

## تحقیقات بر روی شبکه هوشمند در چین

### چکیده

شبکه هوشمند، در اصل توسعه یافته سیستم کنونی در آینده است. در این مقاله، ابتدا پیش‌زمینه شبکه هوشمند، معنای آن و همچنین ساختار و مفهوم آن ارائه می‌گردد. نمودار نمونه شبکه هوشمند نیز نشان داده شده است. سپس، توسعه‌های انجام یافته در ایالات متحده آمریکا و اروپا شرح داده شده است. ایده‌های توسعه و روند آتی این کشورها خلاصه شده و در مقایسه با یکدیگر نمایش داده شده است. علاوه بر این، نیروی محرکه شبکه هوشمند در چین مورد بررسی قرار گرفته است. با مقدمه‌ای مفصل بر پروژه‌های مرتبط با چین، رابطه بین شبکه برق و شبکه هوشمند مورد بحث قرار گرفته است. در نهایت، نقش بالقوه شبکه هوشمند در توسعه آتی شبکه هوشمند چین مشخص شده است.

**کلمات کلیدی:** شبکه هوشمند، شبکه برق UHV، برنامه‌ریزی، مدیریت عملیات.

### 1. مقدمه

با ارتقا نوسازی اقتصاد جهان، قیمت نفت در روندی رو به بالا قرار دارد. همچنین کمبود عرضه انرژی در جهان، قابل توجه است و فشارهای فزاینده‌ای بر منابع و محیط زیست و تلفات قدرت دارد. تمام این موارد به دلیل بهره‌وری پایین شبکه برق جاری است. با توجه به نیازهای در حال رشد به انرژی و همچنین افزایش نیاز به قابلیت اطمینان و کیفیت نیز احساس می‌شود. در حال حاضر، داشتن اعتماد بالا به منابع انرژی به رویایی با چالش‌های بی‌سابقه و

فرصت‌ها تبدیل شده است. بنابراین، یک نوع جدیدی از سیستم قدرت در محیط زیست، اقتصاد و کارایی و سرمایه‌گذاری، ایمنی، قابلیت اطمینان و انعطاف‌پذیری به عنوان هدفی احساس می‌شود.

با این حال، ظهور زیرساخت اندازه‌گیری هوشمند پیشرفته و استفاده گسترده از اینترنت، فرآیند استفاده از انرژی را بهبود و تسریع بخشیده است [1]. از سال 1990، با افزایش استفاده از تولید قدرت پراکنده، تقاضاها و نیازمندی‌های بیشتری برای شبکه برق ارائه شده است [2]، [3]. برای یافتن یک راه‌حل بهینه برای این مسائل، شرکت‌های برق باید به فکر اتخاذ فناوری‌های جدید و استخراج پتانسیل‌های موجود در سیستم قدرت و بهبود کارایی آن باشند. نظرات توافق شده توسط کارشناسان و دانشمندان از کشورهای مختلف نشان دهنده قدرت آینده شبکه هوشمند برای پاسخگویی به نیازهای مختلف تولید انرژی و خواسته‌های افزایشی برای معامله قدرت بین مشتریان و یا تولیدکنندگان است. همه این موارد برای توسعه شبکه هوشمند در آینده ضروری و مهم است.

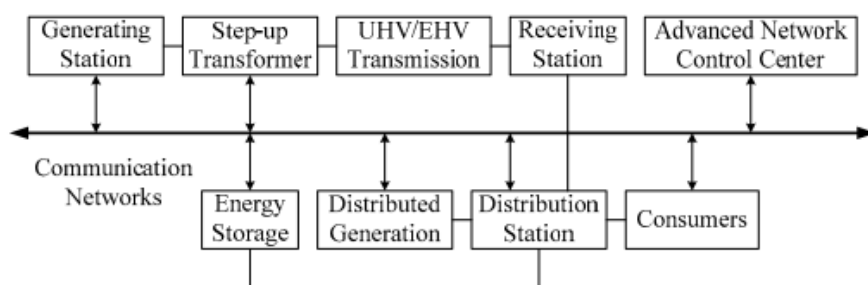
این مقاله بر روی وضعیت توسعه شبکه هوشمند، آنالیز نیروی محرکه شبکه هوشمند و معرفی پروژه‌های فعلی در چین تمرکز کرده است. همچنین رابطه بین شبکه برق UHV و شبکه هوشمند بررسی شده است. سپس اهمیت و چشم‌انداز شبکه هوشمند در آینده بررسی شده است. یک مسیر جدید برای توسعه شبکه هوشمند در چین ارائه و بررسی شده است.

## 2. مفهوم شبکه هوشمند

شبکه هوشمند یک فرایند توسعه تدریجی با نوآوری تکنولوژیکی و صرفه‌جویی در مدیریت و مصرف انرژی است. مردم باید درک مناسبی از شبکه هوشمند داشته باشند و این درک باید توسط شرکت‌های فناوری، شرکت‌های مشاوره، قدرت عمومی شرکت‌ها و یا شرکت‌های تولید برق ارائه گردد. از اوایل ظهور ابزارهای اندازه‌گیری هوشمند، انتقال و توزیع در شبکه برق هوشمند ارائه شده است [4]. در سال 2006، US IBM، یک روش مبتنی بر "شبکه هوشمند" ارائه کرد. این یک مفهوم نسبتاً کامل برای تولید جریان در شبکه هوشمند است [5].

همان طور که در شکل 1 نشان داده شده است، یک شبکه هوشمند اساساً روی یک شبکه قدرت فیزیکی با یک سیستم اطلاعاتی قرار دارد که تجهیزات متنوع و دارایی‌هایی را با سنسورها لینک می‌کند تا یک پلتفرم خدماتی برای مشتریان تشکیل دهد. این پلتفرم اجازه می‌دهد تا آب و برق مصرف‌کنندگان به طور مداوم نظارت شده و میزان مصرف برق آنان تنظیم گردد. مدیریت بهره‌برداری، هوشمندانه شده و تجزیه و تحلیل دینامیکی سمت کاربر و سمت تقاضا، بهبود می‌یابد. بنابراین بازده سرمایه‌گذاری با توجه به محدودیت‌های طراحی تنگ‌تر شده و استفاده از دارایی‌های شبکه بهبود می‌یابد.

در مقایسه با شبکه‌های سنتی، شبکه هوشمند شامل سیستم ارتباطی یکپارچه، سنجش پیشرفته، ابزار اندازه‌گیری، زیرساخت اندازه‌گیری و پشتیبان با رابط انسانی است.



شکل 1. دیاگرام مفهومی شبکه هوشمند

#### A. مقایسه تحقیقات منطقه‌ای شبکه هوشمند بین اروپا و ایالات متحده

در ایالات متحده طی سال‌های اخیر، چندین پروژه بزرگ در زمینه شبکه هوشمند ارائه شده است. از آنجا که صنعت برق، توجه زیادی را در طی سال‌های اخیر به خود جلب کرده است. کیفیت توان و قابلیت اطمینان نیز اهمیت فراوانی یافته است تا بتوان برای مشتریان امکان بهره‌برداری از انرژی برق را به صورت بهینه‌تری انجام داد. تقاضاهای روزافزون امنیت ملی و سیاست حفاظت از محیط زیست در ایالات متحده آمریکا منجر به این شده است که استانداردهایی برای مدیریت و زیرساخت شبکه برق ساخته شود [6]. در همان زمان، در طی سال‌های اخیر، تحقیقات و فناوری‌های فراوانی برای بهبود قابلیت اطمینان و کارایی شبکه‌ها انجام شده است. هدف از اجرای قابلیت اطمینان، افزایش کارایی و تشویق

حضور افراد به استفاده از این انرژی‌های هوشمند می‌باشد. بنابراین ظهور کابل‌های ابررسانا توانست دولت اواما را مجاب کند تا در زمینه شبکه هوشمند سرمایه‌گذاری بیشتری انجام دهد.

به طور مشابه، کاربران قدرت‌های اروپایی نیز برای افزایش نیاز به الزامات استفاده از برق و قدرت با کیفیت بالا را احساس نمودند [7]. از آنجا که توجه شدید به حفاظت از محیط زیست، در مقایسه با ساخت و ساز کنونی شبکه برق در ایالات متحده اروپایی، نگرانی بیشتری را در مورد ساخت انرژی‌های تجدیدپذیر و تأثیر آن بر حیات وحش و همچنین نظارت در زمان واقعی ایجاد کرده است. در مورد به تحقق بخشیدن تمامی موارد مطرح شده برای آینده صنعت برق هوشمند، حصول اطمینان از دسترسی انعطاف‌پذیر و تعامل کاربر با ابزارهای تولیدکننده و توزیع‌کننده انرژی برق به صورت هوشمند لازم و ضروری است. در اروپا و ایالات متحده آمریکا، شایع‌ترین مسیر توسعه شبکه، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و تولید انرژی از چنین منابعی است. با این حال، شبکه هوشمند با توجه به وضعیت خاص خود و همچنین نیاز به تناسب ویژگی‌های آن با نیازهای کاربر، به عنوان یکی از مشکلات اصلی تمامی کشورها مطرح شده است.

## **B. نیروی محرکه شبکه هوشمند در چین**

نیروی محرکه برای ساخت و ساز شبکه هوشمند را می‌توان به بازار، شرایط ایمنی، کیفیت قدرت ربط داد. صنعت برق چینی‌ها نیز با وضعیتی مشابه اروپایی‌ها و ایالات متحده مواجه هستند:

در سطح اصلاحات بازار، شبکه‌های ملی و واحد ملی در بازار به طور کامل نقش دارند. در گسترده ملی، مبادلات قدرت بسیار موثر است. در واقع این نوع مبادلات بیشتر در قالب مناقصات آنلاین انجام می‌شوند. روش معامله در بازارهای قدرت در چین، به شدت در حال توسعه است و تقاضاهای بازار و عرضه دارای تعاملات مکرری هستند. به منظور جذب کاربران بیشتر برای پیوستن به رقابت موجود در بازار و بهبود و تقویت تعامل با کاربران به ارائه محصولات بیشتر برای انتخاب کاربران پرداخته است.

در سطح سیاست‌های کلان، صنعت برق نیاز به الزامات اولیه صرفه‌جویی در منابع محیط زیست و ساخت و ساز جامعه، انطباق با تغییرات آب و هوا و توسعه پایدار دارد.

با توجه به شبکه برق چین، هنوز این شبکه برق از نظر هوشمندی دارای ستون فقرات مناسبی نمی‌باشد و به اندازه کافی در برابر شرایط گسل متعدد قوی نیست. بخش ستون فقرات شبکه برق، دارای یک سطح ثبات پایین است و دارای انعطاف پایین‌تری در برابر سایر عملیات سیستم است. در اوایل سال 2008 که منجر به قطع برق در منطقه‌ای بزرگ از چین شد، شبکه برق این کشور با مشکل اساسی روبرو شده و در حال حاضر نیز نیاز به محافظت قوی و پیشرفته دارد. علاوه بر این، عدم توزیع قدرت به صورت هوشمند، منجر به کمبود فصلی برق در برخی از مناطق و یا مازاد آن در برخی مناطق دیگر شده است. در حالت کلی تعامل درستی بین این بخش‌ها برای مصرف برق صورت نمی‌گیرد.

هنوز هم چالش‌هایی برای بهبود اوضاع و بهره‌وری بیشتر از سرمایه‌گذاری و ساخت و ساز انجام شده و چگونگی استفاده امن و قابل اطمینان از عملیات شبکه برق ایجاد شده است. به منظور بهبود نگهداری از سیستم قدرت و ارتقا کیفیت خدمات کاربران، بهبود بخش مدیریتی شبکه برق در چین احساس می‌شود. برای این مسائل، شبکه برق هوشمند یک راه‌حل کاملاً ایده آل است.

### C. فعالیت‌های تحقیقاتی کنونی در چین

در سال 2006، آی بی ام، راهنمایی را برای استقرار هوشمند شبکه برق و نوآوری در مدیریت آن و همچنین مواد و روش‌های موجود برای ایجاد و نگهداری آن منتشر کرد. ایجادکنندگان فرصت و چالش در شبکه برق در چین، دستورالعمل‌هایی را برای بهبود بهره‌وری از سرمایه‌گذاری، ثبات شبکه برق و ثبات خدمات شرکت‌ها و همچنین مدیریت ساخت و ساز در شبکه برق هوشمند را ارائه کرده‌اند.

اگر چه، IBM طیف وسیعی از چالش‌ها را بررسی کرده و طیف وسیعی از راه‌حل‌ها را برای بهبود مصرف انرژی (SAFT) برای شرکت‌های برق در چین و در شبکه برق هوشمند ارائه کرده است. SAFT شامل چندین بخش است: اول، بهبود

سطح دیجیتال با اتصال تجهیزات به سنسورها و دوم ایجاد داده‌های جمع‌آوری شده و یکپارچه‌سازی سیستم و سوم، تجزیه و تحلیل مواد و روش‌ها. SAFT عامل پیشرفت بهینه و مدیریت بر تجزیه و تحلیل بر اساس اطلاعات است [5]. در اکتبر سال 2007، در شرق چین، یک شرکت برق، در حوزه پژوهشی فعالیت کرده و شبکه برق هوشمند را ایجاد نمود. این پروژه تحقیقاتی نه تنها با پیشرفت شرکت همراه بود، بلکه امکاناتی را نیاز داشت که وضعیت فعلی و آینده صنعت برق را دگرگون می‌کرد. نتیجه این بود که بر اساس تجهیزات مورد نیاز و نوآوری ایجاد شده توسط آن شرکت در مصرف تکنولوژی، شبکه برق هوشمند در کشور چین راه‌اندازی شد. شبکه برق این شرکت، به دنبال تغییر سریع خدمات و همچنین افزایش کیفیت خدمات بود. یک استراتژی سه مرحله‌ای برای تولید برق هوشمند در سال 2010 توسط یک مرکز شبکه هوشمند ارائه گردید و در طی سال 2020 با توانایی ساخت شبکه برق به پایان رسید. سپس این پروژه و استراتژی‌ها تا سال 2030 عملی گردیدند [8].

در 28 فوریه سال 2009، شبکه برق هوشمند در سه بخش دفاع، امنیتی و بخش کنترل دولتی ایجاد شد. پذیرش این نوع شبکه در پکن، باعث پایداری استفاده از آن و اطمینان به آن گردید. سیستم یکپارچه استفاده شده در این بخش‌ها شامل: سیستم مدیریت برق، شبکه برق پویا و سیستم مانیتورینگ و سیستم هشدار دهنده و سیستم تحلیل پایداری شبکه می‌باشد. اپراتور موجود در چنین سیستمی توانایی دسترسی کامل به کل شبکه و وضعیت عملیاتی سیستم و کمک در تصمیم‌گیری را دارد. علاوه بر این، این سیستم می‌تواند به طور موثر باعث بهبود استاندارد مدیریت و سطح جریان در نیروگاه‌های برق و ایجاد پلتفرمی برای مدیریت و بررسی کیفیت گردد.

توسعه پژوهش در شبکه برق هوشمند در کشور چین، باعث شد تا این کشور، قدرت و توانایی ایجاد و راه‌اندازی شبکه برق هوشمند را به دست گیرد. انجام تحقیقات فراوان در این زمینه نیز موجب توسعه فناوری و استفاده از تجهیزات پیشرفته در کشورهای دیگر شد.

### 3. چشم‌انداز شبکه هوشمند در چین

به منظور حل مشکلات توزیع و عدم تعادل در منابع تولید و بار در شبکه برق، انتقال ظرفیت افزایش یافته و ظرفیت سیستم‌های انتقالی قدرت نیز افزایش یافت. شبکه‌های انتقال قدرت در مقیاس بزرگ از غرب و شمال چین تا وسط و شرق چین کشیده شده است و باعث کاهش فشار انتقال و حفاظت از محیط زیست می‌گردد. علاوه بر این، این امر می‌تواند موجب تبدیل چالش به فرصت شده و همچنین موجب تحقق بخشیدن و پیشرفت در توسعه اقتصاد کشور گردد. سیستم سیاست چین نیز توانست محیط اقتصادی و مدیریتی را بهبود بخشد تا مناسب استقبال از شبکه برق هوشمند باشند. در ژانویه 2009، اولین خط تولید قدرت UHV در چین به اتمام رسیده و مورد بهره‌برداری قرار گرفت. شبکه برق UHV در ایالات متحده، توانست موجب افزایش تولید و پراکندگی قدرت گردد. چین، به عنوان نماینده در ایالات متحده حاضر شده و روند توسعه شبکه برق هوشمند را بررسی کرد. اگرچه در این حین شبکه‌های برق هوشمند بزرگ‌تری در سایر بخش‌ها و کشورها ایجاد شدند، اما به نوعی شبیه به شبکه ایجاد شده و در حالت کلی معرفی شده توسط کشور چین بودند. همچنین کشور چین توانست، ابزاری برای کنترل قدرت‌های بزرگ در شبکه ایجاد نماید که موجب ثبات انرژی در شبکه برق می‌شد. خودترمیمی و قابلیت اطمینان بالا نیز از ویژگی‌های این شبکه هوشمند می‌باشد.

مطابق با پیش‌شرط‌ها و پس‌زمینه‌های UHV توسعه برق در چین، جنبه‌هایی وجود دارند که باید مورد بررسی قرار گیرند و عبارت‌اند از:

- برنامه‌ریزی هوشمند: شبکه برق باید خود ترمیم و هوشمند باشد. توانایی برنامه‌ریزی شبکه برق و بهینه‌سازی استفاده از آن را داشته باشد. بنابراین باید توانایی دریافت برنامه‌ریزی را در شبکه برق داشته باشد. بیش‌ترین چیزی که مهم است، تغییر مفاهیم و روش‌های برنامه‌ریزی قدرت و تبدیل نمونه سنتی به نمونه پیشرفته کنونی است. از جمله تغییر ابزارهای اندازه‌گیری مستقر در ساختمان‌ها و ایستگاه‌های برق و همچنین ابزارهای مدیریت و کنترل مستقر در بخش توزیع منابع و ایستگاه‌های برق.

• عملیات هوشمند: الگوی در حال توسعه کنترل شبکه برق باهدف افزایش کنترل و تسلط بر قدرت‌های بزرگ نیز باید وجود داشته باشد. آینده شبکه برق هوشمند باید با یک هماهنگ‌کننده مرکزی همراه بوده و دارای توانایی بهبود عملکرد سیستم باشد. سیستم EMS، برای پیگیری ارتباطات و نظارت بر شبکه برق ساخته شده است. از طریق فرآیند تدریجی پیاده‌سازی امنیت پویا و سیستم قدرت پردازشی، می‌توان کنترل پویایی بر روی مصرف انرژی در شبکه برق داشت. در نهایت برای بهبود حفاظت از سیستم قدرت، ثبات و امنیت بالاتر، بهره‌گیری از عملیات هوشمند لازم و ضروری می‌باشد.

• مدیریت هوشمند: الگوی مدیریت در قدرت، یک سیر عمودی از تولید انرژی تا توزیع و سپس مدیریت عملکرد پردازشی دارد.

#### **4. نتیجه‌گیری**

شبکه هوشمند به یک نقطه داغ در سیستم برق امروزی تبدیل شده است. همچنین به عنوان یکی از نوآوری‌های فناوری و علمی در قرن 21 مطرح است. بسیاری از کشورها در جهان درگیر این چالش هستند و پروژه‌های تظاهراتی بسیاری را مطرح کرده‌اند. همچنین، پژوهش‌های تجربی و نظری در شبکه هوشمند اهمیت ویژه‌ای یافته است. مبادلات بین‌المللی تا حد زیادی توزیع و ترویج شده است. از آنجا که توزیع برق در چین بسیار نابرابر بوده است، باید راه‌کاری برای تبادل و تعاملات برای مبادله انرژی وجود داشته باشد. توسعه ویژگی‌های شبکه قدرت همچنان به عنوان یک مسئله در کشورهای مختلف مطرح است و جای کار دارد.



## REFERENCES

- [1] David G. Hart, " Using AMI to Realize the Smart Grid," in Proc. 2008 IEEE Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, pp. 1-2.
- [2] S. Massoud Amin and B.F. Wollenberg, "Toward a Smart Grid: power delivery for the 21st century," IEEE Power and Energy Magazine, Vol. 3, No. 5 Sept.-Oct. 2005, pp. 34-41.
- [3] D. Divan and H. Johal, "A Smarter Grid for Improving System Reliability and Asset Utilization," Power Electronics and Motion Control Conference, August, 2006.
- [4] Tai, H. and Hogain, E.O., "Behind the buzz [In My View]," IEEE Trans. Power and Energy Magazine, vol. 7, pp. 96 - 92, Mar.-Apr. 2009.
- [5] Fujie Sun, Ming Lei and Chengbin Yang, "Establishing Smart Power Grid and Innovating Management Methods— A New Thought of the Development of Electric in China," IBM Corp, [Online]. Available: <http://www-900.ibm.com/cn/services/bcs/iibv/industry/utilities.shtml>.
- [6] Richard E. Brown, " Impact of Smart Grid on distribution system design," in Proc. 2008 IEEE Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, pp. 1-4.
- [7] European Commission, Directorate-General for Research, "Draft - Strategic Deployment Document for Europe's Electricity Networks of the future", 2008
- [8] Junqing Shuai, λ Aiming at the forefront and Establishing Smart Grid, T State Grid, issue 2, pp.54-57, 2008.