



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

شماره مجوز مجله: ۸۰۴۰۰

زمان چاپ: ۱۴۰۲/۱۱/۲۰

## با توجه به پیشرفت روزافزون در عرصه فناوری (قطعات الکتریکی و الکترونیکی) و (منابع انرژی تجدیدپذیر)؛ آیا بازار برق همچنان قابل اتکا و مطمئن است؟

امیر شاطری<sup>۱</sup>

فارغ التحصیل مقطع کارشناسی پیوسته مهندسی برق موسسه آموزش عالی آپادانا شیراز؛ ایران

[Amir.sh197799@gmail.com](mailto:Amir.sh197799@gmail.com)

### چکیده

در این تحقیق و مقاله سوال و بحث اصلی این است که آیا بازارهای نقطه ای برق به شکل فعلی خود در آینده ای از تولیدات تجدیدپذیر و فرار و پیشرفت فناوری (تکنولوژی) قطعات الکتریکی و الکترونیکی که هزینه های عملیاتی کم یا صفر و هزینه های ثابت بالا دارند، پایدار هستند؟ این تحقیق و مقاله با بررسی دقیق این مسائل نتیجه می گیرد که در جایی که ذخیره سازی سوخت تولیدی و برق رایج است، این بازارها ممکن است نقش خود را در هماهنگی عرضه و تقاضای زمان واقعی ادامه دهند. این بازارها همراه با بازاری با پوشش ریسک برای معاملات بلند مدت، یک بازار عمده فروشی کارآمد برای برق ارائه می دهند.

**کلمات کلیدی:** بازار نقطه ای، تولید تجدیدپذیر، ذخیره سازی، باتری

### ۱- مقدمه

در حال حاضر عوامل زیادی بر روی بازارهای برق تأثیرگذار هستند. آنها شامل اختراعات صرفه جویی در انرژی (مانند چراغ های LED) و ابزارهای مدیریتی (مانند دستگاه ها و ارتباطات مبتنی بر خدمات ابزارهای ناشی از اقتصاد دیجیتال) می شوند. آنها شامل باتری ها و محصولات تولید کننده برق (مانند پنل های خورشیدی و ژنراتورهای بادی) و کاهش سریع هزینه واحد محصولات و خدمات جدید هستند. علاوه بر این، تقاضای فزاینده ای برای تولید توسط منابع تجدیدپذیر به جای سوخت فسیلی وجود دارد. نیروگاه هایی که برق را از منابع تجدیدپذیر تولید می کنند معمولاً هزینه سرمایه قابل توجهی دارند و هزینه های عملیاتی کم و حتی صفر دارند. مثال رایج کنونی هزینه نهایی عملیاتی ثابت و صفر، تولید برق آبی است. در حال حاضر، تولید قابل کنترل از سوخت های فسیلی و نیروگاه های آبی برای مدیریت نوسانات تولید برق استفاده می شود که ناشی از عواملی است که شامل تغییر در منابع آب یا سوخت های فسیلی برای تولید می شود. این تحقیق و مقاله توضیح می دهد که جایگزینی کامل تولید سوخت فسیلی با انرژی های تجدیدپذیر برای مطرح کردن حالت قطبی نیازی به



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

تأثیرگذاری بر نقش اصولی بازار نقطه‌ای برق ندارد و وجود باتری‌ها این نتیجه‌گیری را افزایش می‌دهد. بر اساس اطلاعات موجود در حال حاضر، شکل فعلی بازار عمده‌فروشی ترتیبات پوشش ریسک و نقطه به اندازه کافی قوی است که امکان تکامل بازار کارآمد برق را در آینده قابل پیش‌بینی فراهم می‌کند.

## ۲- پیشینه تحقیق و پژوهش

بازار برق سیستمی است برای خرید و فروش برق به صورت عرضه و تقاضا که به منظور تعیین قیمت برق برپا می‌شود. در ساختار جدید صنعت برق، بر خلاف ساختار قدیم آن که مدیریت تولید، توزیع و انتقال، مدیریتی واحد بود، سیستم‌های نامبرده به صورت مستقل عمل می‌کنند. در این میان بازار برق به عنوان واسطی بین سیستم‌های مذکور عمل خواهد کرد و ساختار اقتصادی صنعت برق را به چهار بخش عمده‌فروش، ترانزیت، خرید عمده و خرده‌فروش تقسیم می‌نماید. از نظر اقتصادی، برق کالایی است که قابلیت خرید، فروش و معامله دارد. بازار برق سیستمی است که خرید را از طریق پیشنهادهای برای خرید امکان‌پذیر می‌کند. فروش، از طریق پیشنهادهای برای فروش؛ و معاملات کوتاه مدت، به‌طور کلی به صورت مبادله مالی یا تعهدی. مناقصات و پیشنهادهای از اصول عرضه و تقاضا برای تعیین قیمت استفاده می‌کنند. معاملات بلند مدت قراردادهایی شبیه به قراردادهای خرید نیرو است و عموماً معاملات دو طرفه خصوصی بین طرف طرفین به حساب می‌آیند. معاملات عمده‌فروشی (پیشنهادها) در برق به‌طور معمول توسط اپراتور بازار یا یک نهاد مستقل ویژه با هدف ویژه حل و فصل می‌شود. اپراتورهای بازار معاملات را انجام نمی‌دهند اما اغلب به منظور حفظ تعادل تولید و بار نیاز به دانش تجارت دارند. کالاهای موجود در بازار برق به‌طور کلی از دو نوع تشکیل می‌شوند: توان و انرژی. توان نرخ انتقال برق خالص اندازه‌گیری شده در هر لحظه معین است و با مگاوات اندازه‌گیری می‌شود. انرژی، الکتریسیته است که برای یک دوره معین در یک نقطه اندازه‌گیری جریان می‌یابد و با مگاوات ساعت اندازه‌گیری می‌شود. بازارهای کالاهای وابسته به انرژی تولید خالص را برای تعدادی از بازه‌ها معمولاً در ۵، ۱۵ و ۶۰ دقیقه انجام می‌دهند. بازار کالاهای مرتبط با نیرو که برای اطمینان از قابلیت اطمینان توسط اپراتورهای بازار مورد نیاز و مدیریت می‌شوند، خدمات جانبی به حساب می‌آیند و شامل اسامی مانند ذخیره چرخشی، ذخیره غیرچرخشی، ذخایر عملیاتی، ذخیره پاسخگویی، تنظیم و ظرفیت نصب شده هستند. بازار خرده‌فروشی برق قسمتی از بازار برق است که اجازه می‌دهد افرادی در آن به عنوان واسطه عمل کرده و برق مورد نیاز مصرف‌کنندگان را خریداری کنند و در اختیار مصرف‌کنندگان خرد و جزئی قرار دهند. این بازار اختیار مشتریان را بیشتر کرده و به آنان اجازه می‌دهد تأمین‌کننده برق خود را انتخاب کنند. البته این بازار اختیار فروشندگان را نیز گسترش خواهد داد. خرده‌فروشان که در این بازار به عنوان واسطه عمل می‌کنند، برق مورد نیاز خود را از بازار عمده‌فروشی و با توجه به پیشنهادهای تولیدکنندگان خریداری می‌نمایند. نقش بازار عمده‌فروشی صدور اجازه انجام معاملات بین تولیدکنندگان، خرده‌فروشان و سایر واسطه‌ها برای تحویل کوتاه مدت برق یا برای تحویل آن در آینده است. در بازار خرده‌فروشی برق، پیش‌بینی میزان دقیق مصرف و تولید ناممکن است، مثلاً نمی‌توان میزان مصرف‌کنندگان در چند روز آینده را دقیق پیش‌بینی کرد، یا نمی‌توان کمبود سوخت و اشکالات فنی نیروگاه را پیش‌بینی نمود، بنابراین ممکن است گاهی میزان خرید خرده‌فروشان از میزان مصرف کمتر باشد که این امر (یعنی بیشتر بودن تقاضا نسبت به عرضه) ممکن است منجر به ناپایداری شدید قیمت‌ها شود. برای خنثی کردن مشکلات احتمالی ناشی از این پدیده، که اصطلاحاً به آن ریسک حجم گفته می‌شود، بین خرده‌فروشان و عمده‌فروشان قراردادهایی منعقد می‌شود که روش اجرای این قراردادها با توجه به آداب رسوم منطقه‌ای و ساختار بازار برق متفاوت است.



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

## ۳- بازار نقدی برق

تجزیه و تحلیل بازار لحظه ای که در ادامه می آید برای طبقه وسیعی از بازارهای عمده فروشی برق قابل استفاده است: یک نمونه بازار برق مدرن کشورهای توسعه یافته هستند [۶]. این بازار امکان تصمیم گیری غیرمتمرکز در سطح اقتصاد را توسط شرکت ها در تمام صنایع و مصرف کنندگان، تحت محدودیت های لازم برای تولید و توزیع برق با کیفیت بر روی شبکه ها فراهم می کند. یکی از عوامل تعیین کننده باز بودن بازار برق برای تولیدکنندگان و مصرف کنندگان، دسترسی آماده به بازارهای نقطه ای و پوشش ریسک است. این بازارها مکمل یکدیگر هستند [۱۱] و با هم بازار عمده فروشی را تشکیل می دهند که قیمت هایی را به همراه دارد که انگیزه ها و توانایی سرمایه گذاری در ظرفیت جدید را فراهم می کند و جایگزین کارخانه ناکارآمد می شود. بر این مبنا بازار عمده فروشی در کشورهای توسعه یافته شکلی عادی دارد که درست مانند سایر بازارهای کالاها، خدمات و کالاها در اقتصاد عمل می کند: این کار را با سرمایه گذاری در کارخانه و سایر زیرساخت ها انجام می دهد. در سرتاسر جهان، تعدادی از بازارهای غیرمتمرکز برق دارای یک بازار جداگانه برای ظرفیت صنعت و همچنین یک بازار لحظه ای برای تبادل انرژی الکتریکی هستند. بازارهای ظرفیت در جزئیات متفاوت هستند، اما دارای تعیین ظرفیت و قوانینی برای ظرفیت هستند که از برنامه ریزی مرکزی به دست می آیند. معمولاً آنها مستلزم این هستند که هزینه سرمایه نیروگاهی که طبق مقررات برای برآوردن ظرفیت مشخص بازار به عنوان یک کل و همچنین پرداخت هزینه برق معامله شده در بازار لحظه ای ضروری است، به طور جداگانه از کاربران دریافت شود. رویکرد بازار ظرفیت بر این فرض استوار است که تقاضا و عرضه برق به قدری بی کشش هستند که قیمت های بازار نقدی برای حمایت از سرمایه گذاری با ظرفیت کافی برای رد اختلالات غیرارادی در خدمات، که مصرف کنندگان مایلند برای اجتناب از آن هزینه بپردازند، کافی نیستند [۲] در این تحقیق و مقاله می توان بازار فرم معمولی کشورهای توسعه یافته را در نظر گرفت، اما اظهارات پیشین برخی صاحب نظران در مورد پیشنهادات در بازار نقدی؛ بازار ظرفیت و بازار برق نیز قابل استفاده است. بازار نقدی در زمان مستمر فعالیت می کند و مدیریت آن به دوره های معاملاتی نیم ساعته به هم پیوسته تقسیم می شود. پیش از دوره تجاری، تولیدکنندگان پیشنهادات کمیت قیمتی خود را برای تولید ارسال می کنند، و توزیع کننده اپراتور سیستم، آن ها را در یک منحنی عرضه به رتبه بندی از پایین ترین به بالاترین قیمت پیشنهاد می کند. قیمت بازار لحظه ای قیمت پیشنهادی است که توسط نقطه منحنی عرضه مربوط به سطح مصرف برق در آن دوره تجاری یافت می شود. ایستا است به این معنا که هر دوره معاملاتی آنقدر کوتاه از زمان است که تمام نگرانی آن تجارت برق در چارچوب زیرساخت های موجود است: در یک دوره تجاری زمانی برای اتخاذ تصمیمات سرمایه گذاری وجود ندارد که بر تجارت در آن تأثیر می گذارد. دوره زمانی. تمام برق تولید شده توسط اپراتور سیستم در آن دوره تجاری به قیمت آن دوره تجاری قیمت گذاری می شود. این قیمت نقدی در تمام معاملات نقدی مشترک است. آن دسته از ژنراتورهایی که پیشنهادات خود را با قیمت لحظه ای دوره تجاری یا کمتر از آن ارائه می کنند، برق خود را با این قیمت یکسان فروخته خواهند شد. از دیگر ژنراتورها برای تامین خواسته نمی شود برق، زیرا قیمت پیشنهادی آنها از قیمت لحظه ای بیشتر است. این فرآیند تجارت، ژنراتورها را تشویق می کند تا پیشنهادات خود را به قیمت تولید برق برایشان قیمت گذاری کنند. زمانی که هزینه منابعی که توسط ژنراتورها برای تولید برق دوره تجاری استفاده می شود، هزینه فرصت آنها باشد، فرآیندی کارآمد است: استفاده جایگزین بالاترین ارزش از آن منابع در برخی تلاش های دیگر در آن دوره تجاری. دوره های معاملاتی ثابت هستند و در یک عکس کوتاه از زمان اعمال می شوند. در نتیجه، هزینه منابع تولید در یک دوره تجاری، هزینه متغیر کارخانه است: هزینه هایی مانند هزینه های سرمایه ای را که نمی توان در پنجره نیم ساعته که دوره معاملاتی است، تغییر داد را استثنا نمی کند. به طور خلاصه، اگر هزینه متغیری که مولدها در تصمیمات پیشنهادی خود استفاده می کنند، هزینه فرصت این منابع باشد، بازار نقدی کارآمد خواهد بود.



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

## ۴- قیمت نقطه ای و هزینه فرصت

کارایی بازار نقطه ای مستلزم آن است که پیشنهادات مولدها شامل هزینه فرصت کامل منابع مورد استفاده در تولید در هر دوره تجاری باشد. هزینه فرصت شامل هزینه نهایی عملیاتی و ارزش گزینه تاخیر در تولید است. گزینه تغییر تولید از امروز به برخی از دوره های تجاری آینده، مستلزم توانایی ذخیره سوخت تولیدی یا برق است. به عنوان مثال، یک تولیدکننده سودجو که انتظار قیمت بالاتری در دوره معاملات بعدی دارد، اگر توانایی انجام این کار را داشته باشد، یا تولید را تا دوره بعدی به تاخیر می اندازد یا بلافاصله تولید می کند اما برق را ذخیره می کند تا برای فروش بعدی در دسترس باشد. علاوه بر این، با توجه به اینکه قیمت مورد انتظار دوره آینده یک قیمت کارآمد است، به عنوان مثال، قیمتی که در یک بازار رقابتی رقابتی تولید می شود، تاخیر از نظر اجتماعی مطلوب است. به طور خلاصه، در جایی که ژنراتور توانایی تاخیر در تولید یا فروش برق را دارد، هزینه فرصت تولید در هر دوره تجاری شامل هزینه نهایی عملیاتی و ارزش گزینه تاخیر می شود. این قابلیت توسط ذخیره سازی فراهم می شود. مشاهدات بازارهای کشورهای توسعه یافته موجود نشان می دهد که ژنراتورهای آبی معمولاً با هزینه نهایی عملیاتی خود صفر عرضه نمی کنند، بلکه بیشتر به دنبال تخصیص آب ذخیره شده خود به طور معادل تولید خود در طول زمان با پیشنهادهایی با قیمت بسیار بالاتر از صفر هستند. آنها این گزینه را دارند که تولید را به دلیل کنترل مخازن به تاخیر بیندازند. در واقع، قیمت نقدی بازار کشورهای توسعه یافته در دوره های تجاری زمانی که تولید برق آبی فعال است، اما با ظرفیت کار نمی کند، ارزش گزینه تأخیر تولید است [۷]. و هزینه فرصت منابع مورد استفاده در تولید دوره تجاری صرفاً از هزینه عملیاتی تشکیل شده است. به نیروگاه های آبی بدون مخزن، نیروگاه های رودخانه ای می گویند. اینها اختیاری برای تغییر تولید بین دوره های زمانی ندارند و با قیمت صفر به سیستم ارسال می شوند. گزینه های تاخیر، علاوه بر هزینه نهایی عملیاتی، در مدیریت کارآمد تولید سوخت فسیلی نیز مهم هستند. در تولید گاز سوز، گزینه های تاخیر به دلیل خطوط لوله و مخازن که می توانند برای ذخیره سازی استفاده شوند، و به دلیل ماهیت قراردادهای گاز ایجاد می شود. در مواردی که قراردادهای دریافت یا پرداخت برای عرضه گاز به ژنراتورها وجود دارد، تخصیص مقادیر مشخص به گاز خاص مورد استفاده در یک دوره تجاری برای محاسبه هزینه نهایی عملیاتی اغلب مصنوعی است و جزء معنی دار قیمت پیشنهادی نیست. پیشنهادات منعکس کننده در دسترس بودن گاز در طول دوره قرارداد است و با توجه به تجارت در بازار لحظه ای برق، زمان بندی بهینه استفاده از گاز با تصمیم گیری بر اساس ارزش گزینه تاخیر قابل دستیابی است. این تصمیم گیری ارزش شرکت تولید کننده را افزایش می دهد و از نظر اجتماعی نیز مطلوب خواهد بود. زمان بندی مطلوب تولید گاز ممکن است با استفاده از مقدار گزینه تاخیر، همراه با هر هزینه نهایی عملیاتی، در قیمت های پیشنهادی به دست آید [۴]. استفاده گسترده حاصل از ارزش گزینه های تاخیر به این معنی است که قیمت های نقدی تعیین شده در هر دوره معاملاتی آن ها را در بر می گیرد و معمولاً بالاتر از هزینه نهایی عملیاتی است. بنابراین سودهای ایستا و کوتاه مدت در بازار نقدی وجود دارد. این سودها منعکس کننده تصمیمات اتخاذ شده در مورد تخصیص تولید در طول زمان هستند و برای اینکه هزینه های ثابت نیروگاه تولید در یک بازار معمولی پوشش داده شود ضروری هستند. ظرفیت تولید بازار به عنوان یک کل، قیمت پوشش ریسک بازار عمده فروشی را تعیین می کند که قیمت ها برای خانوارها و واحدهای تجاری بر اساس آن است. در یک بازار ثابت یا رو به رشد برق، اگر این قیمت پوشش ریسک به هزینه هر واحد برق تولید شده با کمترین هزینه تولید از نیروگاه اضافی تقریب داشته باشد، بازار عمده فروشی برق کارآمد است. یک بازار معمولی مبتنی بر قیمت گذاری لحظه ای بازار با هزینه نهایی عملیاتی نمی تواند کارآمد باشد.



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

## ۵- ادبیات مربوطه

ادبیات قابل توجهی در مورد مکان گزینه های تاخیری که توسط ذخیره سازی در مدیریت کالاها و به ویژه برق اعطا می شود وجود دارد. یک کاربرد نسبتاً اولیه [۱۰] است که در آن مالکیت کالای ذخیره شده یک گزینه زمان بندی ارزشمند را به شما می دهد که می توان آن را در طول اتمام انبار اعمال کرد. برای الکتریسیته، روشی که ممکن است مقادیر گزینه تولید محاسبه شود، اطلاعات مورد استفاده در محاسبه آنها، تأثیر بر مقادیر اختیاری تغییرات در مقادیر سوخت تولیدی ذخیره شده، و نقش گزینه ها در تغییر تولید بین دوره های اوج و خارج از پیک و بین دوره های نسبتاً پیک فصول مرطوب و خشک در این جا توضیح داده شد [۷]. جایگاه گزینه ها در تصمیمات پیشنهادی برای قیمت گرفتن ژنراتورهای آبی و گازی در [۴] تحلیل شده است که توضیح می دهد که چگونه افزایش خطر سوخت (آب یا گاز) در دسترس بودن، ارزش گزینه های تاخیری را افزایش می دهد و در نتیجه قیمت ها را پیشنهاد می کند. به این ترتیب، ریسک ناشی از تغییرات غیر قابل پیش بینی در عرضه سوخت در تصمیم گیری های عرضه و تولید مدیریت می شود. دسته ای از مطالعات بازار کالا وجود دارد که ممکن است به عنوان مقدمه این مطالعات نسبت داده شود که در آن اصطکاک هایی [۱۲] در زنجیره تامین وجود دارد که به دلیل هزینه های ضروری در عمل ذخیره سازی ایجاد می شود. در [۵] نشان داده شده است که اگر در یک بازار رقابتی، حتی هزینه های مبادلات کوچک مرتبط با قرار دادن سوخت، یا برداشت سوخت از انبار وجود داشته باشد، این هزینه ها ممکن است دوره هایی را ایجاد کنند که هیچ تزریق یا برداشت سوخت ذخیره شده وجود نداشته باشد. در این دوره ها، سوخت (مثلاً گاز) در انبار می تواند ارزش متفاوتی با گازی که در بازار نقدی مبادله می شود، و همزمان فرآیندهای قیمت بازار متفاوتی داشته باشد. بعید به نظر می رسد که این یک مسئله مادی برای ذخیره آب و گاز باشد.

## ۶- تعادل در بازار برق

مدل های کالاهای صنعتی معمولاً کاملاً رقابتی فرض می شوند، با نتایجی که معادل انتخاب های یک برنامه ریز اجتماعی است [۳]. این معادل در [۵-۷]؛ اگرچه طبق معمول، زیرساخت ها برای مثال، مخازن و ظرفیت تولید غیرقابل تغییر در نظر گرفته می شود. نتایج چنین مدل هایی می تواند ارزش های خصوصی و اجتماعی تغییرات اندازه مخزن و ظرفیت کارخانه و صنعت یک صنعت رقابتی را نشان دهد. اما مشابه مدل های استاتیک، قیمت ها و مقادیر تعادلی که با عمل سرمایه گذاری در زیرساخت ها همخوانی داشته باشد تولید نمی کنند، با این حال سطوح سرمایه گذاری برای کارایی پویای بازار بسیار مهم است. ساختار بازار عمده فروشی برق توسط [۸] مورد بررسی قرار گرفته است. در آن شرکت ها دارای هزینه های عملیاتی ثابت و متغیر هستند و در هر دوره معاملاتی یک منبع نوسان ایجاد کننده ریسک وجود دارد. فرض بر این است که مولدها با ارائه محصولی که می خواهند در یک دوره تجاری بفروشند، پیشنهادات خود را ارائه می کنند. زمانی که آنها به ورود به بازار فکر می کنند، انتظاراتی را در مورد دنباله ای از دوره های معاملات لحظه ای در آینده قابل پیش بینی شکل می دهند و سودآوری ورود را ارزیابی می کنند. ذخیره سازی وجود ندارد. هر شرکتی انتخاب می کند که وارد بازار شود یا نه و نتیجه، تعداد تعادلی از مولدها است که ساختار هزینه و انتظارات شرکت ها را در مورد بازارهای لحظه ای آینده منعکس می کند. ساختار بازار غیرمتمرکز مطلوب اجتماعی، انحصاری است، که با توجه به هزینه های ثابت و متغیر شرکت ها تعجب آور نیست. تعداد شرکت ها به حدی است که انتظار می رود نتیجه یک بازار قابل دوام باشد که در آن سودهای ثابت دوره تجاری برای حمایت از سرمایه گذاری های هزینه ثابت شرکت کنندگان وجود داشته باشد. هزینه نهایی عملیاتی در این بازار ممکن است صفر باشد و در عین حال تعادل بازار عادی برق از نظر اجتماعی مطلوب باشد.



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

## ۷- بازارهای نقطه ای فقط انرژی های تجدید پذیر

این بخش از تحقیق و مقاله بررسی می کند که آیا بازار نقدی یا بازارهای پوششی برای کارآمد ماندن در مورد قطبی بازار نقطه ای که فقط تولید انرژی تجدیدپذیر با هزینه عملیاتی صفر دارد و تولیدی که به دلیل وابستگی به طبیعت نوسان دارد، نیاز به تغییر ساختار خود دارد یا خیر. انرژی های تجدیدپذیر که با این توصیف مطابقت دارند عبارتند از: انرژی آبی، بادی و خورشیدی. اما موارد دیگری نیز در افق وجود دارند که نیروگاهی با هزینه سرمایه و عملیاتی (هزینه نهایی) دارند که اساساً صفر است: به عنوان مثال، قدرت موج دریا. در این تحقیق و مقاله فقط بازار نقدی در نظر گرفته شده است، زیرا اگر این بازار به طور موثر تولید را در بین کارخانه ها و در طول زمان تخصیص دهد، تغییرات احتمالی هیچ پیامد اصولی جدیدی برای بازار پوشش ریسک نخواهد داشت. مدیریت اپراتور سیستم مبادلات بازار نقطه ای در بازار غیرمتمرکز برق مستلزم آن است که اپراتور سیستم دارای کنترل و اختیاری باشد که به واسطه کنترلی که هم تولیدکننده و هم تقاضا بر عرضه و مصرف خود دارند، به آن اعطا می شود. در بازار فعلی کشورهای توسعه یافته، ژنراتورهای گازی و آبی در زمان بندی تولید صلاحیت عملیاتی دارند که تجارت مداوم برق با کیفیت را در حضور تولیدات زمین گرمایی بسیار قابل پیش بینی، تولید گاز و آبی نسبتاً قابل پیش بینی و انرژی خورشیدی و بادی بسیار کمتر قابل پیش بینی است. حتی بدون ژنراتورهای گاز، تولید برق آبی اختیاری می تواند در اصل خدمات اختیاری را ارائه دهد تا بازار لحظه ای مدیریت شود. در این مورد، برای مثال، تغییرات در تولید باد با مدیریت مکمل تغییرات جایگزین مدیریت می شود در تولید برق آبی اگر انرژی های تجدیدپذیر با ظرفیت و هزینه نهایی عملیاتی صفر عرضه می شد، نیروگاه آبی تولیدی خواهد بود که قیمت های لحظه ای را تعیین می کند، و در تعادل بازار، اینها در سطحی هستند که برای پوشش هزینه های ثابت و متغیر تولید تجدیدپذیر جدید کافی هستند. این می تواند با ژنراتورهایی که وارد صنعت می شوند زمانی که انتظار دارند قیمت های آتی حداقل میانگین هزینه کارخانه خود باشد و در غیر این صورت وارد صنعت نشوند، سازگار است. تولید برق آبی با ذخیره سازی، انعطاف پذیری ارسال را فراهم می کند که امکان فعالیت بازار لحظه ای را فراهم می کند. هزینه نهایی عملیاتی صفر ممکن است در تمام تولیدات وجود داشته باشد، اما انتظار می رود سرمایه گذاری در نیروگاه به گونه ای باشد که قیمت های پوششی تقریبی با هزینه کمترین (متوسط) هزینه کارخانه جدید باشد. با این حال، آیا انرژی های تجدیدپذیر به غیر از انرژی آبی، برق را با هزینه عملیاتی نهایی خود یعنی صفر عرضه می کنند؟!

## ۸- ذخیره برق در قطعات الکتریکی: به عنوان مثال، باتری

تغییرات تکنولوژیکی که در حال رخ دادن است نشان می دهد که دستگاه های ذخیره سازی الکتریسیته به خودی خود و نه صرفاً تولید سوخت، به طور فزاینده ای برای هر یک از همه فعالان بازار مقرون به صرفه خواهند بود. بدون پیش بینی زمان بندی معرفی باتری ها یا ماهیت آن ها، با این وجود، بررسی اینکه آیا استفاده گسترده از باتری ها بر اساس تولید، تقاضا یا شبکه ها بر عملکرد بازار نقدی تأثیر منفی می گذارد، مفید است. ادبیات موجود در مورد ذخیره سازی سوخت برای تولید را می توان مستقیماً برای این سؤال به کار برد. باتری ها مخازن برق هستند که به صلاح دید مدیر باتری (مخزن) پر، خالی یا بدون تغییر باقی می مانند. تأسیسات ذخیره سازی برق و سوخت تولیدی که توسط ژنراتورها کنترل می شوند دقیقاً همان ویژگی هایی را دارند که پیشنهاد های بازار نقطه ای را تعیین می کنند. در هر دو، قیمت پیشنهادی منعکس کننده توانایی تولیدکنندگان برای مدیریت تولید تحویل شده به بازار لحظه ای است. به عنوان مثال، نیروگاه زمین گرمایی صرفاً با بار پایه به اضافه باتری ها دارای قیمت پیشنهادی هستند که هر گزینه تاخیر ارائه شده توسط ذخیره سازی باتری را در بر می گیرد و نیازی به صفر ندارد. در مقابل، برای مثال، ژنراتور زمین گرمایی به اضافه باتری هیدرولیکی نیازی به مدیریت نوسانات در دسترس بودن سوخت ندارد، اما از گزینه های تاخیر برای بهینه سازی سود خود از تغییرات قیمت برق استفاده می کند. این



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

نهاد یکپارچه عمودی، برق را با هزینه نهایی صفر به تاسیسات ذخیره‌سازی ارائه می‌دهد که سپس پیشنهاد خود را برای عرضه بازار لحظه ای بهینه می‌کند. ادبیات مربوط به مدیریت ذخیره آب و گاز برای تولید برق از نظر کیفی به طور مستقیم برای ژنراتورهایی که ذخیره سازی برق را مدیریت می‌کنند قابل استفاده است.

## ۹- نتیجه گیری

ظهور باتری‌های (و در کل قطعات پیشرفته الکترونیکی و الکترونیکی) تجاری قابل دوام دامنه فعالان بازار را با صلاحیت قابل توجهی در مدیریت برق گسترش می‌دهد. باتری‌ها احتمالاً از نظر اندازه و هزینه متفاوت خواهند بود و برای ژنراتورها و مصرف‌کنندگان اقتصادی هستند. اصولی که بر اساس آنها توسط عوامل اقتصادی منطقی مدیریت می‌شود همان است که برای سوخت ژنراتور ایجاد شده است. زمان تزریق و تخلیه باتری‌ها به عنوان مبادله بین تزریق فوری یا تاخیری یا خروج از انبار تعیین می‌شود که منعکس‌کننده گزینه‌های ارائه شده توسط مخازن باتری است. ارزش گزینه تاخیر این تصمیمات را هدایت می‌کند و به ترتیب توسط تولیدکنندگان و تقاضا در قیمت‌های پیشنهادی و پیشنهادی در بازار لحظه ای منعکس می‌شود. واسطه‌های دارای باتری نیز ممکن است وارد بازار نقدی شوند و از ذخیره باتری برای آربیتراژ قیمت‌ها و ارائه خدمات امنیتی استفاده کنند. شبکه‌هایی که تحت ترتیبات فعلی در بازار نقدی شرکت نمی‌کنند ممکن است در آینده این نقش را بر عهده بگیرند. عوامل زیرساخت شبکه و فرآیندهای مدیریتی اپراتور سیستم مورد نیاز برای مدیریت نوسانات ناشی از تولید ۱۰۰ درصد تجدیدپذیر در اینجا در نظر گرفته نمی‌شوند. اگر باتری‌ها (قطعات الکترونیکی و الکترونیکی) فراگیر شوند، آنها و ابزارهای دیجیتال مدیریت توسط هر شرکت‌کننده در بازار، رفتار شرکت‌کنندگان در بازار را تغییر می‌دهند تا تصمیم‌گیری را منعکس کنند که کمتر از طریق ارتباطات از طریق تجارت در بازار نقدی گرفته می‌شود تا مدیریت داخلی و هم‌تا به هم‌تای آنها. عرضه و تقاضای برق خود از آنجایی که عملکرد اصولی بازار نقدی معمولی تحت تأثیر ۱۰۰ درصد انرژی‌های تجدیدپذیر یا گسترش باتری‌ها (قطعات الکترونیکی و الکترونیکی) قرار نمی‌گیرد، بازار پوشش ریسک نیز نباید تحت تأثیر قرار گیرد. این احتمال وجود دارد که تأثیر کمی بر تعادل بازار پوشش ریسک وجود داشته باشد، البته اگر فقط مربوط به شرکت‌های بالقوه از جمله دستگاه‌های ذخیره‌سازی برق با نیروگاه تولید در ارزیابی ورود باشد. هزینه سرمایه دستگاه‌های ذخیره‌سازی برق با ارزش فعلی گزینه‌های تأخیر در تصمیم‌گیری ترکیب نیروگاه در هنگام ورود متعادل می‌شود. می‌توان انتظار داشت که پیشنهاد و مناقصه در بازار لحظه ای یک بازار ظرفیت بازار برق از اصول پیشنهاد و پیشنهاد ذکر شده در بالا پیروی کند. می‌توان انتظار داشت که ظهور ذخیره‌سازی اقتصادی برق، اختیارات حساس قیمت مشارکت در بازار را اضافه کند که ممکن است بر مطلوبیت اجتماعی خود بازار ظرفیت تأثیر بگذارد. در مجموع، تخصیص بین زمانی برق یکی از اجزای مهم تجارت در بازار نقدی است. با قابلیت ذخیره سوخت تولیدی و الکترونیسیته امکان پذیر است و به این معنی است که قیمت نقطه ای مطلوب اجتماعی بالاتر از هزینه نهایی عملیاتی خواهد بود. در اصل، این قیمت‌گذاری با تعیین سطح کارآمد ظرفیت بازار مطابقت دارد و برای صنعتی مناسب است که تولیدکنندگان رقیب نسبت به هزینه‌های نهایی عملیاتی ثابت بالایی دارند. اپراتورهای بازار نقطه ای موجود از تولید اختیاری استفاده می‌کنند که به سیگنال‌های بازار پاسخ می‌دهد تا به تبادل برق با کیفیت بین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان دست یابند. اگر تولیدات تجدیدپذیر غیر اختیاری بیشتری در آینده وارد بازار شود، هیدرو می‌تواند به ارائه خدمات اختیاری مورد نیاز ادامه دهد، و اگر فناوری باتری (قطعات الکترونیکی و الکترونیکی) در دسترس قرار گیرد، نسل‌های تجدیدپذیر به اضافه باتری‌ها (قطعات الکترونیکی و الکترونیکی) ممکن است این خدمات را ارائه دهند. اصولاً در این شرایط، بازار نقدی معمولی می‌تواند مانند حال حاضر عمل کند. و همچنان به ارائه پایه ای برای تعیین ظرفیت صنعت کارآمد ادامه می‌دهد، حتی زمانی که تولید انرژی‌های تجدیدپذیر هزینه نهایی عملیاتی نداشته باشد.



# ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر



## منابع و مراجع

۱. Cramton, Peter, ۲۰۰۴. Competitive Bidding Behaviour in Uniform-Price Auction Markets, Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences. . ۱۲p. (Accessed ۱۲ December ۲۰۱۶): <ftp://www.cramton.umd.edu/papers۲۰۰۰-۲۰۰۴/cramton-bidding-behavior-in-electricity-markets-hawaii.pdf>.
۲. Cramton, Peter, Ockenfels, Axel, Stoft, Steven, ۲۰۱۳. Capacity Market Fundamentals. mimeo [http://stoft.com/wp-content/uploads/۲۰۱۳-۰۵\\_Cramton-OckenfelsStoft\\_Capacity-market\\_fundamentals.pdf](http://stoft.com/wp-content/uploads/۲۰۱۳-۰۵_Cramton-OckenfelsStoft_Capacity-market_fundamentals.pdf) (Accessed ۱۶ November ۲۰۱۶), ۳۰۱۳, pp.۲۱.
۳. Deaton, Angus, Laroque, Guy, ۱۹۹۶. Competitive storage and commodity price dynamics. J. Polit. Econ. ۱۰۴ (October (۵)), ۸۲۶-۹۲۳.
۴. Evans, Lewis, Guthrie, Graeme, ۲۰۰۹. How options provided by storage affect electricity prices. South. Econ. J. ۶۸۱-۷۰۲ (January) .
۵. Evans, Lewis T., Guthrie, Graeme, ۲۰۱۷. Commodity prices and the option value of storage, Chapter ۱ Part ۱ of Real Options in Energy and Commodity Markets. In: Nicola Secomandi (Ed.), World Scientific-Now Series in Business, , pp. ۳-۳۱.
۶. Evans, Lewis, Meade, Richard, ۲۰۰۵. Alternating Current or Counter Revolution: Contemporary Electricity Reform in New Zealand. Victoria University Press eversion available at <http://researcharchive.vuw.sc.nz/handle/۱۰۰۶۳/۴۳۲۱>.
۷. Evans, Lewis, Guthrie, Graeme, Lu, Andrea, ۲۰۱۳. The role of storage in a competitive electricity market and the effects of climate change. Energy Econ. ۳۶, ۴۰۵-۴۱۸.
۸. Grimm, Veronika, Zoettl, Gregor, ۲۰۱۳. Investment incentives and electricity spot market competition. J. Econ. Manag. Strategy ۲۲ (۴), ۸۳۲-۸۵۱.
۹. Ronnberg, Sarah, Bolen, Math, ۲۰۱۶. Power quality issues in the electric power system of the future. Electr. J. ۲۹ (۱۰), ۴۹-۶۱.
۱۰. Routledge, B.R., Seppi, D.J., Spatt, C.S., ۲۰۰۰. Equilibrium forward curves for commodities. J. Finance ۵۵ (۳), ۱۲۹۷-۱۳۳۸.
۱۱. Tam, Diana, Evans, Lewis, ۲۰۱۳. Water is Valuable:the Allocation of Water and Other Resources in the New Zealand Electricity Market. ISCR Monograph No. ۴, June ۲۰۱۳, ۲۷p. (available at <http://researcharchive.vuw.ac.nz/handle/۱۰۰۶۳/۴۳۴۹>).
۱۲. Wright, B.D., Williams, J.C., ۱۹۸۹. A theory of negative prices for storage. J. Futures Mark ۹ (۱), ۱-۱۳.