معرفی روش جدید مبتنی بر قابلیت اطمینان برای تخصیص هزینهٔ شبکهٔ انتقال با درنظرگرفتن اهمیت ظرفیت خالی خطوط

حسن منصف

استادیار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران

میثم جعفری نوکندی

دانش آموخته ممتاز کارشناسی ارشد برق و کامپیوتر - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۸۴/۵/۲۴، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۸۴/۱۲/۱، تاریخ تصویب ۸۵/۳/۶)

چکیده

در این مقاله روشی برای تخصیص هزینه‌های شبکهٔ انتقال به قراردادهای ثابت توان پیشنهاد شده است. این روش با توجه به نقش ظرفیت اضافی خطوط در حفظ قابلیت اطمینان شبکه (با توجه به معیار n-۱) در زمان پیشامدهای اضطراری، هزینهٔ ظرفیت اضافی خطوط را متناسب با میزان استفادهٔ قراردادها از این ظرفیت تخصیص می‌دهد. برای ارزیابی میزان استفادهٔ قراردادها از ظرفیت اضافی خطوط شاخصی تعریف می‌گردد که با توجه به نحوهٔ تغییرات توان عبوری از خطوط در حالتهای اضطراری محاسبه می‌شود. روش پیشنهادی در یک شبکهٔ نمونه اجرا شده و با روشهای متداول نیز مورد مقایسه قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: سیستم انتقال، تخصیص هزینه، ظرفیت استفاده شده،ظرفیت اضافی، قابلیت اطمینان

مقدمه

در دو دههٔ گذشته، جهان شاهد تغییرات عمده و شتاب‌گیرنده در صنعت برق بوده است. جهت کلی این تغییرات شامل مقررات‌زدایی، آزادسازی بخشهای تولید و توزیع و فراهم آوردن امکان رقابت در این بخشها می‌باشد. در این میان، چگونگی تخصیص هزینه‌های شبکهٔ انتقال در سیستم‌های تجدیدساختاریافته یکی از مسائل مهم بهره‌برداران سیستم است. جبران درآمد لازم برای مالکین تجهیزات سیستم انتقال از موضوعات اصلی قیمت‌گذاری شبکهٔ انتقال است. علاوه بر تأمین درآمد لازم برای صاحبان سیستم انتقال، سیگنال حاصل از قیمت‌گذاری و ساختار تعرفهٔ خدمات انتقال نیز بایستی قابل فهم باشد تا کاربر شبکه بتواند استراتژی خود را در رابطه با سیگنال قیمت بهینه کند[۱].

روشهای قیمت‌گذاری و تعیین هزینهٔ انتقال در سیستم‌های قدرت شامل روش‌های هزینهٔ فراگیر[۱]، روش‌های هزینهٔ افزایشی کوتاه‌مدت و بلندمدت[۲] و روش هزینهٔ حدی(حاشیه‌ای)[۳] هستند[۲]. در روشهای هزینهٔ فراگیر که معروفترین آنها روشهای تمبر پستی[۴]، مسیر قراردادی[۵]، توان- فاصلهٔ مبتنی بر مسافت[۶] و توان- فاصلهٔ مبتنی بر پخش بار[۷] می‌باشند، هزینهٔ کل تجهیزات موجود و اضافه شونده در آینده، در طول مدت بهره‌برداری به استفاده‌کنندگان شبکهٔ انتقال تخصیص می‌یابد. در روشهای هزینهٔ افزایشی، هزینهٔ درنظرگرفته شده شامل کل هزینهٔ هریک از تجهیزات جدیدی است که بطور خاص برای مشتریان جدید ساخته شده‌اند. بدین ترتیب هر مشتری، کل هزینهٔ دستگاهها و تجهیزات جدیدی را که مشخصاً برای اجرای قرارداد خود نصب می‌شوند، پرداخت می‌کند. هزینهٔ حاشیه‌ای نیز همواره هزینهٔ آخرین ظرفیت نصب شده در سیستم را در زمان فعلی و نیز سالهای آینده نشان می‌دهد و مشتری هزینهٔ ظرفیت مورد استفادهٔ هر واحد جدید را می‌پردازد[۳]. هزینه‌های افزایشی و حاشیه‌ای تنها هزینه‌های متغیر شبکه را بازیابی و پرداخت می‌کنند و لذا جهت تأمین کامل درآمد موردنیاز برای تجهیزات موجود در سیستم، ناچار به استفاده از تعرفه‌های مکمل برای تخصیص کامل هزینه‌ها می‌باشند[۴] .

مهمترین موضوع مورد بحث در روشهای هزینهٔ فراگیر، مسألهٔ تعیین ظرفیت مورد استفاده از شبکهٔ انتقال توسط هر مشتری است. استفاده از ظرفیت شبکهٔ انتقال بصورت "میزان بهره‌گیری از تجهیزات شبکهٔ انتقال (شامل خطوط انتقال، ترانسفورماتورها و غیره) توسط کاربران شبکه" تعریف می‌شود[۵]. در روش تمبر پستی که معروفترین و متداول‌ترین روش هزینهٔ فراگیر است، استفاده از ظرفیت شبکهٔ انتقال تنها با میزان توان قرارداد مشخص می‌شود. در روش مسیر قراردادی نیز میزان استفاده از شبکه، با درنظرگرفتن یک مسیر فرضی و قراردادی در سیستم انتقال تعیین می‌گردد. حال آنکه روش توان- فاصلهٔ مبتنی بر پخش بار، برآورد بهتری از میزان استفاده از شبکه دارد. در این روش با انجام عملیات پخش بار، توان عبوری از هریک از خطوط شبکه بواسطهٔ هر قرارداد محاسبه می‌شود. مقدار بدست آمده، در طول خط و هزینهٔ خط بر واحد ظرفیت و طول آن($\$/MW-Mile$) ضرب شده و عبارت فوق روی همهٔ خطوط جمع بسته می‌شود(روش اولیهٔ توان - فاصله) تا میزان استفادهٔ هر قرارداد از کل ظرفیت شبکهٔ انتقال بدست آید و متناسب با آن، تخصیص هزینه به کاربران شبکهٔ انتقال انجام می‌گیرد[۵]. علاوه بر این روشهای اصلاح شده توان – فاصله شامل روشهای قدرمطلق، فلوی معکوس صفر و فلوی غالب نیز معرفی شده‌اند که در تخصیص هزینه به کاربران، جهت فلوی ناشی از قراردادها را در مقایسه با جهت فلوی منتجه خطوط مورد توجه قرار می‌دهند[۶].

مهمترین اشکال اغلب روشهای تخصیص هزینهٔ فراگیر درنظرنگرفتن مسألهٔ ظرفیت اضافی خطوط سیستم انتقال و در نتیجه عدم توجه به تفاوت بین بخش های استفاده شده و استفاده نشده از ظرفیت آنها است. در این روشها توان خطوط تنها در شرایط بهره‌برداری عادی شبکه درنظرگرفته شده و با توجه به آن، کل هزینهٔ شبکهٔ انتقال به قراردادها تخصیص می‌یابد و لذا به نقش قراردادها در کاهش یا افزایش توان منتجهٔ خطوط توجهی نمی‌شود. این در حالی است که اصولاً در شرایط بهره‌برداری عادی سیستم، معمولاً بخشی از ظرفیت خطوط شبکه انتقال خالی می‌ماند. این بخش استفاده نشده از ظرفیت خطوط، فقط در شرایط اضطراری[۸] سیستم که توان برخی از خطوط افزایش می‌یابد، مفید می‌باشد و لذا میزان اهمیت این بخش از ظرفیت نیز بایستی با توجه به همین حالتها و تأثیر این بخش در حفظ قابلیت اطمینان سیستم ارزیابی شود[۷]. به این دلیل در سالهای اخیر روشهای مبتنی بر قابلیت اطمینان سیستم معرفی شده‌اند که تخصیص هزینه‌های شبکهٔ انتقال به کاربران آنرا با توجه به هر دوحالت "شرایط بهره برداری عادی"و "شرایط اضطراری" انجام می‌دهند[۷-۱۱] که منظور از حالتهای اضطراری، پیشامدهای احتمالی[۹] متناظر با خروج خطوط می‌باشد. البته در این روشها نیز علاوه بر نحوهٔ تعیین میزان استفادهٔ قراردادها از ظرفیت اضافی شبکه، چگونگی تعیین سهم هریک از دو بخش مربوط به ظرفیت استفاده شده و ظرفیت اضافی خطوط، مسأله‌ای مهم و قابل بحث است. روش ارائه شده در این مقاله با ارزیابی میزان اهمیت ظرفیت خطوط برای کاربران شبکه در حالتهای عادی و اضطراری و تعریف شاخص ارزیابی میزان استفاده از ظرفیت اضافی خطوط در حالتهای اضطراری، هزینهٔ تخصیص یافتهٔ هر خط به هر قرارداد را تعیین می‌کند.

شرح روش پیشنهادی و روابط مورد استفاده

اصولاً هدف سرویس انتقال، ایجاد مسیر برای برقراری تبادلات توان در شبکهٔ قدرت است که در عین حال بایستی دارای سطح مشخص و مناسبی از قابلیت اطمینان باشد. با توجه به معیار(n-۱) برای ارزیابی قابلیت اطمینان شبکه، در صورت خروج هریک از خطوط شبکه در حالتهای اضطراری و افزایش توان سایر خطوط، بایستی سطح توان عبوری از آنها در حد مجاز باقی بماند تا قابلیت اطمینان سیستم محفوظ بماند. بر این اساس ظرفیت سیستم انتقال را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد. بخش اول مربوط به ظرفیت پایه[۱۰] است که ناشی از توان عبوری خطوط در حالت عادی بهره‌برداری شبکه است و در حقیقت همان بخش استفاده شده از ظرفیت خطوط می‌باشد. بخش دیگر، ظرفیت خالی مانده یا اضافی خطوط است که جهت اطمینان از امنیت سیستم انتقال در محدوده‌ای از عدم‌قطعیت‌ها مورد نیاز می‌باشد[۱۰].

تخصیص هزینهٔ بخش استفاده شدهٔ ظرفیت خطوط به کاربران شبکه، با محاسبهٔ "توان ناشی از هر قرارداد در هریک از خطوط تحت شرایط عادی" انجام می‌گیرد. از طرف دیگر تخصیص هزینهٔ ظرفیت اضافی خطوط بایستی با توجه به "پیشامدهای اضطراری و میزان بهره‌گیری هر

قرارداد از ظرفیت اضافی هر خط تحت این شرایط" انجام گیرد.

برخی از روشهای تعیین هزینهٔ مبتنی بر قابلیت اطمینان، از احتمال خرابی سیستم و سود قابلیت اطمینان خطوط برای قراردادها با توجه به تفاوت احتمال خرابی سیستم با و بدون وجود هرخط، برای تخصیص هزینه‌ها استفاده می‌کنند[۸ و۹]. اما محاسبهٔ احتمال خرابی سیستم برای شبکه‌های بزرگ، بسیار پیچیده و مشکل می‌باشد و این مسأله، بکارگیری اینگونه روشها را در سیستم‌های واقعی محدود می‌کند. لذا تعیین شاخصی که بتواند نقش خطوط را در افزایش قابلیت اطمینان سیستم بطور ساده و در عین حال قابل فهم ارزیابی کند، بسیار مفید خواهد بود. در مقالهٔ حاضر این شاخص با توجه به نحوهٔ تغییرات توان خطوط در حالتهای اضطراری و نقش قراردادهای توان در این تغییرات، محاسبه شده و در تخصیص هزینهٔ خطوط به قراردادها مورد استفاده قرار می‌گیرد. تعیین هزینهٔ متعلق به هر قرارداد در دو بخش انجام می‌شود. این دو بخش متناظر با هزینهٔ ظرفیت‌های پایه و اضافی خطوط می‌باشند که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

تخصیص هزینهٔ ظرفیت استفاده شدهٔ خطوط

رابطهٔ استفاده شده در این قسمت، تا حد زیادی مشابه با روش توان- فاصلهٔ اصلاح شده یا روش قدرمطلق است. در ابتدا با انجام عملیات پخش بار، توان عبوری از هر خط بواسطهٔ هر قرارداد در حالت عادی بهره‌برداری شبکه تعیین می‌شود. با محاسبهٔ این توانها، تخصیص هزینهٔ این بخش از ظرفیت خط، متناسب با فلوی ناشی از قراردادها و بصورت نشان داده شده در رابطه (۱) انجام می‌گیرد:

$$R_{B,i,j} = C_{i,B}\frac{\left|f_{i,j}\right|}{\sum_{j}\left|f_{i,j}\right|} \qquad (۱)$$

$R_{B,i,j}$: هزینهٔ تخصیص یافته از خط i به قرارداد j بخاطر استفاده از ظرفیت پایهٔ خط

$C_{i,B}$: هزینهٔ پایهٔ ظرفیت خط i

$f_{i,j}$: توان عبوری از خط i در شرایط عادی، ناشی از قرارداد j

البته در این رابطه، هزینهٔ کل خط iام یعنی C_i به هزینهٔ پایهٔ ظرفیت این خط یعنی $C_{i,B}$ تغییر یافته است که با استفاده از رابطهٔ (۲) محاسبه می‌شود:

$$C_{i,B} = C_i \times \frac{\left|f_i\right|}{\overline{f_i}} \qquad (۲)$$

f_i: توان عبوری از خط i در شرایط بهره‌برداری عادی شبکه

$\overline{f_i}$: ظرفیت خط i

بنابراین سهم هزینهٔ ظرفیت استفاده شدهٔ هر خط از کل هزینهٔ آن، متناسب با توان عبوری از آن خط در شرایط عادی به کل ظرفیت آن، درنظر گرفته شده است.

در شرایط عادی، بهره‌بردار سیستم موظف به ارائه خدمات انتقال به قراردادهای ثابت[11] است و حتی در صورت لزوم بایستی به تقویت و گسترش سیستم جهت اطمینان از برقراری تبادلات توان اینگونه قراردادها بپردازد. بنابراین برقراری همهٔ قراردادهای ثابت توان در حالت عادی شبکه، تضمین شده است و توانهای غیرهمجهت با توان منتجهٔ خطوط نفعی برای سیستم و قراردادهای آن ندارند. به همین جهت، تخصیص هزینهٔ این بخش از ظرفیت خط به همهٔ قراردادها، حتی قراردادهای غیرهمجهت با توان منتجهٔ خطوط، منطقی بنظر می‌رسد.

تخصیص هزینهٔ ظرفیت اضافی خطوط

همانطور که قبلاً اشاره شد، بخش استفاده نشده از ظرفیت خطوط تضمین کنندهٔ قابلیت اطمینان سیستم در شرایط اضطراری است. یکی از این شرایط اضطراری، خروج خطوط شبکه است که منجر به افزایش توان عبوری در برخی از خطوط دیگر می‌شود. بنابراین در این شرایط، از قسمتی از ظرفیت خالی ماندهٔ خطوط جهت عبور توان خط خارج شده استفاده می‌گردد. حال در اینجا بایستی شاخصی تعریف شود که میزان بهره‌گیری کاربران شبکهٔ انتقال از ظرفیت استفاده شدهٔ خطوط در حالتهای اضطراری را نشان دهد.

در روش پیشنهادی، برای تعیین این شاخص ابتدا لازم است که برای هریک از پیشامدهای اضطراری که منجر به خروج یک خط از مدار می‌شود، عملیات پخش بار

انجام گیرد تا توان عبوری از خطوط در هرحالت بدست آید. در حالتهایی که با خروج یک خط، اندازهٔ توان عبوری از خط مورد مطالعه افزایش می‌یابد، در حقیقت از ظرفیت اضافی خط استفاده شده است. سپس در این حالتها توان عبوری ناشی از هر قرارداد، تعیین شده و توان ناشی از آندسته از قراردادهایی که تغییرات توان آنها نسبت به شرایط بهره برداری عادی، همجهت با تغییرات توان منتجهٔ خط است و به عبارت دیگر به توان عبوری از خط افزوده‌اند، برای محاسبهٔ شاخص درنظرگرفته می‌شوند، زیرا این قراردادها از ظرفیت اضافی خط استفاده نموده اند. با توجه به آنچه گفته شد برای هر قرارداد، شاخص استفادهٔ مورد انتظار از ظرفیت خالی[۱۲] هر خط را بصورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$EUAC_{i,j} = \sum_k \left(\left| f_{i,j}^k - f_{i,j} \right| \right) \cdot P(k)$$
$$\forall k : \left| f_i^k \right\rangle \left| f_i \right| \quad , sign(\Delta f_{i,j}^k) = sign(\Delta f_i^k)$$

(۳)

که در رابطهٔ بالا داریم:

$$\Delta f_{i,j}^k = f_{i,j}^k - f_{i,j} \quad , \quad \Delta f_i^k = f_i^k - f_i$$

(۴)

$EUAC_{i,j}$: شاخص استفادهٔ مورد انتظار قرارداد j از ظرفیت اضافی خط i در حالتهای اضطراری

f_i: توان عبوری از خط i در شرایط بهره برداری عادی

$f_{i,j}$: توان عبوری از خط i در شرایط عادی، ناشی از قرارداد j

f_i^k: توان عبوری از خط i در شرایط اضطراری kام

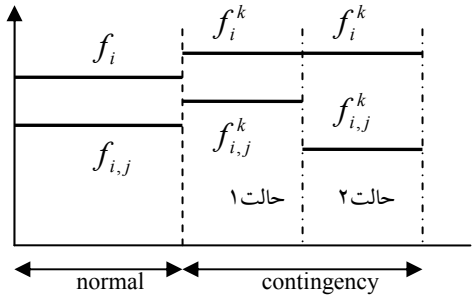
$f_{i,j}^k$: توان عبوری از خط i در شرایط اضطراری kام، ناشی ازقرارداد j

k: خروج خط k ام شبکه

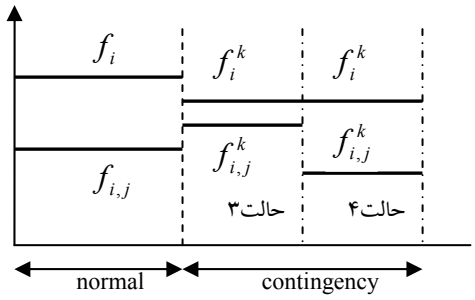
$P(k)$: احتمال خروج خط k ام

در رابطهٔ(۳)، قدرمطلق توان عبوری از خط درنظرگرفته شده است، زیرا هدف ما تنها درنظرگرفتن حالتهایی است که مستقل از جهت تغییرات توان در آنها، منجر به استفاده از ظرفیت اضافی خط شده اند.

جهت درک بهتر این رابطه، شکلهای(۱) و(۲) را درنظر می‌گیریم که تعدادی از حالتهای ممکن به ازای تغییرات توان خطوط در شرایط عادی و اضطراری مختلف را نشان می‌دهند.



شکل۱ : افزایش توان خط در حالت اضطراری.



شکل۲ : کاهش توان خط در حالت اضطراری.

حالتهای۱و۲در شکل (۱)، مربوط به وضعیتی هستند که توان عبوری از خط در حالت اضطراری افزایش یافته است. حالت۱ که در آن، توان ناشی از قرارداد موردنظر نیز افزایش یافته است و به توان عبوری از خط افزوده است، در محاسبهٔ $EUAC_{i,j}$ درنظرگرفته می‌شود، در حالیکه حالت۲ که در آن توان مربوط به قرارداد کاهش یافته است در محاسبات منظور نمی‌شود. مشخصاً، حالتهای۳و۴ در شکل(۲) نیز که در آنها اندازهٔ توان عبوری از خط کاهش یافته و در نتیجه از ظرفیت خالی خط استفاده نشده‌است، در رابطهٔ (۳) درنظرگرفته نمی‌شوند.

حال پس از محاسبهٔ شاخص $EUAC_{i,j}$، سهم هریک از قراردادهای انتقال توان از هزینهٔ مربوط به ظرفیت اضافی خط i، با رابطهٔ زیر تعیین می‌شود:

$$R_{A,i,j} = C_{i,A} \times \frac{EUAC_{i,j}}{\sum_j EUAC_{i,j}}$$

(۵)

$R_{A,i,j}$: هزینهٔ تخصیص یافته از خط i به قرارداد j بخاطر استفاده از ظرفیت اضافی خط

در رابطهٔ بالا، $C_{i,A}$[۱۲] هزینهٔ مربوط به بخش اضافی از ظرفیت خط است که بصورت زیر تعیین می‌شود:

$$C_{i,A} = C_i \times \frac{(\overline{f}_i - |f_i|)}{\overline{f}_i} \quad (۶)$$

که f_i و $\overline{f}_i$ قبلاً در رابطه (۲) تعریف شده‌اند.

با تعیین هزینهٔ تخصیص یافته به قراردادها از هردو بخش ظرفیت خط، سهم هر قرارداد از کل هزینهٔ هر خط با جمع دو رابطهٔ (۱) و(۵) بدست می‌آید و خواهیم داشت:

$$R_{T,i,j} = R_{B,i,j} + R_{A,i,j} \quad (۷)$$

$R_{T,i,j}$: کل هزینهٔ تخصیص یافته به قرارداد j، بخاطر استفاده از ظرفیتهای پایه و اضافی خط i

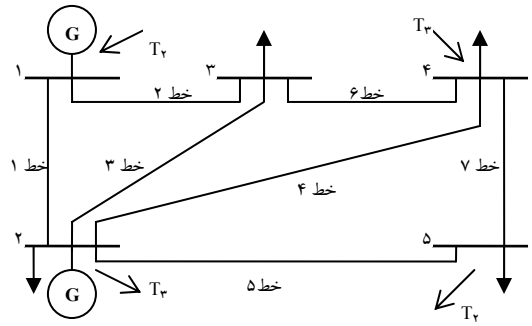
و در نهایت کل هزینهٔ متعلق به قرارداد jام که بایستی بابت استفاده از ظرفیت خطوط انتقال پرداخت شود، با جمع هزینهٔ تخصیص یافتهٔ همهٔ خطوط به این قرارداد بدست می‌آید:

$$R_{T,j} = \sum_i R_{T,i,j} \quad (۸)$$

بنابراین با در نظر گرفتن هر دو قسمت از ظرفیت خط، هزینهٔ متعلق به قراردادها تعیین شده است. در اینجا ذکر این نکته لازم است که سهم قراردادها از هزینهٔ ظرفیت اضافی خطوط به نسبت احتمال خروج خطوط در مقایسه با یکدیگر بستگی دارد. به عبارت دیگر مقدار $P(k)$ در رابطهٔ(۳)، بصورت یک ضریب وزنی عمل می‌کند که تعیین کنندهٔ میزان اهمیت حالتهای اضطراری است. در نتیجه اگر احتمال خروج یک خط خاص، بالا باشد در میزان استفادهٔ قراردادها از ظرفیت اضافی سایر خطوط تأثیر بیشتری دارد. در حالیکه اگر احتمال خروج یک خط صفر یا ناچیز باشد، درنظرگرفتن حالت اضطراری مربوط به خروج آن، با درجه اهمیتی معادل سایر حالتها، غیرمنطقی است و از این جهت روش ارائه شده در این مقاله، بر روشهای دیگر مبتنی بر قابلیت اطمینان برتری دارد[۸-۱۰].

شبیه‌سازی یک سیستم نمونه

به منظور درک بهتر روش ارائه شده، در این قسمت از مقاله یک شبکهٔ نمونه جهت اعمال روش پیشنهادی و مقایسهٔ آن با دو روش متداول تعیین هزینهٔ انتقال توان، مورد بررسی قرارگرفته است. شبکهٔ موردنظر بصورت شکل (۳) می‌باشد که مشخصات آن در پیوست(۱) آورده شده است.



شکل ۳ : شبکهٔ مورد مطالعه[۱۲].

در این سیستم دو قرارداد دوطرفهٔ انتقال توان(T_2وT_3) بهمراه بار پایه(منطقه‌ای[۱۳]) سیستم که آنرا با T_1 نشان می‌دهیم وجود دارد. برای مطالعهٔ روش پیشنهادی، دو قرارداد انتقال توان را بصورت زیر درنظر می‌گیریم:

قرارداد T_2 : انتقال ۲۵ MW توان از باس ۱ به باس ۵

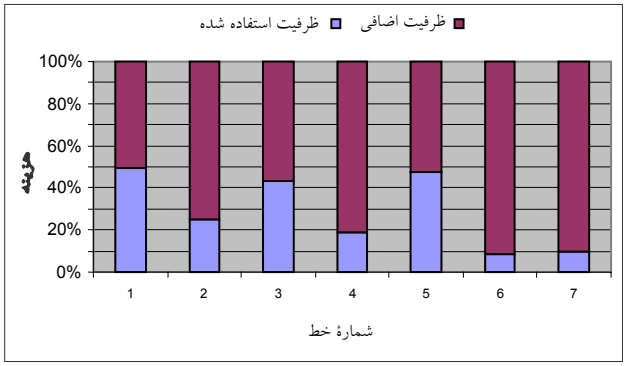
قرارداد T_3 : انتقال ۲۵ MW توان از باس ۴ به باس ۲

برای تعیین توان عبوری از خطوط و توان ناشی از هر قرارداد در حالتهای مختلف، از برنامهٔ پخش باردc استفاده شده است. جدول(۱) توانهای محاسبه شده را در حالت عادی بهره‌برداری شبکه نشان می‌دهد. با توجه به نسبت توان منتجهٔ خطوط به ظرفیت آنها و با استفاده از روابط (۲)و(۶)، بخشی از هزینهٔ هریک از خطوط که به بخشهای متناظر با ظرفیت استفاده شده و اضافی آنها تعلق می‌یابد، محاسبه شده و در شکل(۴) نشان داده شده است. با توجه به این شکل مشخص است که بخش اعظم هزینهٔ اکثر خطوط، مربوط به هزینهٔ ظرفیت اضافی آنها می‌باشد.

جدول۱ : توان خطوط و توان ناشی از قراردادها.

خط(i)	f_i (MW)	f_{i,T_1} (MW)	f_{i,T_2} (MW)	f_{i,T_3} (MW)
۱	۹۸/۳۴	۷۴/۴۱	۱۹/۶۴	۴/۲۹
۲	۵۰/۴۱	۴۹/۳۴	۵/۳۶	-۴/۲۹
۳	۳۴/۴۳	۴۰/۹۸	۰/۵۹	-۷/۱۴
۴	۳۷/۳۳	۴۴/۷۹	۱/۵۹	-۹/۰۵
۵	۹۵/۳۳	۸۲/۳۹	۱۷/۴۶	-۴/۵۲
۶	۱۷/۳۵	۲۲/۸۲	۵/۹۵	-۱۱/۴۳
۷	۱۹/۶۷	۷/۶۱	۷/۵۴	۴/۵۲

با درنظرگرفتن شرایط اضطراری مختلف و استفاده از رابطهٔ(۵)، مقادیر $EUAC$ برای هر خط بصورت نشان داده شده در جدول(۲) بدست می‌آید.



شکل۴ : سهم هزینهٔ ظرفیتهای استفاده شده و اضافی از کل هزینه خطوط.

جدول ۲ : مقادیر بدست آمدهٔ $EUAC$.

خط (i)	$EUAC_{i,T_1}$		$EUAC_{i,T_2}$		$EUAC_{i,T_3}$	
	حالت۲	حالت۱	حالت۲	حالت۱	حالت۲	حالت۱
۱	۱/۰۱۵	۵/۹۵	۰/۳۸۱	۰/۹۱۷	۰/۰۹۵	۰/۰۹۵
۲	۴/۲۹	۱۱/۷۴	۰/۴۲۸	۲/۳۹	۰	۰/۴۲۳
۳	۴/۸۸	۷/۱۲	۰/۶۸۰	۰/۹۲۴	۰	۰
۴	۶/۹۸	۸/۷۸	۱/۱۹۵	۱/۳۹	۰	۰
۵	۳/۷۰	۴/۶۰	۱/۰۱	۱/۱۱	۰/۴۵۲	۰/۴۵۲
۶	۷/۸۱	۱۱/۸۷	۱/۰۸۹	۲/۱۶	۰/۲۳۴	۰
۷	۸/۲۴	۹/۵۹	۱/۷۵	۲/۱۰	۰/۰۷۸	۰

حالت۱ : $P(۱) = P(۲) = ۰/۱$ و

حالت۲ : $P(۱) = P(۲) = ۰$

مقادیر محاسبه شده در جدول(۲) به ازای دو حالت تعیین شده‌اند. در حالت اول، احتمال خروج همهٔ خطوط یکسان و برابر با ۰/۱ است. در صورتی که در حالت دوم، احتمال خروج خطوط ۱و۲ صفر و احتمال خروج سایر خطوط همچنان ۰/۱ می‌باشد. از آنجا که با خروج هریک از این دو خط، توان عبوری از خط دیگر- ناشی از T_1 یعنی بار پایه- بشدت افزایش می‌یابد، لذا بخش اعظم استفادهٔ T_1 از ظرفیت اضافی این خطوط، مربوط به حالت‌های اضطراری متناظر با خروج خطوط ۱و۲ است. به این دلیل تفاوت $EUAC$ها برای T_1 در دو حالت فوق، قابل توجه می‌باشد.در حالیکه در مورد T_3 تفاوت چندانی مشاهده نمی‌شود که آن به دلیل استفادهٔ ناچیز این قرارداد از ظرفیت اضافی خطوط در حالتهای اضطراری است، زیرا با توجه به جهت عبور توان انتقالی در این قرارداد، T_3 در اغلب موارد در جهت کاهش توان خطوط عمل می‌کند.

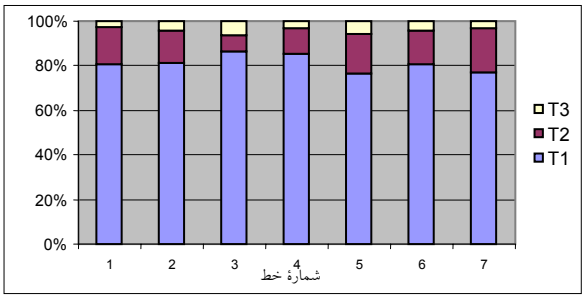
همانطور که مشخص است در حالت اول، بار T_1 (بار پایه) بیشترین استفاده را از ظرفیت اضافی خطوط (خصوصاً خطوط ۱و۲) می‌برد. به این دلیل انتظار می‌رود که سهم بیشتری از هزینهٔ ظرفیت خالی خطوط به T_1 تخصیص یابد.

جدول(۳) و شکل(۵)، درصدی از هزینهٔ خطوط را که در حالت اول توسط قراردادها و بابت استفاده از هر دو بخش ظرفیت خط پرداخت می‌شود نشان می‌دهد. هزینهٔ تخصیص یافته به قراردادها در حالت دوم در پیوست(۲) مقاله آورده شده است.

جدول۳ : هزینهٔ تخصیص یافته به قراردادها در حالت اول.

خط (i)	T_1			T_2			T_3		
	$B_{i,1}$ ٪	$A_{i,1}$ ٪	$T_{i,1}$ ٪	$B_{i,2}$ ٪	$A_{i,2}$ ٪	$T_{i,2}$ ٪	$B_{i,3}$ ٪	$A_{i,3}$ ٪	$T_{i,3}$ ٪
۱	۳۷/۳	۴۳/۴	۸۰/۷	۹/۸	۶/۷	۱۶/۵	۲/۱	۰/۷	۲/۸
۲	۲۱/۱	۶۰/۳	۸۱/۴	۲/۳	۱۲/۳	۱۴/۶	۱/۸	۲/۲	۴/۰
۳	۳۶/۲	۵۰/۴	۸۶/۶	۰/۵	۶/۶	۷/۱	۶/۳	۰	۶/۳
۴	۱۵/۱	۷۰/۲	۸۵/۳	۰/۵	۱۱/۱	۱۱/۶	۳/۱	۰	۳/۱
۵	۷۵/۲	۳/۵	۷۸/۷	۱۶/۰	۰/۸	۱۶/۸	۴/۱	۰/۳۴	۴/۵
۶	۴/۹	۷۶/۰	۸۰/۹	۱/۳	۱۳/۸	۱۵/۱	۲/۵	۱/۵	۴/۰
۷	۳/۸	۷۳/۴	۷۷/۲	۳/۸	۱۶/۱	۱۹/۹	۲/۳	۰/۶	۲/۹

جهت مقایسهٔ روش ارائه شده با روش توان- فاصلهٔ اصلاح شده(قدرمطلق)، سهم قراردادها از هزینهٔ خطوط براساس این روش نیز در جدول(۴) نشان داده شده است. همانطور که مشخص است روش توان- فاصله هزینه‌ها را تنها متناسب با توان خطوط در شرایط عادی تخصیص می‌دهد و لذا دارای تفاوت قابل ملاحظه‌ای با روش پیشنهادی، خصوصاً برای خطوطی که توان آنها در حالت عادی فقط بخش کوچکی از کل ظرفیت آنها است، می‌باشد.



شکل۵ : سهم قراردادها از کل هزینهٔ هر خط در حالت اول.

در نهایت با درنظرگرفتن هزینهٔ همهٔ خطوط شبکه و تعیین هزینهٔ متعلق به هر قرارداد، سهم هریک از کاربران

شبکه از کل هزینه‌های شبکه تعیین شده است که نتیجهٔ آن در جدول (۵) و شکل (۶) آورده شده است.

جدول۴ : تخصیص هزینه بر مبنای روش قدرمطلق.

خط (i)	$R_{T,i,۱}$	$R_{T,i,۲}$	$R_{T,i,۳}$
۱	٪۷۵/۷	٪۲۰/۰	٪۴/۳
۲	٪۸۳/۶	٪۹/۱	٪۷/۳
۳	٪۸۴/۱	٪۱/۲	٪۱۴/۷
۴	٪۸۰/۸	٪۲/۹	٪۱۶/۳
۵	٪۷۸/۹	٪۱۶/۷	٪۴/۴
۶	٪۵۶/۸	٪۱۴/۸	٪۲۸/۴
۷	٪۳۸/۷	٪۳۸/۳	٪۲۳/۰

در این جدول علاوه بر روش پیشنهادی، روش متداول تمبر پستی و نیز روش قدرمطلق مورد مقایسه قرار گرفته اند.

همانطور که قبلاً اشاره شد روش تمبر پستی بدون توجه به میزان استفادهٔ واقعی قراردادها از ظرفیت شبکه و تنها متناسب با توان قراردادها هزینهٔ خطوط را تخصیص می‌دهد و لذا ارزیابی چندان مناسبی از میزان اهمیت خطوط برای قراردادها ندارد. در این روش به هردو قرارداد $T_۲$ و $T_۳$ هزینهٔ یکسانی تخصیص یافته است و این در حالی است که در عمل $T_۲$ در هر دو حالت عادی و اضطراری از ظرفیت شبکهٔ انتقال بیشتر استفاده کرده است.

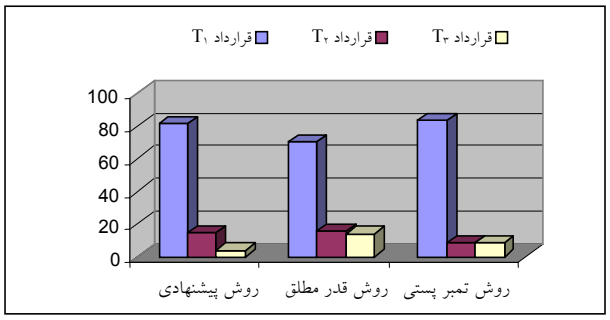
روش قدرمطلق نیز که تنها توان حالت عادی خطوط را درنظر می‌گیرد، توجهی به نقش قراردادها در قابلیت اطمینان سیستم ندارد. به این دلیل به قرارداد $T_۳$ با وجود آنکه در اغلب حالتهای اضطراری در جهت کاهش توان خطوط عمل می‌کند و از اینرو در افزایش قابلیت اطمینان سیستم مفید است هزینهٔ زیادی را تخصیص داده است، در حالیکه به $T_۱$ که بیش از همه از ظرفیت خالی خطوط استفاده می‌کند، هزینهٔ کمتری نسبت به روش پیشنهادی اختصاص یافته است که این مسأله می‌تواند تا حدی غیرمنصفانه باشد.

در نقطهٔ مقابل، روش پیشنهادی چون اهمیت هردو بخش ظرفیت استفاده شده و ظرفیت اضافی خطوط را برای قراردادها درنظرگرفته است تخصیص هزینهٔ مناسب‌تری دارد. در این روش به قرارداد $T_۳$ هزینهٔ خیلی کمتری تعلق گرفته است که با توجه به نقش آن در بهبود قابلیت اطمینان سیستم، عادلانه به نظر می‌رسد. به این ترتیب، روش ارائه شده در این مقاله می‌تواند در جهت منصفانه‌تر شدن تخصیص هزینه‌های شبکهٔ انتقال به کاربران آن کمک زیادی نماید.

جدول ۵ : سهم قراردادها از کل هزینهٔ خطوط .

سهم قرارداد / روش موردنظر	$R_{T۱}$	$R_{T۲}$	$R_{T۳}$
روش پیشنهادی *	٪۸۱/۶	٪۱۴/۴۸	٪۳/۹۲
روش قدرمطلق	٪۷۰/۴	٪۱۵/۵	٪۱۴/۱
روش تمبر پستی	٪۸۳/۲	٪۸/۴	٪۸/۴

* به ازای حالت ۱



شکل۶: سهم قراردادها از کل هزینهٔ خطوط در روشهای مختلف.

تخصیص هزینه‌های گسترش سیستم

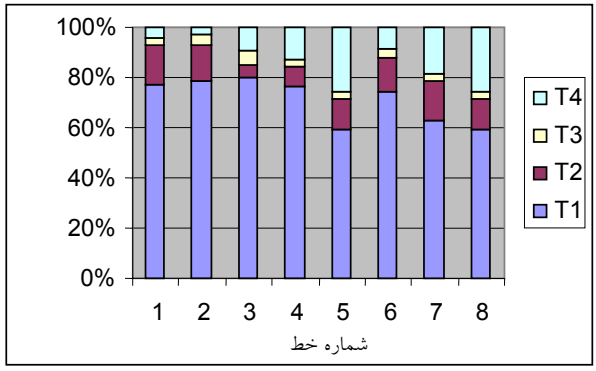
گسترش و تقویت سیستم، عمدتاً در نتیجهٔ اضافه شدن قراردادهای جدید به جمع کاربران سیستم می‌باشد که به موجب آن، گاهی لازم است که برای برقراری تبادلات توان جدید و نیز حفظ یا افزایش حاشیهٔ امنیت شبکهٔ انتقال، خطوطی به سیستم اضافه شوند تا سیستم تقویت گردیده و امکان انتقال توان به صورت قابل اطمینان فراهم شود. همانطور که قبلاً اشاره شد، در روشهای هزینهٔ افزایشی(بلندمدت)، هزینه‌های مربوط به گسترش و تقویت سیستم از کاربران جدید آن که تجهیزات جدید سیستم، به طور خاص منسوب به آنها می‌باشند، دریافت می‌گردد. این در حالی است که با اضافه شدن تجهیزات جدید به شبکه، در واقع همهٔ کاربران سیستم، هم کاربران جدید و هم کاربران قبلی، از ظرفیت آنها استفاده می‌کنند و تخصیص کامل هزینهٔ تجهیزات فوق به قراردادهای

افزایشی، شاید راه‌حل کاملاً عادلانه‌ای نباشد. ضمن آنکه بایستی میزان استفادهٔ کاربران جدید از تجهیزات قبلی سیستم انتقال نیز مشخص شود که روشهای هزینهٔ افزایشی این موضوع را درنظر نمی‌گیرند.

در این قسمت از شبیه‌سازی، فرض می‌شود که یک قرارداد جدید ($T_۶$) به سیستم اضافه شده است که بر اساس آن، ۵۰MW توان از باس ۲ به باس ۵ منتقل می‌گردد. در اینصورت توان عبوری از خط ۵ (بین باس های ۲ و ۵) به MW ۱۳۱ افزایش می‌یابد که این مقدار، بیشتر از ظرفیت نامی خط (MW ۱۰۰) است. بنابراین احداث یک خط جدید بین باسهای ۲ و ۵ الزامی است. در اینجا فرض می‌کنیم که خط جدید (با شماره ۸)، از لحاظ مشخصات و هزینه، مشابه با خط قبلی یعنی خط ۵ باشد. با فرض انجام گرفته، تخصیص جدید هزینه‌های سیستم انتقال به قراردادها بصورت نشان داده شده در جدول (۶) و شکل (۷) خواهد بود که مطابق آن، سهم قراردادها از هزینهٔ خطوط ۵ و۸ بصورت جدول (۷) است.

جدول۶ : هزینهٔ تخصیص یافته به قراردادها در حالت اول.

خط (i)	$T_۱$	$T_۳$	$T_۳$	$T_۴$
۱	٪۷۷/۱۶	٪۱۵/۴۳	٪۲/۸۳	٪۴/۵۷
۲	٪۷۸/۶۹	٪۱۴/۱۴	٪۴/۱	٪۳/۰۶
۳	٪۸۰/۳۴	٪۴/۷۶	٪۵/۹۲	٪۸/۹۷
۴	٪۷۶/۱۸	٪۸/۳۳	٪۲/۸۹	٪۱۲/۶۱
۵	٪۵۹/۰	٪۱۲/۴۵	٪۳/۱۶	٪۲۵/۳۹
۶	٪۷۴/۴۶	٪۱۳/۲۴	٪۴/۰۳	٪۸/۲۷
۷	٪۶۲/۹۶	٪۱۵/۵	٪۲/۶۷	٪۱۸/۸۷
۸	٪۵۹/۰	٪۱۲/۴۵	٪۳/۱۶	٪۲۵/۳۹



شکل۷ : سهم قراردادها از هزینه خطوط پس از گسترش سیستم.

جدول ۷ : تأثیر گسترش سیستم بر سهم قراردادها از هزینهٔ خطوط ۵ و۸.

خط	$T_۱$	$T_۲$	$T_۳$	$T_۴$
خط ۵ (قبل از گسترش سیستم)	٪۷۸/۷	٪۱۶/۸	٪۴/۵	-
خط ۵ (پس از گسترش سیستم)	٪۵۹/۰	٪۱۲/۴۵	٪۳/۱۶	٪۲۵/۳۹
خط۸ (پس از گسترش سیستم)	٪۵۹/۰	٪۱۲/۴۵	٪۳/۱۶	٪۲۵/۳۹
سهم قرارداد از هزینهٔ تقویت خط ۵	٪۳۹/۳	٪۸/۱	٪۱/۸۲	٪۵۰/۷۸

با توجه به جدول (۷)، $T_۴$ که عامل گسترش سیستم و اضافه شدن خط۸ به آن بوده است، ٪۲۵/۳۹ از هزینهٔ خط جدید و همین میزان از هزینهٔ خط قبلی(خط۵) را می‌پردازد. بدلیل مشابه بودن هزینهٔ خطوط ۵و۸، این موضوع، معادل با پرداخت تقریباً ٪۵۱ از هزینهٔ خط جدید می‌باشد. بقیهٔ هزینهٔ این خط نیز عمدتاً به قرارداد $T_۱$ (بار پایه) که نسبت به سایر قراردادهای اولیهٔ سیستم بیشترین استفاده را از ظرفیت خط جدید می‌برد، تقسیم شده است. همچنین جدول(۸)، سهم جدید قراردادها از کل هزینه‌های شبکهٔ انتقال و هزینهٔ پرداختی توسط آنها را پس از گسترش سیستم نشان می‌دهد.

جدول ۸ : سهم قراردادها از کل هزینه شبکه انتقال پس از گسترش سیستم.

	$R_{T۱}$	$R_{T۲}$	$R_{T۳}$	$R_{T٤}$
سهم قرارداد از کل هزینه‌های شبکهٔ انتقال قبل از گسترش سیستم(٪)	٪۸۱/٦	٪۱٤/٤۸	٪۳/۹۲	-
هزینهٔ پرداختی توسط قرارداد قبل از گسترش سیستم ($\times ۱۰^٦$)	۲/۷۱	۰/٤۸	۰/۱۳	-
سهم قرارداد از کل هزینه‌های شبکهٔ انتقال بعد از گسترش سیستم(٪)	٪۷۱/٦۸	٪۱۱/۹۱	٪۳/٦۵	٪۱۲/۷٦
هزینهٔ پرداختی توسط قرارداد بعد از گسترش سیستم ($\times ۱۰^٦$)	۲/۵۸	۰/٤۳	۰/۱۳	۰/٤٦

مطابق جدول(۸)، سهم هزینهٔ تعلق یافته به قراردادهای اولیهٔ سیستم کاهش یافته است که ناشی از تقسیم هزینه های شبکه بین تعداد کاربران بیشتری است. در اینحالت قرارداد جدید سیستم یعنی T_4 هم بابت ظرفیت خط جدید و هم بابت ظرفیت خطوط اولیهٔ سیستم هزینه پرداخت می‌کند. در حالی که با روش هزینهٔ افزایشی، این قرارداد تنها هزینهٔ خط جدید(خط ۸) را که برابر با $۰/۲۸۰۹\times۱۰^{۶}\$$ است پرداخت خواهد کرد. اما با توجه به آنکه قرارداد فوق علاوه بر خط ۸ از ظرفیت خطوط دیگر نیز استفاده می کند لذا تخصیص هزینه با روش پیشنهادی، عادلانه‌تر از روش هزینهٔ افزایشی به‌نظر می‌رسد.

نتیجه‌گیری

به منظور تخصیص مناسب و عادلانهٔ هزینه‌های شبکهٔ انتقال به کاربران آن، درنظرگرفتن معیار قابلیت اطمینان شبکه و نقش خطوط در حفظ آن اجتناب ناپذیر است. در این مقاله یک روش جدید برای تخصیص هزینهٔ شبکهٔ انتقال به قراردادهای توان ارائه شده است که در آن با معرفی یک شاخص، امکان ارزیابی اهمیت ظرفیت اضافی خطوط برای قراردادها بطور مناسبی فراهم می‌شود.

تفاوت احتمال وقوع پیشامدهای اضطراری مختلف و تغییرات توان عبوری از خطوط در این حالتها، روی اندازهٔ شاخص محاسبه شده برای قراردادها تأثیر می گذارد و میزان استفادهٔ قراردادها از ظرفیت اضافی خطوط را به خوبی منعکس می کند. شبیه‌سازی انجام شده نشان می‌دهد که تخصیص هزینه‌های خطوط با توجه به میزان اهمیت ظرفیت‌های استفاده شده و اضافی آنها برای کاربران شبکهٔ انتقال، می‌تواند به منصفانه‌تر شدن قیمت‌گذاری سیستم انتقال کمک شایانی نماید.

مراجع

۱ – ص. ع.، مدیرشانه چی، م. ح. و شاهیده‌پور، م. "یک روش جدید برای تخصیص هزینهٔ ثابت تجهیزات انتقال در سیستم‌های رقابتی قدرت"، دهمین کنفرانس مهندسی برق ایران، جلد چهارم، صفحات ۴۳۷-۴۳۰، اردیبهشت (۱۳۸۱).

2 - Happ, H. H. (1994). "Cost of wheeling methodologies." *IEEE Trans. on Power Systems,* Vol. 9, No. 1.

3 - Kovacs, R. R. and Leverett, A. L. (1994). "A load flow based method for calculating embedded, incremental and marginal cost of transmission capacity." *IEEE Trans. On Power Systems*, Vol. 9, No. 1.

4 - Perez, F. J., Puetra, J. F., Arceluz, J. and Marin, J. (1995). "Marginal pricing of transmission services: an analysis of cost recovery." *IEEE Trans. On Power Systems*, Vol. 10, No. 1.

5 - Shirmohammadi, D., Gribik, P. R., Law, T. T. K., Malinowski, J. H. and O'Donnell, R. E. (1989). "Evaluation of transmission network capacity use for wheeling transactions." *IEEE Trans. On Power Systems*, Vol. 4, No. 4.

6 - Lima, J. W. M. (1996). "Allocation of transmission fixed charges: an overview." *IEEE Trans. On Power Systems*, Vol. 11, No. 3.

7 - Silva, E. L., Mesa, S. E. C. and Morozowski, M. (1998). "Transmission access pricing to wheeling transactions: A reliability based approach." *IEEE Trans. On Power Systems*, Vol. 13, No. 4.

8 - Yu, C. W. and David, A. K. (1997). "Pricing transmission services in the context of industry deregulation." *IEEE Trans. On Power Systems*, Vol. 12, No. 1.

9 –Singh, Hyungchul, K. I. M, C. (2001). "Consideration of the reliability benefits in pricing transmission services." *Proc. IEEE/PES winter Metting, Columbus*, OH, USA.

10 - Hur, D., Yoo, C. I., Kim, B. H. and Park, J. K. (2004). "Transmission embedded cost allocation methodology with consideration of system reliability." *IEE Proc. Gener. Transm. Distrib*. Vol. 151, No. 4.

11 - Papakammenos, D. J. and Dialynas, E. N. (2004). "Reliability and cost assessment of power transmission network in the competitive electrical energy market." *IEEE Trans. On Power Systems*, Vol. 19, No. 1.

12 - Tan, X. H. and Lie, T. T. (2001). "Allocation of transmission loss cost using cooperative game theory in the context of open transmission access." *IEEE Power Engineering Society Winter Meeting*, Vol. 3.

واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

1 - Embedded Cost
2 - Short- Run (or Long Run) Incremental Cost
3 - Marginal Cost
4 - Postage Stamp Method
5 - Contract Path Method
6 - Distance Based MW-Mile Method
7 - Power Flow Based MW-Mile Method
8 - Emergency Conditions
9 - Contingency
10 - Base
11 - Firm
12 - Expected Usage of Additional Capacity Criteria
13 - Cost of Additional Capacity
14 - Native Load

پیوست ۱- مشخصات شبکهٔ مورد مطالعه[۱۲]

جدول پ-۱ : مشخصات خطوط سیستم.

خط	باسهای متصل	R (p.u)	X (p.u)	Rating (MVA)	Cost (۱۰^{۶}\$)	POA
۱	۱-۲	۰/۰۲	۰/۰۶	۲۰۰	۰/۱۸۶۳	* ۰/۹
۲	۱-۳	۰/۰۸	۰/۲۴	۲۰۰	۰/۸۲۵۰	* ۰/۹
۳	۲-۳	۰/۰۶	۰/۱۸	۸۰	۰/۵۴۹۹	۰/۹
۴	۲-۴	۰/۰۲	۰/۱۸	۲۰۰	۰/۵۴۹۹	۰/۹
۵	۲-۵	۰/۰۸	۰/۱۲	۱۰۰	۰/۲۸۰۹	۰/۹
۶	۳-۴	۰/۰۱	۰/۰۳	۲۰۰	۰/۰۹۷۸	۰/۹
۷	۴-۵	۰/۰۳	۰/۲۴	۲۰۰	۰/۸۲۵۰	۰/۹

POA : Probability of Availability

* ۰/۹ به ازای حالت اول و ۱ به ازای حالت دوم

جدول پ-۲ : مشخصات باس‌های سیستم.

شمارهٔ باس	P_D (MW)	Q_D $(MVar)$	P_G (MW)	$V_{\max}$ $(p.u)$	$V_{\min}$ $(p.u)$
۱	۰	۰	۱۲۳/۷۵	۱/۱	۰/۹
۲	۳۰	۱۸/۵۹	۱۲۳/۷۵	۱/۱	۰/۹
۳	۶۷/۵	۴۱/۸۳	۰	۱/۱	۰/۹
۴	۶۰	۳۷/۱۸	۰	۱/۱	۰/۹
۵	۹۰	۵۵/۷۷	۰	۱/۱	۰/۹

پیوست ۲- تخصیص هزینه به قراردادها در حالت دوم

اگر در شبیه‌سازی انجام شده در بخش۴، احتمال خروج خطوط ۱و۲ صفر بوده و احتمال خروج سایرخطوط همان مقدار ۰/۱ باشد، در این صورت تخصیص هزینه به قراردادها بابت ظرفیت‌های پایه و اضافی و کل خطوط مطابق جدول زیر خواهد بود. همانطور که مشاهده می شود، به قرارداد T_1 (بار پایه) در این حالت هزینه کمتری تخصیص یافته است. زیرا با توجه به مقادیر محاسبه شده $EUAC$ (جدول(۲)) در اینحالت T۱ از ظرفیت اضافی خطوط ۱و۲ کمتر استفاده کرده است.

جدول پ-۳ : تخصیص هزینه به قراردادها در حالت دوم.

خط (i)	T_1			T_2			T_3		
	$R_{B,i,1}$ ٪	$R_{A,i,1}$ ٪	$R_{T,i,1}$ ٪	$R_{B,i,2}$ ٪	$R_{A,i,2}$ ٪	$R_{T,i,2}$ ٪	$R_{B,i,3}$ ٪	$R_{A,i,3}$ ٪	$R_{T,i,3}$ ٪
۱	۳۷/۲	۳۴/۶	۷۱/۸	۹/۸	۱۳/۰	۲۲/۸	۲/۲	۳/۲	۴/۵
۲	۲۱/۱	۶۸/۰	۸۹/۱	۲/۳	۶/۸	۹/۱	۱/۸	۰	۱/۸
۳	۳۶/۲	۵۰/۰	۸۶/۲	۵/۰	۷/۰	۷/۵	۶/۳	۰	۶/۳
۴	۱۵/۱	۶۹/۴	۸۴/۵	۰/۵	۱۱/۹	۱۲/۴	۳/۱	۰	۳/۱
۵	۷۵/۳	۳/۳	۷۸/۶	۱۶/۰	۰/۹	۱۶/۹	۴/۱	۰/۴	۴/۵
۶	۴/۹	۸۰/۱	۸۵/۰	۱/۳	۱۱/۲	۱۲/۵	۲/۵	۰	۲/۵
۷	۳/۸	۷۴/۴	۷۸/۲	۳/۸	۱۵/۷	۱۹/۵	۲/۳	۰	۲/۳

جدول پ-۴ : سهم قراردادها از کل هزینه شبکه انتقال در حالت۲.

T_1	T_2	T_3
٪۸۳/۲	٪۱۳/۵	٪۴/۳