ارائه روشی جدید جهت تعیین سهم امنیت در هزینه‌های خطوط انتقال براساس قیمت حاشیه‌ای محلی بازار

محسن قاینی
دانشجوی دکترای دانشگاه فردوسی مشهد و
عضو هیات علمی موسسه غیر انتفاعی سجاد مشهد
m_ghayeni@sadjad.ac.ir

رضا قاضی
استاد گروه برق- قدرت، دانشکده مهندسی
دانشگاه فردوسی مشهد
rghazi@um.ac.ir

چکیده – در این مقاله روش جدیدی جهت تعیین سهم امنیت در هزینه‌های خطوط انتقال براساس قیمت حاشیه‌ای محلی مطرح شده است. قرار دادن قسمتی از ظرفیت انتقال به عنوان حاشیه‌ی امنیت و قابلیت اطمینان یکی از ضروریات برنامه‌ریزی و بهره‌برداری سیستم قدرت می‌باشد تا در صورت بروز حوادث، شبکه همچنان پایداری خود را حفظ نماید. بنابراین بنظر می‌رسد قرار دادن قسمتی از هزینه‌های انتقال به این موضوع منصفانه باشد تا بازیگران برحسب میزان استفاده از این حاشیه‌ی امنیت هزینه پرداخت نمایند. با توجه به اینکه استفاده کنندگان شبکه از سطوح امنیت متفاوتی برحسب ساختار شبکه برخوردارند لذا می‌بایست بارها براساس میزان برخوردار شدن از سطح امنیت، هزینه‌ای متناسب با آن پرداخت کنند به طوری‌که هر مصرف کننده‌ای که از سطح امنیت بالاتری برخوردار است هزینه بیشتری بابت این برخورداری از امنیت بپردازد. در این مقاله با به بکارگیری سیگنال قیمت حاشیه‌ای محلی و تعریف شاخصی جدید، سهم امنیت در هزینه‌ی انتقال هر خط تعیین می‌گردد. با استفاده از این شاخص علاوه بر رفع اشکالات روش قبلی تاثیر شرایط بازار و قیمت بازار نیز در بحث سهم امنیت در هزینه‌ی انتقال لحاظ می‌گردد. برای انجام مطالعات از شبکه ۱۱ باسه رینگ ۱۳۲ کیلوولت مشهد استفاده شده است.

کلید واژه- امنیت خطوط انتقال، قیمت‌گذاری انتقال، قیمت حاشیه‌ای محلی

۱- مقدمه

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه‌ی قیمت‌گذاری انتقال و تخصیص هزینه‌های استفاده از شبکه‌ی انتقال که بتواند با ساختار بازارهای مختلف هماهنگی داشته باشد، صورت گرفته است. اما در زمینه‌ی تخصیص هزینه‌های انتقال با در نظر گرفتن مقوله امنیت سیستم مطالعات کمتری انجام شده است[۱]. در بسیاری از بازارهای برق در جهان بخش انتقال همچنان بصورت انحصاری بهره‌برداری می‌شود و در یک صنعت انحصاری قیمت‌گذاری مبتنی بر هزینه، اساس قیمت‌گذاری است. هدف از این نوع قیمت‌گذاری در شبکه‌ی انتقال تعیین ارزش خدمات انتقال و سپس تخصیص آن به استفاده‌کنندگان به طریقی است که هزینه‌های انجام شده بصورت متناسب برگشت داده شود. روشهای هزینه فراگیر از متداولترین روشهای موجود در زمینه‌ی تخصیص هزینه‌های انتقال است که اطمینان از بازگشت سرمایه‌گذاری انجام شده را تضمین می‌کند. سادگی، شفافیت، منصفانه بودن، و قابلیت اجرا شدن از خصوصیات مهم الگوریتم تخصیص هزینه باید باشد. کشورهای مختلف بسته به نوع قوانین بازار صنعت برق خود روشهای متفاوتی را اجرا می‌نمایند[۲].

مدیریت پرشدگی خطوط انتقال باید بنحوی صورت گیرد که نه تنها در شرایط عادی شبکه پرشدگی در خطوط وجود نداشته باشد، بلکه در شرایط اضطراری و در صورت خروج حداقل یک عنصر از شبکه نیز خطوط دچار پرشدگی نگردند و امنیت و پایداری شبکه حفظ گردد. بنابراین قرار دادن قسمتی از ظرفیت انتقال به عنوان حاشیه‌ی امنیت و قابلیت اطمینان یکی از ضروریات برنامه‌ریزی و بهره‌برداری سیستم قدرت می‌باشد تا در صورت بروز حوادث، شبکه همچنان پایداری خود را حفظ نماید[۳]. این بدان معناست که ظرفیت انتقال شامل دو قسمت

است یکی ظرفیت پایه که از آن در حالت عادی شبکه توان جاری می‌گردد و دیگری حاشیه‌ی امنیتی است که برای ایمن بودن شبکه‌ی انتقال در شرایط بروز حادثه مطرح است. بنابراین بنظر می‌رسد قرار دادن قسمتی از هزینه‌های انتقال به این موضوع منصفانه باشد تا بازیگران برحسب میزان استفاده از این حاشیه‌ی امنیت هزینه پرداخت نمایند[۴].

البته تاکنون مطالعات زیادی در زمینه در نظرگرفتن امنیت در هزینه های انتقال و تخصیص قسمتی از هزینه های انتقال با توجه به مقوله قابلیت اطمینان و امنیت صورت نگرفته است و فقط چندین مقاله در این زمینه منتشر شده است[۸-۵]. آقای Yu و همکارانش در [۵] تخصیص هزینه‌ی انتقال به هر قرارداد را براساس سهم استفاده از ظرفیت و میزان بهره‌وری از قابلیت اطمینان بررسی کرده‌اند. آنها سهم قابلیت اطمینان از هزینه کل خط را برای تمامی خطوط شبکه یکسان و برابر ۲۰ درصد در نظرگرفته‌اند و این در حالیست که خطوط دارای حاشیه اطمینانهای متفاوتی هستند و تاثیرشان در امنیت شبکه یکسان نیست و لذا نبایستی سهم امنیت در هزینه برای تمام خطوط یکسان باشد. آقای Hur و همکارانش این موضوع را در [۶] به این صورت حل کرده‌اند که تفکیک هزینه براساس ظرفیت پایه و حاشیه‌ی امنیت انتقال صورت گیرد. آنها حاشیه‌ی امنیت انتقال را بصورت تفاضل قابلیت انتقال کل(TTC) و ظرفیت پایه(ماکزیمم توان خط در حالت عادی) توصیف کرده‌اند. با این روش سهم امنیت در هزینه خطوط متفاوت خواهد بود ولی اشکال آن این است که بستگی به میزان ظرفیت خالی خط دارد و هر خطی که بار کمتری داشته باشد سهم امنیت در هزینه آن بیشتر خواهد شد. با این روش در مواقعی که توان خط کم باشد سهم امنیت در هزینه از سهم استفاده بیشتر خواهد شد و حتی در بعضی از خطوط کم‌بار سهم امنیت تا چندین برابر بیشتر می گردد و همچنین در ساعات کم‌باری شبکه، امنیت نقش تعیین کننده تری در تخصیص هزینه خواهد داشت و این درحالیست که در ساعات کم‌باری شبکه منطقی است که سهم امنیت در هزینه کمتر باشد. لذا پرداخت با این روش عادلانه نخواهد بود.

برای رفع این مشکل در این مقاله الگوریتمی جهت محاسبه سهم امنیت از هزینه انتقال پیشنهاد شده است که در آن از قیمت حاشیه‌ای محلی در باسها و محاسبه قیمت پرشدگی هر خط انتقال(تفاضل قیمت باسهای طرفین خط) در حالت پایه و خروج همه خطوط استفاده شده است. در روش پیشنهادی با بررسی میانگین تغییرات قیمت پرشدگی خطوط سهم امنیت در هزینه انتقال هر خط تعیین می‌گردد.

۲- فرمول‌بندی مساله

برای انجام محاسبات سیستم از پخش بار بهینه استفاده شده و برای محاسبه LMP باسها روش لاگرانژ بکار برده شده است که در این قسمت ابتدا فرمول‌بندی پخش بار بهینه گفته خواهد شد و در بخش سوم شاخص پیشنهادی بیان می‌گردد.

۲-۱- فرمول‌بندی OPF

مسالهٔ پخش بار بهینه، یک مسالهٔ بهینه سازی غیرخطی است که بصورت کلی رابطه‌ی (۱) قابل بیان است:

$$\begin{aligned} &\text{Min} && f(x) \\ &\text{Subject to:} && g(x)=0 \\ & && h(x)<0 \\ & && x_{min}<x<x_{max} \end{aligned} \qquad (۱)$$

تابع هدف را می توان ماکزیمم کردن رفاه اجتماعی در نظر گرفت ولی چون در این مقاله فقط سمت تولید مورد بحث است، تابع هدف، مینیمم کردن هزینهٔ تولید درنظر گرفته شده است:

$$\text{Min} \quad C=\sum_{i=1}^{N_g} C_i(P_{g_i}) \qquad (۲)$$

قیود مساوی در مساله، مربوط به روابط پخش توانهای اکتیو و راکتیو در باس‌ها می‌باشد که برای باس i بصورت زیر قابل بیان است:

$$P_{gi}-P_{di}-\sum_{j=1}^{n}|V_i||V_j||Y_{ij}|\cos(\theta_{ij}+\delta_j-\delta_i)=0 \qquad (۳)$$

$$Q_{gi}-Q_{di}+\sum_{j=1}^{n}|V_i||V_j||Y_{ij}|\sin(\theta_{ij}+\delta_j-\delta_i)=0 \qquad (۴)$$

قیود نامساوی مربوط به حدود توان تولیدی ژنراتورها، حدود اندازهٔ ولتاژ، حدود زاویهٔ ولتاژ و حداکثر توان قابل انتقال خطوط است که بصورت زیر قابل بیان است:

$$P_{gi}^{min} \le P_{gi} \le P_{gi}^{max} \qquad (۵)$$

$$Q_{gi}^{min} \le Q_{gi} \le Q_{gi}^{max} \qquad (۶)$$

$$V_i^{min} \le V_i \le V_i^{max} \qquad (۷)$$

$$\delta_i^{min} \le \delta_i \le \delta_i^{max} \qquad (۸)$$

$$|S_{ij}| \le |S_{ij}^{max}| \qquad (۹)$$

۲-۲- مدل خروج

جهت انجام مطالعات و تعیین سهم امنیت در هزینه هر خط نیاز به آنالیز خروج خط و بررسی تغییرات قیمت در اثر خروج است. روشهای مختلفی را می‌توان بمنظور مدل کردن خروج خط برای آنالیز حالت دائمی امنیت بکار برد. یکی از روشها مدل تزریق منابع است[۹]. در این روش با قراردادن منابعی در باسهای طرفین خط جریانی در جهت عکس جریان خط تزریق می گردد که اثر وجود خط خنثی می گردد. روش دوم برای مدل کردن خط روش اصلاح ماتریس امپدانس Zbus است[۱۰]. به این معنی که ماتریس امپدانس شبکه بگونه‌ای اصلاح گردد که خط مورد نظر در شبکه نباشد. در این مقاله نیز این روش بکار گرفته شده است.

۲-۳- محاسبه LMP

قیمت باس یکی از مهمترین سیگنالهای بازار است و اطلاعات بسیاری را در مورد وضعیت بازار و همچنین شبکه‌ی انتقال می‌دهد. قیمت در هر باس طبق تعریف میزان هزینه‌ی افزایشی سیستم به ازای افزایش در انرژی الکتریکی در آن باس است که با در نظر گرفتن هزینه‌های تولید و جنبه‌های فیزیکی سیستم انتقال، بدست می‌آید. باید توجه داشت که در صورتیکه محدودیتهای فیزیکی شبکه‌ی انتقال در نظر گرفته نشود، قیمت در تمامی باسهای شبکه یکی خواهد بود. در واقع تفاوت قیمت در باسهای مختلف به سبب وجود محدودیتهای فیزیکی شبکه‌ی انتقال است که در بین محدودیتها، توان انتقالی خطوط بیشترین تاثیر را خواهد داشت که همین موضوع باعث می‌شود که بررسی سیگنال قیمت محلی بطور شفاف محدودیتهای شبکه انتقال را نشان دهد.

در این مقاله از روش لاگرانژ برای محاسبه LMP در باسها استفاده می‌شود. در این روش پس از انجام OPF تابع لاگرانژ با در نظر گرفتن محدودیتهای انتقال تشکیل می‌شود و ضرایب لاگرانژ مربوط به قیود مساوی تعادل توان اکتیو در باسها محاسبه می‌گردد. ضریب لاگرانژ مربوط به قید تزریق توان در هر باس بیانگر قیمت حاشیه ای آن باس است.

$$LMP_i = \frac{\partial L}{\partial P_i} \qquad (۱۰)$$

که در آن L تابع لاگرانژ است و بیانگر جمع کل هزینه‌ها با در نظرگرفتن تلفات انتقال و قیود بهره‌برداری می‌باشد. و P_i توان تزریقی در باس i است.

۲-۴- قیمت پرشدگی خط

قیمت پرشدگی هر خط برای واحد توان طبق تعریف، تفاضل قیمت باسهای طرفین خط است. در صورتیکه محدودیت فیزیکی انتقال وجود نداشته باشد و از تلفات نیز صرف‌نظر گردد قیمت باسها با هم برابر بوده و قیمت پرشدگی صفر خواهد شد. هزینه‌ی پرشدگی خط l که بین دو باس i و j قرار دارد از رابطه‌ی (۱۱) محاسبه می‌گردد:

$$CC_l = \left| LMP_i - LMP_j \right| \qquad (۱۱)$$

که در قسمت بعدی از تغییرات قیمت پرشدگی در شرایط خروج خط برای تعریف رابطه‌ای جهت محاسبه سهم امنیت در هزینه های هر خط استفاده خواهد شد.

۳- تعیین سهم امنیت در هزینه هر خط انتقال

با توجه به اینکه طراحی و توسعه شبکه انتقال براساس معیار امنیت n-1 است مسلما مقداری از سرمایه گذاری و هزینه برای حفظ امنیت صرف شده است. همچنین در بهره برداری مقداری از ظرفیت هر خط انتقال برای حفظ امنیت در شرایط بروز پیشامد استفاده نمی شود و از همه مهمتر اینکه استفاده کنندگان شبکه از سطوح امنیت متفاوتی برحسب ساختار شبکه برخوردارند، لذا به منظور انجام قیمت گذاری عادلانه‌تر می بایست کسری از هزینه های انتقال با اختصاص به مقوله امنیت از استفاده کنندگان شارژ گردد. یکی از مهمترین مباحث در این زمینه این است که چه کسری از هزینه‌های هر خط بایستی به امنیت اختصاص داده شود. در مرجع [۵] ۲۰ درصد هزینه هر خط به مقوله امنیت اختصاص داده شده است و این نسبت برای تمام خطوط یکسان است و این درحالیست که نقش خطوط در امنیت شبکه یکسان نیست. در [۶] سهم امنیت در هزینه از نسبت ظرفیت خالی خط به ظرفیت کل خط بدست می‌آید. در واقع ابتدا از تفاضل قابلیت انتقال کل(TTC) خط و ماکزییم توان عبوری خط در شرایط عادی(LPF) ظرفیت خالی خط یا همان حاشیه اطمینان خط(TRM) را با استفاده از رابطه (۱۲)

بدست آورده و با تقسیم آن به TTC سهم امنیت در هزینه هر خط را با رابطه (۱۳) محاسبه کرده است.

$$TRM_i = TTC_i - LPF_i \qquad (۱۲)$$

$$RC_i = \frac{TRM_i}{TTC_i} \qquad (۱۳)$$

اشکال این روش آنست که سهم امنیت در هزینه در مقایسه با سهم استفاده در هزینه در بسیاری از حالات بیشتر است یا به عبارت دیگر درصد بیشتری از هزینه انتقال از طریق مقوله امنیت شارژ می‌گردد که این موضوع غیر منطقی است.

در این مقاله برای رفع مشکل راه حلی براساس بررسی تغییرات قیمت پرشدگی خطوط در شرایط خروج پیشنهاد می‌گردد. برای این منظور با خارج کردن یک خط از شبکه تغییرات قیمت پرشدگی خطوط محاسبه می‌شود. به عنوان مثال تغییر قیمت پرشدگی خط l که بین دو باس i و j قرار دارد در حالت خروج خط kام با استفاده از رابطه (۱۴) محاسبه می‌گردد.

$$\Delta CC_{l,k} = \left|LMP_{i,k} - LMP_{j,k}\right| - \left|LMP_{i,0} - LMP_{j,0}\right| \qquad (۱۴)$$

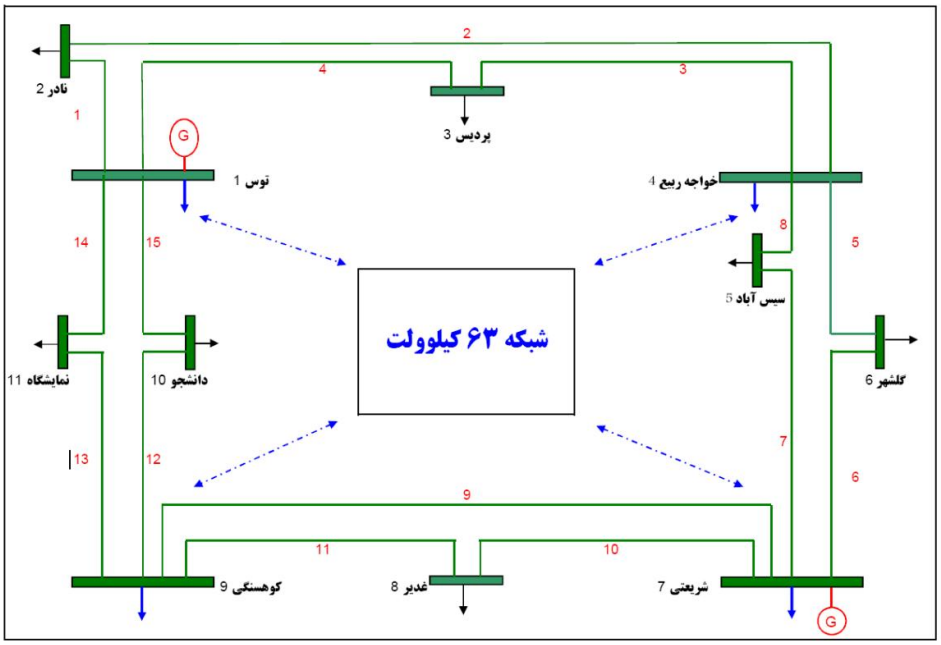
پس از اینکه خروج تمام خطوط در نظر گرفته شد با میانگین گرفتن از تغییرات قیمت پرشدگی هر خط می توان سهم امنیت از هزینه خط lام را با استفاده از رابطه (۱۵) محاسبه نمود:

$$New - RC_l = \frac{\underset{k=1}{\overset{NL}{Mean}}(\Delta CC_{l,k})}{\underset{k=1}{\overset{NL}{Mean}}(CC_{l,k}) + CC_{l,0}} \qquad (۱۵)$$

که در آن $CC_{l,0}$ قیمت پرشدگی خط l در حالت پایه است.

۴- نتایج شبیه سازی

برای انجام مطالعات از شبکه رینگ ۱۳۲ کیلوولت مشهد استفاده شده است. شبکه فوق توزیع و انتقال مشهد دارای دو سطح ولتاژ ۶۳ و ۱۳۲ کیلوولت می باشد که شبکه ۱۳۲ در پیرامون شهر پخش شده و شبکه ۶۳ در نواحی داخلی شهر توزیع شده است. شکل۲ نمایی از شبکه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. مشاهده می شود شبکه۶۳ کیلوولت مشهد از طریق ۴ پست توس, شریعتی, خواجه ربیع و کوهسنگی با شبکه۱۳۲ کیلوولت مشهد در ارتباط است. شبکه۱۳۲ مشهد دارای ۱۱ باس است که فقط در دو باس توس و شریعتی نیروگاه وجود دارد. نیروگاه توس دارای ۴ واحد از نوع بخار است و نیروگاه شریعتی دارای ۶ واحد گازی کوچک و یک بلوک سیکل ترکیبی شامل دو واحد گازی و یک واحد بخار است. این شبکه دارای ۱۵ خط ارتباطی می‌باشد. . اطلاعات کامل مربوط به واحدهای تولیدی، خطوط انتقال و باسها در مرجع [۱۱] قابل دسترسی است.



شکل۱- دیاگرام تک خطی رینگ ۱۳۲ کیلو ولت مشهد

برای مطالعه روی این شبکه از اطلاعات بار باسها مربوط به ساعت ۲۰:۴۵ روز دوشنبه ۸۶/۴/۱۱ استفاده شده که در محاسبه بار هر باس تاثیر شبکه ۶۳ و همچنین سایر خطوط ارتباطی با این شبکه(ارتباط مشهد با سایر نقاط استان از طریق۱۳۲) نیز لحاظ شده است. با انجام پخش بار بهینه در حالت پایه توان خطوط و قیمت باسها بدست می‌آید که در جدول۱ توان خطوط و همچنین قیمت پرشدگی خطوط آورده شده است. مشاهده می‌شود که کمترین قیمت پرشدگی مربوط به خط غدیر- کوهسنگی با ۱۷ ریال در مگاوات و بیشترین قیمت پرشدگی مربوط به خط پردیس- توس با ۷۷۳ ریال در مگاوات است.

جدول۱- مقادیر توان و قیمت پرشدگی خطوط در حالت پایه

Line	From-To	P_{line}	$CC_{l,0}$ (Rial/MW)
1	توس- نادر	68.50	484
2	نادر – خواجه ربیع	43.67	340
3	خواجه ربیع- پردیس	14.68	51
4	پردیس - توس	62.01	773
5	خواجه ربیع- گلشهر	32.79	180
6	گلشهر- شریعتی	90.29	491
7	سیس آباد- شریعتی	70.72	408
8	خواجه ربیع- سیس آباد	54.93	262
9	شریعتی-کوهسنگی	49.98	396
10	شریعتی-غدیر	47.61	378
11	غدیر-کوهسنگی	21.95	17
12	کوهسنگی- دانشجو	22.97	145
13	کوهسنگی- نمایشگاه	38.68	202
14	نمایشگاه-توس	83.72	346
15	دانشجو-توس	66.70	403

حال به منظور مقایسه روش پیشنهادی ابتدا سهم امنیت در هزینه را با استفاده از روابط (۱۲) و (۱۳) بدست می‌آوریم که نتایج در ستون دوم جدول۲ ارائه شده است. مشاهده می شود که استفاده از این شاخص موجب می‌شود سهم امنیت در هزینه کل در هر خط خیلی بیشتر از سهم هزینه استفاده از آن خط باشد. بعنوان مثال در خط خواجه ربیع- کوهسنگی ۹۴ درصد هزینه از طریق امنیت شارژ شده و فقط ۶ درصد هزینه بابت استفاده از خط شارژ می‌شود و کمترین سهم امنیت در هزینه مربوط به خط گلشهر- شریعتی با ۶۴ درصد است که نسبت بسیار بالایی به نظر می‌رسد. برای رفع مشکل شاخص رابطه (۱۵) در این مقاله پیشنهاد شده است که در پیاده سازی خطوط را یک به یک از شبکه خارج کرده و در خروج هر خط با اجرای برنامه پخش بار بهینه و محاسبه قیمت باسها، قیمت پرشدگی را محاسبه می‌کنیم و تغییرات آن را نسبت به حالت پایه بدست می‌آوریم و پس از اینکه تغییرات قیمت پرشدگی را برای خروج تمام خطوط محاسبه کردیم بین مقادیر بدست آمده میانگین گرفته و مقادیر مربوط به هر خط را بدست می‌آوریم که این مقادیر در ستون سوم جدول۲ آمده است. حال می‌توان با استفاده از رابطه (۱۵) سهم امنیت در هزینه را برای هر خط بدست آورد که مقادیر در ستون چهارم جدول۲ درج شده است.

جدول۲- میانگین تغییرات قیمت پرشدگی و سهم امنیت در هزینه

Line	RC_{old}	Mean ($\Delta CC_{l,k}$)	RC_{new}(pu)
1	0.726	136.5	0.124
2	0.825	115.11	0.144
3	0.941	72.35	0.411
4	0.755	166.45	0.097
5	0.869	86.32	0.193
6	0.644	129.18	0.116
7	0.720	115.27	0.124
8	0.782	97.34	0.156
9	0.800	105.04	0.117
10	0.810	92.62	0.109
11	0.912	26.09	0.432
12	0.908	79.19	0.213
13	0.846	79.50	0.164
14	0.668	108.42	0.135
15	0.736	108.52	0.119

این نتایج نشان می‌دهد که با روش پیشنهادی سهم امنیت در هزینه معقول بوده، طوریکه بیشترین سهم امنیت در هزینه مربوط به خط غدیر- کوهسنگی است به میزان ۴۳/۲ درصد و کمترین سهم امنیت در هزینه مربوط به خط پردیس- توس با ۹/۷ درصد است. مشاهده می شود که سهم امنیت در هزینه با این روش برای تمام خطوط کمتر از نصف هزینه خط است. با توجه به اینکه در روش پیشنهادی با بررسی تغییرات قیمت پرشدگی خطوط، سهم امنیت محاسبه شده است بنابراین تاثیر شرایط بازار، نقطه کار بازار و قیمت بازار نیز در بحث سهم امنیت

در هزینه‌ی انتقال لحاظ می‌گردد در حالیکه در روشهای قبلی فقط از روی توان خطوط این محاسبه صورت می‌گرفت.

۵- نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه طراحی و توسعه شبکه انتقال براساس معیار امنیت n-1 است مسلما مقداری از سرمایه گذاری و هزینه برای حفظ امنیت صرف شده است از طرفی استفاده کنندگان شبکه از سطوح امنیت متفاوتی برحسب ساختار شبکه برخوردارند، لذا به منظور انجام قیمت گذاری عادلانه‌تر می بایست کسری از هزینه های انتقال با اختصاص به مقوله امنیت از استفاده کنندگان دریافت گردد. در این مقاله روش جدیدی جهت تعیین سهم امنیت در هزینه‌های خطوط انتقال براساس قیمت حاشیه‌ای محلی مطرح گردید. در روشهای قبلی سهم امنیت در هزینه با بررسی توان خطوط محاسبه می‌گردید که در شرایطی که توان خط در حالت پایه کم باشد سهم امنیت در هزینه بصورت کاذب زیاد می‌شود ولی در روش پیشنهادی از تغییرات قیمت پرشدگی برای تعیین سهم امنیت استفاده شده است که باعث می‌شود علاوه بر اینکه توان خطوط در محاسبات تاثیرگذار است، تاثیر شرایط بازار و قیمت بازار نیز در بحث سهم امنیت در هزینه‌ی انتقال لحاظ می‌گردد.

۶- مراجع

[1] C. O. Ahiakwor, U. C. Chukwu and D. O. Dike, “Optimal Transmission Line Pricing Algorithm for a Restructured Power System”, Transmission and Distribution Conference and Exposition, pp. 1-6, IEEE2008.

[2] J. W. Marangon Lima, “Allocation of Transmission Fixed Charges: An Overview”, IEEE Transaction on Power System, Vol. 11, No. 3, pp. 1409-1418, August 1996.

[3] O. Gjerde and et all, “Congestion management rules and trading strategies in the Spanish electricity market”, ELSEVIER Journa on Energy Economics, Vol. 31, pp.48-60,2008.

[4] K. Hyungchul, C. Singh, “Consideration of the Reliability Benefits in Pricing Transmission Services” IEEE/PES Winter Meeting, pp. 1232–1237, January 2001.

[5] C. W. Yu, A. K. David, C. T. Tse, C. Y. Chung, “Capacity-Use and Reliability Based Transmission Embedded Cost Allocation with Temporal Consideration”, ELSEVIER , Electrical power and energy systems 25, pp. 201-208, 2003.

[6] D. Hur, C.-I. Yoo, B.H. Kim and J.-K. Park, “Transmission Embedded Cost Allocation Methodology with Consideration of System Reliability”, IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib., Vol. 151, No. 4, pp. 427-432, July 2004.

[7] D. Hur, J. K. Park, W. G. Lee, B. H. Kim and Y. H. Chun, “An alternative method for the reliability differentiated transmission pricing”, ELSEVIER , Electric power system Research 68, pp. 11-17, 2004.

[8] K. H. Chung, B. H. Kim, D. Hur and J. K. Park, “Transmission reliability cost allocation method based on market participants’ reliability contribution factors”, ELSEVIER, Electric power system Research 73, pp. 31-36, 2005.

[9] A. Ozdemir, J. Y. Lim, C. Singh, "Post-Outage Reactive Power Flow Calculations by Genetic Algorithms: Constraint Optimization Approach", IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 20, No. 3, pp. 1266-1272, August 2005.

[10] E. G. Preston, M. L. Baughman, W. M. Grady, "A New Model for Outaging Transmission Lines in Large Electric Networks", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 14, No. 2, pp. 412-418, May 1999.

[۱۱] محسن قاینی، رضا قاضی، مصطفی رجبی مشهدی و حمید موسوی، " محاسبه حاشیه امنیت خطوط انتقال با دو دیدگاه قطعی و احتمالی در شبکه۱۳۲ کیلوولت مشهد "، بیست و سومین کنفرانس بین المللی برق ایران، PSC2008، آذر۱۳۸۷.