۳- ارتباط مداوم و پیوسته بین پرسنل تعمیرات و برنامه ریزان به منظور استفاده از روشهای جدید و ابزار کار پیشرفته و نتیجتاً کاهش زمان تعمیرات
۳-۴- تدوین دستورالعملهای مورد نیاز بمنظور هماهنگی و تسریع در کار تعمیرات و در نتیجه کاهش خاموشیهای احتمالی ناشی از خطای گروه تعمیرات و بهره بردار.

۳-۵- از آنجائیکه در یک شبکه بهم پیوسته هیچ شرکت تولید ، انتقال و توزیع برق نمی تواند بصورت مستقل و منفک از دیگر شرکتها عمل نماید ، لازم است کلیه برنامه های تعمیراتی با هماهنگی سایر شرکتهای ذیربط انجام پذیرد.

۴- منابع و مآخذ :

- بهره برداری از سیستم های قدرت - رابرت . اچ . میلر
- برنامه ریزی اقتصادی تولید و تعمیرات ۱۳۵۹ - ترجمه فرود خروشی
- گزارشات سالانه آماری و آرفیوا اطلاعات فنی دیسپاچینگ ۶۸ تا ۷۱