

## روشی برای تخصیص تلفات خطوط انتقال و توان مصرفی بارها به یک ژنراتور خاص در سیستم های قدرت

مجید محمدی

شرکت برق منطقه ای کرمان (دیسپاچینگ جنوب شرق)-دانشگاه صنعتی اصفهان

majid55mohammadi@yahoo.com

چکیده - در این مقاله روشی برای ردیابی توان اکتیو و راکتیو تولید شده بوسیله هر ژنراتور در سیستم های قدرت ارائه شده است. اساس این روش بر مبنای اصل سهم متناسب است. با استفاده از این الگوریتم می توان میزان مشارکت هر ژنراتور را در توانهای اکتیو و راکتیو بارها و تلفات خطوط انتقال محاسبه کرد. این روش باعث بهبود قراردادهای خرید انرژی در تبادلهای بین نواحی و همچنین سیستم بازار برق می شود. بررسی این روش بر روی یک مدل ۵ باسه با محاسبات پخش بار بوسیله نرم افزار *Digsilent* انجام شده است.

کلید واژه- ردیابی، اصل سهم متناسب

### ۱- مقدمه

تغییر قوانین رایج در سیستم قدرت و سیاست انتقال با دسترسی باز، محاسبه میزان مشارکت ژنراتورها و بارها در انتقال توان اکتیو و راکتیو را هر چه بیشتر مهم و نمایان می سازد. نتایج بدست آمده می توانند به تخصیص هزینه انتقال در میان همه کاربران به صورت یک روش منصف و منطقی، کمک کنند. به طور کلی هزینه انتقال شامل ۴ قسمت اصلی است:

- تلفات انتقال

- تعمیر و نگهداری شبکه

- برگشت و کاهش سرمایه گذاری تجهیزات

- هزینه رفع و برطرف کردن قیود انتقال

آنالیز حساسیت پخش بار DC [۲و۱] نمی توانند به طور دقیق تخصیص انتقال توان راکتیو را ملاحظه و بررسی نمایند. روش های تخصیص هزینه انتقال بر مبنای معاملات و قراردادهای [۳]، مانند روش تمبر پستی، روش مسیر قراردادی، روش توان-فاصله و غیره، پخش توان فیزیکی را در نظر نمی گیرند. روش ردیابی پخش توان به طور گسترده ای به عنوان یک روش عملی و شدنی برای اختصاص هزینه انتقال پذیرفته شده است. در روش ارائه شده در این مقاله فرض بر این است که در هر گره از شبکه (باسهای سیستم قدرت) جریانهای وارد شده به گره به طور متناسب بین جریانهای خارج شده از گره توزیع می شوند. در حقیقت این روش از اصل سهم متناسب برای ردیابی توان اکتیو و راکتیو از ژنراتورها به بارها استفاده می کند. در این مقاله یک روش برای ردیابی پخش توان با محاسبات ساده و بدون نیاز به محاسبه معکوس ماتریس [۵و۴] بیان شده است. در این روش قلمرو و حوزه هر ژنراتور مشخص می شود و می توان سهم مشارکت هر ژنراتور را در مقدار توان مصرفی (اکتیو و راکتیو) هر کدام از بارها و تلفات انتقال را محاسبه کرد.

این مقاله بر روی تخصیص تلفات انتقال و ردیابی توانهای اکتیو و راکتیو از منابع جداگانه (ژنراتورها) به مصرف کننده های جداگانه (بارها) متمرکز شده است. روش های بر مبنای

توانند گره های دیگری در سیستم یا ژنراتورهای تغذیه کننده به گره  $i$  باشند و نیز گره های  $m$  و  $l$  می توانند گره های دیگری در سیستم یا بارهای تغذیه شده از گره  $i$  باشند. سوال این است که چگونه توان وارد شونده به گره، در میان شاخه های خروجی توزیع می شوند؟ در نبود هر گونه اطلاعات اضافی، منطقی ترین فرض این است که گره شبکه یک مخلوط کننده (mixer) کامل برای توانهای ورودی است به طوری که جریانهای ورودی به طور متناسب بین خروجی ها تقسیم می شوند. این فرض نتایج زیر را می تواند به همراه داشته باشد.

$$q_m - \frac{q_j}{q_j + q_k} q_m \text{ باشد، فرض می شود شامل دو مولفه باشد،}$$

$$\text{که از } q_j \text{ و } \frac{q_k}{q_j + q_k} q_m \text{ که از } q_k \text{ بدست می آید.}$$

$$- \text{ به طور مشابه } q_l \text{ نیز شامل دو مولفه } \frac{q_j}{q_j + q_k} q_l \text{ و}$$

$$\frac{q_k}{q_j + q_k} q_l \text{ است که به ترتیب از } q_j \text{ و } q_k \text{ فراهم می شوند.}$$

این روابط را می توان به توانهای مربوط به شاخه های ورودی نیز اعمال کرد.

$$- q_j \text{ شامل دو مولفه } \frac{q_m}{q_m + q_l} q_j \text{ و } \frac{q_l}{q_m + q_l} q_j \text{ است.}$$

$$- q_k \text{ شامل دو مولفه } \frac{q_m}{q_m + q_l} q_k \text{ و } \frac{q_l}{q_m + q_l} q_k \text{ است.}$$

اصل سهم متناسب می تواند به همه گره های شبکه بسط داده شود و اجازه دهد که توان در شبکه بوسیله یک مجموعه از محاسبات بازگشتی ردیابی شود [۶] و یا ردیابی توان در یک شکل ماتریسی [۴] انجام شود که هر دو روش از لحاظ نتیجه معادل می باشند [۷].

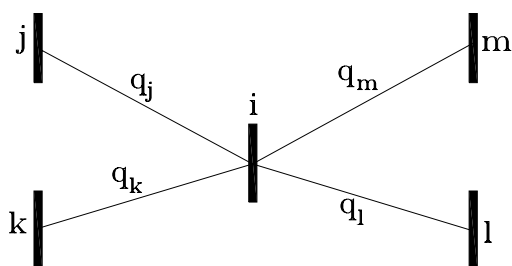
## ۲-۱- اثبات ریاضی اصل سهم متناسب

با رجوع به شکل ۱ ولتاژ در گره  $i$  ممکن است به عنوان یک تابعی از امپدانس شاخه  $Z_{im}$  و جریان آن  $I_{im}$  یا به صورت تابعی از  $Z_{il}$  و جریان  $I_{il}$  بیان شود.

اثبات این روش بر روی یک مدل ۵ باسه با مشخصات واقعی برای خطوط انتقال و ژنراتورها بررسی می شود. محاسبات پخش بار با استفاده از نرم افزار Digsilent انجام شده است.

## ۲- اصل سهم متناسب

بر مبنای دانش و علم متداول، ردیابی پخش توان از ژنراتورهای جداگانه به بارهای جداگانه در شبکه های انتقال حلقوی غیر ممکن است. فرض اینکه در هر گره از شبکه، جریانهای وارد شونده به گره به طور متناسب بین جریانهای خارج شده از گره تقسیم می شوند، مسئله ردیابی پخش توان اکتیو و راکتیو را در شبکه قدرت، امکان پذیر می سازد. به عبارت دیگر، روش ردیابی به ما اجازه بر چسب زدن به مگاوات ها را می دهد. یعنی مسیرهای فیزیکی اتصال بین ژنراتورها و بارها را شناسایی می کند. بالطبع، هزینه های انتقال نیز می توانند محاسبه شوند به همان طریقی که با روش مسیر قراردادی متداول، تعیین می شوند. اما باید تاکید کرد که ردیابی مسیرها بر مبنای پخش توان فیزیکی در شبکه می باشد در حالیکه در روش مسیر قراردادی تخصیص هزینه بر مبنای قراردادهای مالی است که معمولاً فیزیک و واقعیت انتقال را منعکس نمی کنند. ردیابی توان بر مبنای قانون سهم متناسب در شکل ۱ شرح داده شده است.



شکل ۱: قانون سهم متناسب

گره  $i$  به دو گره بالا دست (upstream)  $j$  و  $k$  و به دو گره پایین دست (downstream)  $m$  و  $l$  بوسیله ۴ خط انتقال  $j-i$ ،  $k-i$ ،  $i-m$  و  $i-l$  متصل شده است. توان وارد شونده به گره  $i$  بوسیله  $q_j$  و  $q_k$  و توان خروجی از گره  $i$  با  $q_m$  و  $q_l$  نشان داده شده است. به طور واضح و بدیهی رابطه  $q_j + q_k = q_m + q_l$  برقرار است. گره های  $j$  و  $k$  می

$$S_{il} = \left(\frac{S_{il}}{S_{il} + S_{im}}\right)S_{ji} + \left(\frac{S_{il}}{S_{im} + S_{il}}\right)S_{ki} \quad (11)$$

با توجه به معادله زیر

$$S_{ji} + S_{ki} = S_{im} + S_{il} \quad (12)$$

می توان معادلات (۱۰) و (۱۱) را به شکل زیر بدست آورد.

$$S_{im} = \left(\frac{S_{ji}}{S_{ji} + S_{ki}} + \frac{S_{ki}}{S_{ji} + S_{ki}}\right)S_{im} \quad (13)$$

$$S_{il} = \left(\frac{S_{ji}}{S_{ji} + S_{ki}} + \frac{S_{ki}}{S_{ji} + S_{ki}}\right)S_{il} \quad (14)$$

جداسازی قسمتهای موهومی و حقیقی معادلات (۱۳) و (۱۴) منجر به بیان معادلات به شکل توانهای اکتیو و راکتیو می شود.

$$P_{im} = \left(\frac{P_{ji}}{P_{ji} + P_{ki}} + \frac{P_{ki}}{P_{ji} + P_{ki}}\right)P_{im} \quad (15)$$

$$P_{il} = \left(\frac{P_{ji}}{P_{ji} + P_{ki}} + \frac{P_{ki}}{P_{ji} + P_{ki}}\right)P_{il} \quad (16)$$

$$Q_{im} = \left(\frac{Q_{ji}}{Q_{ji} + Q_{ki}} + \frac{Q_{ki}}{Q_{ji} + Q_{ki}}\right)Q_{im} \quad (17)$$

$$Q_{il} = \left(\frac{Q_{ji}}{Q_{ji} + Q_{ki}} + \frac{Q_{ki}}{Q_{ji} + Q_{ki}}\right)Q_{il} \quad (18)$$

معادلات (۱۵) تا (۱۸) اثبات اصل سهم متناسب را نشان می دهند.

### ۳- تعیین قلمرو ژنراتور

مراحل تعیین قلمرو هر منبع (ژنراتور) را می توان به صورت زیر دسته بندی کرد.

- یکی از منابع را انتخاب و از باس منبع جستجو را بر روی همه شاخه های متصل به باس آغاز می کنیم.

- شاخه هایی که جهت توان در آنها به سمت خارج باس است به همراه باس در انتهای این شاخه ها (باس سمت گیرنده توان)، به عنوان قسمتی از قلمرو ژنراتور محسوب می شوند. بالعکس شاخه هایی که جهت توان در آنها به سمت

$$V_i = Z_{im}I_{im} = Z_{il}I_{il} \quad (1)$$

همچنین ممکن است به عنوان حاصلضرب امپدانس معادل دیده شده از گره i و کل جریان تزریق شده به داخل گره i بیان شود.

$$V_i = \left(\frac{Z_{im}Z_{il}}{Z_{im} + Z_{il}}\right)I_T \quad (2)$$

$$I_T = I_{ji} + I_{ki} \quad (3)$$

ترکیب معادلات (۱) و (۲) و حل آن برای  $I_{il}$  و  $I_{im}$  معادلات زیر را نتیجه می دهد.

$$I_{im} = \left(\frac{Z_{il}}{Z_{il} + Z_{im}}\right)I_T \quad (4)$$

$$I_{il} = \left(\frac{Z_{il}}{Z_{il} + Z_{im}}\right)I_T \quad (5)$$

یک بیان برای پخش توان در شاخه i-m به عنوان تابعی از توانهای وارد شده به گره i از شاخه های i-j و i-k به شکل زیر می تواند فراهم شود.

$$S_{im} = V_i I_{im}^* = V_i \left(\frac{Z_{il}^*}{Z_{il}^* + Z_{im}^*}\right)(I_{ji}^* + I_{ki}^*) \quad (6)$$

$$S_{ji} = V_i I_{ji}^* \quad (7)$$

$$S_{ki} = V_i I_{ki}^* \quad (8)$$

به طریق مشابه پخش توان در شاخه i-l به صورت زیر است.

$$S_{il} = \left(\frac{Z_{im}^*}{Z_{il}^* + Z_{im}^*}\right)(S_{ji} + S_{ki}) \quad (9)$$

معادلات (۶) و (۹) با استفاده از روابط  $Z_{im} = \frac{V_i^2}{S_{im}^*}$  و

$Z_{il} = \frac{V_i^2}{S_{il}^*}$  می توانند فقط به صورت توانهای مختلط بیان شوند.

$$S_{im} = \left(\frac{S_{im}}{S_{im} + S_{il}}\right)S_{ji} + \left(\frac{S_{im}}{S_{im} + S_{il}}\right)S_{ki} \quad (10)$$

میزان مشارکت هر قلمرو یا ژنراتور در توان اکتیو و راکتیو خط انتقال یا بار را می توان از قانون سهم متناسب تعیین کرد. با استفاده از معادلات زیر می توان میزان مشارکت در توان اکتیو سمت فرستنده خط انتقال را محاسبه نمود.

$$P'_{mk} = P'_{D1} + P'_{D2} + \dots + P'_{Dn} + P'_G$$

$$P'_{Di} = P_{Di} \times C'_{P_{mk}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$P'_G = P_G \times C'_{P_{mk}}$$

$$C'_{P_{mk}} = \frac{P'_{mk}}{P_{Di} + P_G}$$

به طور مشابه می توان میزان مشارکت هر ورودی را در توان اکتیو سمت باس گیرنده خط انتقال را نیز بدست آورد تنها کافی است در معادلات بالا به جای  $P'_{mk}$  مقدار  $P''_{mk}$  (توان اکتیو خط انتقال در طرف گیرنده) را جایگزین کرد. در این معادلات  $P_{Di}$  توان مربوط به قلمروهای  $D_i$  متصل به باس  $m$ ،  $P_G$  توان ژنراتور و  $C_p$  ضریب مشارکت است. میزان مشارکت ورودی های متصل به باس در توان اکتیو بار را نیز به روش مشابه می توان با جایگزینی  $P_L$  به جای  $P'_{mk}$  محاسبه کرد.

#### ۵- ردیابی توان راکتیو

میزان مشارکت در توان راکتیو هر خط انتقال از هر قلمرو و هر منبع توان راکتیوی که به طور مستقیم به باس متصل شده است، نیز با استفاده از اصل سهم متناسب می تواند تعیین شود. با استفاده از معادلات زیر می توان سهم هر ورودی را در توان راکتیو خط انتقال در سمت فرستنده را محاسبه نمود.

$$Q'_{mk} = Q'_{D1} + Q'_{D2} + \dots + Q'_{Dn} + Q'_G$$

$$Q'_{Di} = Q_{Di} \times C'_{Q_{mk}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$Q'_G = Q_G \times C'_{Q_{mk}}$$

$$C'_{Q_{mk}} = \frac{Q'_{mk}}{Q_{Di} + Q_G}$$

میزان مشارکت در توان راکتیو در طرف گیرنده خط انتقال را می توان به طور مشابه با جایگزینی مقدار  $Q''_{mk}$  به جای

باس باشد، جزء قلمرو نمی باشند. این روند برای هر باس جدید که قسمتی از قلمرو شده، ادامه می یابد.

- بعد از اینکه دیگر باس جدیدی را نتوان پیدا کرد که جزء قلمرو شود، روند جستجو به پایان می رسد و حاصل شامل یکسری شاخه ها و باسها یی است که توان مربوط به منبع مورد نظر را انتقال می دهند.

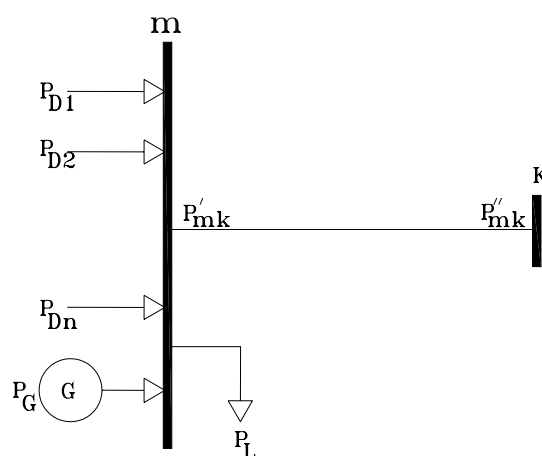
- این رویه برای دومین، سومین و تا انتها برای تمامی منابع به طور جداگانه تکرار می شود.

- اگر قلمرو یک منبع شامل هیچ شاخه ای نباشد، می توان نتیجه گرفت که توان منبع به مصرف بار محلی می رسد.

شکل ۲ (پیوست) یک سیستم ۵ باسه با مقادیر توان اکتیو و راکتیو را برای شاخه ها (خطوط انتقال) و بارها نشان می دهد. این مقادیر با استفاده از محاسبه پخش بار بوسیله نرم افزار Digsilent فراهم شده اند. شکل های ۳ و ۴ (پیوست) قلمرو توان اکتیو و شکل های ۵ و ۶ (پیوست) قلمرو توان راکتیو را برای ژنراتورهای  $G_1$  و  $G_2$  به ترتیب نشان می دهند.

#### ۴- ردیابی توان اکتیو

ایده سهم متناسب برای یک گره با دو ورودی و دو خروجی که قبلاً بحث شد، می تواند بسط داده شود. چنانچه در شکل ۷ نشان داده شده است شامل  $n$  ورودی (جهت توان به سمت باس  $m$ ) و یک خروجی به عنوان خط انتقال و یک بار متصل به گره است.



شکل ۷: مشارکت توان اکتیو منابع ورودی در خط mk

جدول ۱: میزان مشارکت هر ژنراتور در توان اکتیو بارها

ژنراتور بار	$G_1$	$G_2$	جمع
$L_1$	۱۹/۲۵۲۸۵	۴/۷۴۷۱۴۶	۲۴
$L_2$	۱۶/۰۴۷۲۵	۱۷/۹۵۲۷۴	۳۴
$L_3$	۲۰	.	۲۰
جمع	۵۵/۳۰۰۱	۲۲/۶۹۹۸۸	۷۸

همچنین می توان نقش هر ژنراتور را در تلفات خطوط انتقال را محاسبه نمود نتایج این محاسبات در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲: میزان مشارکت هر ژنراتور در تلفات اکتیو خطوط انتقال

ژنراتور خط انتقال	میزان مشارکت $G_1$ در تلفات	میزان مشارکت $G_2$ در تلفات	جمع
Line 1	۲/۴۹	.	۲/۴۹
Line 2	۱/۶۱	.	۱/۶۱
Line 3	۰/۰۴۶۳۱۹	۰/۲۰۳۶۷۴۹	۰/۲۵
Line 4	۰/۳۲۰۸۷۴۶	۰/۰۷۹۱۱۹	۰/۴۰
Line 5	۰/۱۴۲۶۸۱	۰/۶۲۷۳۱۸	۰/۷۸
Line 6	۰/۰۹	.	۰/۰۹
جمع	۴/۶۹۹۸۷	۰/۹۱۰۱۱۲	۵/۶۲

با توجه به مقادیر بدست آمده در جدول ۱ و ۲ جمع میزان مشارکت هر ژنراتور در توان اکتیو هر بار برابر با مقدار کل توان اکتیو آن بار است و همچنین جمع کل مشارکت هر ژنراتور در تلفات خط انتقال و توان بار برابر کل توان تولیدی ژنراتور است. این نتایج صحت و درستی اصل سهم متناسب را نشان می دهند.

$$P_{G_1} = 55.3001 + 4.69987 = 60$$

$$P_{G_2} = 22.69988 + 0.910112 = 23.61$$

## ۲-۶- نتایج ردیابی توان راکتیو

شکلهای ۵ و ۶ قلمرو هر ژنراتور برای ردیابی توان راکتیو را نشان می دهند. با استفاده از روابط بیان شده در قسمتهای قبل، می توان محاسبات ردیابی را انجام داد. جدول ۳ میزان مشارکت هر ژنراتور در توان راکتیو مورد نیاز هر بار را نشان می دهد.

$Q_{mk}'$  در این معادلات محاسبه کرد. اما باید توجه کرد در صورتی که توان راکتیو در سمت گیرنده خط از مقدار آن در سمت فرستنده خط انتقال بیشتر باشد، نشان دهنده این است که اثر خازنی خط انتقال باعث این افزایش شده است و منابع توان راکتیو متصل به باس فرستنده هیچ نقشی در این افزایش توان راکتیو ندارند. در حقیقت میزان مشارکت در توان راکتیو در هر دو سمت خط انتقال یکسان است. در حالیکه اگر توان راکتیو در طرف گیرنده کمتر باشد باید نقش هر کدام از منابع ورودی متصل به باس فرستنده را در این میزان کاهش محاسبه نمود.

## ۶- نتایج تست عددی

یک مدل ۵ باسه با مشخصات واقعی برای خطوط انتقال و ژنراتورها با استفاده از نرم افزار Digsilent شبیه سازی و محاسبات پخش بار بوسیله این نرم افزار اجرا و نتایج در شکل ۲ (پیوست) نشان داده شده است.

## ۱-۶- نتایج ردیابی توان اکتیو

قلمرو هر ژنراتور برای توان راکتیو در شکلهای ۳ و ۴ مشخص شده است. با توجه به فرمولهای بیان شده برای ردیابی توان اکتیو، به طور نمونه محاسبات میزان مشارکت ژنراتور  $G_1$  در توان اکتیو بار  $L_1$  نشان داده شده است.

$$P_6'' = 5.37$$

$$P_1'' = 30.44$$

$$C_{p_3}'' = \frac{9.76}{(5.37 + 23.61)} = 0.33678$$

$$P_3'' = C_{p_3}'' \cdot P_6'' = 1.80853$$

$$C_{L_1} = \frac{24}{(30.44 + 9.76)} = 0.597015$$

$$P_{L_1} = (C_{L_1} \cdot P_3'') + (C_{L_1} \cdot P_1'') = 19.2528$$

میزان مشارکت تولید هر ژنراتور در توان اکتیو مورد نیاز بارها در جدول ۱ نشان داده شده است.

مورد نیاز یک بار خاص نقش دارد. با استفاده از این روش می توان سهم تلفات انتقال مربوط به هر ژنراتور را تعیین کرد. نتایج بدست آمده از تحلیل یک مدل ۵ باسه، کارایی و صحت این روش را نشان می دهند. این روش می تواند به عنوان یک اساس و پایه در جهت بهبود قرار دادها و توافقات در سیستم بازار برق استفاده شود. بر مبنای این روش می توان هزینه های مربوط به انتقال توان را برای هر کدام از ژنراتورها مشخص نمود همچنین می توان از این روش در تبا دلای بین نواحی و یا بین کشورها استفاده نمود.

### سیاسگزاری

در پایان لازم می دانم از خانم مهندس شراره تاج الدینی کارشناس محاسبات سیستم مرکز دیسپاچینگ جنوب شرق به خاطر همکاری صمیمانه شان تشکر نمایم.

### ۸- مراجع

- [1] Xie Kai, Yu Erkeng, Liu Guangyi, "Transmission Service in electricity market (4) - allocation of transmission charges," Power system Technology. vol. 21,110.7, pp.65-68, 1997.
- [2] Mohammad S,HatimY,Zuyi Li,Market Operation in Electric Power Systems- Forecasting, Scheduling and Risk Management, John Wilcy & Sons, New York, 2002 [3] Yu Erkeng, Power Market, China Electric Power Publisher, Beijing,1998.
- [3] Yu Erkeng, Power Market, China Electric Power Publisher, Beijing, 1998.
- [4] J. Bialek, Tracing the flow of electricity, IEE Proceedings-Generation Transmission & Distribution, Vol. 143, No.4, July 1996.
- [5] J. Bialek, Topological generation and load distribution factors for supplementary charge allocation in transmission open access, IEEE Trans. on PWRs, Vol.BIOGRAPHIES 12, No.3, Aug. 1997.
- [6] Kirschen, D., Allan, R., and Strbac, G.: 'Contributions of individual generators to loads and flows', IEEE Trans. Power Syst., 1997, 12,pp. 52-60
- [7] Bialek, J.W. and Ziemianek, S.: 'Tracing based transmission pricing of cross-border trades: fundamentals and circular flow', Presented at IEEE Power Tech Conf., Bologna, Italy, 23-26 June 2003

جدول ۳: میزان مشارکت هر ژنراتور در توان راکتیو بارها

ژنراتور بار	$G_1$	$G_2$	جمع
$L_1$	۲/۲۶۴۰۹۱	۱۰/۷۳۵۹۰۸	۱۳
$L_2$	۰/۳۴۴۸۳۸	۹/۶۵۵۱۶	۱۰
$L_3$	۲	۵/۹۲	۷/۹۲
جمع	۴/۶۰۸۹۲۹	۲۶/۳۱۱۰۶۸	۳۰/۹۲

توان راکتیو در خط ۶ از مقدار ۵/۹۲ به مقدار ۶ افزایش یافته است که به علت اثر خازنی خط انتقال است در نتیجه ژنراتورهای  $G_1$  و  $G_2$  هیچ نقشی در این افزایش توان راکتیو ندارند و بالطبع قسمتی از توان راکتیو بار  $L_3$  بواسطه اثر خازنی خط انتقال ۶ تامین می شود.

$$Q_{L_3} = 2 + 5.92 + (6.00 - 5.92)$$

$$Q_{L_3} = 8$$

نتایج مشارکت توان راکتیو هر ژنراتور در تلفات راکتیو خطوط انتقال در جدول ۴ نشان داده شده است.

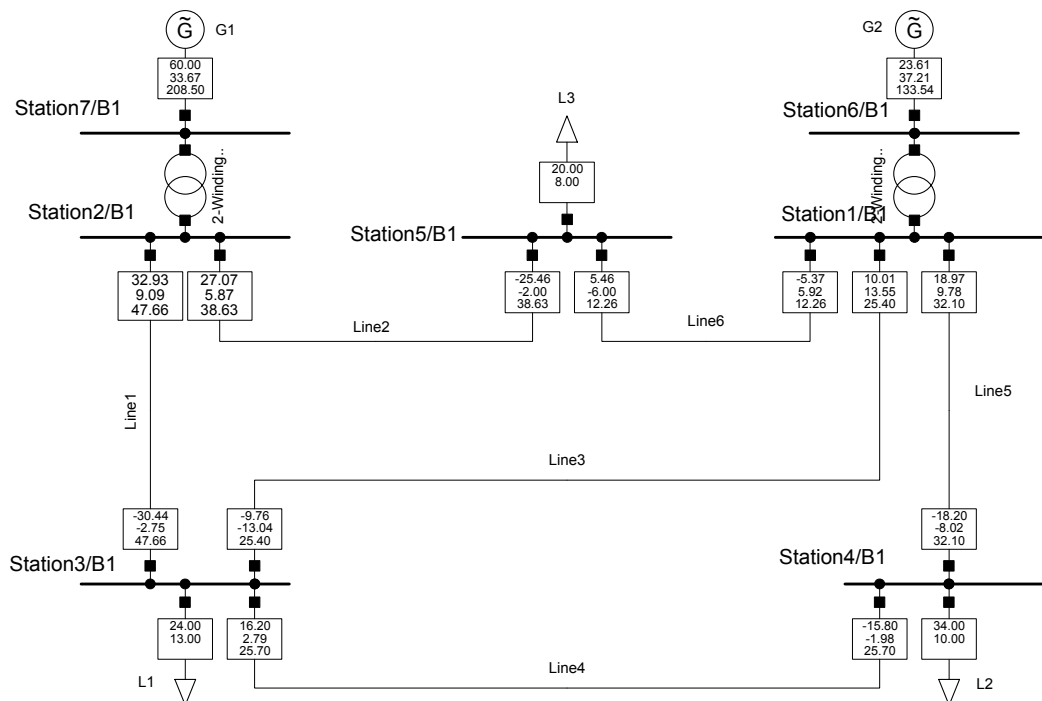
جدول ۴: میزان مشارکت هر ژنراتور در تلفات راکتیو خطوط انتقال

ژنراتور خط انتقال	میزان مشارکت در تلفات $G_1$	میزان مشارکت در تلفات $G_2$	جمع
Line 1	۶/۳۴	۰	۶/۳۴
Line 2	۳/۸۷	۰	۳/۸۷
Line 3	۰	۰/۵۱	۰/۵۱
Line 4	۰/۱۴۱۰۷	۰/۶۶۸۹۲۹	۰/۸۱
Line 5	۰	۱/۷۶	۱/۷۶
Line 6	۰	۰	۰
جمع	۱۰/۳۵۱۰۷	۲/۹۳۸۹۲۹	۱۳/۲۹

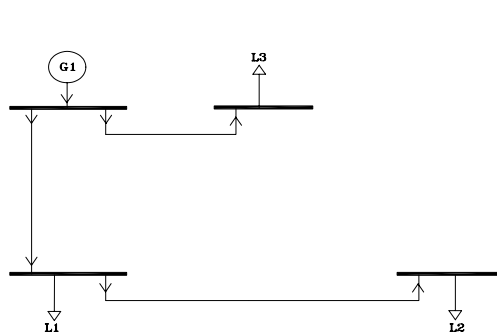
### ۷- نتیجه گیری

در این مقاله یک روش برای ردیابی توان در سیستم های قدرت به شکل حلقوی ارائه شده است. این روش با استفاده از یکسری محاسبات ساده و بر خلاف تعدادی از روشها، بدون نیاز به محاسبه معکوس ماتریس، اجازه تعیین اینکه چه مقدار از توان اکتیو و راکتیو یک ژنراتور خاص در توان

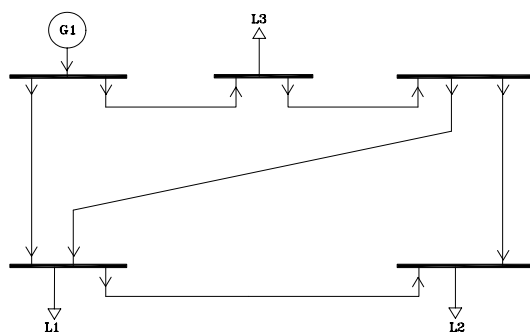
پیوست



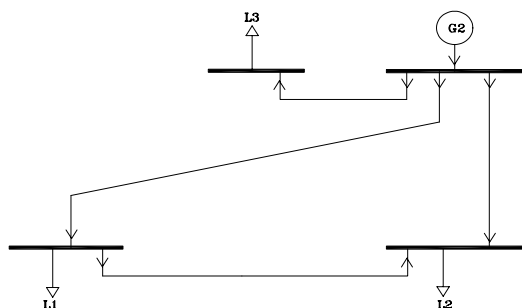
شکل ۲: مدل یک سیستم ۵ باسه با نتایج حاصل از پخش بار با استفاده از نرم افزار DigSilent



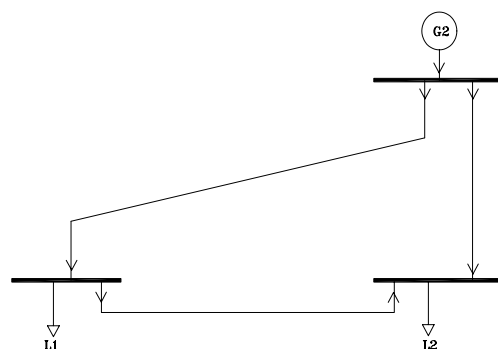
شکل ۵: قلمرو توان راکتیو ژنراتور  $G_1$



شکل ۳: قلمرو توان اکتیو ژنراتور  $G_1$



شکل ۶: قلمرو توان راکتیو ژنراتور  $G_2$



شکل ۴: قلمرو توان اکتیو ژنراتور  $G_2$