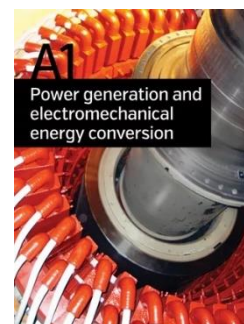


بروشور فنی TB 890 - مجله الکترا 326  
کمیته مطالعاتی ماشین های الکتریکی دوار و تولید برق  
اثر بهره برداری چرخه ای بر موتورهای الکتریکی بزرگ



## ۱. مقدمه

بهره‌برداری چرخه‌ای<sup>۱</sup> نیروگاه‌ها در حال تبدیل شدن به یکی از الزامات مهم سیستم‌های قدرت مدرن است. افزایش نفوذ منابع انرژی تجدیدپذیر و تغییرات الگوی مصرف برق باعث شده است که نیروگاه‌ها نسبت به گذشته با دفعات بیشتری راه‌اندازی، توقف و تغییر بار را تجربه کنند. از این رو، انعطاف‌پذیری عملیاتی به یکی از عوامل کلیدی موفقیت نیروگاه‌ها تبدیل شده است. موتورهای الکتریکی از تجهیزات حیاتی سیستم‌های کمکی نیروگاه محسوب می‌شوند. اگرچه تعداد زیادی از آن‌ها از نوع فشار ضعیف و با توان نسبتاً پایین هستند، اما موتورهای فشار متوسط و توان بالا به دلیل هزینه‌ی زیاد تعمیر، جایگزینی و همچنین نقش حیاتی در فرآیند تولید، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. این نوع بهره‌برداری می‌تواند موجب افزایش تنش‌های حرارتی، الکترومغناطیسی و مکانیکی در موتورهای بزرگ شود. این تنش‌ها به مرور زمان باعث فرسودگی اجزای مختلف موتور، کاهش عمر عایقی، خستگی مکانیکی روتور و افزایش احتمال خرابی خواهند شد. علاوه بر این، انتقال باس<sup>۲</sup> که در هنگام راه‌اندازی، خاموشی یا شرایط اضطراری برای انتقال بارهای کمکی از یک منبع تغذیه به منبع دیگر انجام می‌شود، می‌تواند گشتاورها و جریان‌های گذرای قابل توجهی ایجاد کند. بررسی اثرات این پدیده بر قابلیت اطمینان و طول عمر موتورهای بزرگ نیز یکی از محورهای اصلی این گزارش است.

## ۲. محدوده مطالعه

این مطالعه که توسط گروه کاری A1.54 سیگره<sup>۳</sup> انجام شده است، بر موتورهای الکتریکی بزرگ با توان بیش از ۲۵۰ کیلووات متمرکز است. اگرچه اثرات مورد بررسی در هر دو نوع موتور القایی و سنکرون مشاهده می‌شوند، اما به دلیل استفاده گسترده از درایوهای سرعت متغیر<sup>۴</sup> در موتورهای سنکرون و کاهش تعداد راه‌اندازی مستقیم آن‌ها، تمرکز اصلی این گزارش بر موتورهای القایی قفس سنجابی<sup>۵</sup> است.

هدف اصلی این مطالعه، بررسی تأثیر بهره‌برداری چرخه‌ای نیروگاه‌ها بر عملکرد و عمر موتورهای بزرگ است. در این راستا، اثرات ناشی از راه‌اندازی و توقف‌های مکرر، تغییرات بار و همچنین طرح‌های مختلف انتقال باس که در نیروگاه‌ها برای انتقال تغذیه بارهای کمکی بین منابع مختلف در شرایط عادی و اضطراری به کار می‌روند، مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. این فرآیندها می‌توانند موجب ایجاد جریان‌ها و گشتاورهای گذرای قابل توجه شده و در نتیجه تنش‌های حرارتی، الکتریکی و مکانیکی قابل ملاحظه‌ای را به موتور وارد کنند. در ابتدای فعالیت، تلاش شد با استفاده از آمار خرابی‌های موجود در صنعت برق، ارتباط آماری مستقیمی میان بهره‌برداری چرخه‌ای و خرابی موتورهای بزرگ برقرار شود، اما به دلیل تعدد عوامل مؤثر بر خرابی تجهیزات و محدودیت داده‌های موجود، شواهد آماری کافی برای اثبات این ارتباط به دست نیامد. بهره‌برداری چرخه‌ای

<sup>1</sup> Cycling Operation

<sup>2</sup> Bus Transfer

<sup>3</sup> CIGRE Working Group A1.54

<sup>4</sup> Variable Speed Drives - VSDs

<sup>5</sup> Squirrel-Cage Induction Motor

شامل راه‌اندازی و توقف‌های مکرر، تغییرات بار و رویدادهای انتقال باس به عنوان یکی از حالت‌های بهره‌برداری انعطاف‌پذیر، می‌توانند در بلندمدت موجب افزایش فرسودگی اجزای موتور شوند.

### ۳. طرح انتقال باس

در این قسمت به بررسی تأثیر انتقال تغذیه بارهای موتوری از یک منبع به منبع دیگر به عنوان یکی از مسائل مهم این گزارش پرداخته می‌شود. این انتقال می‌تواند در شرایط عادی راه‌اندازی و خاموشی واحد و یا در شرایط اضطراری پس از وقوع خطا انجام شود. مطالعات نشان می‌دهد که انتقال‌های نامناسب می‌توانند جریان‌ها و گشتاورهای گذرای ایجاد کنند که چندین برابر مقادیر نامی موتور بوده و موجب کاهش عمر موتور و تجهیزات دوار شوند. در نیروگاه‌ها معمولاً موتورهای بزرگی مانند پمپ تغذیه بویلر، پمپ آب خنک‌کننده و ... به باس‌های با سطح ولتاژ فشار متوسط متصل هستند و قطع تغذیه آن‌ها می‌تواند موجب خروج واحد از مدار شود. به همین دلیل سیستم‌های انتقال باس طراحی می‌شوند. سیستم‌های انتقال باس در نیروگاه‌ها یک عملکرد ضروری برای حفظ تغذیه بارهای کمکی هستند، اما اگر اختلاف فاز، فرکانس یا ولتاژ بین منبع جدید و ولتاژ باقی‌مانده موتور به درستی کنترل نشود، می‌تواند جریان‌ها و گشتاورهای گذرای چندین برابر مقادیر نامی ایجاد کند و به مرور زمان موجب فرسودگی و کاهش عمر موتورهای بزرگ شود. استاندارد ANSI/NEMA C50.41 بیان می‌کند که موتورهای القایی در هنگام انتقال باس "خارج از فاز" قادر به ایجاد جریان‌ها و گشتاورهای گذرای در محدوده ۲ تا ۲۰ برابر مقادیر نامی هستند. این نیروهای گذرا علاوه بر سیم‌پیچ موتور و تجهیزات دیگر، بر بار مکانیکی نیز اثر می‌گذارند و بخشی از عمر مفید موتور را مصرف می‌کنند.

### ۱.۳. روش‌های انتقال باس موتوری

بر اساس استاندارد IEEE C37.96-2012، انتقال باس موتوری به دو دسته اصلی «انتقال بسته»<sup>۷</sup> و «انتقال باز»<sup>۸</sup> تقسیم می‌شود. در روش انتقال بسته، منبع جدید پیش از قطع منبع قبلی به باس موتوری متصل می‌شود و بنابراین انتقال بدون وقفه در تغذیه بارها انجام می‌گیرد. اجرای این روش مستلزم سنکرون بودن دو منبع از نظر ولتاژ، فرکانس و زاویه فاز است. از آنجا که در این روش دو منبع برای مدت کوتاهی به صورت موازی قرار می‌گیرند، باید تمهیدات مناسب حفاظتی برای جلوگیری از موازی شدن ناخواسته منابع و افزایش جریان‌های اتصال کوتاه در نظر گرفته شوند. به همین دلیل این روش معمولاً برای شرایط اضطراری و وقوع خطا مناسب نیست.

در روش انتقال باز، ابتدا منبع قبلی از مدار خارج شده و سپس منبع جدید به باس متصل می‌شود. مهم‌ترین روش‌های انتقال باز شامل انتقال سریع<sup>۹</sup>، انتقال هم‌فاز<sup>۱۰</sup> و انتقال مبتنی بر ولتاژ باقیمانده<sup>۱۱</sup> هستند. در روش‌های انتقال سریع و انتقال

<sup>6</sup> Out of Phase

<sup>7</sup> Closed Transition

<sup>8</sup> Open Transition

<sup>9</sup> Fast Transfer

<sup>10</sup> In-Phase Transfer

<sup>11</sup> Residual Voltage Transfer

هم‌فاز، زمان وصل منبع جدید به‌گونه‌ای انتخاب می‌شود که اختلاف زاویه فاز و اختلاف فرکانس بین موتورهای در حال چرخش و منبع جدید در محدوده مجاز قرار داشته باشد. این روش‌ها باعث حداقل شدن جریان‌ها و گشتاورهای گذرا، کاهش تنش‌های مکانیکی و عدم اختلال در فرآیند بهره‌برداری می‌شوند و به همین دلیل به‌عنوان گزینه‌های ارجح برای انتقال باس موتورهای شناخته می‌شوند. در مقابل، روش انتقال مبتنی بر ولتاژ باقیمانده تنها پس از رسیدن افت ولتاژ باس به حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد مقدار نامی عمل می‌کند و بدون توجه به اختلاف زاویه فاز یا فرکانس، منبع جدید را به مدار متصل می‌سازد. این روش اگرچه از نظر اجرایی ساده‌تر است، اما می‌تواند موجب ایجاد جریان‌های هجومی و گشتاورهای گذرای بسیار بزرگ شود. این تنش‌ها در طول زمان باعث خستگی مکانیکی، کاهش عمر موتور، آسیب به یاتاقان<sup>۱۲</sup>، گیربکس<sup>۱۳</sup> و همچنین تخریب تدریجی عایق سیم‌پیچ‌ها می‌شوند. از این رو در این گزارش توصیه شده است که در صورت امکان، روش‌های انتقال سریع و هم‌فاز جایگزین روش انتقال مبتنی بر ولتاژ باقیمانده شوند.

### ۲.۳. شاخص قابل قبول بودن انتقال باس

برای سال‌ها نامعادله‌ی شماره ۱، به‌عنوان شاخص قابل قبول بودن انتقال باس استفاده می‌شد. با این حال، نشان داده شد که این معیار صرفاً بر اساس ولتاژ، فرکانس و اختلاف فاز است و هیچ اطلاعاتی از رفتار دینامیکی واقعی موتور، به‌ویژه جریان و گشتاور گذرا ارائه نمی‌دهد؛ بنابراین نمی‌تواند شدت واقعی تنش مکانیکی وارد بر موتور را نشان دهد.

$$\frac{V_{bus}}{f_{slip}} \leq 1.33 \text{ pu} \quad (1)$$

که در آن:

ولتاژ باس موتوری (بر حسب پریونیت)  $V_{bus}$  و فرکانس لغزش (بر حسب هرتز)  $f_{slip}$  منطق نامعادله‌ی مذکور این بود که اگر ولتاژ باقیمانده زیاد باشد یا اختلاف فرکانس کم باشد، شرایط انتقال می‌تواند بحرانی شود. به همین دلیل، شاخص جدیدی به صورت ذیل تعریف شد:

$$\text{نسبت گشتاور} = \frac{T_{PK}}{T_L} \quad (2)$$

که در آن:

$T_L$  = گشتاور حالت دائم قبل از انتقال و  $T_{PK}$  = بیشینه گشتاور گذرا حین انتقال  
برای ارزیابی این شاخص، ۳۶ داده واقعی از انتقال‌های باز در نیروگاه‌ها و صنایع مختلف بررسی شدند. نتایج نشان داد در برخی انتقال‌های مبتنی بر ولتاژ باقیمانده، مقدار نسبت گشتاور تا حدود ۱۱ تا ۱۴ برابر گشتاور بار افزایش یافته است، در حالی که همان موارد همچنان معیار سنتی  $V/f$  را نیز برآورده می‌کردند.

<sup>12</sup> Bearing

<sup>13</sup> Gearbox

نتیجه اصلی بررسی آن است که نسبت گشتاور<sup>۱۴</sup>، شاخص دقیق‌تر و قابل‌اعتمادتر برای ارزیابی شدت واقعی تنش در انتقال باس نسبت به معیار  $V/f$  محسوب می‌شود.

#### ۴. روش‌های راه‌اندازی موتورهای بزرگ

در نیروگاه‌ها برای راه‌اندازی موتورهای بزرگ از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که هر یک تأثیر متفاوتی بر جریان راه‌اندازی، گشتاور و میزان تنش وارد بر موتور دارند.

۱.۴. **راه‌اندازی مستقیم**<sup>۱۵</sup>: ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش است که در آن ولتاژ کامل شبکه به موتور اعمال می‌شود. این روش باعث ایجاد جریان هجومی و گشتاور راه‌اندازی بالا شده و بیشترین تنش الکتریکی و مکانیکی را به موتور وارد می‌کند.

۲.۴. **راه‌اندازی ستاره - مثلث**<sup>۱۶</sup>: در ابتدا سیم‌پیچ‌ها به صورت ستاره متصل شده و پس از افزایش سرعت موتور به اتصال مثلث تغییر می‌یابند. در این روش، جریان و گشتاور راه‌اندازی حدود یک‌سوم روش راه‌اندازی مستقیم است، اما در لحظه تغییر اتصال، جریان‌ها و تنش‌های گذرای قابل توجهی ایجاد می‌شوند.

۳.۴. **راه‌اندازی با مقاومت خارجی روتور**<sup>۱۷</sup>: در موتورهای روتور سیم‌پیچی شده، مقاومت خارجی در مدار روتور قرار می‌گیرد که باعث کاهش جریان راه‌اندازی و افزایش گشتاور می‌شود. با وجود عملکرد مناسب، این روش به دلیل پیچیدگی بیشتر و نیاز به نگهداری بالاتر، هزینه بالاتری دارد.

۴.۴. **راه‌اندازی نرم الکترونیکی**<sup>۱۸</sup>: با کنترل تدریجی ولتاژ و یا فرکانس، جریان و گشتاور راه‌اندازی به‌طور مؤثری محدود می‌شوند. این روش بهترین گزینه برای کاهش اثرات مخرب راه‌اندازی و توقف‌های مکرر در نیروگاه‌های دارای بهره‌برداری چرخه‌ای محسوب می‌شود، هرچند هزینه اولیه آن نسبتاً زیاد است. بر اساس گزارش‌های به دست آمده، این روش در کاهش اثرات مخرب ناشی از راه‌اندازی و توقف‌های مکرر، به ویژه در بهره‌برداری انعطاف‌پذیر نیروگاه‌ها، از بالاترین اثربخشی برخوردار است.

۵.۴. **راه‌اندازی کورندورفر**<sup>۱۹</sup>: در این روش از اتوترانسفورماتور برای اعمال ولتاژ کاهش‌یافته در هنگام راه‌اندازی استفاده می‌شود. این روش مشابه روش ستاره-مثلث است، اما انعطاف‌پذیری بیشتری در انتخاب ولتاژ راه‌اندازی داشته و تنش‌های ناشی از تغییر اتصال را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، در این روش تنها به دو کلید سه‌فاز نیاز است، در حالی که در روش ستاره-مثلث استفاده از سه کلید سه‌فاز ضروری است. به همین دلیل، این روش به‌ویژه برای موتورهای بزرگ ولتاژ بالا به کار می‌رود؛ جایی که راه‌اندازی مستقیم به دلیل جریان راه‌اندازی بسیار زیاد امکان‌پذیر نیست. عدم کنترل پیوسته جریان و گشتاور، حجم و وزن بالا و نیز استهلاک کنتاکتورها از معایب این روش است.

<sup>14</sup> Torque Ratio

<sup>15</sup> Direct On-Line (DOL) Starting

<sup>16</sup> Start/Delta Starting

<sup>17</sup> External Motor Resistance Starting

<sup>18</sup> Electronic Soft Starting

<sup>19</sup> Korndorfer starting

## ۵. اثرات ناشی از بهره‌برداری چرخه‌ای موتور

### ۱.۵. اثر حرارتی

مشابه اثرات مشاهده‌شده در ژنراتورها، بهره‌برداری چرخه‌ای می‌تواند شل‌شدگی هسته استاتور<sup>۲۰</sup> به دلیل انقباض و انقباض حرارتی را ایجاد نماید (شکل ۱). نواحی انتهایی هسته به‌ویژه در برابر این پدیده آسیب‌پذیر هستند. حرکت نسبی بین هسته و سیم‌پیچ یا میله‌های قفس می‌تواند منجر به اتصال‌های بین لایه‌ای<sup>۲۱</sup> و افزایش موضعی دما شود. شل‌شدگی هسته همچنین ممکن است باعث شل‌شدن هادی‌های سیم‌پیچ گردد.



شکل ۱- نمونه‌ای از شل‌شدگی و سایش در ناحیه انتهایی هسته روتور

در بخش سرکویل<sup>۲۲</sup> سیم‌پیچ استاتور، تکرار انقباض و انقباض حرارتی در اثر راه‌اندازی/توقف می‌تواند سبب شل‌شدن سیستم مهار سرکویل شود. این موضوع ممکن است در ادامه موجب سایش و آسیب به عایق سیم‌پیچ و در نهایت به خطاهای اتصال کوتاه در ناحیه سرکویل منجر شود. در زمان راه‌اندازی، موتور معمولاً جریانی در حدود ۶ برابر جریان نامی را تجربه می‌کند. در شرایط انتقال باس، همان‌طور که پیشتر توضیح داده شد، بسته به نوع آرایش انتقال، جریان‌های موتور می‌توانند حتی از جریان راه‌اندازی نیز بیشتر شوند. حرارت تولیدشده توسط این جریان‌ها اثر پیرشدگی حرارتی بر اجزای موتور دارد. به دلیل اثرات پوستی و شرایط خنک‌کاری، انقباض حرارتی قفس روتور ممکن است به‌صورت یکنواخت توزیع نشود. اثر پوستی باعث می‌شود جریان راه‌اندازی بیشتر در نزدیکی فاصله هوایی ماشین متمرکز شود و این موضوع می‌تواند باعث ایجاد خمش و تغییر شکل در قفس روتور گردد.

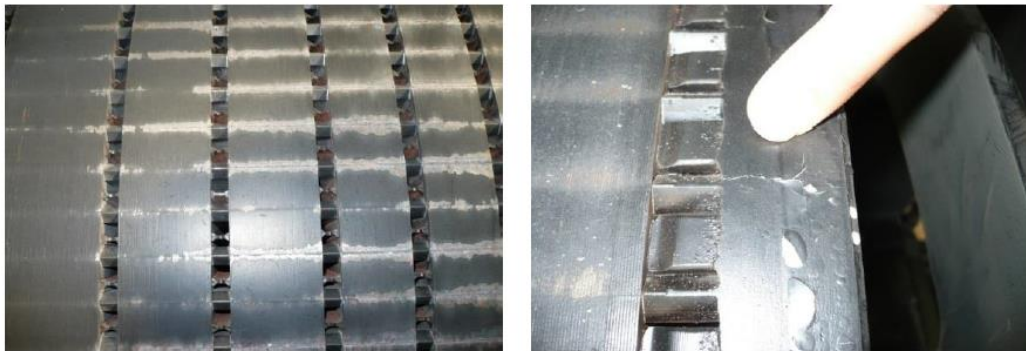
<sup>20</sup> Stator Core Looseness

<sup>21</sup> Inter-Lamination Shorts

<sup>22</sup> Overhang

## ۲.۵. اثر مکانیکی

شف‌ت روتور در زمان راه‌اندازی و خاموش شدن تحت سطوح بالایی از تنش‌های مکانیکی قرار می‌گیرد. بهره‌برداری به‌صورت استارت/استاپ، باعث افزایش خستگی کم‌چرخه<sup>۲۳</sup> در شف‌ت می‌شود. شکل ۲، نمونه‌ای از خستگی مکانیکی در قفس‌های سنجابی روتور را نشان می‌دهد که ناشی از نیروهای چرخشی در هنگام راه‌اندازی و توقف موتور است. در این مورد، ترک‌های سطحی گسترده در امتداد خطوط مرکزی تمامی میله‌های روتور مشاهده شده که بیشترین شدت آن در ناحیه میانی روتور بوده است. علت محتمل این آسیب، طراحی نامناسب ورق‌های هسته روتور در مواجهه با تنش‌های مکانیکی حین بهره‌برداری بوده که منجر به تجاوز تنش از حد تسلیم ماده شده است. در زمان راه‌اندازی موتور، تنش اضافی در ناحیه گلوگاهی ورق‌های هسته<sup>۲۴</sup> به دلیل اختلاف انبساط حرارتی بین میله روتور و ورق‌های هسته ایجاد می‌شود که این موضوع در شروع ترک‌خوردگی در امتداد خطوط مرکزی میله‌های روتور نقش داشته است.



شکل ۲- خستگی مکانیکی در رتور قفس‌های سنجابی

## ۳.۵. اثر عایقی

گذراهای مکرر ناشی از عملیات کلیدزنی کلید قدرت در هنگام راه‌اندازی، به طور ویژه در شرایط راه‌اندازی مستقیم باعث ایجاد تنش ولتاژ بین دوری<sup>۲۵</sup> در دورهایی از سیم‌پیچ می‌شود که در نزدیکی ترمینال سمت خط قرار دارند. این اثر با پیشروی پالس گذرا در طول سیم‌پیچ کاهش می‌یابد. نیروهای الکترومغناطیسی وارد بر سبد سرکویل در هنگام راه‌اندازی نیز می‌توانند تنش‌های مکانیکی بالایی به سیستم‌های نگهدارنده سرکویل و عایق موتور وارد کنند و در نهایت منجر به خرابی زودرس شوند. عایق بین دوری در طراحی‌های چنددوری به‌ویژه در برابر گذراهای کلیدزنی و تغییر شکل ناشی از نیروهای الکترومغناطیسی حین راه‌اندازی آسیب‌پذیر است. بنابراین استفاده از روش‌های کاهش تنش مانند حفاظت مناسب در برابر اضافه‌ولتاژ در تابلوهای کلیدزنی ممکن است ضروری باشد. در زمان راه‌اندازی، نیروهای چرخه‌ای بالا بر قفس روتور و میله‌های استاتور می‌توانند در صورت عدم مهار مناسب، باعث لرزش این اجزا در شیارهای مربوطه شوند. اجزای شل‌شده

<sup>23</sup> Low Cycle Fatigue

<sup>24</sup> Lamination Neck Region

<sup>25</sup> Turn-to-Turn Voltage Stress

به سرعت در اثر ارتعاش در زمان راه‌اندازی و بهره‌برداری تخریب می‌شوند. ارتعاش و حرکت مکرر هادی‌ها در شیارها می‌توانند باعث آسیب به عایق‌ها، سایش قطعات و ایجاد جرقه‌های موضعی شوند. از این‌رو در موتورهایی که تعداد راه‌اندازی بالایی دارند، استفاده از سیستم‌های مناسب برای مهار و تثبیت هادی‌ها در شیارها ضروری است.

## ۶. جمع‌بندی

بهره‌برداری چرخه‌ای نیروگاه‌ها، شامل راه‌اندازی و توقف‌های مکرر، تغییرات بار و رویدادهای انتقال باس، نسبت به بهره‌برداری بار پایه<sup>۲۶</sup>، شرایط کاری سخت‌تری برای موتورهای بزرگ ایجاد می‌کند و موجب افزایش تنش‌های حرارتی، مکانیکی و الکترومغناطیسی در اجزای مختلف موتور می‌شود. در بسیاری از نیروگاه‌ها، آرایش‌های انتقال باس به گونه‌ای طراحی شده‌اند که بارهای کمکی در شرایط برنامه‌ریزی‌شده یا اضطراری بین منابع تغذیه جایگزین، جابه‌جا شوند. اثرات انتقال باس بر عملکرد و طول عمر موتورهای بزرگ در بسیاری از نیروگاه‌ها کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد، اما با طراحی مناسب و اتخاذ تصمیم‌های سرمایه‌گذاری مبتنی بر ارزیابی ریسک می‌توان آثار نامطلوب آن را کنترل و مدیریت کرد. همچنین، محدود کردن اثرات ناشی از راه‌اندازی موتور از طریق انتخاب صحیح تجهیزات راه‌اندازی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای کاهش خطر خرابی موتور ناشی از راه‌اندازی و توقف‌های مکرر و نیز شرایط انتقال باس، می‌توان اقدامات مختلفی را به کار گرفت. دستیابی به بهترین راهکار مهندسی و در عین حال اقتصادی‌ترین راه‌حل، زمانی امکان‌پذیر است که نحوه بهره‌برداری موتورها از همان مرحله طراحی به خوبی شناخته شده باشد و طراحی کلی نیروگاه و موتور با در نظر گرفتن بهره‌برداری چرخه‌ای انجام شود. در دوره بهره‌برداری نیروگاه نیز رژیم کاری تجهیزات باید در نحوه مدیریت برنامه‌های نگهداری و تعمیرات و همچنین راهبرد تأمین قطعات یدکی لحاظ شود.

کمیته مطالعاتی ماشین‌های الکتریکی دوار و تولید برق SC A1  
سیگره ایران



تیرماه ۱۴۰۵

مرجع اصلی: CIGRE Electra No. 326 - دسترسی به مراجع از طریق سایت <https://www.e-cigre.org>

تهیه کننده: آقای مهندس حسین زمان‌پور ابیانه - شرکت موننکو ایران و دبیر کمیته مطالعاتی متناظر A1

برای کسب اطلاعات تکمیلی با دبیرخانه سیگره ایران تماس بگیرید.

این گزارش شامل خلاصه‌ای برای معرفی یکی از بروشورهای فنی منتشر شده توسط سیگره بین الملل و منبع معرفی آن، مجله الکتر می‌باشد.

Electra, reprinted/translated with permission from CIGRE, © 2026

<sup>26</sup> Base Load

| کمیته های مطالعاتی<br>سیگره بین الملل | کمیته های مطالعاتی متناظر<br>سیگره ایران |
|---------------------------------------|------------------------------------------|
|---------------------------------------|------------------------------------------|

|                                                                 |                                             |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>Group A – Equipment</b>                                      |                                             |
| A1 Power Generation and Electromechanical Energy Conversion     | ماشین های الکتریکی دوار و تولید برق         |
| A2 Power transformers and reactors                              | ترانسفورماتورها و راکتورها                  |
| A3 Transmission and distribution equipment                      | تجهیزات انتقال و توزیع                      |
| <b>Group B – Technologies</b>                                   |                                             |
| B1 Insulated cables                                             | کابل های عایق شده                           |
| B2 Overhead lines                                               | خطوط انتقال هوایی برق                       |
| B3 Substations and electrical installations                     | پست های فشار قوی                            |
| B4 DC systems and power electronics                             | سیستم های DC و الکترونیک قدرت               |
| B5 Protection and automation                                    | حفاظت و اتوماسیون                           |
| <b>Group C – Systems</b>                                        |                                             |
| C1 Power system development and economics                       | توسعه سیستم قدرت و جنبه های اقتصادی         |
| C2 Power system operation and control                           | سیستم بهره برداری و کنترل                   |
| C3 Power System Sustainability and Environmental Performance    | پایداری و عملکرد زیست محیطی سیستم های قدرت  |
| C4 Power system technical performance                           | عملکرد فنی سیستم های قدرت                   |
| C5 Electricity markets and regulation                           | بازار برق و تنظیم گری                       |
| C6 Active distribution systems and distributed energy resources | شبکه های توزیع فعال و منابع انرژی توزیع شده |
| <b>Group D – New Materials and IT</b>                           |                                             |
| D1 Materials and emerging test techniques                       | مواد و روش های نوین آزمون                   |
| D2 Information Systems Telecommunications and Cybersecurity     | مخابرات و فناوری اطلاعات                    |



با ما در ارتباط باشید:



دبیرخانه سیگره ایران:  
تهران - خیابان ولیعصر - بالاتر از میدان ونک - خیابان عطار - پلاک ۱۲ - شرکت موننکو ایران  
شماره تماس: ۰۲۱-۸۱۹۶۷۰۱۶ ایمیل: [cigre@monencogroup.com](mailto:cigre@monencogroup.com) وب سایت: [www.cigreiran.com](http://www.cigreiran.com)