

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده برق و کامپیوتر

تخصیص هزینه انتقال و تلفات بر مبنای ردیابی توان اکتیو در بازار رقابتی برق

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت

مجید محمدی

استاد راهنما

دکتر اکبر ابراهیمی



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت آقای مجید محمدی

تحت عنوان

**تخصیص هزینه انتقال و تلفات بر مبنای ردیابی توان اکتیو
در بازار رقابتی برق**

در تاریخ ۱۳۸۶/۲/۵ توسط کمیته زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

دکتر اکبر ابراهیمی

۱- استاد راهنمای پایان نامه

دکتر حمیدرضا کارشناس

۲- استاد مشاور پایان نامه

دکتر علی محمد دوست حسینی

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس خداوند سبحان را که جاری شدن عنایاتش بر افکار نارسا و توان محدودم موجب گردید که صعود بر بلندای دیگری از مسیر زندگانیم را تجربه نمایم. گلگشت مصفای علم هرگز بی وجود اساتید فرهیخته‌ای که خود در گذر از فراز و فرودهای زندگی، چکیده‌ی آزمون‌ها و دانش‌شان را در قالب سخنانی گهربار پیش روی نوآموزانی چون من می‌نهند، معطر نمی‌گردد. لذا بر خود لازم می‌دانم از جناب آقای دکتر اکبر ابراهیمی که با صبر و شکیبایی فراوان و رهنمودهای خود در تمام مراحل این پایان‌نامه مرا یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌نمایم و از خداوند متعال موفقیت روزافزون ایشان را خواهانم. از جناب آقای دکتر حمیدرضا کارشناس که در طول این دوره از نعمت مشاوره با ایشان بهره‌مند بوده‌ام و همچنین از جناب آقای دکتر محمد اسماعیل همدانی گلشن و جناب آقای دکتر محمد ابراهیمی که زحمت داوری این پایان‌نامه را تقبل نمودند، قدردانی و سپاسگذاری می‌کنم. از جناب آقای دکتر علی محمد دوست حسینی سرپرست محترم تحصیلات تکمیلی دانشکده برق و کامپیوتر و سرکار خانم نکویی صمیمانه تشکر می‌نمایم.

مجید محمدی

۱۳۸۶

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع
این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی
اصفهان است.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

که وجودم برایشان همه رنج بود

و وجودشان برایم همه مهر بود

توانشان رفت تا به توانایی رسم

و مویشان سپیدی گرفت تا رو سپید بمانم

آنان که فروغ نگاهشان

گرمی کلامشان و روشنی چشمانشان

سایه‌های جاودان زندگی‌ام هستند

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	چکیده.....
	فصل اول : مقدمه
۲	۱-۱- کلیات.....
۳	۲-۱- تاریخچه.....
۴	۳-۱- روند ارائه مطالب.....
	فصل دوم : تجدید ساختار و مقررات زدایی در صنعت برق
۵	۱-۲- مقدمه.....
۶	۲-۲- صنعت برق سنتی.....
۶	۳-۲- روند تجدید ساختار به منظور شکل گیری بازار برق.....
۷	۴-۲- معرفی بازار برق.....
۸	۱-۴-۲- بهره بردار مستقل سیستم.....
۹	۲-۴-۲- عناصر بازار.....
۱۲	۵-۲- مدل های بازار برق.....
۱۲	۱-۵-۲- مدل PoolCo.....
۱۲	۲-۵-۲- مدل قراردادهای دو جانبه.....
۱۲	۳-۵-۲- مدل ترکیبی.....
۱۲	۶-۲- انواع بازار از نظر نوع کالا.....
۱۳	۱-۶-۲- بازار انرژی.....
۱۳	۲-۶-۲- بازار خدمات جانبی.....
۱۴	۳-۶-۲- بازار انتقال.....
۱۵	۷-۲- انواع خدمات جانبی.....
	فصل سوم : روش های قیمت گذاری انتقال و تخصیص تلفات
۱۸	۱-۳- مقدمه.....
۱۹	۲-۳- اهمیت و اهداف قیمت گذاری انتقال.....
۱۹	۳-۳- روش های قیمت گذاری انتقال.....
۱۹	۱-۳-۳- روش نرخ تمبر پستی.....
۲۰	۲-۳-۳- روش مسیر قرارداد.....
۲۰	۳-۳-۳- روش مگاوات- مایل.....
۲۱	۴-۳-۳- روش ردیابی بیالک.....
۲۵	۵-۳-۳- روش ردیابی بر اساس تئوری گراف.....
۲۸	۶-۳-۳- روش فاکتورهای توزیع تولید و بار اصلاح شده.....

۳۳	۳-۳-۷- روش ردیابی کرشن
۳۶	۳-۴- تخصیص تلفات انتقال
۳۶	۳-۴-۱- روش تخصیص Pro Rata
۳۷	۳-۴-۲- روش تخصیص حاشیه ای
۳۷	۳-۴-۳- روش تخصیص تلفات بیالک
۴۰	۳-۴-۴- روش تخصیص تلفات کرشن

فصل چهارم : یک روش جدید ردیابی توان و تخصیص تلفات اکتیو

۴۱	۴-۱- مقدمه
۴۲	۴-۲- تبدیل مدل بار
۴۲	۴-۳- شناسایی اولیه نوع خطوط
۴۳	۴-۳-۱- مفهوم حوزه ژنراتور
۴۵	۴-۳-۲- کاربرد مفهوم حوزه در روش پیشنهادی
۴۵	۴-۴- حذف خطوط اختصاصی
۴۷	۴-۵- محاسبه سهم ژنراتورها در فلوی اکتیو خطوط مشترک اولیه
۴۷	۴-۵-۱- سیستم قدرت با دو ژنراتور
۴۷	۴-۵-۲- سیستم قدرت با بیش از دو ژنراتور
۴۸	۴-۶- تعیین قطعی نوع خطوط مشترک اولیه
۴۸	۴-۶-۱- سیستم قدرت با دو ژنراتور
۴۸	۴-۶-۲- سیستم قدرت با بیش از دو ژنراتور
۴۹	۴-۷- محاسبه سهم ژنراتورها در فلوی اکتیو خطوط و بارها
۵۰	۴-۷-۱- سیستم قدرت با دو ژنراتور
۵۰	۴-۷-۲- سیستم قدرت با بیش از دو ژنراتور
۵۱	۴-۸- تعیین سهم بارها در فلوی اکتیو خطوط
۵۱	۴-۸-۱- شناسایی مسیر انتقال توان اکتیو بار
۵۲	۴-۸-۲- محاسبه سهم بار در فلوی اکتیو خطوط
۵۳	۴-۹- تخصیص تلفات انتقال
۵۳	۴-۱۰- فلوجارت روش پیشنهادی

فصل پنجم : نتایج آزمون

۵۶	۵-۱- مقدمه
۵۶	۵-۲- نتایج بررسی روش های ردیابی بر روی شبکه آزمون با دو ژنراتور
۵۹	۵-۲-۱- نتایج روش ردیابی پیشنهادی
۶۵	۵-۲-۲- نتایج روش ردیابی بیالک
۶۷	۵-۲-۳- نتایج روش ردیابی کرشن
۶۹	۵-۲-۴- مقایسه نتایج سه روش ردیابی

۷۵	۳-۵- نتایج بررسی روش های ردیابی بر روی شبکه آزمون با چهار ژنراتور
۷۸	۱-۳-۵- نتایج روش ردیابی پیشنهادی
۹۴	۲-۳-۵- نتایج روش ردیابی بیالک
۹۷	۳-۳-۵- نتایج روش ردیابی کرشن
۱۰۱	۴-۳-۵- مقایسه نتایج سه روش ردیابی
	فصل ششم : نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۰۹	۱-۶- مقدمه
۱۰۹	۲-۶- بازنگری و جمع بندی مطالب ارائه شده در فصل های گذشته
۱۱۱	۳-۶- بررسی نتایج
۱۱۳	۴-۶- پیشنهادات
	فصل ششم : نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۱۴	مراجع

چکیده

شرایط اقتصادی، پیشرفت تکنولوژی و تغییر در نگرش‌های سیاسی در بسیاری از کشورهای دنیا، صنعت برق را از انحصار خارج و به یک بازار رقابتی تحت عنوان صنعت تجدید ساختار و مقررات زدایی شده مبدل نموده است. در ساختار جدید، برای هر چه بیشتر رقابتی کردن بازار، تخصیص هزینه‌های سیستم انتقال بر مبنای میزان استفاده هر قرارداد از تجهیزات این سیستم صورت می‌پذیرد. از طرف دیگر، جبران تلفات انتقال به عنوان یکی از مهمترین خدمات جانبی بازار و تخصیص هزینه‌های آن از دیگر مسائل مورد توجه در بازار رقابتی برق است.

در این پایان‌نامه، به منظور تخصیص هزینه‌های انتقال و جبران تلفات اکتیو بر مبنای میزان استفاده واقعی هر قرارداد از تجهیزات سیستم انتقال، به تعیین سهم کاربران در فلو اکتیو عبوری از خطوط و تلفات ایجاد شده در شبکه پرداخته می‌شود. در این راستا، یک روش جدید ردیابی توان اکتیو مبتنی بر عملکرد واقعی سیستم پیشنهاد شده است. روش ارائه شده با تبدیل مدل بار و شناسایی مسیرهای انتقال توان اکتیو بر پایه روابط مداری قابل اثبات، درصد سهم کاربران را در فلو اکتیو خطوط مشخص می‌نماید. از ویژگی‌های بارز روش پیشنهادی، تعیین سهم کاربران در تلفات خطوط همزمان با ردیابی توان اکتیو می‌باشد. در واقع با بکارگیری تنها یک الگوریتم، تخصیص هزینه در هر دو بخش انتقال و تلفات صورت می‌گیرد. نتایج عددی بدست آمده از بررسی روش ارائه شده بر روی دو شبکه آزمون و مقایسه با روش‌های دیگر، نشان می‌دهند که روش پیشنهادی می‌تواند به عنوان یک روش موثر در بحث تخصیص هزینه انتقال و تلفات اکتیو مطرح و در بازار رقابتی برق بکار گرفته شود.

فصل اول

مقدمه

۱-۱- کلیات

صنعت برق تا اواخر قرن بیستم در بسیاری از کشورها از یک ساختار یکپارچه^۱ و اصطلاحاً عمودی^۲ برخوردار بوده است. در این ساختار سنتی، مالکیت تمامی بخش‌های تولید، انتقال و توزیع در اختیار یک نهاد خاص که در اغلب کشورها دولت می‌باشد، قرار داشته است. عوامل زیادی از قبیل کمبود منابع کافی برای سرمایه‌گذاری در جهت توسعه و تقویت صنعت برق، انتظارات مصرف‌کننده‌ها در داشتن حق انتخاب در تامین انرژی مورد نیازشان، کاهش هزینه‌های تولید و توزیع انرژی، نارسایی برخی قوانین نظارتی و عدم تخصیص صحیح هزینه‌ها به منظور بازگشت هزینه‌های سرمایه‌گذاری و کسب درآمد لازم از جمله دلایلی می‌باشد که سبب گرایش به سمت تجدید ساختار^۳ و مقررات زدایی^۴ در صنعت برق گردید.

ایجاد بازارهای رقابتی برق به منظور رقابت بین تولیدکنندگان در جهت تامین انرژی مورد نیاز مصرف‌کنندگان از پیامدهای این تجدید ساختار می‌باشد. سیستم انتقال به عنوان یک واسطه بین فروشندگان و خریداران انرژی از اهمیت خاصی در ایجاد قراردادهای تبادل توان برخوردار است و تعرفه‌های انتقال ارائه شده از سوی مالکان سیستم انتقال می‌تواند تاثیر بسزایی بر روی نوع قراردادها و همچنین آینده شبکه انتقال داشته باشد. یک طرح صحیح قیمت‌گذاری و تخصیص هزینه انتقال از دو جنبه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۱-Vertically integrated

۲-Monopoly

۳-Deregulation

۴-Restructuring

جنبه اول، ارزیابی طرح از دیدگاه کاربران شبکه، به طوری که قیمت گذاری باید بر اساس استفاده واقعی هر کاربر از تجهیزات شبکه انتقال باشد و همچنین این طرح باید از قابلیت درک آسان و شفافیت در تخصیص هزینه‌ها برخوردار باشد. جنبه دوم از دیدگاه مالکان سیستم انتقال است که باید طرح تخصیص هزینه‌ها به گونه‌ای باشد که علاوه بر بازگشت هزینه‌های سرمایه‌گذاری در این بخش، سطح مشخصی از سود را نیز در بر داشته باشد به طوری که باعث تشویق مالکان در جهت توسعه و تقویت سیستم انتقال از طریق سرمایه‌گذاری گردد.

۲-۱- تاریخچه

به طور کلی می‌توان روش‌های قیمت گذاری انتقال را به دو دسته افزایشی و تخصیصی تقسیم بندی نمود [۱،۲،۳]. در روش قیمت گذاری افزایشی نوع هزینه تخصیص داده شده به یک قرارداد بستگی به مدت زمان اجرای آن دارد و بدین علت به دو دسته قیمت گذاری هزینه افزایشی کوتاه مدت و بلند مدت تقسیم می‌گردد. در روش کوتاه مدت فقط هزینه‌های عملیاتی در ارتباط با یک قرارداد جدید با استفاده از مدل پخش بار بهینه تعیین می‌شود که بواسطه لحاظ نکردن سایر هزینه‌های شبکه، درآمد حاصل از این روش قیمت گذاری انگیزه لازم در جهت تشویق به سرمایه‌گذاری در بخش انتقال را ایجاد نمی‌نماید [۲،۱].

در روش قیمت گذاری بلند مدت هزینه‌های توسعه و تقویت شبکه و همچنین هزینه‌های عملیاتی که برای اجرای یک قرارداد لازم است تعیین و به مالک قرارداد تخصیص داده می‌شود. ارزیابی این هزینه‌ها بدلیل اینکه باید در حالت توسعه با حداقل هزینه انجام شود، بسیار مشکل می‌باشد و مسئله دیگری که در هر دو روش کوتاه مدت و بلند مدت وجود دارد، مشکل تخصیص هزینه بین چند قرارداد است که مجموعاً و با هم در ایجاد هزینه‌ای نقش داشته‌اند [۲،۱].

در الگوی قیمت گذاری تخصیصی، بر مبنای میزان استفاده هر قرارداد از تجهیزات شبکه، هزینه آن محاسبه و به قرارداد مذکور تخصیص داده می‌شود [۱،۲،۳]. بدین جهت روش قیمت گذاری تخصیصی مورد توجه بسیاری از بازارهای برق دنیا قرار گرفته است و تقریباً اکثر روش‌های بیان شده در بحث تخصیص هزینه انتقال در این دسته قرار می‌گیرند.

روش‌های تمبر پستی [۳،۴]، مسیر قراردادی [۳،۴،۵] و مگاوات-مایل [۴،۶،۷] از جمله روش‌های اولیه مطرح شده در قیمت گذاری تخصیصی می‌باشند. در روش تمبر پستی هزینه انتقال بر مبنای حاصل ضرب مگاوات مورد نیاز قرارداد در هزینه کل سیستم تعیین می‌شود. در روش مسیر قراردادی یک مسیر فرضی برای انتقال توان بین فروشنده و خریدار در نظر گرفته می‌شود و فقط هزینه تجهیزات موجود در این مسیر برای قرارداد مورد نظر محاسبه می‌شود. روش مگاوات-مایل میزان فلوی توان حقیقی بر روی تمام خطوط شبکه را با استفاده از مدل پخش بار مستقیم با در نظر گرفتن فقط ژنراتورها و بارهای موجود در هر

قرارداد محاسبه می‌کند. در سال‌های اخیر روش‌های دیگری نیز بر اساس تئوری گراف [۸] و فاکتورهای توزیع (درصد سهم هر کاربر در فلوی اکتیو خطوط انتقال) [۹] مطرح شده است. از روش‌هایی که تا حدود زیادی بر پایه عملکرد فیزیکی شبکه انتقال و نه بر اساس قراردادهای مالی مطرح شده‌اند می‌توان به روش‌های ردیابی پخش توان اشاره کرد [۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳]. روش‌های ردیابی بر مبنای فرض سهم متناسب میزان مشارکت کاربران را در فلوی اکتیو خطوط تعیین می‌نمایند. اخیراً بحث تخصیص تلفات انتقال بین کاربران شبکه به عنوان یکی از خدمات جانبی در بازارهای رقابتی برق مطرح شده است. از جمله روش‌های ارائه شده در این زمینه می‌توان به روش Pro Rata [۱۴] و روش تخصیص حاشیه ای [۱۴، ۱۵] و همچنین روش‌های ردیابی [۱۰، ۱۱، ۱۶، ۱۷] اشاره نمود.

در این پایان‌نامه با بررسی روش‌های تخصیص هزینه انتقال و تلفات، ضمن بیان نقاط قوت و ضعف هر کدام، یک روش جدید ردیابی توان اکتیو بر مبنای عملکرد سیستم واقعی ارائه می‌گردد که بطور همزمان و با استفاده از یک الگوریتم سهم کاربران را در فلوی اکتیو خطوط و تلفات انتقال محاسبه می‌نماید.

۱-۳- روند ارائه مطالب

در فصل دوم خصوصیات سیستم سنتی برق، مراحل و انگیزه‌های تجدید ساختار در این صنعت بررسی و به صورت کلی ساختار یک بازار برق و مفاهیم کلیدی آن بیان می‌شود. بررسی روش‌های متداول قیمت‌گذاری و تخصیص هزینه انتقال که از شروع تجدید ساختار در صنعت برق تا کنون در مقالات معتبر ارائه شده‌اند، در فصل سوم با بیان مزایا و معایب هر کدام ارائه می‌گردد. در فصل چهارم یک روش جدید ردیابی توان اکتیو بر مبنای محاسبات پخش بار متناوب و عملکرد سیستم واقعی ارائه می‌شود. در این روش، با شناسایی مسیرهای انتقال توان اکتیو بین هر یک از ژنراتورها و بارها بر مبنای محاسبات پخش بار و روابط مداری قابل اثبات، سهم کاربران به صورت دقیق در تلفات و فلوی اکتیو خطوط به طور همزمان و با بکارگیری تنها یک الگوریتم محاسبه می‌گردد. در فصل پنجم نتایج عددی حاصل از تحلیل روش جدید بر روی دو شبکه آزمون بیان و با نتایج بدست آمده از دو روش ردیابی بیالک و کرشن مقایسه می‌شود. نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی برای ادامه تحقیق در این زمینه در فصل ششم ارائه می‌گردد.

فصل دوم

تجدید ساختار و

مقرارت زدایی در صنعت برق

۲-۱- مقدمه

صنعت برق تا اواخر قرن بیستم تقریباً در تمامی کشورها از یک ساختار انحصاری برخوردار بوده و تحت نظارت یک نهاد خاص (دولتی یا خصوصی) بهره‌برداری شده است. در این ساختار که اصطلاحاً ساختار عمودی^۱ نامیده می‌شود، مالکیت بخش‌های تولید، انتقال و توزیع در بیشتر کشورها (به ویژه کشورهای در حال توسعه) در اختیار دولتها و در کشورهایی نظیر ایالات متحده در اختیار نهادهای خصوصی قرار داشته است. ساختار برق در سالهای اخیر در حال تجربه یک تغییر سریع و شکل دهی مجدد در صنعتی است که به مدت طولانی وبه طور قابل ملاحظه‌ای ثبات داشته و خدمات خود را ارائه کرده است. شکل برجسته‌ای از این تغییرات، اجازه رقابت بین تولیدکنندگان و ایجاد بازار برق در این صنعت می‌باشد.

تجدید ساختار در سال ۱۹۸۰ در شیلی و انگلستان آغاز گردید و سپس به کشورهای آمریکای لاتین همچون آرژانتین گسترش پیدا کرد. این روند از سال ۱۹۹۰ با شتابی بیشتر و به شکل‌های گوناگون در ایالات متحده، استرالیا، کشورهای اسکاندیناوی و برخی از کشورهای آسیایی ادامه یافت [۱۸]. عوامل زیادی از قبیل پیشرفت تکنولوژی، تغییر در نگرشهای سیاسی، تعرفه‌های بالا، نارسایی برخی قوانین نظارتی، کمبود منابع لازم برای سرمایه‌گذاری در کشورهای در حال توسعه و غیره باعث حرکت جهانی به سمت تجدید ساختار^۲ در صنعت برق گردید.

۲-۲- صنعت برق سنتی

تا اواخر دهه ۸۰ صنعت برق در بسیاری از کشورها ساختاری انحصاری و سازگار با قوانین دولتی داشت و تقریباً در تمام بخش‌های تولید، انتقال و توزیع، ساختار آن انحصاری^۱ و یکپارچه بود. این انحصار شکل محلی داشت به این معنی که در هر منطقه یک شرکت خصوصی یا سازمان دولتی مسئول فروش برق و ارائه خدمات به همه مشتریان در آن منطقه بود. برخی از مشخصات چنین ساختاری به صورت زیر می‌باشد.

الف- امتیاز انحصاری

تنها شرکت برق محلی می‌تواند تولید، انتقال و فروش برق را در منطقه محلی خود انجام دهد.

ب- تعهد تغذیه

شرکت برق باید همه مشترکین را سرویس دهی کند و این کار برای کسب سود نیست.

ج- نظارت

عملکرد مالی شرکت باید مطابق با قوانین دولت و تحت نظارت آن باشد.

د- بهره برداری با حداقل هزینه

در چنین ساختار چون هدف کسب سود نیست لذا بر اساس کمینه کردن هزینه‌ها، بهره‌برداری انجام می‌شود.

ه- نرخ‌های تنظیم شده

تعرفه شرکتها بر اساس سیاست‌های تنظیم شده توسط دولت تعیین می‌شود.

۲-۳- روند تجدید ساختار به منظور شکل‌گیری بازار برق

صنعت برق در زیرساخت‌های صنعتی، اقتصادی، اجتماعی و کشاورزی هر کشوری نقش بسزایی را ایفا می‌کند. توسعه اقتصادی و صنعتی در جهان و افزایش روز افزون جمعیت، تقاضای مصرف انرژی الکتریکی را افزایش داده است. پاسخگویی به این افزایش تقاضا فشار سنگینی بر اقتصاد کشورها جهت توسعه صنعت برق وارد کرده است. انحصار این صنعت توسط دولت، تامین منابع کافی برای سرمایه‌گذاری در این صنعت را با مشکل مواجه می‌سازد و از طرف دیگر گسترش رقابت‌های جهانی و افزایش انتظارات مصرف‌کننده‌ها در حق انتخاب و استفاده از کالاها و خدمات با کیفیت بهتر، زمینه را برای حرکت به سمت رقابتی کردن تولید و توزیع برق فراهم کرده است که از این تحول به سوی بازار رقابتی برق به عنوان مقررات‌زدایی (کاهش مقررات) و تجدید ساختار برق نام برده می‌شود.

دلایل روند جهانی به سمت تجدید ساختار را می‌توان به طور خلاصه به صورت زیر بیان نمود.

الف- پیدایش نسل جدید تکنولوژی‌های تولید انرژی برق

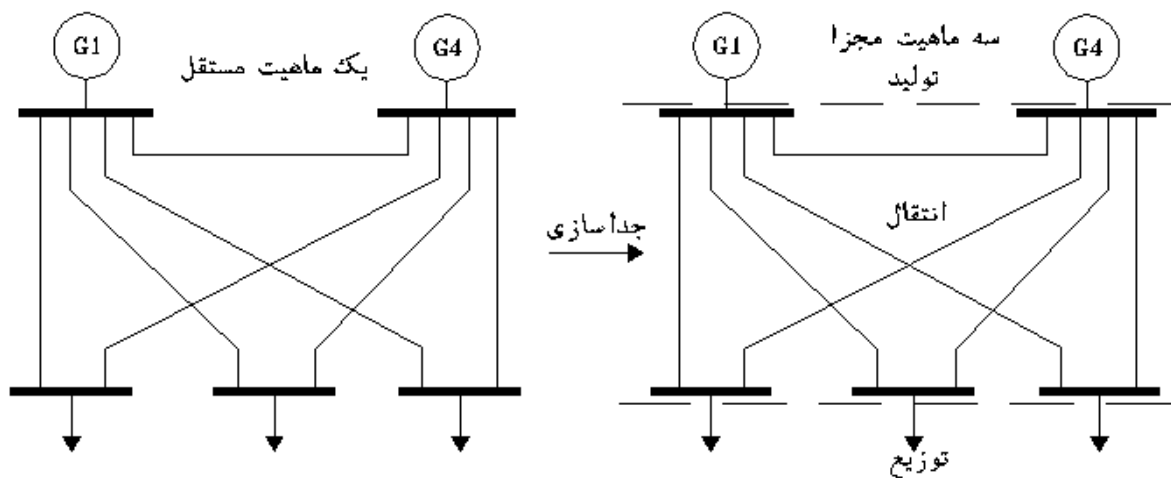
ب- ایجاد رقابت در جهت کاهش قیمت‌ها

ج- جذب سرمایه‌های بخش خصوصی

د- شفاف کردن عملکرد مالی بخش‌های مختلف صنعت برق

ه- ایجاد انگیزه برای تحرک و نوآوری بیشتر در صنعت برق

مقررات زدایی در واقع بیشتر به مفهوم جداسازی یک سرویس تحت اختیار شرکتی به اجزای اساسی آن و سپس به فروش گذاردن هر یک از آنها با نرخ‌های جداگانه است. بر این اساس و همان‌گونه که در شکل (۱-۲) نیز نشان داده شده است، می‌توان بخش‌های مختلف تولید، انتقال و توزیع را از هم جدا نمود. ساختار جدید کاهش مقررات در بخش‌های تولید، انتقال و توزیع نه تنها به مفهوم جداسازی از ساختار انحصاری است بلکه به معنی جداسازی مالکیت از بهره‌برداری نیز می‌باشد [۱۸].



شکل (۱-۲): جداسازی ساختار برق سنتی

۲-۴- معرفی بازار برق

در ساختار جدید، انرژی الکتریکی و خدمات جانبی آن از قبیل کنترل فرکانس، ذخیره گردان، ذخیره غیرگردان، کنترل توان راکتیو و غیره به عنوان کالا در سیستم بازار رقابتی براساس مقررات عرضه و تقاضا به فروش می‌روند. در واقع پیدایش بازار برق را می‌توان نتیجه تغییر در سیستم سنتی برق و گرایش به سمت مقررات زدایی در این صنعت دانست. مزایای ایجاد یک بازار برق در ادامه بیان شده است.

الف- تأمین هر چه بهتر و ارزانتر نیاز مصرف کنندگان

ب- فراهم آوردن حق انتخاب برای مصرف کنندگان

ج- ایجاد بستری مناسب در جهت ارائه بهتر خدمات

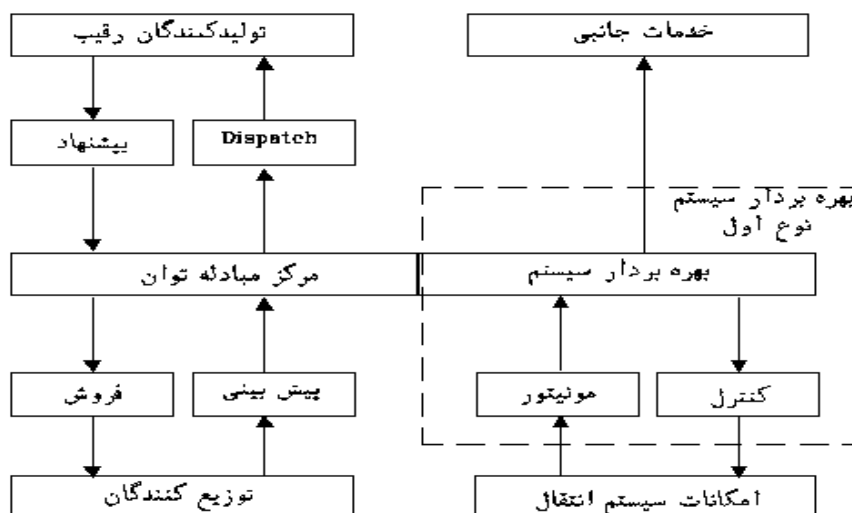
د- رقابتی نمودن عرضه خدمات و در نتیجه افزایش کیفیت کالای ارائه شده

تجدید ساختار برق، نقش عناصر سنتی در ساختار یکپارچه عمودی را تغییر داده است و عناصر جدیدی را با امکان عملکرد مستقل ایجاد کرده است که می‌توان آنها را به بهره‌بردار مستقل سیستم و شرکت کنندگان در بازار، طبقه‌بندی نمود.

۲-۴-۱- بهره‌بردار مستقل سیستم^۱

لازمه یک بازار رقابتی برق، وجود یک مرکز مستقل بهره‌بردار سیستم است. کنترل شبکه بدون وجود بهره‌بردار مستقل سیستم قابل تضمین نمی‌باشد. بهره‌بردار سیستم بهای انتقال را تعیین نموده، ایمنی سیستم را حفظ کرده و مستقل از هر شرکت کننده در بازار اعم از مالکین انتقال، تولیدکننده‌ها، شرکت‌های توزیع و مصرف کنندگان نهایی، عمل می‌نماید و باید امکان دسترسی آزاد غیرقابل تبعیضی را برای تمام استفاده کنندگان از سیستم انتقال فراهم آورد.

بهره‌بردار مستقل سیستم، قدرت لازم برای در مدار آوردن برخی یا تمام واحدهای تولیدی و همچنین توزیع بار در سیستم را داشته و می‌تواند برای حفظ ایمنی سیستم (جلوگیری از نقض حدود مجاز انتقال، تعادل بین عرضه و تقاضا و حفظ فرکانس سیستم) بارهایی را از مدار خارج نماید، همچنین این اطمینان را ایجاد می‌کند که سیگنال‌های صحیح اقتصادی به همه شرکت کنندگان در بازار ارسال شود که این موضوع به نوبه خود باعث تشویق و ایجاد انگیزه مناسب برای سرمایه‌گذاری در بخش‌های مختلف ساختار جدید برق می‌گردد. به طور کلی، امکان دو ساختار برای بهره‌بردار سیستم وجود دارد که انتخاب نوع ساختار بستگی به اهداف آن دارد. اولین ساختار بر پایه بهره‌بردار سیستم صحیح و حفظ ایمنی سیستم انتقال است. شکل (۲-۲) نمونه‌ای از ساختار فوق را نشان می‌دهد [۱۸]. در این ساختار بهره‌بردار سیستم هیچ نقشی در بازار ندارد و هدف آن به حفظ ایمنی محدود می‌شود و عملیات بازار بوسیله مرکز مبادله توان^۲ انجام می‌گیرد.



شکل (۲-۲): ساختار نوع اول بهره‌بردار مستقل سیستم

مرکز مبادله توان، یک نهاد مستقل و غیر دولتی است که با اجرای حراج مبادلات برق، بازار رقابتی را تضمین می‌کند. روال کاری مرکز تبادل و معاملات را می‌توان به صورت زیر بیان نمود.

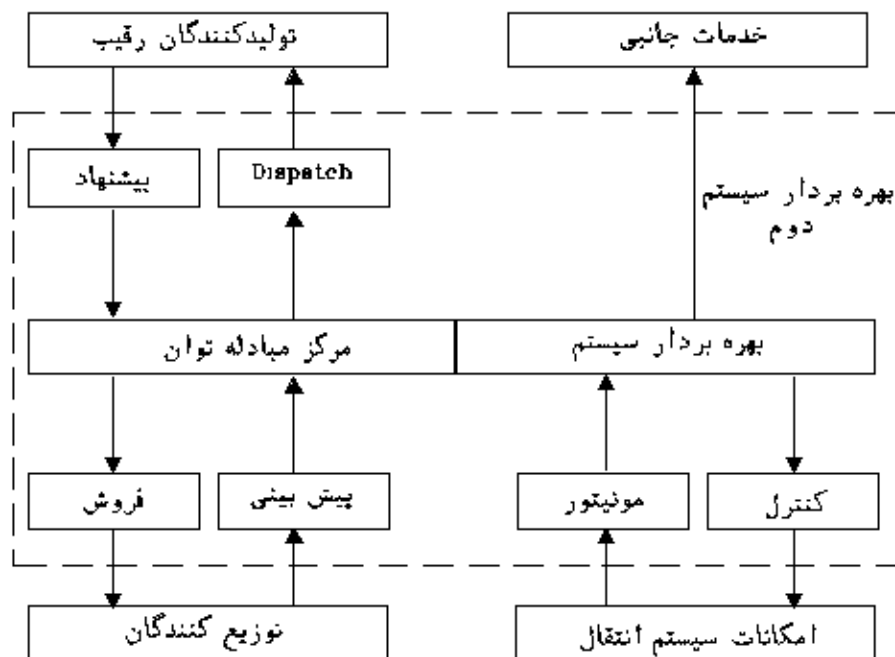
الف- دریافت پیشنهادهای قیمت از تولید کنندگان و خریداران

ب- تنظیم قیمت‌های پیشنهادی و تهیه قیمت نهایی بازار و طراحی برنامه زمان‌بندی

ج- تحویل برنامه زمان‌بندی تهیه شده به بهره‌بردار مستقل سیستم

د- تعدیل و تنظیم برنامه زمان‌بندی در زمان تراکم سیستم

در ساختار دوم، بهره‌بردار مستقل بیان شده در ساختار اول و مرکز مبادله توان به صورت یک نهاد واحد عمل می‌نمایند. در واقع ساختار دوم، ترکیبی از وظایف ساختار نوع اول و مرکز تبادل را بر عهده دارد. در این ساختار شرکت کنندگان در بازار، باید داده‌های وسیعی از قبیل داده‌های هزینه هر واحد تولید و تقاضای روزانه برای هر مشتری یا بار را ارائه کنند که با این داده‌ها بهره‌بردار سیستم برنامه مشارکت واحدها و توزیع بار را تعیین می‌نماید. شکل (۲-۳) چنین ساختاری از بهره‌بردار سیستم را نشان می‌دهد [۱۸].



شکل (۲-۳): ساختار نوع دوم بهره‌بردار مستقل سیستم

۲-۴-۲- عناصر بازار [۱۹]

عناصر بازار شامل شرکت‌های تولید، شرکت‌های انتقال، شرکت‌های توزیع، شرکت‌های خرده فروش، جمع‌کننده‌ها، کارگزارها، بازاریاب‌ها و مشتریان می‌باشند که در ادامه هر کدام به طور جداگانه تعریف می‌گردند.

الف- شرکت‌های تولید

این شرکت‌ها واحدهای تولید موجود را بهره‌بردار می‌کنند و ممکن است خود مالک واحد تولیدی بوده و یا از طرف مالکین واحدها با بازار تماس داشته باشند. شرکت‌های تولید امکان فروش برق به عناصری که با آنها به طور مستقیم در خصوص فروش برق مذاکره کرده‌اند را دارند و همچنین امکان فروش برق به مرکز مبادله توان که از آن مشتریان بزرگی چون شرکت‌های توزیع، برق موردنیاز خود را تأمین می‌کنند را نیز خواهند داشت. علاوه بر توان حقیقی، شرکت تولید ممکن است در معاملات توان راکتیو و ذخیره‌های بهره‌بردار نیز شرکت نمایند. شرکت‌های تولید، عضو وابسته به بهره‌بردار سیستم یا شرکت‌های انتقال نمی‌باشند.

ب- شرکت‌های انتقال

یکی از حیاتی‌ترین بخش‌ها در بازارهای برق، سیستم انتقال است. بهره‌بردار مؤثر و ایمن از سیستم انتقال، کلید بازدهی بازارهای فوق است. یک شرکت انتقال، برق را از طریق یک سیستم قدرت با ولتاژ سطح بالا به مشتریان (از شرکت‌های تولید به شرکت‌های توزیع) تحویل می‌دهد. این سیستم، از شبکه بهم پیوسته‌ای تشکیل شده که همه شرکت‌کنندگان در آن سهام بوده و واحدهای بزرگ تولید و مشتریان عمده به آن متصل می‌باشند. شرکت انتقال در یک ناحیه جغرافیایی مشخص و به منظور تأمین خدمات لازم برای حفظ قابلیت اطمینان سیستم، نقش ساخت، مالکیت، تعمیر و نگهداری از سیستم انتقال را بر عهده دارد. این شرکت‌ها، انتقال عمده برق را بر عهده داشته، امکان دسترسی باز را فراهم نموده و هیچگونه مالکیتی یا وابستگی با دیگر شرکت‌کنندگان بازار (نظیر شرکت‌های تولید و خرده فروش) ندارند.

ج- شرکت‌های توزیع

یک شرکت توزیع از طریق امکانات خود، برق را در یک ناحیه جغرافیایی مشخص بین مشتریان خود توزیع می‌کند و تحت نظر آژانسهای مقررات منطقه‌ای، شبکه توزیع متصله بین سیستم انتقال و مشتریان را ایجاد می‌نماید. شرکت توزیع مسئولیت ساخت، تعمیر و نگهداری از سیستم الکتریکی خود را بر عهده دارد به نحوی که قابلیت اطمینان و آمادگی آن در حد مطلوبی باشد. همچنین این شرکت‌ها پاسخگویی به وقفه‌های شبکه توزیع و مسائل مربوط به کیفیت برق را نیز بر عهده دارند.

د- شرکت‌های خرده فروش

شرکت‌های خرده فروش بخش‌های جدیدی می‌باشند که همراه با تجدید ساختار در صنعت برق ایجاد شده‌اند. یک خرده فروش، توان الکتریکی و دیگر خدمات لازم برای تأمین نیاز مشتریان خود را خریداری کرده و ممکن است تولیدات و خدمات برقی را به صورت‌های مختلف با هم ترکیب کرده و برای فروش عرضه نماید. یک خرده فروش ممکن است از طریق جمع‌کننده‌ها با مصرف‌کنندگان نهایی به طور غیرمستقیم، معامله نماید.

ه- جمع‌کننده‌ها

یک جمع‌کننده، عنصر یا شرکتی است که مشتریان را به صورت یک گروه خریدار با هم ترکیب می‌کند. گروه مزبور توان الکتریکی و خدمات دیگر را به صورت عمده با قیمت پایین‌تری خریداری می‌کند. ممکن است جمع‌کننده به صورت یک کارگزار بین مشتریان و خرده‌فروشان عمل کند. زمانی که یک جمع‌کننده، توان را خریداری کرده و آن را به مشتریان فروش مجدد می‌نماید، در واقع به عنوان یک خرده‌فروش عمل می‌کند و بنابراین باید ابتدا به صورت یک خرده‌فروش، واجد شرایط لازم باشد.

و- کارگزارها

کارگزار خدمات انرژی الکتریکی، شرکتی است که نقش یک واسطه در بازاری که این خدمات قیمت‌گذاری، خریداری و معامله می‌شوند را بر عهده دارد. یک کارگزار در تبادلات موجود نقش مستقیمی ندارد و انرژی الکتریکی را تولید، خریداری یا فروش نمی‌کند، بلکه معاملات بین خریداران و فروشندگان را تسهیل می‌نماید. اگر کارگزاری علاقمند به کسب حقی در مبادلات انرژی الکتریکی باشد، به عنوان تولیدکننده یا بازاریاب مطرح می‌شود. کارگزار، ممکن است به صورت یک واسطه بین شرکت تولید یا جمعی از شرکت‌های تولید و بازاریاب‌ها عمل نماید.

ز- بازاریاب‌ها

یک بازاریاب شرکتی است که فاقد تجهیزات تولید است و توان الکتریکی را خریداری کرده و فروش مجدد می‌کند. بازاریاب با مجوز FERC^۱ برای خرید و فروش خدمات انرژی الکتریکی بازار عنوان کسب می‌کند. ممکن است بازاریاب هر دو عمل بازاریابی و خرده‌فروشی را نیز انجام دهد [۱۹].

ح- مشتریان

مشتری، یک مصرف‌کننده نهایی برق است که در حالت مشتریان کوچک، با تسهیلات مشخصی به سیستم توزیع و در حالت مشتریان عمده، به سیستم انتقال، متصل است. در ساختار یکپارچه عمودی، مصرف‌کننده، خدمات انرژی الکتریکی را از شرکتی دریافت می‌کند که در آن ناحیه واقع است و مجوزهای حقوقی را برای ارائه خدمات مزبور دریافت کرده است. در سیستم تجدید ساختار شده، مشتریان، دیگر مجبور به خرید خدمات از شرکت‌های محلی نمی‌باشند. آنها، دسترسی مستقیم به تولیدکنندگان یا امکان عقد قرارداد با دیگر تأمین‌کنندگان توان را داشته و می‌توانند مجموعه‌ای از خدمات (با سطح دلخواه قابلیت اطمینان) را با بهترین کیفیت که نیازهای آنها را برآورده سازد، خریداری کنند. به عنوان مثال، مشتریان، ممکن است عرضه‌کنندگانی را برگزینند که بتوانند بارهای آنها را به ساعت‌های غیراوج با نرخ‌های پایین‌تری، جابجا نمایند.