

## پتانسیل سنجی مسیرهای بالقوه برای انتقال توان با ظرفیت بالا به منظور توسعه صادرات برق ایران

فتاح حسن‌زاده - همایون برهمندپور

پژوهشگاه نیرو - تهران ایران

[Fatahhasanzadeh1@gmail.com](mailto:Fatahhasanzadeh1@gmail.com) - [hberahmandpour@nri.ac.ir](mailto:hberahmandpour@nri.ac.ir)

### چکیده

امروزه استفاده از سیستم‌های انتقال توان با ظرفیت بالا به عنوان یکی از مهمترین فناوری‌های مورد کاربرد در شبکه‌های نوین انرژی شناخته می‌شود. این فناوری هم‌اکنون در دنیا کاربرد بسیار وسیعی یافته و در کشورهایی با وسعت بالا، دارای منابع تولید دور نسبت به مراکز مصرف و داشتن پتانسیل انرژی بادی فراساحل بسیار فراگیر شده است. از دیگر کاربردهای متداول و شناخته‌شده این فناوری، ایجاد زیرساخت و بستر مناسب برای اتصال الکتریکی بین شبکه‌های برق کشورهای همسایه و یا هم منطقه برای ایجاد شبکه‌های مشترک و در ادامه بازارهای منطقه‌ای برق می‌باشد که هم‌اکنون در بخش‌های عمده‌ای از دنیا، چنین کاربردی از سیستم‌های انتقال توان با ظرفیت بالا، مشاهده می‌شود. لکن لازمه بکارگیری این فناوری برای تبادل توان در احجام بالا بین کشورها، شناخت مسیرهای مناسب باری انتقال و مبادله توان و سپس طراحی کریدورهای انتقال توان بر این مبنا می‌باشد. در این مقاله با مروری بر سیاست‌گذاری تبادلات انرژی الکتریکی در ایران و چشم‌انداز توسعه آن در سال‌های آتی، بررسی جامعی بر روی کریدورهای انتقال توان در منطقه شامل ایران صورت گرفته و طرح مناسبی برای ورود ایران به استفاده از فناوری انتقال توان با ظرفیت بالا در بخش تبادل انرژی الکتریکی ارائه می‌گردد.

### کلید واژه

انتقال توان با ظرفیت بالا- کریدورهای انتقال توان - تبادل برق - خطوط انتقال فوق‌فشارقوی - خطوط انتقال فشارقوی جریان مستقیم

# یازدهمین همایش بین‌المللی انرژی

## مقدمه

برق ایران با شبکه برق کشورهای همسایه است، بنابراین راهبرد پایه‌ای برای نیل به این هدف، استفاده از فناوری‌هایی است که امکان انتقال برق در ظرفیت بالا و مسافت‌های طولانی را داشته باشند.

در این مسیر، استفاده از فناوری‌های  $EHVAC^3$  و  $HVDC$  برای انتقال برق سبب افزایش بازدهی شبکه انتقال، انتقال توان بیشتر در مسافت‌های طولانی‌تر، صرفه‌جویی اقتصادی و بهره‌وری بالاتر شبکه انتقال می‌شود. افزایش حجم توان‌های انتقالی بین مراکز تولید و مصرف، افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در مقیاس گسترده و فاصله بین مراکز تولید این انرژی‌ها تا نقاط بار، از جمله رویکردهای موجود به فناوری انتقال توان در ظرفیت بالا و در مسافت‌های طولانی است. [۴]

از حدود نیم قرن پیش، استفاده از سطوح ولتاژ فوق فشارقوی  $UHV-AC^4$  و همچنین  $EHV-DC^5$  در دنیا متداول شده و خصوصاً در کشورهای پهنای آمریکا، روسیه، کانادا، چین، برزیل و همچنین شبکه به هم پیوسته اروپا، این فناوری به شکل وسیعی استفاده می‌گردد. دو فناوری  $UHV-AC$  و  $EHV-DC$  به موازات هم در دنیا گسترش یافته‌اند و هر یک از کشورها بر اساس سیاست‌گذاری و نقشه راه و نیز مطالعات فنی و اقتصادی انجام شده برای هر مورد، یکی را به عنوان گزینه برتر انتخاب نموده‌اند.

استفاده از فناوری انتقال برق در ظرفیت بالا و مسافت‌های طولانی، ایران را به قطب تبادلات برق منطقه تبدیل خواهد کرد ضمن آنکه سیاست‌های اقتصاد مقاومتی نیز محقق خواهد شد.

## سیاست‌گذاری تبادلات برق در ایران

از نخستین تبادلات انرژی الکتریکی برون‌مرزی ایران با کشورهای همسایه، قریب به ۲۴ سال می‌گذرد. در سال ۱۳۷۱ ایران مبادله برون‌مرزی برق را با جمهوری آذربایجان

یکی از اهداف راهبردی و کلان وزارت نیرو، توسعه تبادل انرژی الکتریکی با کشورهای همسایه و منطقه است. در این بین استفاده از سیستم‌های انتقال توان با ظرفیت بالا، می‌تواند یکی از گزینه‌های بسیار مهم در اتصال شبکه برق ایران به کشورهای همسایه باشد. خصوصاً بکارگیری فناوری  $HVDC^1$  می‌تواند گزینه بسیار مناسبی برای ایزوله کردن شبکه‌های برق دو کشور مورد تبادل به دلیل ملاحظات بهره‌برداری بوده و همچنین کنترل مناسبی را برای میزان تبادل انرژی الکتریکی فراهم آورد.

باتوجه به مزیت نسبی ایران در تبادل انرژی الکتریکی با کشورهای همسایه از قبیل تنوع منابع تولید، پهنه جغرافیایی وسیع و گستردگی شبکه، قرار گرفتن در منطقه ترانزیتی انرژی الکتریکی و اختلاف افق با کشورهای همسایه، راهبرد توسعه تبادل انرژی الکتریکی یکی از مهمترین سیاست‌های کلان وزارت نیرو در توسعه اقتصاد برق و افزایش همکاری‌های اقتصادی با کشورهای همسایه است. این توسعه، نیازمند زیرساخت‌های مناسب در شبکه انتقال است که یکی از این موارد، ایجاد بستر مناسب برای توسعه ظرفیت تبادل با کشورهای همسایه می‌باشد. فناوری سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا یکی از ابزارهای کلیدی در این مسیر است که از یک سو ظرفیت تبادل کافی برای مبادله برق با کشورهای همسایه فراهم می‌آورد و از سوی دیگر استحکام و قوت لازم را در اتصال شبکه برق ایران با کشورهای دیگر ایجاد می‌کند.

انتقال توان در ظرفیت بالا و در مسافت‌های طولانی<sup>۲</sup> یکی از دغدغه‌های مهم در زمینه توسعه شبکه انتقال برق کشور و همچنین صادرات برق در مقیاس وسیع است. از آنجا که در بحث اقتصاد مقاومتی، مقوله صادرات انرژی به کشورهای همسایه به وزارت نیرو محول شده و یکی از راهکارهای اصلی برای انتقال توان در احجام بالا، سنکرون شدن شبکه

<sup>3</sup> Extra High Voltage Alternative Current

<sup>4</sup> Ultra High Voltage Alternative Current

<sup>5</sup> Extra High Voltage Direct Current

<sup>1</sup> High Voltage Direct Current

<sup>2</sup> Bulk Power Long Distance Transmission

# یازدهمین همایش بین‌المللی انرژی

به همین خاطر است که از چند سال پیش و خصوصاً پس از توافق هسته‌ای و آغاز فصل نوین در همکاری‌های بین‌المللی در فضای پس‌اثرجام، تبادلات انرژی الکتریکی با کشورهای همسایه و منطقه وارد فضای جدید و تازه‌ای گردیده است که امید می‌رود با سیاست‌گذاری‌های اصولی انجام شده در این خصوص، شاهد شکوفایی و جهش قابل توجه در حجم و تنوع تبادلات برق ایران با کشورهای دیگر باشیم.

در این زمینه، یکی از فناوری‌های نوینی که می‌تواند در توسعه حجم تبادلات و ایجاد زیرساخت و بستر مناسب برای تبادلات برق، نقش اساسی ایفا کند، فناوری انتقال توان در ظرفیت بالا و مسافت طولانی است. این فناوری در بسیاری از نقاط جهان که دارای تجربه شبکه‌های به هم پیوسته و تبادل برق با حجم بالا می‌باشند، کاملاً شناخته شده و کاربردی است. بنابراین ایران نیز می‌تواند با بهره‌گیری از این فناوری و توسعه زیرساخت‌های تبادل برق با کشورهای همسایه و منطقه، گام‌های پایه‌ای و اساسی در جهت تحقق سیاست‌های اصولی و راهبردی افزایش حجم تبادلات برق و استفاده از مزایای نسبی فراوانی که در این مسیر عاید می‌گردد، بردارد.

لزوم ورود به این موضوع، شناخت اصول فنی و مطالعات پایه‌ای برای استفاده از این فناوری در جهت توسعه تبادلات برق است. یکی از واژه‌های کلیدی در این زمینه، کریدور انتقال توان<sup>۷</sup> است. بنابراین لازم است ابتدا با این مفهوم آشنا شد و سپس نمونه‌های عینی آن در تبادلات برق در نقاط مختلف دنیا را بررسی نمود. در ادامه با بررسی وضعیت کریدورهای تبادلات برق در کشورهای همسایه و منطقه ایران، چگونگی شکل‌گیری این کریدورها با مشارکت ایران و یا ابتکار اولیه ایران را مورد بررسی قرار داد.

## کریدورهای انتقال توان

کریدور به معنای مسیر طولانی با کاربرد مشخص می‌باشد. کریدورهای انتقال توان اصطلاحاً به مسیرهای انتقال توان در حجم بالا و با مسافت طولانی اطلاق می‌گردد. در واقع

آغاز نمود. از آن تاریخ تاکنون همواره تبادلات انرژی الکتریکی ایران با کشورهای همسایه روند افزایشی داشته و هم‌اینک ایران با تمامی همسایگان دارای مرز خشکی، تبادل انرژی الکتریکی دارد.

از منظر سیاسی و امنیتی، صادرات و تبادل برق می‌تواند موجبات ثبات وابستگی بیشتر کشورهای منطقه و همسایه به ایران را فراهم آورد. بر مبنای اقتضانات جهانی و رویه‌های حاکم بر سیاست‌های بخش انرژی جهانی، یکی از مهم‌ترین الزامات تبادلات انرژی می‌تواند مبتنی بر پیوند دادن سیاسی و اقتصادی کشورهای همسایه و منطقه به یکدیگر برای کسب منافع متقابل باشد. با اتصال شبکه برق کشور به دیگر مناطق جهان، نظیر خطوط انتقال به سمت روسیه، اروپا، شمال آفریقا و تعبیه خطوط دریایی به کشورهای حاشیه خلیج فارس و در نتیجه شکل‌گیری مستمر تبادل انرژی الکتریکی و صادرات، می‌تواند شرایط سیاسی و امنیتی پایدار و به دور از تنش‌های حاد سیاسی را برای ایران و دیگر همسایگان در برداشته باشد.

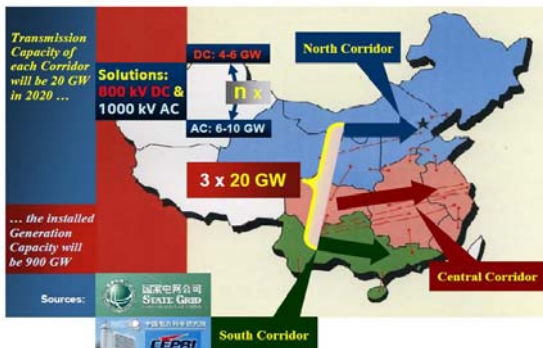
یکی از ابعاد مهم اقتصادی حمایت از صادرات برق، مسئله شکل‌گیری بازارهای برق منطقه‌ای است. آمارهای جهانی نشان می‌دهد که در دهه‌های اخیر، تشکیل بازارهای منطقه‌ای برق در بسیاری از کشورهای جهان ایجاد شده است. بازار منطقه‌ای کشورهای اروپایی، آفریقای شمالی و جنوبی، کشورهای حاشیه خلیج فارس، شرق آسیا، آمریکای شمالی و جنوبی نمونه‌ای از این بازارها محسوب می‌شود که ایده اصلی تشکیل آن تهیه انرژی برق ارزان و مطمئن برای مشترکین است. لیکن کشور ما به‌رغم دارا بودن منابع و ذخایر متنوع انرژی و همچنین اتصال شبکه‌های برق با اغلب کشورهای همسایه، نتوانسته به این امر مهم، تحقق بخشد.<sup>۸</sup>

<sup>۸</sup> بر گرفته از متن یادداشت مدیرکل محترم دفتر توسعه صادرات و خدمات فنی و مهندسی وزارت نیرو - منتشر شده در پایگاه اطلاع‌رسانی وزارت نیرو (پاون)

<sup>۷</sup> Electricity Transmission Corridor

# یازدهمین همایش بین‌المللی انرژی

کشورهای افغانستان و پاکستان دارای نیاز مصرف، انتقال می‌یابد. طول این مسیر در حدود ۲۰۰۰ کیلومتر و ظرفیت خط مورد نظر حدود ۱۳۰۰ مگاوات می‌باشد.



Perspectives of Grid Developments in China - AC & DC Bulk Power Transmission from West to East via three main Corridors

شکل ۱: طرح توسعه کریدورهای انتقال توان چین تا سال ۲۰۲۰ از این میزان ظرفیت حدود ۳۰۰ مگاوات به افغانستان و ۱۰۰۰ مگاوات دیگر به پاکستان تخصیص خواهد یافت. شکل (۲) شمایی از طرح کریدور انتقال برق CASA1000 را نشان داده است. [۷]



شکل ۲: شمایی از کریدور انتقال توان طرح CASA1000

حال با این مقدمه در خصوص کریدورهای انتقال توان الکتریکی، در ادامه به موضوع اصلی مقاله در خصوص کریدورهای پیشنهادی برای انتقال توان از ایران به کشورهای دیگر پرداخته شده و مسیرهای پیشنهادی برای انتقال حجم بالای توان از ایران و یا با مشارکت ایران، مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد.

## ۳- کریدورهای پیشنهادی برای ایران

در این قسمت کریدورها و در واقع مسیرهای ممکن برای انتقال توان با ظرفیت بالا از ایران به کشورهای همسایه و

برای انتقال توان در مسافت طولانی نیاز به تعیین مسیر مناسب می‌باشد که این مسیر، کریدور انتقال توان گفته می‌شود [۵].

در همین راستا امروزه کشورهای مختلف برای انتقال حجم نسبتاً زیاد توان الکتریکی از محل تولید به محل مصرف که دارای فاصله قابل توجهی هستند، اقدام به طراحی و تعیین مسیر کریدور مورد نظر می‌نمایند. کریدورهای انتقال توان الکتریکی را می‌توان در دو طبقه‌بندی کریدورهای داخلی و کریدورهای خارجی قرار داد.

## ۲-۱- کریدورهای داخلی

در این طبقه‌بندی کریدورها به منظور انتقال توان از محل تولید در داخل یک کشور به محل مصرف در همان کشور طراحی می‌گردد. این موضوع در کشورهای با وسعت بالا از جمله چین، هند، آمریکا و برزیل به کرات دیده می‌شود [۶]. به عنوان مثال در کشور چین تمرکز بار بیشتر در نواحی شرقی می‌باشد. از طرفی منابع تولید توان از جمله نیروگاههای برقآبی و ذغال‌سنگ در قسمت مرکز و شمال این کشور قرار دارد. همچنین فاصله مراکز تولید تا مراکز مصرف تا حدود ۴۰۰۰ کیلومتر می‌باشد و بر همین اساس برای انتقال توان در احجام بالا و مسافت‌های بلند، کریدورهای متعددی طراحی می‌گردد. در شکل (۱) شمایی از طرح توسعه کریدورهای داخلی کشور چین تا سال ۲۰۲۰ نشان داده شده است. [۶]. همانگونه که دیده می‌شود، این کریدورهای تنوعی از فناوری‌های UHVAC و EHVDC را در بر دارد.

## ۲-۲- کریدورهای خارجی

در این دسته‌بندی کریدورها به منظور انتقال توان از یک کشور به کشور دیگر بدون واسطه و یا با واسطه کشور ثالث طراحی و بکار برده می‌شوند.

به عنوان نمونه طرح انتقال برق CASA1000 هر دو مورد بالا را پوشش می‌دهد. [۷] در این طرح انرژی الکتریکی عموماً برقآبی مازاد کشورهای ازبکستان و تاجیکستان به

# یازدهمین همایش بین‌المللی انرژی

افغانستان وارد مذاکره شده و اقدام به احداث خطوط توان با ظرفیت بالا برای صادرات برق به این کشور نماید. عدم برنامه‌ریزی و اقدامات عملی در این زمینه در بلندمدت منجر به کاهش نقش راهبردی ایران در این بازار می‌گردد. از سوی دیگر، پاکستان کشوری است که در حال حاضر تنها از ایران واردات برق دارد و همچنین تنها ۵۵ درصد از مردم آن دسترسی به برق دارند. قطعاً یکی از راهکارهای مورد نظر این کشور افزایش واردات برق می‌باشد. با توجه به موقعیت مناسب ایران برای این کشور و با وجود مرزهای مشترک گسترده، ایران می‌تواند یکی از بهترین گزینه‌ها برای تامین انرژی الکتریکی این کشور باشد. این موضوع برای ایران نیز که درصدد افزایش صادرات برق و ایجاد جایگاه فناوری در کشورهای منطقه می‌باشد، می‌تواند به عنوان یک گزینه آرمانی تلقی شود [۱۱-۱۴].

در این راستا پروژه انتقال توان الکتریکی توسط خط انتقال HVDC بین ایران (زاهدان) و پاکستان (کوئته)، می‌تواند زیربنای مناسبی بر ایجاد کریدور انتقال توان در این منطقه باشد. از طرفی هند نیز در نظر دارد با توسعه شبکه خود به سمت پاکستان، سهمی در تامین توان الکتریکی مورد نیاز پاکستان داشته باشد. بنابراین ایران می‌تواند از این وضعیت بهره‌برده و با برنامه‌ریزی مناسب، علاوه بر افزایش سهم خود در جبران کمبود توان پاکستان، با شبکه هند نیز اتصال الکتریکی برقرار کرده و مقدمات تشکیل بازار انرژی در این منطقه را فراهم آورد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ایران نیازمند افزایش ظرفیت و گسترش خطوط برای انتقال هر چه بیشتر توان به پاکستان و در ادامه، تبادل برق با هند می‌باشد [۱۳].

در شکل (۳) خطوط برق عملیاتی (خطوط قرمز) و برنامه‌ریزی شده برای انتقال توان با ظرفیت بالا به دو کشور افغانستان و پاکستان نشان داده شده است [۱۵]. مطابق این شکل، کشورهای ترکمنستان، ازبکستان و تاجیکستان برنامه‌های متعددی در راستای صادرات برق به دو کشور افغانستان و پاکستان دارند. این در حالی است که ایران تنها

با مشارکت ایران در راستای توسعه صادرات برق و بطور اعم تبادلات برق ایران با کشورهای همسایه و منطقه، مورد بررسی قرار می‌گیرد. بر همین اساس و بر طبق مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته سه کریدور برای ایران پیشنهاد می‌گردد که در ادامه شرح هر یک و توجیه انتخاب این کریدورها، به تفصیل ارائه می‌گردد.

## ۳-۱- کریدور شرقی

هدف از برقراری این کریدور، توسعه تبادلات برق با کشورهای افغانستان و پاکستان در درجه اول و در ادامه کشور هند می‌باشد. با بررسی منابع موجود و طرح‌های توسعه برای کشور افغانستان، دیده می‌شود که این کشور طرح‌های بزرگی را برای جبران کمبود توان تولیدی خود جهت برآوردن نیاز مصرف دارد. این طرح‌ها علاوه بر تامین توان الکتریکی مورد نیاز افغانستان، به منظور ترانزیت برق از این کشور به کشورهای همچون پاکستان و هند نیز می‌باشند. با بررسی طرح توسعه شبکه برق در افغانستان طی سال‌های آتی، ملاحظه می‌شود که این گسترش به سمتی است که این کشور را به یک ترانزیت‌کننده برق از کشورهای آسیای مرکزی با منابع نسبتاً غنی برق‌آبی به کشورهای واقع در جنوب شرقی آسیا تبدیل کند [۸-۱۱]. در صورت تامین کمبود برق پاکستان از طریق کشورهای شمال شرق ایران و از مسیر ترانزیتی افغانستان، می‌توان نتیجه گرفت که نیاز پاکستان به برق ایران به شدت کاهش یافته و در نتیجه ایران یک بازار بسیار مناسب و مستعد برای انرژی الکتریکی را از دست خواهد داد [۹-۱۲].

بنابراین افغانستان و پاکستان به عنوان دو کشور استراتژیک در زمینه صادرات برق ایران و توسعه صادرات به کشورهای فرامرزی ایران، بسیار مهم تلقی می‌شوند. لذا نیاز به برنامه‌ریزی بیشتر و جدی‌تر برای افزایش نقش ایران در بازار احتمالی آسیای مرکزی در زمینه فروش برق احساس می‌گردد.

به همین خاطر است که پیشنهاد می‌گردد ایران در راستای افزایش تعداد و ظرفیت خطوط انتقال توان با کشور



# یازدهمین همایش بین‌المللی انرژی



شکل ۴: طرح پروژه AGT

در همین راستا ایران می‌تواند از دو مسیر به انتقال توان با ظرفیت بالا در راستای صادرات برق به اروپا اقدام نماید. طرح اول اتصال ایران به پروژه AGT از طریق اتصال به آذربایجان و در نهایت انتقال توان به اروپا می‌باشد. کشور آذربایجان از نظر الکتریکی دارای شبکه مناسبی بوده و قادر است توان مورد نیاز خود را تامین نماید. با این وجود این کشور با کشورهای ایران، ترکیه، ارمنستان، روسیه و گرجستان دارای اتصال الکتریکی می‌باشد. هدف اصلی آذربایجان از طرح AGT، انتقال توان به کشورهای اروپایی از طریق گرجستان و ترکیه می‌باشد و بر همین اساس، برنامه‌ها و قراردادهایی در زمینه توسعه خطوط ارتباطی با این کشورها داشته که برخی از آنها در مراحل اجرایی می‌باشد.

طرح دوم نیز صادرات توان با ظرفیت بالا به اروپا و مستقیماً از طریق ترکیه است. شبکه برق ترکیه، به شبکه‌های برق کشورهای اطراف خود شامل ارمنستان، گرجستان، یونان، بلغارستان و سوریه متصل می‌باشد و به عنوان یک شاهراه برای انتقال توان به اروپا محسوب می‌شود. ترکیه خود را به عنوان یک مسیر اصلی برای ترانزیت حامل‌های انرژی به اروپا می‌داند و سیاست‌های این کشور، حرکت در راستای تحقق هر چه بیشتر این راهبرد است.

## ۳-۳- کریدور جنوب غربی

بررسی‌ها و مطالعات صورت گرفته در مورد کویت، نشان می‌دهد که این کشور در ماههای گرم سال نیاز شدیدی به واردات برق دارد. این واردات به منظور غلبه بر خاموشی‌های متعددی است که بر اثر افزایش شدید مصرف برق در

برای پاکستان طرح انتقال توان با ظرفیت بالا را دارد و برای افغانستان برنامه مشخصی و چشمگیری ندارد. همین موضوع اهمیت برنامه‌ریزی برای ورود به بازار انرژی الکتریکی افغانستان را برای ایران مشخص می‌نماید.



شکل ۳: کریدورهای برنامه‌ریزی شده برای انتقال توان به

افغانستان و پاکستان

## ۳-۲- کریدور شمال غربی

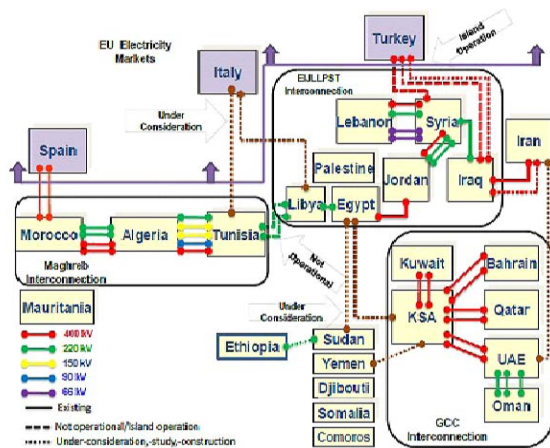
با توجه به رشد صنعت در کشورهای اروپایی و همچنین ترکیه، نیاز این کشورها به انرژی روز به روز در حال افزایش می‌باشد. ترکیه به عنوان کشوری در حال توسعه علاوه بر افزایش مصرف انرژی داخلی، با توجه به موقعیت مناسب جغرافیایی خود در مسیر انتقال حامل‌های انرژی به اروپا واقع شده است. از همین رو برخی از کشورهای دارای منابع انرژی در منطقه، درصدد استفاده از این موقعیت برای صادرات برق به اروپا بوده و طرح‌هایی نیز ارائه کرده‌اند. از جمله این طرح‌ها می‌توان به طرح اتصال شبکه‌های برق کشورهای آذربایجان، گرجستان و ترکیه (AGT) اشاره نمود. شکل (۴) نشان‌دهنده مسیر انتقال توان در طرح AGT از آذربایجان به ترکیه می‌باشد [۱۶].

در این طرح سه کشور آذربایجان، گرجستان و ترکیه حضور دارند. در این طرح در نظر است حدود ۱۲۰۰ مگاوات برق به ترکیه صادر شود که ۶۰۰ مگاوات آن از طریق آذربایجان و مابقی توسط گرجستان تامین می‌شود. در نهایت بخشی از این توان در ترکیه مصرف شده و مابقی آن به کشورهای اروپایی صادر می‌شود [۱۷].

# یازدهمین همایش بین‌المللی انرژی

و از این طریق زیرساخت‌های مناسب برای اتصال به شبکه منطقه‌ای GCC را فراهم آورد.

بدین‌شکل ایران با برنامه‌ریزی جامع در راستای اتصال به شبکه GCC، می‌تواند وارد یک بازار گسترده در جنوب‌غرب کشور شود. هر چند این بازار با توجه به اقدامات و برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته، درصدد اتصال به کشورهای اروپایی و کشورهای آفریقایی و مشارکت با بازارهای این منطقه است. در این صورت ایران می‌تواند صادرات برق خود را به طور گسترده‌تری افزایش دهد. شکل ۵ نشان دهنده این مورد می‌باشد [۱۹].



شکل ۵: برنامه اتصال شبکه GCC به شبکه کشورهای آفریقایی و اروپا

## نتیجه‌گیری

مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته، نشان‌دهنده این است که کشورهای همسایه و منطقه ایران، دارای پتانسیل بسیار بالایی برای انتقال توان در حجم بالا از ایران به آنها می‌باشند.

در همین راستا کشورهای همسایه شرقی شامل افغانستان و پاکستان با کمبود جدی برای تامین نیاز خود مواجه هستند و همین مورد می‌تواند ایران را به عنوان یک تامین‌کننده بزرگ در این دو کشور مطرح کند. از سوی دیگر، کشورهای هم‌چون ترکمنستان، تاجیکستان و ازبکستان طرح‌هایی برای استفاده از این چالش ارائه کرده و در حال اجرای آنها می‌باشند. این امر می‌تواند بر نقش‌آفرینی ایران به عنوان یکی از بازیگران اصلی در این منطقه، اثر منفی

ماه‌های گرم حادث می‌گردد. لذا این کشور با توجه به اثرات منفی این خاموشی‌ها که مهمترین آن، ضربه به صنایع نفتی و کاهش تولید نفت در این کشور است، نیاز به واردات برق برای غلبه بر کمبود انرژی الکتریکی در ماه‌های گرم سال دارد [۱۸-۱۹].

از طرفی کویت عضو کشورهای GCC<sup>۸</sup> بوده و شبکه برق آنها به یکدیگر متصل می‌باشد. این موضوع باعث بوجود آمدن بازار برق در میان کشورهای عضو شورای همکاری خلیج فارس شده است. از طرفی روند بالای رو به رشد میزان مصرف کشورهای حاشیه خلیج فارس، نشان‌دهنده مشکلات پیش روی این کشورها در تامین برق مورد نیاز خود می‌باشد به همین خاطر است که این کشورها درصدد توسعه شبکه GCC می‌باشند [۲۰-۲۱].

با اتصال شبکه برق ایران به کویت و توسعه صادرات برق به آن کشور، علاوه بر تامین برق مورد نیاز کویت و درآمدزایی، اتصال به شبکه منطقه‌ای GCC نیز محقق می‌شود که خود مزایای بسیاری برای ایران دارد. ایران با اتصال به این شبکه، می‌تواند به نحو مطلوبی وارد یک بازار نسبتاً قوی در حوزه برق خاورمیانه شود.

از طرفی این شبکه قابلیت اتصال به کشورهای آفریقایی و حتی اروپایی را دارد و بنابراین با تحقق این مورد، می‌توان حضور در یک بازار بزرگ فرامنطقه‌ای را متصور بود. با اتصال شبکه برق ایران به شبکه GCC و با توجه به ساختار مستحکم شبکه برق کشور، ایران می‌تواند نقش موثر و بارزی را در تبادلات برق در این بازار داشته باشد.

بنابراین یکی دیگر از پیشنهادها، اقدام به سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی برای اتصال شبکه برق ایران به شبکه GCC است. برای این منظور کویت یکی از بهترین گزینه‌ها می‌باشد. پیشنهاد اولیه این است که ایران ابتدا اقدام به احداث خطوط جدید و یا تقویت خطوط موجود برای انتقال توان با ظرفیت بالا در سمت مرزهای نزدیک با کویت کرده

<sup>8</sup> Gulf Cooperation Council

# یازدهمین همایش بین‌المللی انرژی

گسترده افزایش دهد. در همین راستا پیشنهاد می‌شود با توجه به میزان کمبود توان این شبکه و همچنین بر اساس میزان توانایی ایران در توسعه صادرات توان، اقدام با طراحی یک کریدور انتقال توان با ظرفیت بالا و در حدود ۲۰۰۰ مگاوات و با هدف اتصال به کویت از مسیر دریا و یا از طریق عراق سهم قابل قبولی در این شبکه داشته باشد.

برای اتصال به اروپا نیز می‌توان از طریق ترکیه و کشور آذربایجان با ایجاد خطوط انتقال با ظرفیت بالا اقدام کرده و در صادرات توان قابل توجهی به اروپا داشته باشد. در همین راستا ایران می‌تواند از طریق ترکیه اقدام به انتقال توان به کشورهای اروپایی نماید. با این اقدام علاوه بر تامین بخشی از توان مورد نیاز ترکیه، این کشور می‌تواند به عنوان یک صادر کننده برق به اروپا نقش موثرتری داشته باشد. از طرفی ترکیه نیز با توجه به حق ترانزیتی که در یافت می‌نماید تمایل به این اقدام خواهد داشت. در همین راستا و با توجه به ظرفیت‌های ارائه شده برای کریدورهای شرقی و جنوب غربی و با در نظر گرفتن میزان توانایی ایران در توسعه صادرات توان، لذا پیشنهاد می‌گردد کریدوری با هدف انتقال توان با ظرفیت ۱۰۰۰ مگاوات از ایران به ترکیه و صادرات بخشی از آن به اروپا مورد بررسی و مطالعه و برنامه ریزی قرار گیرد.

به طور کلی ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی و ژئوپلیتیکی خود پتانسیل بالایی برای راه‌اندازی یک بازار بسیار گسترده در اطراف خود دارد. برای رسیدن به هدف و مشارکت عمده در بازارهای برق آینده بهترین راهکار استفاده از خطوط انتقال با ظرفیت بالا می‌باشد. در همین راستا و بر اساس توانمندی ایران، پیشنهاد ایجاد سه کریدور انتقال توان با ظرفیت تقریبی ۵۰۰۰ مگاوات ارائه گردید. با اجرای این طرح‌ها، شبکه برق ایران وارد یک بازار برق فراگیر در منطقه خاورمیانه خواهد شد و می‌تواند از این طریق اقدام به بهره برداری بهینه از ظرفیت علمی و عملی خود در صنعت برق نماید.

داشته باشد. همچنین بررسی‌ها نشان‌دهنده این است که کشورهای ازبکستان، ترکمنستان و تاجیکستان در صد تشکیل بازار برق با مشارکت کشورهای همسایه شرقی ایران (افغانستان و پاکستان) هستند.

بر اساس مطالعات صورت گرفته این دو کشور به همراه هند در حدود ۱۳۰۰۰ مگاوات کمبود توان داشته و در صدد تامین این میزان تا سال ۲۰۲۲ می‌باشند. از طرفی دیگر کشورهای همسایه افغانستان و پاکستان برنامه تامین بخشی از این کمبود را دارند و بر همین اساس طرح‌هایی همچون CASA1000 را مد نظر قرار داده‌اند. همچنین با در نظر گرفتن اینکه ایران نیز می‌تواند در جبران این کمبود نقش تعیین کننده‌ای داشته باشد و با توجه به امکانات و پتانسیل ایران برای جبران این کمبود، لذا پیشنهاد می‌شود کریدور انتقال توان با هدف انتقال توان از ایران به کشورهای افغانستان و پاکستان و هند طراحی و در یک برنامه ریزی حداکثر ۴ ساله اجرا گردد. با توجه به نیاز این کشورها به توان الکتریکی و پتانسیل ایران، ظرفیت تقریبی پیشنهادی برای این کریدور انتقال توان با ظرفیت بالا ۲۰۰۰ مگاوات می‌باشد.

از طرف دیگر کشورهای حاشیه خلیج فارس در راستای تامین کمبود توان خود شبکه GCC را راه‌اندازی و بهره‌برداری کرده‌اند. این شبکه علاوه بر تبادل توان بین کشورهای عضو، برای جبران کمبود توان دارای اهداف بسیاری از جمله اتصال به شبکه آفریقا و همچنین کشورهای اروپایی و تشکیل یک بازار بزرگ انرژی فرامنطقه‌ای است.

بنابراین ایران با برنامه ریزی جامع در راستای اتصال شبکه خود به شبکه GCC می‌تواند وارد یک بازار گسترده در غرب کشور شود. هر چند این بازار با توجه به اقدامات و برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته در صدد اتصال به کشورهای اروپایی از طریق ترکیه و سوریه و همچنین به کشورهای آفریقایی از مسیر عربستان و احتمالاً یمن خواهد شد. در این صورت ایران می‌تواند صادرات برق خود به طور



# یازدهمین همایش بین‌المللی انرژی

[9] Asian Development Bank, 'Islamic Republic of Afghanistan: Power Sector Master Plan (Financed by the Japan Fund for Poverty Reduction)' May 2013

[10] DA Afghanistan Breshna Sherkat, 'South Asia Regional Workshop on Competitive Electricity markets design, implementation & benefits' March 2014

[11] Liliana Oprea, 'Development of priority energy corridor Central Asia-South Asia', May 2012

[12] Ministry of water and electricity, 'news', Feb 2013, [online]. Available: <http://mew.gov.af/fa/news/17482>

[13] John Irving & Peter Meier, 'Afghanistan Resource Corridor Development: Power Sector Analysis', July 2012

[14] Imran Ali, Faran Awais Butt, Ahmed Malik, Talha Khalid, 'Need For Smart Transmission Grid in Pakistan', 2013

[15] National Transmission and Dispatch Company Limited, 'National Power System Expansion Plan 2011 – 2030', 2011

[16] Islamabad Chamber OF Commerc & Industry, 'An Overview of Electricity Sector in Pakistan', 2011

[17] Ten-Year Network Development Plan of Georgia for 2015-2025.

[18] Usid. Regional Electricity Market Reviw. 2013.

[19] USID. Trade Opportunity Between Georgia And Turkey. 2014

[20] EPDK . Turkish energy market : an investor.s guid, 2012.

[21] Electricity Cooperation Opportunities in South Caucasus; 2015.

## سپاسگزاری

این مقاله بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی "برنامه‌ریزی بلندمدت نحوه تبادلات برق و گاز با کشورهای همسایه" است. این پروژه به کارفرمایی دفتر امور تحقیقات برق شرکت توانیر و با نظارت مشترک دفتر برنامه‌ریزی شبکه این شرکت و دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی وزارت نیرو در دست انجام است که بدین‌وسیله از حمایت‌های به عمل آمده تشکر و قدردانی می‌گردد.

## مراجع

[1] National Transmission and Dispatch Company Limited, 'Status of Pakistan Cross Border Interconnections & Expected Benefits', March 2014

[2] PTC India LTD. 'Energy Co-operation: Cross Border Power Trade', Feb 2015

[3] [https://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_power\\_transmission](https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_power_transmission)

[4] آمار تفصیلی صنعت برق ایران- تولید برق ایران در سال ۱۳۹۳. شرکت مادر تخصصی توانیر، معاونت منابع انسانی و تحقیقات، ۱۳۹۵.

[5] US Department of Energy (2006). "2006 National Electric Transmission Congestion Study - Executive Summary". US Department of Energy. US DOE. Retrieved 17 July 2014.

[6] Wald, Matthew (2008-08-27). "Wind Energy Bumps Into Power Grid's Limits". New York Times: A1. Retrieved 2008-12-12.

[7] SNC-Lavalin International Inc, "Central Asia - South Asia Electricity Transmission And Tade (CASA-1000) Project Febasibility Study Update" 2011.

[8] John Irving, Peter Meier & Vijay Prasher, 'Technical and Economic Options for Power Transit Operations through Afghanistan' Aug 2013