پژوهشگاه نیرو

طرح توسعه پایایی شبکه‌های برق

# خبرنامه‌ی طرح توسعه پایایی شبکه برق ایران

اخبار طرح توسعه پایایی ۱

اخبار داخلی در حوزه پایایی ۲

اخبار خارجی در حوزه پایایی ۸

معرفی رویدادهای علمی حوزه پایایی ۱۱

ساختار شبکه برق کانادا از دیدگاه پایایی ۱۵

معرفی کتاب در حوزه پایایی ۲۰

معرفی نرم‌افزار در حوزه پایایی ۲۱



همکاران این شماره: امیر مشاری، مصطفی انصاری، علیرضا قاسمی، مهشاد شریعت نسب، مسعود زادسر



شماره دوم  پاییز ۱۳۹۷

## درباره خبرنامه

انرژی الکتریکی پیش نیازی حیاتی در کلیه جوامع و کشورهای توسعه یافته و یا در حال توسعه محسوب می‌گردد. تأمین انرژی الکتریکی مطلوب، باکیفیت و با پایایی بالا همراه با هزینه‌های معقول نقش به‌سزایی در رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی هر کشوری خواهد داشت. سند راهبردی و نقشه راه توسعه پایایی در شبکه برق ایران یکی از اسناد راهبردی مصوب شورای آموزش و پژوهش وزارت نیرو است که پژوهشگاه نیرو مسئولیت تدوین و اجرای آنها را برعهده داشته است. براین اساس، طرح توسعه پایایی شبکه برق ایران از ابتدای سال ۱۳۹۶ در پژوهشگاه نیرو آغاز به‌کار نموده است که هدف آن فراهم‌سازی زیرساخت نرم‌افزاری و تحقیقاتی موردنیاز برای توسعه پایایی در شبکه برق کشور می‌باشد.

مجموعه پیش‌رو دومین شماره از خبرنامه طرح توسعه پایایی است که هدف آن اطلاع‌رسانی فعالیت‌های طرح و همچنین رویدادها و تازه‌های مرتبط با پایایی در ایران و جهان، با هدف فرهنگ‌سازی و ارائه اطلاعات مفید به متخصصان و علاقمندان این حوزه در کشور می‌باشد. امید است این مجموعه بتواند در مسیر بهبود و توسعه پایایی در شبکه برق کشور نقشی مفید ایفا نماید و این مهم جز با یاری و همفکری متخصصین و فعالان صنعت برق کشور میسر نخواهد بود. لذا از کلیه متخصصین و اندیشمندان این حوزه تقاضا می‌شود با ارائه نقطه‌نظرات ارزشمند خود، ما را در این راه یاری رسانند.

امیر مشاری

مجری طرح توسعه پایایی شبکه برق ایران

ReliabilityCenter@nri.ac.ir

**تهران، شهرک قدس، انتهای بلوار شهید دادمان، پژوهشگاه نیرو، طرح توسعه پایایی شبکه برق ایران**

**تلفن: ۸۸۰۸۹۴۰۰ -۰۲۱ (داخلی ۴۲۴۱)** **دورنگار: ۸۸۰۷۹۴۳۹ -۰۲۱**

اخبار طرح

## خلاصه وضعیت و اقدامات طرح توسعه پایایی تا پاییز سال ۹۷

### ❖ اعضای کمیته راهبری

- جناب آقای دکتر محمود فتوحی فیروزآباد از دانشگاه صنعتی شریف (ریاست محترم دانشگاه)
- جناب آقای دکتر داود فرخزاد از شرکت مدیریت شبکه (سرپرست محترم شرکت) و عضو شورای پایایی
- جناب آقای مهندس عبدالصاحب ارجمند از وزارت نیرو (مدیرکل محترم دفتر راهبری و نظارت بر انتقال و توزیع) و عضو شورای پایایی
- جناب آقای مهندس مسعود صادقی خمامی از شرکت توانیر (مدیرکل دفتر نظارت بر توزیع) و عضو کمیته توزیع شورای پایایی
- جناب آقای دکتر پیمان کریمی‌فرد از شرکت توانیر (رییس محترم گروه مهندسی شبکه برق دفتر فنی و نظارت شبکه انتقال)
- جناب آقای مهندس حسن آبنیکی از شرکت توانیر (رئیس محترم گروه پروژه‌های ملی و توسعه‌ای دفتر تحقیقات)
- جناب آقای مهندس صفر فرضعلی‌زاده از پژوهشگاه نیرو (رئیس محترم پژوهشکده انتقال)
- جناب آقای دکتر پرویز رمضانپور از پژوهشگاه نیرو (رئیس محترم پژوهشکده توزیع)
- سرکار خانم مهندس نیکی مسلمی از پژوهشگاه نیرو (مدیر محترم گروه برنامه‌ریزی و بهره‌برداری سیستم‌های قدرت)
- آقای دکتر امیر مشاری از پژوهشگاه نیرو (مجری طرح پایایی) – دبیر کمیته

### ❖ وضعیت پروژه‌های طرح

| نام پروژه | نحوه انجام | تاریخ انجام فراخوان | وضعیت | تاریخ شروع | تاریخ پایان |
|---|---|---|---|---|---|
| طراحی الگوی کارکردی پایایی در شبکه برق ایران، با تمرکز بر کارکردهای مرتبط با اطلاعات و مطالعات پایایی و ایجاد ظرفیت‌های لازم برای استقرار آن | داخلی (پژوهشگاه نیرو) | - | در حال انجام | آبان ۱۳۹۶ | خرداد ۱۳۹۸ |
| مطالعات قابلیت اطمینان سامانه‌های انتقال توان با ظرفیت بالا | واگذاری (دانشگاهی) | شهریور ماه ۱۳۹۶ | در حال انجام | خرداد ۱۳۹۷ | خرداد ۱۳۹۸ |
| طراحی سیستم جامع اطلاعاتی به منظور پاسخگویی به نیازمندی‌های اطلاعاتی مدل‌های پایایی تجهیزات و طراحی گردش کار اطلاعاتی مناسب جهت گزارش دهی اطلاعات و شاخص های پایایی در بخش تولید | واگذاری (دانشگاهی) | آذر ماه ۱۳۹۶ | در حال انجام | شهریور ۱۳۹۷ | شهریور ۱۳۹۸ |
| طراحی سیستم جامع اطلاعاتی به منظور پاسخگویی به نیازمندی‌های اطلاعاتی مدل‌های پایایی تجهیزات و طراحی گردش کار اطلاعاتی مناسب جهت گزارش دهی اطلاعات و شاخص های پایایی در بخش انتقال | واگذاری (دانشگاهی) | آذر ماه ۱۳۹۶ | در حال انجام | شهریور ۱۳۹۷ | شهریور ۱۳۹۸ |
| توسعه نرم‌افزار مطالعات قابلیت اطمینان شبکه انتقال و فوق‌توزیع پژوهشگاه نیرو | داخلی (پژوهشگاه نیرو) | - | در حال انجام | فروردین ۱۳۹۷ | شهریور ۱۳۹۸ |
| تخمین هزینه خاموشی مشترکین | واگذاری (دانشگاهی) | مرداد ماه ۱۳۹۶ | در مرحله انعقاد قرارداد | دی ۱۳۹۷ | فروردین ۱۳۹۹ |
| طراحی سیستم جامع اطلاعاتی به منظور پاسخگویی به نیازمندی‌های اطلاعاتی مدل‌های پایایی تجهیزات و طراحی گردش کار اطلاعاتی مناسب جهت گزارش دهی اطلاعات و شاخص های پایایی در بخش توزیع | واگذاری (دانشگاهی) | آذر ماه ۱۳۹۶ | در مرحله انعقاد قرارداد | فروردین ۱۳۹۸ | اسفند ۱۳۹۸ |
| ایجاد بانک اطلاعاتی مناسب برای استفاده پژوهشگران حوزه پایایی اشتراک‌گذاری دانش تولیدشده توسط آنها در این بانک اطلاعاتی | واگذاری (دانشگاهی) | بهمن ۱۳۹۷ | در مرحله ارزیابی پیشنهادات | اردیبهشت ۱۳۹۸ | دی ۱۳۹۸ |

### ❖ خلاصه اقدامات طرح

- جاری‌سازی و پیگیری خوشه‌پروژه‌های پروژه‌های طرح پایایی
- برگزاری جلسات با خبرگان و ذی‌نفعان (وزارت نیرو، کمیته‌های شورای پایایی، توانیر، مدیریت شبکه، برق حرارتی، برق منطقه‌ای، توزیع...)
- ارائه پیش‌نویس اولیه سازوکار همکاری طرح با دبیرخانه شورای پایایی و برگزاری جلسات فنی با دبیرخانه
- برگزاری سومین جلسه کمیته راهبری طرح

اخبار داخلی در حوزه پایایی

## خاموشی‌های تابستان ۱۳۹۷

در تابستان ۱۳۹۷ شاهد خاموشی‌های قابل توجهی در سطح کشور بودیم که در این بخش به تحلیل آن پرداخته شده است. با وجود هشدارهایی که صاحب‌نظران صنعت برق در رابطه با کمبود ظرفیت عملیاتی آماده به تولید نیروگاه‌های کشور پیش از شروع فصل گرم داده بودند، باز هم شبکه برق در بخش تأمین تقاضا دچار مشکل شد. در سال ۱۳۸۲ توسط شرکت توانیر پیش‌بینی شده بود که پیک بار همزمان کشور در سال ۱۳۹۷ به مرز ۶۰ گیگاوات خواهد رسید. در اردیبهشت ۱۳۹۷ نیز با درنظرگرفتن کلیه‌ی قراردادهای پاسخ‌گویی بار پیش‌بینی می‌شد که پیک بار تابستان ۱۳۹۷ حدود ۵۴ گیگاوات باشد. مطابق با آمار تفصیلی صنعت برق، مجموع ظرفیت نامی و عملی نیروگاه‌های کشور تا انتهای سال ۱۳۹۶ به ترتیب حدود ۷۸ گیگاوات و ۶۸ گیگاوات بود. از طرف دیگر به دلیل کمبود بارش در سال ۹۶، قابل پیش‌بینی بود که برخی از نیروگاه‌های آبی برای مشارکت در تولید برق در تابستان ۹۷ دچار مشکل باشند. میثم جعفرزاده مدیرکل دفتر مدیریت بحران وزارت نیرو درباره منشاء کمبود تولید برق و تاثیر کم‌آبی بر آن گفته بود: «ظرفیت نیروگاه های برق آبی کشور ۱۲ هزار مگاوات است که امسال تنها می‌توان از ۶ هزار مگاوات آن استفاده کرد». بدین ترتیب قابل پیش‌بینی بود که در تابستان ۱۳۹۷ شبکه دچار ریسک کمبود ذخیره و اختلال در کفایت تولید خواهد بود. نهایتا در روز چهارشنبه بیستم تیرماه ۹۷ در ساعت ۱۶ و ۳۸ دقیقه با ثبت مصرف لحظه‌ای ۵۷ هزار و ۹۷ مگاوات، رکورد تازه‌ای در مصرف برق ایران ثبت شد. نکته قابل‌توجه این که وزارت نیرو در مدیریت گذر از فصل گرم اقدامات مختلفی از جمله تغییر ساعت کار ادارات، قراردادهای مدیریت تقاضا با صنایع و همچنین افزایش تعرفه‌های خرید برق از نیروگاه‌های متعلق به صنایع انجام داد. لازم به ذکر است که برخی از خاموشی‌های تابستان ۹۷ به دلیل حوادث بوده و در زمره‌ی خاموشی‌های برنامه‌ریزی نشده قرار دارند که شاخص‌های پایایی شبکه را تحت تأثیر منفی قرار می‌دهند [۱-۲].

در پاییز ۱۳۹۷ وزارت نیرو از همراهی مشترکان در گذر از اوج مصرف آب و برق تابستان ۹۷ و صرفه‌جویی دو هزار مگاواتی مصرف انرژی در یکی از خشک‌ترین سال‌های نیم قرن اخیر کشور تقدیر کرد. زمستان سال گذشته کاهش ۴۵ درصدی بارش‌ها در این فصل و در پی آن پایین بودن ارتفاع آب در مخازن

سدها نگرانی‌های متعددی را برای تامین آب و برق تابستان سال ۱۳۹۷ ایجاد کرده بود. حتی رشد ۱۲ درصدی بارندگی‌های بهار امسال هم نتوانست مانع از تبدیل‌شدن سال آبی جاری به یکی از خشک‌ترین مقاطع زمانی کشور شود و از نگرانی‌های تامین برق تابستان امسال به ویژه کسری ۴۰۰۰ مگاواتی تولید برق نیروگاه‌های بکاهد. به طوری که افزایش مستمر دمای هوا و رشد طبیعی مصرف برق در کشور در کنار کسری چند هزار مگاواتی تولید انرژی شرایط خاصی را بر شبکه برق ایران تحمیل کرد.

درک ملموس شرایط متفاوت امسال موجب شد تا با همراهی بخش‌های مختلف جامعه از جمله صنایع و کشاورزان برای جابجایی بار از ساعات پیک به غیرپیک و همچنین کاهش ساعات کاری ادارات برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی حدود ۲۰۰۰ مگاوات صرفه‌جویی در مصرف برق با همکاری مردم به دست آید و بخش قابل‌توجهی از کسری تولید انرژی پیک تابستان امسال را جبران کند. از همین رو وزیر محترم نیرو نیز در پیامی تاکید کرده است این مهم جز با همکاری گسترده و ستودنی آحاد هموطنان فهیم، سازمان‌ها و صنایع بزرگ، دستگاه‌های اجرایی ملی و استانی و شرکت‌های همکار بخش خصوصی به انجام نمی‌رسید و لذا تمام تلاش خود را در جهت تقویت و ارتقای این همراهی همدلانه به کار خواهیم بست.

باید توجه نمود که ارتقای این همراهی که وزیر محترم نیرو از آن سخن به میان آورده، امری مهم در به حداقل رساندن خاموشی‌های تابستان سال ۱۳۹۸ است. بر اساس پیش‌بینی‌های صورت گرفته، نیاز مصرف برق کشور در پیک تابستان سال آینده به رقمی در حدود ۶۱ هزار مگاوات خواهد رسید و با توجه به اینکه ظرفیت قابل اتکای فعلی ما حدود ۵۳ هزار مگاوات است مقرر شده است تا بیش از ۵۰۰۰ مگاوات از این کمبود توسط ساخت نیروگاه‌های جدید و حدود ۳۰۰۰ مگاوات نیز با مدیریت مصرف انرژی از سوی مردم جبران شود تا مشکلات پیک تابستان سال ۱۳۹۸ به حداقل برسد و انشاالله شاهد تکرار خاموشی‌های سال ۹۷ نباشیم [۲].

## خبرهای شوراهای پایایی منطقه‌ای شبکه برق

در سال ۱۳۹۳ مطابق با نظام‌نامه‌ی شورای پایایی شبکه برق کشور و به منظور تبیین نقش و جایگاه شوراهای پایایی منطقه‌ای و روش‌های اجرایی برای تشکیل و راهبری این شوراها، آیین‌نامه شوراهای پایایی

منطقه‌ای شبکه برق تدوین و منتشر شد. در ادامه‌ی این بخش به خبرهای مربوط به این شوراها در سال ۹۷ پرداخته شده است.

**❖ افتتاح کمیته شورای پایایی شرکت‌های توزیع برق درشرکت توزیع برق اصفهان**

در افتتاحیه کمیته شورای پایایی شرکت‌های توزیع برق جناب آقای دکتر محمودرضا حقی‌فام معاون محترم هماهنگی توزیع توانیر پس از تشکر از اقدامات شرکت‌های توزیع برق در ماه‌های گذشته، گفت: عملکرد شرکت‌های توزیع در خصوص مدیریت اضطراری بار نشان از توان‌مندی و مهارت همکاران ما در این صنعت می‌باشد. وی تصریح کرد: برای سال‌های آینده باید عملکرد بهتری داشته باشیم به طور قطع رسالت شرکت‌های توزیع تامین برق اقتصادی، مطمئن و باکیفیت است و ما با توجه به اینکه یک بنگاه اقتصادی هستیم باید رویکرد اقتصادی را در کنار دیگر شرایط داشته باشیم. توجه به کاهش تلفات و فعال‌سازی بازار برق در شرکت‌های توزیع می تواند اهداف اقتصادی را محقق نماید.

وی افزود: برنامه‌ریزی علمی در حوزه‌های بهره‌برداری، برق مطمئن و باکیفیت را به مردم ارائه می‌نماید و باید تلاش شود در این عرصه با دانش بیشتر گام‌های اساسی‌تری را برداریم. وجود یک همنوایی داخلی شرایط مساعدی را برای استمرار برق مطمئن و دائمی ایجاد می‌کند.

معاون هماهنگی توزیع خاطر نشان کرد: طرح کمیته‌های شورای پایایی کشور از الگوی رایج در ایالات متحده الهام گرفته شده‌است که برای تمام صنعت برق از جمله شبکه‌های فوق‌توزیع و انتقال و توزیع قابل تعریف است و در سه شاخص برنامه‌ریزی، بهره‌برداری و توزیع قابل طرح است. وی به تفاوت این کمیته در شاخه توزیع اشاره کرد و گفت: شرکت‌های توزیع در بسیاری از شاخص‌ها متفاوت با صنعت برق هستند که از جمله رویت‌پذیری، کنترل، دیسپاچینگ و تعریف‌های بالادستی از این موارد می‌باشد و به عبارتی ایجاد این کمیته برای ارائه برقی مطمئن در قالب عملیاتی می‌باشد و مدیران‌عامل مسئولیت این کمیته را عهده‌دار نیستند. وی تاکید کرد: تنها این فرایند در حوزه ارتقا شبکه نیست بلکه در خصوص تجهیزات نیز باید نظارت و بررسی‌های لازم صورت گیرد و فضای مناسبی برای تمام بخش‌های توزیع ایجاد شود با توجه به چشم-اندازهای شبکه برق ایران تلاش‌های زیادی لازم است تا بتوانیم به شرایط مناسب‌تری دست پیدا کنیم و هر

چه که مطالعات دقیقی بر روی زیر ساخت‌ها داشته باشیم نقشه راه بهتری برای ایجاد شبکه پایدار خواهیم داشت.

در این نشست جناب آقای مهندس رواقی دبیر کمیته توزیع شورای پایایی شبکه برق کشور به اهداف ایجاد این شورا اشاره کرد و گفت: شورای پایایی برق کشور در سال ۸۷ در معاونت برق و انرژی با هدف توسعه فرهنگ تامین و حفظ پایداری شبکه برق، بهبود نظام برنامه‌ریزی تامین و حفظ پایایی، توسعه، تکمیل و بهبود نظام‌مند مجموعه استانداردها و دستور العمل‌های مربوط به پایایی، بهبود تعاملات اثرگذاران، انضباط فنی و سازمانی، بهبود نظام برنامه‌ریزی تامین و حفظ پایایی و بهبود نظام چرخه اطلاعات پایایی آغاز بکار نموده است. وی تدوین سند راهبردی و نقشه راه توسعه پایایی برق کشور را یکی از چارچوب‌های اصلی این شورا مطرح کرد و اظهار داشت: ساماندهی مدیریت دانش، بهبود نظام پیش‌بینی و ریشه‌یابی حوادث در شبکه‌های برق، توسعه دانش و نظام‌های آموزشی ازمهم‌ترین موضوعات مورد توجه در این نقشه‌راه می‌باشد [۲].

**❖ برگزاری شورای پایایی شبکه‌های توزیع برق کشور به همراه رونمایی از سامانه مانیتورینگ تعمیرات و نگهداری شبکه‌های توزیع برق کشوردر مازندران**

جلسه شورای پایایی شبکه‌های توزیع برق کشور با محوریت شرکت‌های توزیع برق مازندران گیلان، گلستان و غرب مازندران به میزبانی شرکت توزیع نیروی برق مازندران برگزار شد.

به گزارش روابط عمومی شرکت توزیع نیروی برق مازندران؛ دکترحقی‌فام معاون هماهنگی توزیع شرکت توانیر و رئیس کمیته توزیع پایایی و سخن‌گوی صنعت برق کشور در رونمایی از سامانه مانیتورینگ تعمیرات و نگهداری شبکه‌های توزیع برق کشور در ساری با بیان اینکه وزارت نیرو در سال ۹۸ برنامه‌های متعددی در بخش تولید، انتقال و توزیع برق خواهد داشت، گفت: امیدواریم با اجرای این برنامه‌ها خاموشی در کشور به صفر برسد. وی افزود: یازده برنامه ملی در بخش توزیع برق کشور برای کاهش خاموشی‌های سال ۹۸ در نظر گرفته شده است که به تدریج اجرا می‌شود.

معاون هماهنگی توزیع شرکت توانیر راه‌اندازی سامانه مانیتورینگ را از برنامه‌های شرکت توزیع نیروی برق اعلام کرد و گفت: با بهره‌برداری از این سامانه، عملا" عملکرد سرویس تعمیرات شبکه توزیع برق کشور

به صورت آنلاین رصد می‌گردد. وی هم‌چنین به ضرورت تعمیرات پیشگیرانه و به‌روزرسانی تجهیزات شرکت توزیع نیروی برق در مقابل بلایای طبیعی اشاره کرد و افزود: از عملکرد شرکت توزیع نیروی برق مازندران در همکاری این پروژه ملی تشکر می‌شود و انتظار می‌رود از پتانسیل‌های فنی و علمی شرکت‌های توزیع استفاده گردد.

مهندس شهابی مدیرعامل شرکت توزیع نیروی برق مازندران در ادامه این مراسم بیان داشت؛ کارشناسان و مدیران این شرکت با اراده و همت بالا با بررسی روش‌های علمی موجود و وضع جاری شرکت، اقدام به طراحی و اجرای یک سیستم مکانیزه در بخش نگهداری و تعمیرات با هدف مدیریت دارایی ها و اثربخش بودن اقدامات بهره‌برداری، در چندین فاز نموده‌اند .

مهندس قاسم شهابی گفت: نگهداری وتعمیرات شبکه‌های توزیع برق دارای ویژگی‌هایی است که آن را از سایت‌های تولیدی متفاوت می‌سازد، به همین دلیل بایستی سیستم‌های علمی تعمیرات برای شبکه‌های توزیع برق سازگاز باشند. و از آنجایی که این شرکت تجربه عملی خود را از سال ۱۳۸۸برای استقرار سیستم علمی تعمیرات پیشگیرانه (*PM*) شروع کرده است ولی در این سال‌ها برای سازگاری سیستم علمی *PM* و ساختار شبکه توزیع در راستای ارتقاء سیستم نت اصلاحاتی انجام داده تا بتواند به هدف اثربخشی سیستم دست یابد، که یکی از این تغییرات به کارگیری قابلیت‌های *GIS* در راستای بهبود بهره‌وری سیستم در سال ۱۳۹۴ بوده است که در جهت استقرار آن در سال‌های ۹۵ و ۹۶ تلاش‌های بسیاری شده است که در این راستا با توجه به فرآیند بازدید و سرویس بر مبنای اطلاعات تجهیزات مکانی، می‌توان شرکت توزیع برق مازندران را به عنوان پیشتاز در کشور مطرح نمود.

مدیرعامل شرکت توزیع نیروی برق مازندران اظهار داشت: کیفیت خدمات ارائه‌شده به مشتریان شرکت توزیع به عنوان یکی از مهم‌ترین ملاک‌های رضایت مشتری می‌باشد و کاهش زمان خاموشی از طریق سرویس و تعمیر و نگهداری مناسب می تواند در این امر مثمر ثمر باشد.

مهندس شهابی افزود: وجود اطلاعات مکانی مربوط به تاسیسات و موقعیت مشترکین، همچنین داشتن بانک کامل و جامع از زمان و نوع بازدید و سرویس و تعمیر شبکه توزیع از ابزارهای ارزشمندی است که این شرکت در بهره‌برداری و ارائه خدمات بهتر بازدید و سرویس شبکه به‌موقع و باکیفیت استفاده می‌نماید.

لازم به ذکر است این سامانه کشوری توسط اداره کل دفتر نظارت بر بهره‌برداری شرکت توانیر با همکاری شرکت توزیع نیروی برق مازندران تهیه شده است [۳].

## مراجع

[۱] خبرگزاری برق نیوز، مصاحبه با دکتر محمودرضا حقی فام، http://barghnews.com.

[۲] خبرگزای برترین‌ها،مصاحبه با دکتر حائری، http://www.bartarinha.ir

[۳] شرکت توزیع برق مازندران، http://www.maztozi.ir

## اخبار خارجی در حوزه پایایی

### ❖ بیانیه FERC در نشست افتتاحیه ماه جولای

کمیسیون تنظیم مقررات انرژی فدرال (*FERC*) در جلسه افتتاحیه ۱۹ جولای، اقداماتی را بر روی چندین بخش در حوزه پایایی انجام داد که از آن میان می‌توان به صدور حکم نهایی در مورد استانداردهای پایایی حفاظت زیرساخت‌های حیاتی (*CIP*)[۱] و یک فرمان در مورد قوانین اصلاحات روند اجرایی اشاره کرد. علاوه بر این، *FERC* قانونی نهایی در راستای اصلاح استانداردهای پایایی *CIP* صادر نمود که هدف از آن اصلاح و ارتقاء گزارشات الزامی مربوط به حوادث امنیت سایبری (به‌ویژه در خصوص فعالیت‌ها و اقداماتی که می‌تواند آسیب‌رسانی به قابلیت اطمینان بهره‌برداری سیستم قدرت اساسی کشور را تسهیل نماید) بوده است. براین اساس *NERC* موظف خواهد بود تا ظرف مدت شش ماه از تاریخ اجرای این قانون تغییرات مورد نظر را تحت نظارت *FERC* انجام دهد.

*FERC* همچنین در این اجلاس اقدام به تصویب دستورالعمل‌های اصلاحی پیشنهادی از جمله مقررات *NERC* در حوزه صدور گواهینامه‌های کارکنان و آموزش نمود. در این فرمان بر حفظ قوانین اساسی در مورد روش تعلیق صدور گواهینامه بهره‌بردار، پروسه حل اختلاف و اقدامات انضباطی تاکید شده است [۱].

### ❖ اعلام تحقیقات مشترک FERC و NERC در مورد حوادث ناشی از هوای سرد

*FERC* و *NERC* یک تحقیق مشترک برای ارزیابی حوادث آب‌وهوای سرد که در غرب میانه[۲] و بخشی از مرکز جنوب ایالات متحده در هفته ۱۵ ژانویه ۲۰۱۸ رخ داده است، آغاز کرده‌اند. در ۱۷ ژوئن ۲۰۱۸، بهره‌برداران منطقه‌ای در غرب‌میانه و جنوب مرکزی ایالات متحده، از مصرف‌کنندگان خواستند که به صورت داوطلبانه به دلیل سرمای غیرعادی و تقاضای برق بیشتر از مقدار پیش‌بینی‌شده، مصرف برق خود را کاهش دهند. براین اساس گزارش‌های متعددی از قطع برق اجباری و اضافه‌ولتاژ در مدت بهره‌برداری پیک ارائه شده است. این تحقیق بر شناسایی علل و عوامل مرتبط با این رویداد تمرکز خواهد کرد و توصیه‌های مناسب برای بهبود بهره‌برداری در شرایط مشابه را شناسایی خواهد کرد.

"کوین مکاینتیر، رئیس اجرایی *FERC*، گفت:" تحقیقات کلیشه‌ای هستند، ولی در این میان، ما برای حفاظت و حفظ پایایی سیستم قدرت اساسی گام‌های بسیاری برمی‌داریم." جیم راب، مدیر اجرایی *NERC*،

[۱] Critical Infrastructure Protection

[۲] Midwest

نیز گفت: "این تحقیقات در زمان مناسبی انجام می‌شود زیرا تا زمانی که به فصل زمستان آینده نزدیک می‌شویم، ما به شناسایی و به اشتراک‌گذاشتن درس‌هایی که از این رویداد گرفته‌این و پتانسیل‌های مواجهه با آن خواهیم پرداخت" [۲].

### ❖ بهبود پایایی سیستم‌های HVDC در شبکه اروپایی اپراتورهای سیستم انتقال برق (ENTSO)

برای مدیریت چالش‌های آینده و برآورده ساختن نیازهای یک بازار انرژی به هم‌متصل اروپایی و همچنین حفظ امنیت سیستم، ضروری است که صاحبان HVDC در همکاری با سایر سهام‌داران بر توسعه HVDC تمرکز کنند. این مهم نه فقط با تاکید بر توسعه و پیشرفت فناوری، بلکه با توجه به انجام مطالعات یکپارچگی شبکه HVDC و تعمیر و نگهداری مناسب مقدور خواهد بود. از آنجا که هدف بهره‌برداران سیستم‌های انتقال اروپایی (TSOها) دست‌یابی به سطح بالاتری از دسترس‌پذیری و قابلیت‌اطمینان است، ENTSO-E نیز قویا بر همکاری کارآمدتر همه ذینفعان برای غلبه بر چالش‌هایی که همچنان می‌توانند سدی در برابر موفقیت HVDC برای انتقال توان زیاد و پشتیبانی از سیستم های انتقال آینده باشند تاکید دارد [۳]:

۱. تنها آمار عملکرد HVDC در سراسر جهان مربوط به سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۶ است که توسط CIGRE (انجمن بین المللی سیستم‌های برق بزرگ) جمع‌آوری شده‌است و نشان می‌دهد که سطح فعلی دسترس‌پذیری و قابلیت‌اطمینان سیستم HVDC کافی نیست، زیرا سیستم‌ها متوسط خطا در این سیستم‌ها نسبتا زیاد (۷/۷ قطعه در سال) و مدت زمان خروج آنها نیز بسیار طولانی (۲۴ روز در سال) است. بنابراین در آینده بهبود و تسهیل جمع‌آوری داده‌های خطا و فراهم ساختن امکان تحلیل بهتر داده‌ها با هدف کسب اطلاعات بیشتر از حوادث و بهبود عملکرد HVDC ضروری خواهد بود.
۲. همکاری در بهره‌برداری[۱] باعث بهبود سازگاری مبدل‌های HVDC و دیگر اجزای شبکه‌های ولتاژ بالا می‌شود. این همکاری شامل به اشتراک‌گذاری اطلاعات فعال و شفاف برای مطالعه و حل هرگونه مشکلات سیستم که به دلیل اجرای فن‌آوری های در حال توسعه در شبکه‌ها رخ می‌دهد، می‌شود، همچنین امکان مطالعات مربوط به اتصال مناسب شبکه را فراهم می‌کند.
۳. دستورالعمل شبکه HVDC، برآورده شدن نیازمندی‌های عملکردی HVDC در اروپا را تضمین می‌کند، اما به اندازه کافی دقیق نیست که بتواند پایایی HVDC را به صورت کارآمد کنترل کند. از آنجا که دستورالعمل شبکه HVDC محدوده نسبتا گسترده‌ای را فراهم می‌کند، TSOها می‌توانند از طریق

[۱] Co-operation

همکاری، عملکرد دقیق و همترازتری داشته و یا نیازمندی‌های مدل‌سازی آن‌ها متعادل‌تر و منصفانه‌تر گردد. این امر می‌تواند منجر به توافقات کمتر در احداث HVDC جدید شود، چرا که هر TSO ذی‌ربط، تلاش می‌کند تا حد امکان خطوط جدید همه‌ی الزامات را دارا باشد.

۴. در این میان همکاری بیشتر بین TSOها و تولیدکنندگان نیز برای تسهیل اجرای کارآمدتر روش‌های بهره‌برداری جدید (که به‌کمک تکنولوژی‌های انعطاف‌پذیر فعلی فراهم خواهد شد) ضروری خواهد بود. این امر موجب ارتقاء سیستم‌های HVDC خواهد شد.

## مراجع

*[1] NERC News, June 2018.*

*[2] NERC News, Augest 2018.*

*[3] European Network of Transmission System Operators for Electricity, November 2018.*

معرفی رویدادهای علمی

## *NASEO 2019 Energy Policy Outlook Conference*

The NASEO 2019 Energy Policy Outlook Conference will examine the key policies and initiatives needed to drive modernization and resilience across our energy infrastructure – grid, pipelines, buildings, transportation. Join top state and federal energy policymakers and private sector leaders from around the country on February 5-8, 2019 in Washington, D.C. for in-depth discussions of the critical investments needed for strong, reliable, and affordable grid, transportation, and buildings systems, as well as the latest news from the 116th Congress and the Administration. Selected presentations of the NASEO are listed following:

- *NASEO-NARUC Grid-Interactive Efficient Buildings Working Group*: Goals and Engagement (Roosevelt Room, Ballroom Level) (Open to registered NASEO State, Territory, and Affiliate Members) This working session will discuss the newly formed NASEO-NARUC Grid-Interactive Efficient Buildings Working Group's goals and options for state and private sector engagement. NASEO and the National Association of Regulatory Utility Commissioners (NARUC) are working with the U.S. Department of Energy to advance analysis, options, and pilots that address the role of buildings in delivering energy efficiency, demand reduction, and electricity supplies in ways that help to optimize grid performance and reliability.
  - Moderator: Kaci Radcliffe, Energy Analyst, Oregon Department of Energy
  - Presenters: Rodney Sobin, Senior Program Director, NASEO David Nemtzow, Director, Building Technologies Office, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. Department of Energy Danielle Sass Byrnett, Director, Center for Partnerships and Innovation, National Association of Regulatory Utility Commissioners Natalie Mims Frick, Energy Efficiency Program Manager, Lawrence Berkeley National Laboratory
- *Improving Reliability, Resilience, and Efficiency of the Nation's Electricity System (Ballroom I, Ballroom Level):* Over the last few years the occurrence of extreme weather events and cyber threats to the nation's electric grid has increased and emphasized the issues of reliability, resilience, and efficiency of the bulk power system as well as local distribution systems. This session will look at the challenges and opportunities our nation currently faces to protect and improve the reliability and security of its power system and current actions being taken at the federal and state levels.

- Moderator: Tristan Vance, Director, Indiana Office of Energy Development; Member, NASEO Board of Directors
- Presenters: Anthony Fryer, Conservation Improvement Program Coordinator, State Energy Office, Minnesota Department of Commerce Travis Hinck, Project Manager, GDS Associates Paul McGlynn, Senior Director, System Operations, PJM Interconnection David Townley, Director, Public Policy, CTC Global

❖ *Electricity, Oil, and Natural Gas*: Critical Energy Infrastructure Resilience Coordination The electricity, oil, and natural gas industries are serving the nation's energy needs though a complex system of production and distribution. Over the past decade, these industries have made tremendous progress on enhancing energy emergency response and resilience through two critical coordinating organizations, the Electricity Subsector Coordinating Council and the Oil and Natural Gas Subsector Coordinating Council. Representatives of both industry councils will share their respective roles and priority recommendations for continued energy system reliability and resilience in the face of evolving physical and cyber threats.

- Moderator: Ben Bolton, Energy Programs Administrator, Office of Energy Programs, Tennessee Department of Environment and Conservation; Co-Chair, NASEO Energy Security Committee
- Presenters: Laura Schepis, Security and Preparedness, Edison Electric Institute; Representative, Electricity Subsector Coordinating Council Kimberly Denbow, Senior Director of Security, Operations and Engineering Services, American Gas Association; Representative, Oil and Natural Gas Subsector Coordinating Council Suzanne Lemieux, Manager, American Petroleum Institute; Representative, Oil and Natural Gas Subsector Coordinating Council

❖ *Energy Security Committee*: Simplifying and Operationalizing Energy Emergency Response and Cybersecurity (Roosevelt Room, Ballroom Level) (Closed to Media) Coordination among NASEO, NARUC, and the U.S. Department of Energy's Office Cybersecurity, Energy Security, and Emergency Response is evolving to better meet state needs and help to build the capacity of states to respond energy emergencies. This Energy Security Committee session will focus on understanding cybersecurity roles and information flows, practical cyber security actions states can take, and tools to help states, territories, and remote communities to simplify and operationalize emergency response.

- Committee Co-Chairs: Ben Bolton, Energy Programs Administrator, Office of Energy Programs, Tennessee Department of Environment and Conservation; Co-Chair, NASEO Energy Security Committee Megan Levy, Energy Programs Manager, Office of Energy Innovation, Wisconsin Public Service Commission; Co-Chair, NASEO Energy Security Committee
- Presenters: Cyber Coordination and Information Flow Kate Marks, Senior Advisor, Infrastructure Security and Energy Restoration Division, Office of Cybersecurity, Energy Security, and Emergency Response, U.S. Department of Energy Lynn

Costantini, PhD, Deputy Director, Center for Partnerships and Innovation, National Association of Regulatory Utility Commissioners Matthew Duncan, Manager, Policy and Coordination, Electricity Information Sharing and Analysis Center, North American Electric Reliability Corporation Jeffrey Pillon, Director of Energy Assurance, NASEO

- Local Community Resilience: Sandy Fazeli, Managing Director for Policy, NASEO Kelley Smith Burk, Director, Office of Energy, Florida Department of Agriculture and Consumer Services; Member, NASEO Board of Directors

## *Electric Reliability Organization (ERO) Enterprise Leaders Address Reliability, Resiliency at FERC Technical Conference*

The Federal Energy Regulatory Commission hosted its annual technical conference on policy issues related to the reliability of the bulk power system on Tuesday, July 31, 2018. The conference, which was open to the public, began at 9 a.m. Eastern at FERC's headquarters.

The daylong conference was organized into four panels: The Changing ERO Enterprise, Standards, and Reliability; Advancing Reliability and Resilience of the Grid; Managing the New Grid; and Addressing the Evolving Cybersecurity Threat.

- ERO Enterprise panelists included:
- Jim Robb, president and chief executive officer, NERC – Panel I
- Tim Gallagher, president and chief executive officer, ReliabilityFirst – Panel I
- Mark Lauby, senior vice president and chief reliability officer, NERC – Panel II
- John Moura, director of Reliability Assessment and System Analysis, NERC – Panel III
- Bill Lawrence, director of the Electricity Information Sharing and Analysis Center, NERC – Panel IV

## بیست و چهارمین کنفرانس توزیع برق

| محورهای علمی بیست و چهارمین کنفرانس توزیع برق | |
|---|---|
| مدیریت مصرف | کیفیت توان در شبکه‌های توزیع |
| مدیریت بار و تقاضا | پایایی در شبکه‌های توزیع |
| تلفات شبکه‌های توزیع | برنامه‌ریزی، طراحی و نظارت شبکه های توزیع |
| اتوماسیون شبکه‌های توزیع | بهره‌برداری شبکه‌های توزیع |
| شبکه‌های هوشمند توزیع | حفاظت شبکه‌های توزیع |
| انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید پراکنده | مدیریت بحران و پدافند غیرعامل |
| تجهیزات شبکه‌های توزیع | مطالعات اجتماعی و محیط زیست |
| فناوری اطلاعات و سیستم اطلاعات جغرافیایی *(GIS)* | اقتصاد و ساختار توزیع برق |
| توانمندسازی نیروی انسانی | بهداشت، ایمنی و محیط زیست *(HSE)* توزیع |
| خدمات مشترکین | تاب‌آوری شبکه‌های توزیع |

## ساختار شبکه برق کانادا از دیدگاه پایایی

کشور کانادا از ۱۰ ایالت تشکیل شده که بر اساس قانون اساسی کانادا مسئولیت‌های مهم در حوزه‌های کلیدی مانند برق و منابع طبیعی بر عهده این ایالت‌ها گذاشته شده است. با توجه به این مسئله و همچنین وجود تفاوت در سیاست و محیط طبیعی هر ایالت، تفاوت‌های مهمی در ساختار صنعت برق ایالت‌های مختلف وجود دارد[۱].

پیشینه پایایی در کانادا به اواسط ۱۹۶۰ باز می‌گردد. در این دوره تامین امنیت شبکه بر عهده شرکت‌های تامین‌کننده برق بود. در سال ۱۹۶۵ یک خاموشی در شمال‌شرق کانادا اتفاق افتاد. این خاموشی منجر به تشکیل سازمان‌های محلی *(RRO)* برای تامین امنیت شبکه شد[۲].

در سال ۱۹۶۸ سازمان *NERC* تشکیل شد. در دهه ۱۹۹۰ با تجدید ساختار صنعت و بازار، استانداردهای پایایی الزامی شد. در سال ۱۹۹۹ سیستم مدیریت پایایی اجرا شد. با خاموشی گسترده سال ۲۰۰۳ کشور کانادا به سازمان *NERC* پیوست و این سازمان در این کشور به رسمیت شناخته شد. قوانین پایایی در کشور کانادا تابع *NERC* است و شرکت‌های برق بخش‌های مختلف، تابع این سازمان می‌باشند. اجرای قوانین پایایی برای بهره‌برداران، صاحبان شبکه و مشترکین شبکه الزامی است[۲].

در حالت کلی می‌توان سازمان‌های قانون‌گذاری انرژی کشور کانادا را به دو دسته تقسیم‌بندی کرد:

- سازمان‌های فدرالی

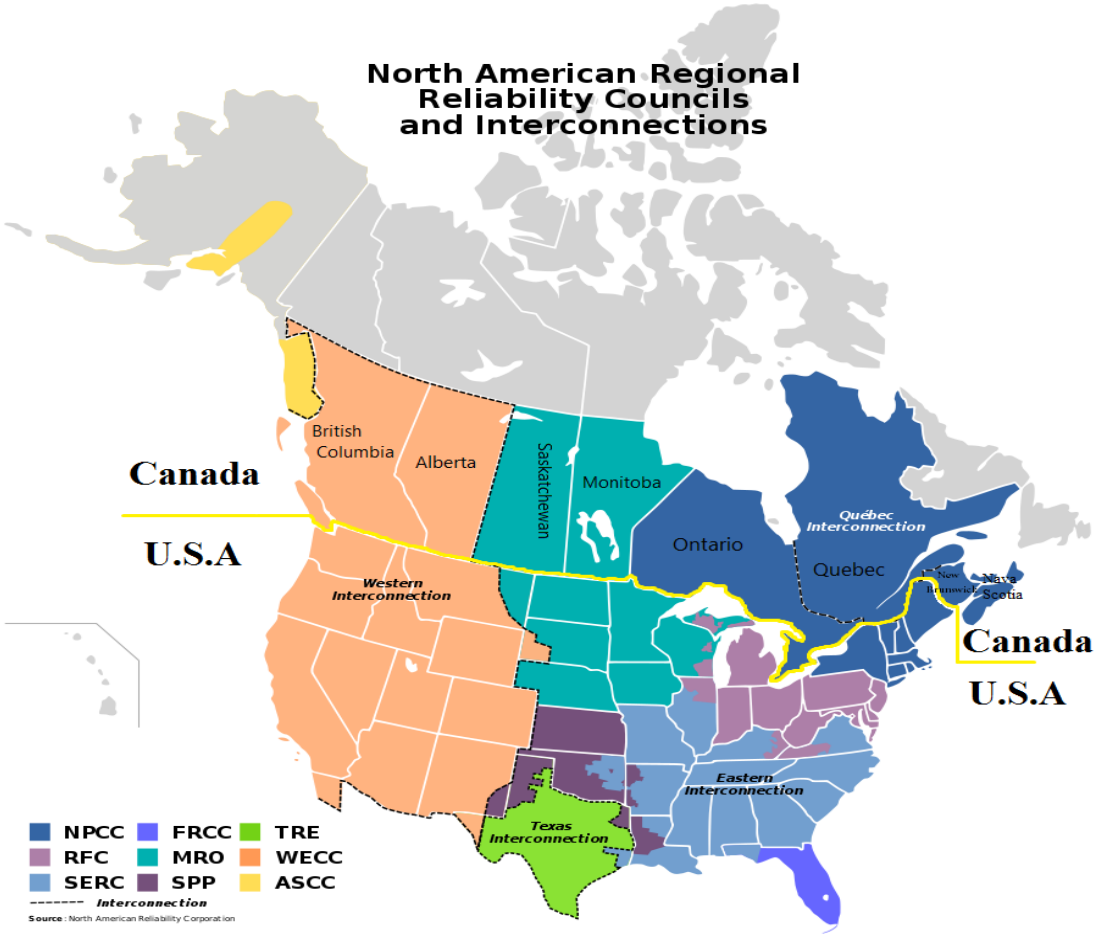
در صنعت برق، مسئولیت تبادلات بین‌المللی و بین ایالتی انرژی الکتریکی بر عهده فدرال است. وظایفی نظیر ساخت و بهره‌برداری خطوط انتقال بین‌المللی و همچنین قانون‌گذاری صادرات برق به ایالات متحده بر عهده هیئت ملی انرژی*(NEB)* به عنوان یکی از قانون‌گذاران فدرال است. قانون‌گذاری صنعت انرژی هسته‌ای نیز توسط کمیته ایمنی هسته‌ای کانادا ( *CNSC*)، وابسته به فدرال، انجام می‌پذیرد[۱].

- سازمان‌های ایالتی

مسئولیت بیشتر سیاست‌گذاری‌ها و قانون‌گذاری‌های صنعت برق به استثناء موارد عنوان شده در بخش قبل، در حوزه فعالیت‌های ایالتی قرار دارد. هر ایالت قانون‌گذار مربوط به خود را دارد که نهادها و سازمان‌هایی را برای اداره کردن صنعت برق منصوب می‌کند[۳].

از زمانی که *NERC* به عنوان سازمان پایایی منصوب شد، انجمن برق کانادا (*CEA*) به طور گسترده‌ای با برنامه‌های آن در ارتباط بوده است. *CEA* به همراه سازمان *U.S. trade* به عنوان ناظر کمیته اعضای نمایندگان (*MRC*) که یکی از ارگان‌های اساسی *NERC* است، فعالیت می‌کند و هر جایی که لازم باشد پیشنهاداتی در رابطه با مسائل مرتبط با پایایی از جمله استانداردها ارائه می‌کند. [۴].

در شکل زیر ایالت‌های کانادا زیر نظر *NERC* مشخص شده‌اند.




در جدول زیر حوزه فعالیت هر یک از موسسه‌های منطقه‌ای *NERC* در ایالت‌های کانادا مشخص شده و موسسات مسئول تضمین پایایی در هر یک از این ناحیه‌ها عنوان شده‌اند. [۴].

| سازمان | ایالت | استاندارد | اعمال قوانین |
|---|---|---|---|
| *NEB* | کل کانادا | استانداردی تهیه نمی‌کند | *NERC* در رابطه با اعمال قوانین *NEB* گزارش می‌دهد. جریمه مالی اعمال نمی‌شود. |
| *WECC* | بریتیش کلمبیا | *BCUC* درخواست اعمال استانداردهای *NERC* را می‌دهد. | *BCUC* |
| | آلبرتا | *AUC*<br>*AESO* | *AESO*<br>*MSA, AUC* |
| *MRO* | ساسکاچوان | - | - |
| | مانیتوبا | فرماندار | *NERC* و *PUB* |
| *NPCC* | اونتاریو | *OEB* | *IESO* |
| | کبک | *Regie* | *NPCC* |
| | نیوبرونزویک | *NBSO* و *NBEUB* | *NBSO* |
| | نوا اسکوتیا | *UARB* | *NERC* و *UARB* |
| | پرینس ادوارد | - | - |

*NEB: National Energy Board*
*MRO: Midwest Reliability Organization*
*BCUC: British Columbia Utilities Commission*
*AESO: Alberta Electric System Operator*
*PUB: Public Utilities Board*
*IESO: Independent Electricity System Operator*
*NBSO: New Brunswick System Operator*
*WECC: Western Electricity Coordinating*
*NPCC: Northeast Power Coordinating Council*
*AUC: Alberta Utilities Commission*
*MSA: Market Surveillance Administrator*
*OEB: Ontario Energy Board*
*UARB: Utility and review Board*
*NBEUB: New Brunswick Energy & Utilities Board*

## انجمن برق کانادا (*CEA*)

انجمن برق کانادا (*CEA*) در سال ۱۸۹۱ تاسیس شده است. *CEA* مرکز ملی مطالعات برق کانادا و بخش پیشرو در زمینه تجارت انرژی الکتریکی در این کشور است. همه شرکت‌های مهم کانادایی، در برنامه جمع‌آوری و آنالیز داده سازمان *CEA* مشارکت می‌کنند. این برنامه، سیستم اطلاعات پایایی تجهیز (*ERIS*) نامیده می‌شود. *CEA* از سال ۱۹۷۷ جمع‌آوری داده‌های خروج مربوط به بخش تولید و انتقال را آغاز کرده است و گزارش‌هایی را منتشر کرده است. *CEA* همچنین پروسه‌ای برای ارزیابی پایایی سیستم قدرت الکتریکی (*EPSRA*) دارد. این پروسه شامل آمارهایی از اغتشاش‌های سیستم، عملکرد تحویل توان توسط سیستم و پیوستگی سرویس به مشترکین است[۵].

اهداف سازمان *CEA* عبارتند از:

- فراهم نمودن تصویری جامع و دقیق از عملکرد سیستم الکتریکی در کل کشور کانادا

- کمک به فعالان موجود در این حوزه جهت بهبود عملکرد سیستم و تجهیزات، افزایش کارایی عملیاتی، افزایش ایمنی کارکنان، رضایت مصرف‌کننده و کاهش هزینه‌ها.

پایگاه‌های اصلی داده و حوزه‌های گزارش‌دهی این سازمان شامل موارد زیر می‌باشد:

- تجهیزات تولید توان (وضعیت عملکرد پیوسته، خطاها و خرابی‌ها)
- تجهیزات انتقال توان (خرابی خطوط، ترانسفورماتورها، کلید و دلایل خرابی)
- تداوم خدمات رسانی شبکه توزیع (تعداد وقوع، مدت و دلایل خاموشی‌ها، شاخص‌های پایایی)
- سیستم قدرت (خاموشی شبکه به هم پیوسته انتقال و تولید).

## فعالیت‌های انجام‌شده مرتبط با پایایی در حوزه تولید در کانادا

در سال ۲۰۱۰ انرژی الکتریکی تولیدی کانادا در حدود ۵۸۰ بیلیون کیلووات ساعت بوده که ۶۰ درصد از آن از طریق نیروگاه‌های برق‌آبی تولید شده است. بنابر آمارهای موسسه انرژی بادی کانادا در سال ۲۰۱۲ ظرفیت انرژی بادی این کشور ۵/۵ گیگاوات بوده است که تا نیمه سال ۲۰۱۴ به بیش از ۸/۵ گیگاوات افزایش یافته است. شبکه برق کانادا و ایالات متحده به طور گسترده‌ای با هم در ارتباط هستند و به طور کلی کانادا صادرکننده برق به ایالات متحده است. در سال ۲۰۱۰ کانادا ۴۳/۸ بیلیون کیلووات ساعت برق به ایالات متحده صادر کرده، در حالیکه ۱۸/۵ بیلیون کیلوولت ساعت وارد کرده است[۶].

شرکت‌های کانادایی گزارش‌های پایایی خود را به سازمان *NERC* نیز ارائه می‌دهند. این گزارش‌ها به سه شورای منطقه‌ای *NERC* که حوزه آن‌ها کانادا را در بر می‌گیرد، ارائه می‌شود. *NPCC* برای ایالت‌های مریتایم، کِبک و اونتاریو؛ *MRO* برای ایالت‌های مَنیتوبا و ساسکاچوان؛ و *WECC* برای آلبرتا و بریتیش‌کلمبیا [۷].

سازمان *CEA* نیز به عنوان مرکز مطالعات ملی برق کانادا گزارش اطلاعات پایایی را از اعضای خود دریافت می‌کند. *CEA* این اطلاعات را تحلیل کرده و در سه مرحله در سال به چاپ می‌رساند. در نهایت همان‌طور که اشاره شد شوراهای منطقه‌ای *NERC* با همکاری بهره‌برداران مستقل سیستم انتقال و شرکت‌های اصلی برق ایالت‌ها مسئولیت مانیتورینگ، نظارت و تضمین اجرای استانداردهای اجباری تعیین شده را بر عهده دارند[۷].

## فعالیت‌های انجام‌شده مرتبط با پایایی در حوزه انتقال در کانادا

در بیشتر ایالت‌ها استاندارد *NERC* به عنوان استاندارد مرجع شناخته می‌شود. اما در بعضی ایالت‌ها از جمله اونتاریو استانداردهای محلی وجود دارد. به طور مثال در ایالت اونتاریو عدم رعایت این قوانین و استانداردهای محلی منجر به جریمه شدن می‌شود. به طور کلی شرکت‌های ایالتی، فدرال تحت نظارت وزارت انرژی بر روی مشکلات موجود در پایایی شبکه انتقال همکاری می‌کنند[۸].

در گزارشات منتشر شده در مورد پایایی در کشور کانادا، پایایی از دو جنبه بررسی شده است. جنبه اول کفایت منابع است، به این معنی که ظرفیت تولید و انتقال کافی برای تامین نیازهای سیستم وجود داشته باشد. جنبه اول به پایایی در تولید مربوط می‌شود. جنبه دوم، پایایی کوتاه مدت و یا پایایی عملی می‌باشد. پایایی کوتاه مدت که به شبکه انتقال مربوط می‌باشد، به این معنی است که سیستم در شرایط وجود اغتشاش و یا رخدادی در شبکه همچنان توانایی تولید بارها را داشته باشد. حتی اگر سیستم‌های متصل شده به سیستم اصلی دچار مشکل شود، این توانایی باید وجود داشته باشد. این هدف با پشتیانی کردن شبکه با رزرو تولید و انتقال قابل تحقق می‌باشد[۹].

از مهمترین مطالعات خاموشی انجام‌شده در کانادا، مطالعات خاموشی گسترده سال ۲۰۰۳ در شرق و شمال شرق آمریکا و ایالت اونتاریو کانادا می‌باشد. میزان خسارت ناشی از این خاموشی در آمریکا بین ۴ تا ۱۰ میلیارد دلار و در کانادا ۲/۳ میلیارد دلار برآورد شده است. در گزارش منتشر شده راجع به این خاموشی، علل این خاموشی بررسی شده است. از جمله این علت‌ها می‌توان فراهم نبودن رزرو مناسب و مطابق با استاندارد، تعریف نشدن منطقه‌های تحت کنترل مراکز کنترل به طور دقیق و عدم تامین توان راکتیو و افت ولتاژ اشاره نمود. از موارد گفته شده سه مورد آخر مربوط به شبکه انتقال است[۱۰].

## فعالیت‌های انجام‌شده مرتبط با پایایی در حوزه توزیع در کانادا

شرکت‌های توزیع مالک سیستم توزیع و مسئول ساخت، بهره‌برداری و تعمیر و نگه‌داری از آن هستند. همچنین اندازه‌گیری و مدیریت داده‌ها و تأمین توان تحت شرایطی خاص برای مشترکین از دیگر مسئولیت‌های این شرکت‌ها است. در ایالت آلبرتا از کشور کانادا شرکت‌های توزیع وظیفه تأمین دسترسی آزاد به شبکه توزیع را برای همه مشترکین نهایی دارند. کمیته خدمات آلبرتا (*AUC*) قانون‌گذار اداره‌های برق، گاز و آب و نماینده ایالت آلبرتا است[۱۱]. مطابق قانون ۰۰۲ ایالت آلبرتا شرکت‌های توزیع موظف‌اند هر سه ماه یک‌بار

و به‌صورت سالانه به سازمان *AUC* گزارش ارائه کنند. در این گزارش‌ها، شاخص‌های *SAIFI* و *SAIDI* با احتساب حوادث اصلی و بدون احتساب آن‌ها ارائه می‌شود[۱۲].

هیئت انرژی انتاریو (*OEB*) نیز وظایف مشابهی را در ایالت انتاریو انجام می‌دهد. این سازمان وظیفه صدور مجوز یا قیمت‌گذاری برای بهره‌بردار سیستم برق، مرجع توان انتاریو، واحد اندازه‌گیری هوشمند، شرکت‌های توزیع، ژنراتورها، خرده‌فروش‌ها و عمده‌فروش‌ها را دارد. در انتاریو نظام‌نامه سیستم توزیع وجود دارد[۱۳]. شرکت توزیع *Hydro One* که بزرگ‌ترین شرکت توزیع در ایالت انتاریو است، گزارش برنامه‌های پیاده‌سازی شبکه هوشمند خود را به سازمان *OEB* ارائه کرده است. این برنامه‌ها شامل سیستم مدیریت توزیع، طرح قطعی بار، استفاده از سیستم ذخیره انرژی، تعمیرات و نگه‌داری شرایط محور و قرائت خودکار کنتورها می‌شود[۱۴].

## مراجع


*[1] Available at http://www.electricity.ca/industry-issues/economic/reliability.php*

*[2] "Reliability Assurance Initiative_Risk-Based Compliance Monitoring and Enforcement Program Visual Overview in Canada".*

*[3] Reliability Oversight in Canada, Ontario Energy Board, 2012*

*[4] Available at Available at http://www.neb.gc.ca/clf*

*[5] Available at https://www.npcc.org/IESO%202012%20Comprehensive20Adequacy%20%28clean%20version%20for%20RCC%29.pdf*

*[6] Available at http://www.cea.com.*

*[7] Smart Investment to Power Future, CEA, 2013.*

*[8] Assessment of electricity generation adequacy in European countries, CEER, 2014.*

*[9] "The Canadian Smart Grid Road Map", CCC/IEC Task Force on Smart Grid Technlogy and Standards, 2012.*

*[10] "A Compendium of Electric Reliability Frameworks Across Canada", National Energy Board, 2004.*

*[11] Ontario Energy Board, "Annual Report 2012–2013", 2013.*

*[12] Ontario Energy Board, "Electricity Reporting & Record Keeping Requirements, 2014.*

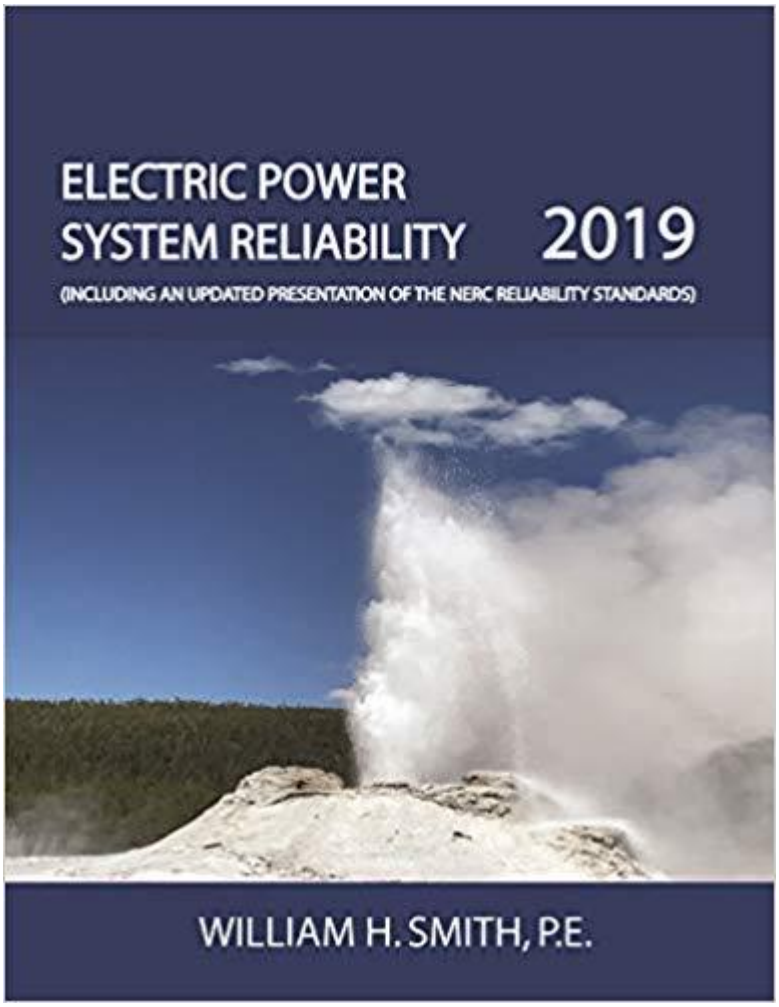
*[13] Ontario Energy Board, "Distribution System Code", Last revised on 2014.*

*[14] Hydro One "Approach to Smart Grid-A Presentation to the OEB's Smart Grid Advisory Committee", 2013.*

معرفی کتاب

# *Electric Power System Reliability Paperback – September 21, 2018*

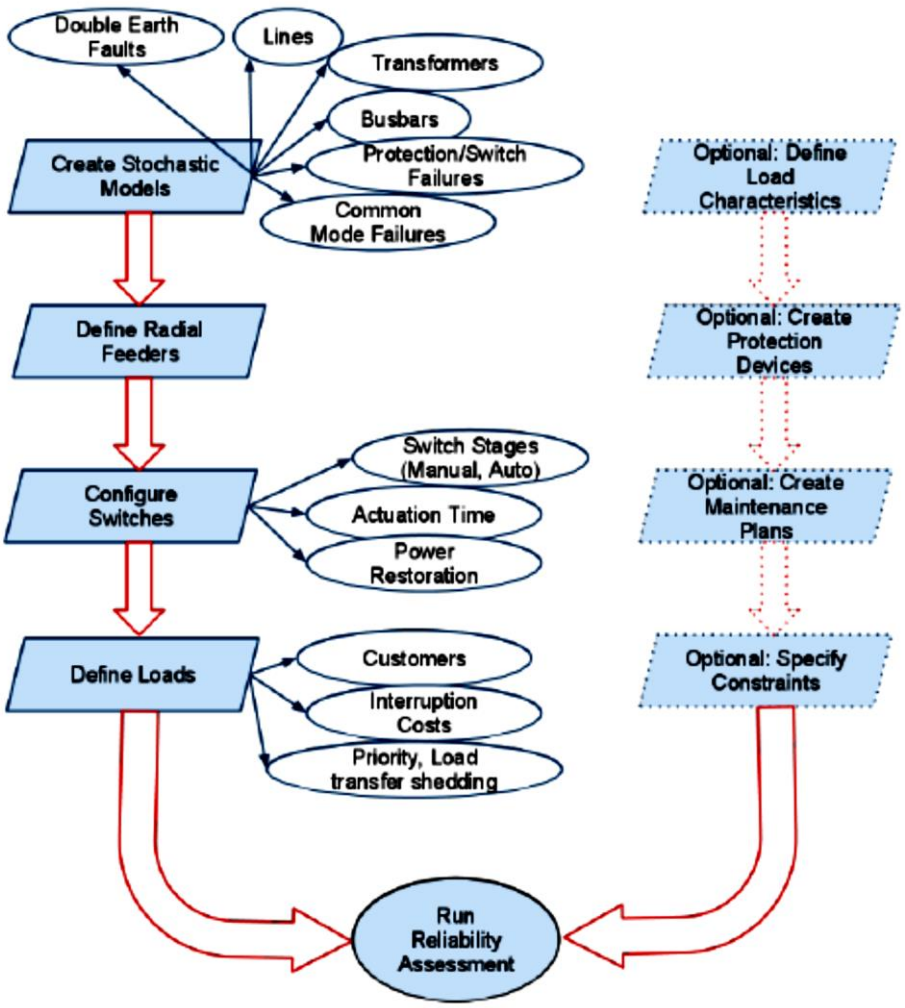
This text opens the door for those seeking a career as an Electric Power System Operator. It does so by preparing one to pass the National NERC System Operator Certification exam. This is a prerequisite to a satisfying and well paying career opportunity. Unlike other books, this book was specifically written for those taking any of the NERC System Operator exams. It is updated annually to include the latest NERC standards. Also see our "Electric Power System Reliability DVD Series" 7 disc DVD set also offered on Amazon. It provides even more detail for preparation for the exam.



معرفی نرم افزار

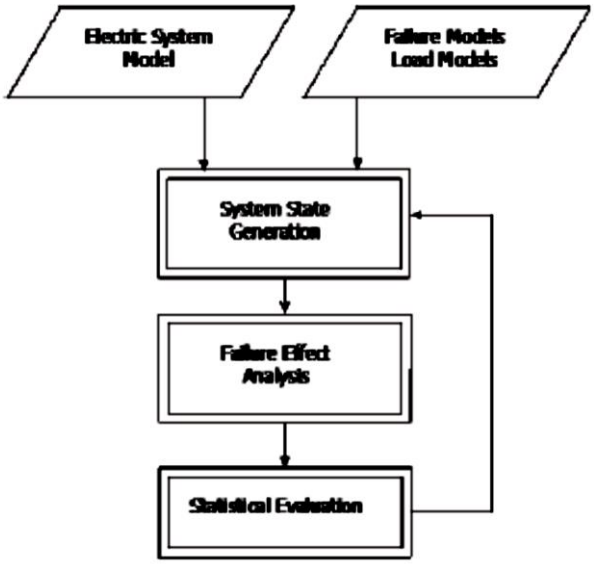
## ماژول پایایی نرم‌افزار DIgSILENT

ماژول پایایی نرم‌افزار DIgSILENT، به‌منظور محاسبه امید ریاضی دفعات قطع بار و هزینه‌های قطع بار سالانه و برای مقایسه طرح‌های مختلف شبکه استفاده می‌شود. این ماژول یک ابزار توسعه‌یافته خودکار و احتمالاتی ارزیابی پیشامدها است. برای این تحلیل نیازی نیست که خروج‌ها از قبل تعریف شوند؛ در عوض این ابزار می‌تواند به‌صورت خودکار خروج‌ها را انتخاب کرده و لحاظ کند. الزامات هر خروج با استفاده از داده‌های آماری مربوط به امید ریاضی دفعات و مدت خروج اجزاء در نظر گرفته می‌شود. اثر هر خروج به‌طور خودکار تحلیل می‌شود؛ به‌گونه‌ای که نرم‌افزار، سیستم حفاظت و عکس‌العمل بهره‌بردار شبکه را شبیه‌سازی می‌کند تا بار قطع‌شده مجدداً تأمین شود. ازآنجاکه اطلاعات آماری دفعات این اتفاقات در دسترس است، نتایج را می‌توان به‌صورت احتمالاتی فرمول‌بندی کرد. مراحل این ماژول در شکل مقابل نشان



داده شده است. همانطور که در شکل مشخص شده است الگوریتم چپ اجباری بوده و الگوریتم راست، که می‌توان از آن برای دستیابی به جزئیات بیشتر در محاسبات استفاده کرد، اختیاری است.

ماژول پایایی در نرم‌افزار DIgSILENT، مواردی چون ساختار شبکه، سیستم حفاظت، محدودیت‌ها و مدل‌های خطاها و تعمیرات تصادفی را لحاظ می‌کند تا شاخص‌های پایایی به‌دست آید. همانطور که در شکل مقابل نشان داده شده است، تولید شاخص‌های پایایی با استفاده از ماژول پایایی شامل مراحل ذیل است:




- مدل‌سازی خطا
- مدل‌سازی بار
- تولید حالات سیستم
- تحلیل اثر خطا (FEA[1])
- تحلیل آماری
- تهیه گزارش

مدل‌سازی خطا بیانگر نحوه و زمان وقوع خطا در اجزای سیستم و مدت زمان تعمیر آن‌ها می‌باشد. مدل‌سازی بار نیز می‌تواند شامل میزان بارهای مصرفی متفاوت و یا بر مبنای سناریوهای پیش‌بینی و رشد بار باشد.

وقوع همزمان یک یا چند خطا به همراه شرایط خاص بار، حالت سیستم نامیده می‌شود. موتور تولیدکننده حالت‌های سیستم نرم‌افزار بر اساس روش شمارش حالات، از مدل‌های خطا و بار برای تهیه فهرستی از حالت‌های سیستم استفاده می‌کند. سپس بخش تحلیل اثر خطا (FEA) حالت خطای سیستم را با شبیه‌سازی

*1*- Failure Effect Analysis

عکس‌العمل سیستم نسبت به این خطاها تحلیل می‌کند. این بخش، سیستم قدرت را پس از خطا در یکی ازحالت‌های بهره‌برداری ذیل قرار می‌دهد:

- رفع کردن خطا با عمل کردن کلیدها و فیوزهای حفاظتی
- جدا کردن خطا با باز کردن کلیدهای جداکننده
- بازیابی[1] توان با بستن کلیدهایی که در حالت عادی باز هستند.
- رفع بارگذاری اضافی با انتقال بار و حذف بار
- ارضاء قیود ولتاژ با حذف بار

نتایج FEA با اطلاعات تهیه‌شده توسط ماژول تولید حالت سیستم ترکیب می‌شود تا شاخص‌های استاتیکی پایایی مثل SAIFI، SAIDI و CAIFI را محاسبه کند.

## بخش تحلیل اثر خطا (FEA)

شبیه‌سازی پاسخ سیستم درصورت وقوع پیشامدهای مشخص، تحلیل اثر خطا (FEA) نامیده می‌شود. الگوریتم شمارش حالت سیستم بعد از در نظر گرفتن یک پیشامد از موتور FEA برای تحلیل گام‌های ذیل استفاده می‌کند:

۱. رفع خطا
۲. جداسازی خطا
۳. بازیابی توان
۴. رفع اضافه‌بارها
۵. حذف ولتاژهای غیرمجاز (تنها برای شبکه توزیع)
۶. انتقال بار (تنها برای شبکه انتقال)
۷. حذف بار

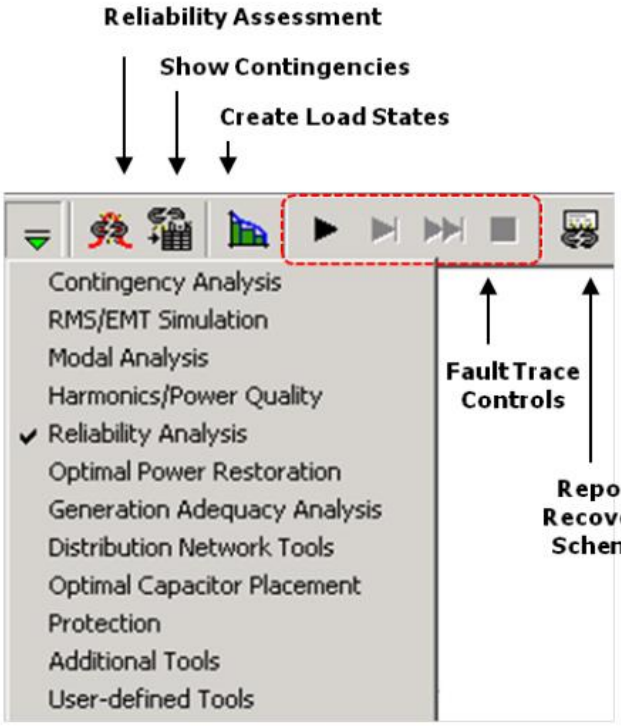
در تحلیل FEA از ارزیابی شبکه، می‌توان قیود را در نظر گرفت یا از آنها صرف‌نظر کرد. از یک پخش بار AC برای یافتن خطوط دارای اضافه‌بار استفاده شده است که اگر چنین خطی شناسایی شد، تلاش می‌کند

1- Restoration

که ابتدا با انتقال بار و سپس با حذف بار مشکل را حل کند. اگر قیود توسط FEA در نظر گرفته نشود، برای هر حالت اجرای پخش بار لازم نیست و طبعاً شبیه‌سازی سریع‌تر صورت می‌پذیرد.

برای هر خطای شبیه‌سازی‌شده، یک پیشامد توسط الگوریتم FEA ساخته می‌شود. اگر در محاسبات از مشخصات بار استفاده شود، برای هر حالت ترکیبی خطا و بار یک پیشامد ساخته می‌شود. به‌طور مشابه، درصورتی‌که تعمیر و نگهداری (خروج‌های برنامه‌ریزی‌شده) در نظر گرفته شود، حالت‌های بیشتری شامل ترکیب بار، تعمیرات و پیشامد به وجود می‌آیند.

## خروجی‌های ماژول پایایی نرم‌افزار DIgSILENT




ماژول پایایی شبکه دو نوع شاخص تولید می‌کند:

- شاخص‌های نقطه بار
- شاخص‌های سیستم

این شاخص‌ها به دو دسته شاخص‌های دفعات/انتظار[۱] و شاخص‌های انرژی تقسیم‌بندی می‌شوند. علاوه بر این، شاخص‌هایی نیز برای هزینه‌های قطع بار بیان می‌شوند. شاخص‌های نقطه بار برای هر بار محاسبه می‌شوند و در محاسبات بسیاری از شاخص‌های سیستم کاربرد دارند. شاخص‌های پایایی محاسبه‌شده توسط نرم‌افزار عبارتند از:

- متوسط دفعات قطع بار مشترکان (ACIF)[۲]

۱- Frequency/expectancy

۲- Average Customer Interruption Frequency

- متوسط زمان قطع بار مشترکان (ACIT)[۱]
- دفعات قطع نقطه بار (LPIF)[۲]
- زمان قطع نقطه بار (LPIT)[۳]
- متوسط مدت زمان قطع بار (AID)[۴]

شاخص‌های سیستم به شرح ذیل تعریف می‌شوند:

- شاخص دفعات قطع بار متوسط سیستم (SAIFI)[۵]
- شاخص دفعات قطع بار متوسط مشترک (CAIFI)[۶]
- شاخص مدت زمان قطع بار متوسط سیستم (SAIDI)
- شاخص مدت زمان قطع بار متوسط مشترک (CAIDI)[۷]
- شاخص متوسط مدت زمان قطع بار سیستم (ASIDI)[۸]
- شاخص متوسط دسترس‌ناپذیری خدمات (ASUI)[۹]
- شاخص متوسط دسترس‌پذیری خدمات (ASAI)[۱۰]
- شاخص دفعات قطع بار متوسط آنی (MAIFI)[۱۱]

شاخص‌های انرژی نقطه بار به‌صورت ذیل تعریف می‌شوند:

۱- Average Customer Interruption Time
۲- Load Point Interruption Frequency
۳- Load Point Interruption Time
۴- Average Interruption Duration
۵- System Average Interruption Frequency Index
۶- Customer Average Interruption Frequency Index
۷- Customer Average Interruption Duration Index
۸- Average System Interruption Duration Index
۹- Average Service Unavailability Index
۱۰- Average Service Availability Index
۱۱- Momentary Average Interruption Frequency Index

- شاخص انرژی تأمین‌نشده نقطه بار (LPENS[1])
- شاخص انرژی حذف‌شده نقطه بار (LPES[2])

شاخص‌های انرژی سیستم به شرح ذیل معرفی می‌شوند:

- شاخص انرژی تأمین‌نشده (ENS)[3]
- شاخص انرژی حذف‌شده سیستم (SES)[4]
- شاخص انرژی تأمین‌نشده متوسط (AENS)[5]
- شاخص قطع مشترک متوسط (ACCI)
- شاخص‌های هزینه قطع بار سیستم به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:
- امید ریاضی هزینه قطع بار ( EIC)[6]
- نرخ ارزیابی انرژی قطع‌شده (IEAR)[7]

*1*- Load Point Energy Not Supplied
*2*- Load Point Energy Shed
*3*- Energy Not Supplied
*4*- System Energy Shed
*5*- Average Energy Not Supplied
*6*- Expected Interruption Cost
*7*- Interrupted Energy Assessment Rate