# تعیین قدرت راکتیو لازم در شبکه‌ها با استفاده از پروگرام خطی

ترجمه از : مهندس محسن کوشان پور

در طرح بعضی ازشبکه های فشار قوی ایجاد قدرت‌های راکتیو قابل کنترل برای ثابت نگهداشتن ولتاژباس‌ها درمواقع غیرعادی ضروری بنظر میرسد .

این موضوع وقتی اهمیت پیدا میکند که قدر مطلق و لتاژهای شبکه از مقدار قابل قبول پائین تر بیاید .

انتخاب‌محل نصب وتعین مقدارقدرت راکتیو لازم‌برای شرایط موجود درسیستم‌راه حل‌های متعدد دارد که یکی‌ازآنها یعنی تعیین مینیمم قدرت راکتیو را ذیلا شرح میدهیم .

حل موضوع فوق یك برنامه ( پروگرام ) غیر خطی است ولکن با تقریب کافی آنرا بصورت پروگرام خطی در نظر میگیریم و پس از حل آن در صورت اختلاف با جواب های واقعی میتوانیم آنرا تصحیح کنیم .

این روش را برای قسمتی از یك شبکه بزرك فشار قوی نشان خواهیم داد .

معرفی- دربعضی ازشبکه های فشارقوی برای نگهداری ولتاژ باس‌ها درشرایط نرمال‌وپیش آمدهای احتمالی از کندانساتور سنکرون و یا باطری - کندانساتور استفاده می کنند .

برای هرحالت احتمالی مفروض‌تصحیح‌مقدار قدرت راکتیو جهت تنظیم ولتاژ باس های مصرف کنندگان انرژی لازم است . ودراینصورت مهندسین طراح شبکه ها می بایستی برای هر حالت احتمالی مینیمم قدرت راکتیولازم را برآورد نمایند .

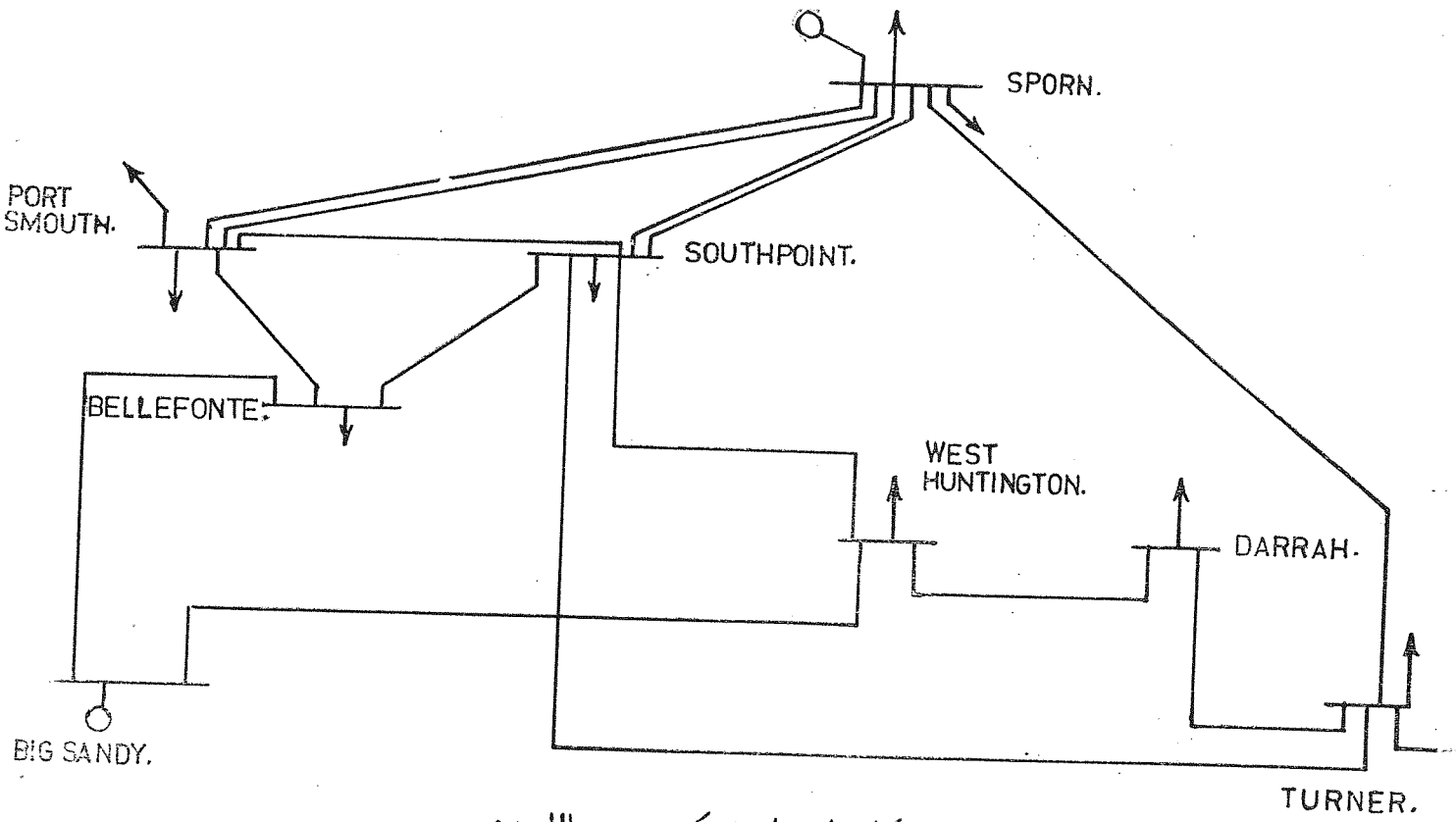
کندانساتورسنکرونها ویا باطری کندانساتور های اتوماتیك موجود می‌توانند درشرایطی که ولتاژ پائین بیاید قدرت راکتیولازم رابشبکه تزریق‌نمایند وبدینترتیب ازافت ولتاژشبکه جلوگیری میشود .

مطلبی راکه میخواهیم درباره‌اش صحبت کنیم اینست که می نیمم مقدار قدرت راکتیو را برای هر نوع پیش‌آمد احتمالی مفروض معین نمائیم وبعلاوه نحوه پخش این قدرت های راکتیو را در شبکه تعیین کنیم .

فرض میشود که ولتاژهای مورد نظر سیستم داده شده اند و حدود قابل قبول افت ولتاژ های شبکه نیز در طرح سیستم منظور شده باشد .

برای‌تعین مقدار ومحل‌پخش قدرتهای‌راکتیو از شبکه آزمایشی شکل شماره ۱ استفاده میکنیم .

این شکل قسمت ۱۳۸ کیلو ولتی از یك شبکه ۵ر۳۴-۶۹-۱۳۸ کیلوولتی را نشان میدهد .




شکل ۱ قسمت ۱۳۸ کیلو ولتی از شبکه مورد مطالعه.

سیستم فوق را در حالتیکه ژنراتور باس BIG SANDY. از شبکه قطع میشود و در هر یك از شرایط زیر بررسی میکنیم.

۱ ــ خط انتقال DARRAH TURNER. نیز قطع شود.

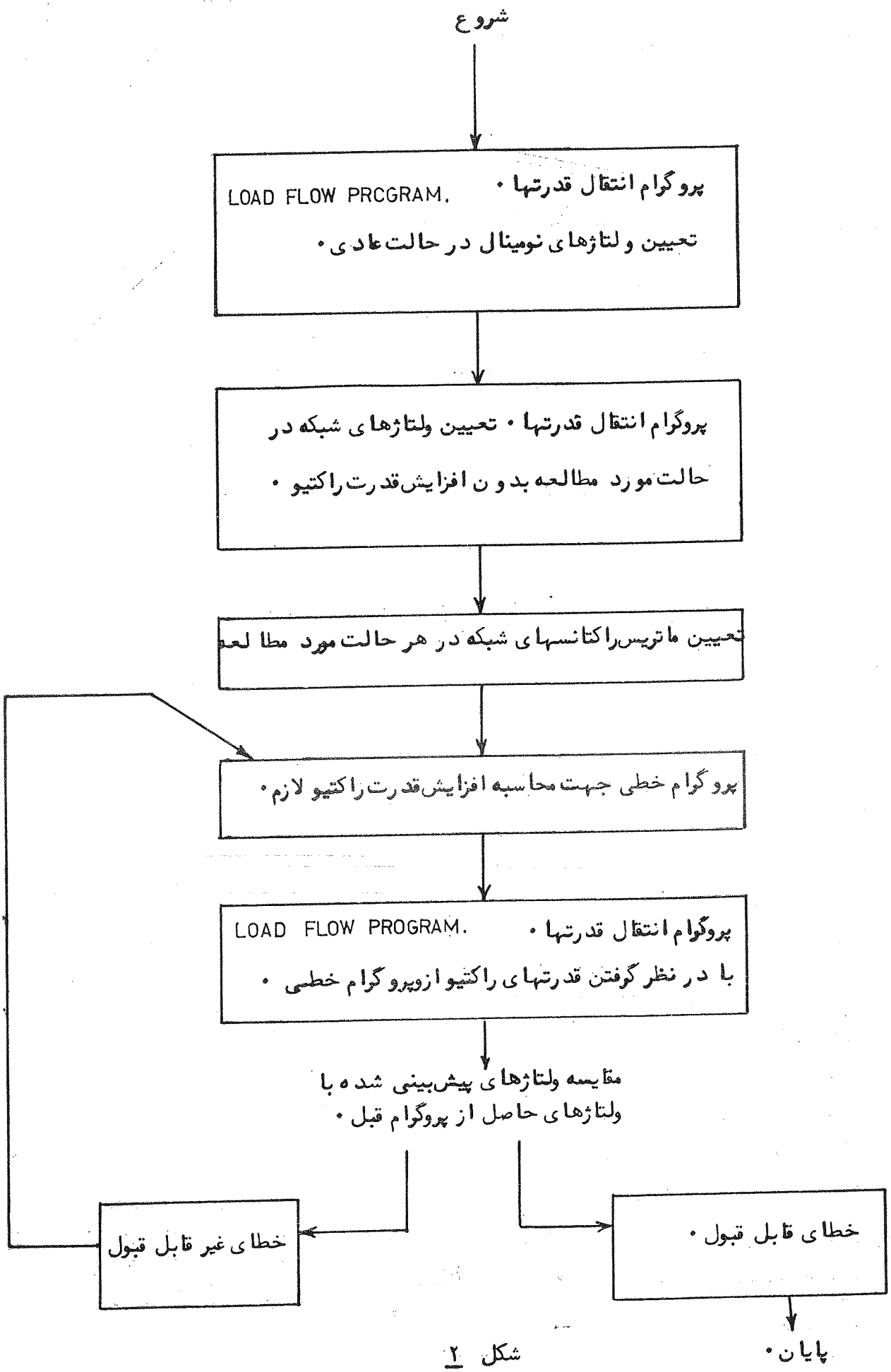
۲ ــ خط انتقال BELLEFONTE SOUTH POINT. قطع شود.

۳ ــ خط انتقال SOUTH POINT WEST HUNTINGTON. قطع شود.

## روش تکرار

روش معمول در محاسبات با ماشین کمپیوتر استفاده از پروگرام انتقال قدرت ها Load Flow Program. و تکرار آنست دراین روش با استفاده ازپروگرام فوق شرایط سیستم رابدون هیچگونه تصحیحی درمورد قدرتهای راکتیو بدست میآوریم ، سپس مهندسین محاسب شبکه در مقادیر حاصله تغییراتی میدهند ومعمولا محاسبات را طوری ادامه میدهند که ولتاژهای باسهای شبکه بمقدار مورد نظر برسد حال هرچه قدرقدرت راکتیو اضافی لازم باشد با توجه بمقدار موجود در شبکه معلوم خواهد شد ــ این عمل را برای هر باس و در هر حالت احتمالی انجام میدهند.

حال جواب های فوق را با آنچه در عمل میتوان انجام داد تغییر وتطبیق میدهند مثلا مقدار قدرت راکتیو اضافی رامیتوان بنحودیگری درشبکه


شروع
پروگرام انتقال قدرتها ۰ LOAD FLOW PRCGRAM.
تعیین ولتاژهای نومینال در حالت عادی ۰
پروگرام انتقال قدرتها ۰ تعیین ولتاژهای شبکه در
حالت مورد مطالعه بدون افزایش قدرت راکتیو ۰
تعیین ماتریس راکتانسهای شبکه در هر حالت مورد مطالعه
پروگرام خطی جهت محاسبه افزایش قدرت راکتیو لازم ۰
پروگرام انتقال قدرتها ۰ LOAD FLOW PROGRAM.
با در نظر گرفتن قدرتهای راکتیو از پروگرام خطی ۰
مقایسه ولتاژهای پیش‌بینی شده با
ولتاژهای حاصل از پروگرام قبل ۰
خطای غیر قابل قبول
خطای قابل قبول ۰
پایان ۰

شکل ۲

انتقال انرژی پخش نمود تا ولتاژ تمام باسها درحدود تعیین شده قرار گیرد .

پس از تنظیم فوق مجدداً پروگرام انتقال قدرتها را با کمپیوتر حساب میکنند و در صورت لزوم تغییرات لازم را انجام میدهند ودوباره پروگرام را در کمپیوتر می رانند واین عمل را آنقدر تکرار میکنند تامینیمم افزایش قدرت راکتیو حاصل آید .

این روش ( روش تکرار ) عموماً خیلی وقت میگیرد و فقط مهندسین با تجربه و ماهر در انتخاب و تقسیم مقادیر قدرت راکتیو در شبکه میتوانند زود تر به نتیجه قطعی و جواب از دستگاه کمپیوتر برسند .

**بررسی پروگرام خطی**

برای تعیین مینیمم قدرت راکتیو لازم درشبکه جهت نگهداری ولتاژ باسهای موجود میتوانیم از پروگرام خطی استفاده کنیم . یك نمونه آنرا در شکل ۲ مشاهده میکنید .

در پروگرام خطی برای تعیین تغییرات ولتاژ باسها دراثر تغییرات قدرتهای راکتیو تزریق شده باید تقریب زیر را درنظر بگیریم .

$$\Delta E_i = \sum_J x_{ij} \cdot \Delta Q_i \qquad (1)$$

که درآن داریم-

$\Delta E_i$ تغییرات قدر مطلق ولتاژباس شماره i درسیستم آحادیکه

$x_{ij}$ راکتانس اتصالی باسهای i-J ازماتریس راکتانسها .

$\Delta Q_i$ تغییرات قدرت راکتیو درباس J .

منظور این محاسبات می‌نیمم کردن مجموع $\Delta Q_i$ های شبکه است که باید خریداری نمود .

ممکن‌است مستقیما بجای مقدار قدرت راکتیو لازم قیمت آنرا برآورد نمود ودر اینصورت باید مجموع $C_j \Delta Q_j$ ها را معین کنیم که در این رابطه $C_j$ قیمت واحد قدرت رآکتیو میباشد.

اگر $\Delta E_j^n$ تصحیح ولتاژباس شماره J و در حالت n و $Xn_{ij}$ راکتانس‌باس ازماتریس راکتانسها درحالت n باشد، پروگرام خطی را میتوان چنین خلاصه نمود.

$$\Sigma_j \Delta Q_j \text{ Minimum} \qquad (2)$$

$$\Delta En_i = \Sigma Xn_{ij} \cdot \Delta Q_j \qquad (3)$$

$$0 \leqslant \Delta Q_j \qquad (4)$$

که درآن داریم .

i شماره باسهای مورد مطالعه.

J شماره باسهائیکه قدرت رآکتیو اضافی را روی آن‌ها نصب میکنند.

n مواردداحتمالی که‌موردمطالعه‌قرار میگیرد

باتوجه بشکل ۲ میتوان نحوه عمل را چنین خلاصه نمود.

۱-پروگرام انتقال قدرتها برای هر بار مطالعه لازم‌است دراین پروگرام ولتاژهای شبکه پیش‌بینی شده‌اند وظرفیت قدرت رآکتیو موجود درشبکه نیز دردست است حال برای هریك ازحالات اتفاقی‌باید اطلاعات مربوط باین‌حالت رابکمپیوترداد تاتغییرات ولتاژ شبکه را (بدون افزایش قدرت رآکتیو)بدست آورد.

۲- قبل‌از محاسبات مربوط به‌پروگرام خطی باید ماتریس راکتانس شبکه را برای هریك از حالات مورد مطالعه بدست آورد.

۳- پروگرام خطی می‌نیمم قدرت رآکتیو اضافی‌وهمچنین‌حدودتغییرات ولتاژ را بدست میدهد.

٤- چون این روش یك محاسبه تقریبی در پروگرام انتقال قدرت‌هاست‌لذا درمرحله بعد باید با استفاده از مقادیر معین شده از قدرت‌های رآکتیو هرباس پروگرام را دوباره برای هریك از حالات

موردنظر در کمپیوتر راند . اختلاف بین ولتاژ پیش بینی شده وولتاژ بدست آمده تصحیح لازم جهت تقریب پروگرام خطی را بدست میدهد. اگر اختلاف فوق ازمیزان معینی که قبلا تعیین شده است کمتر باشد مقدار قدرتهای راکتیو بدست آمده را میتوان اپتیمم دانست.

۵ـ اگر اختلاف ولتاژ پیش‌بینی شده برای باس موردنظر ازمقدارمعین فوق بیشتر باشد تصحیحی درمورد رابطه تقریب خطی بعمل میاید و پروگرام انتقال قدرت‌ها مجددا در کمپیوتر رانده میشود . اعمال فوق آنقدر تکرار میشوند تا اینکه مینیمم قدرت راکتیو لازم ودر حالیکه ولتاژ تمام شبکه در حدود تعیین شده قرار گیرند بدست آید.

مثال ـ پروگرام انتقال قدرت‌ها را درحالیکه ژنراتورباس BIG SANDY وخط انتقال انرژی TURNER-DARRAH. قطع شده است در کمپیوتر میرانیم و نتایج را درجدول شماره یك یادداشت میکنیم.

بطوریکه دراین جدول مشاهده میشود ولتاژباس DARRAH. درحالت مورد مطالعه فوق معادل ۰/۷۸۹ P.U. (در سیستم آحادیکه) Per-unit. میباشد .

ولتاژ نومینال این باس معادل ۰/۹۵۶ P.U. ومقدار تغییرات مجاز آن حدود ۰/۰۲ P.U. است.

لذا باید ولتاژ این باس را بانصب قدرتهای راکتیو بحداقل مقدار مجاز یعنی معادل ۰/۹۳۶ P.U. = ۰/۰۲ − ۰/۹۵۶ رسانید. مقدار تغییر لازم ولتاژ این باس دراین حالت مورد مطالعه چنین است.

$$\Delta E = ۰/۹۳۶ - ۰/۷۸۹ = ۰/۱۴۷ \text{P.U.} \quad (۵)$$

حال باتوجه بمقادیر

(D P R.) Driving Point Reactance.

(T.R.) Transfer Reactauce.

وبا توجه برابطه شماره ۳ برای باس موردنظر میتوان نوشت

$$0.135\Delta Q\text{Darrah.} + 0.090\Delta Q \text{ Wast Huntington.} \geq 0.147 \text{ P.U.} \quad (۶)$$

که در رابطه شماره ۶ مقدار ۰/۱۳۵ همان D.P.R. ومقدار ۰/۰۹ همان T.R. است.

باتعقیب روش فوق میتوان علاوه بر تعیین مینیمم قدرت راکتیو لازم توسط پروگرام خطی ولتاژ باسهای شبکه رانیز پیش‌بینی نمود .

جدول شماره ۲ مقادیر محاسبه شده روی سیستم آزمایشی شکل ۱ را نشان میدهد.

| نام باس | ولتاژ نومینال | مقادیر ولتاژدرحالت مورد مطالعه | ولتاژ مجاز | مقدار تصحیحی ولتاژ |
|---|---|---|---|---|
| Portsmouth | ۰/۹۶۷ | ۰/۸۸۸ | ۰/۹۴۷ | ۰/۰۵۹ |
| Bellefort | ۰/۹۵۸ | ۰/۸۳۱ | ۰/۹۳۸ | ۰/۱۰۷ |
| South Point | ۰/۹۶۸ | ۰/۸۵۵ | ۰/۹۴۸ | ۰/۰۹۳ |
| West Huntington | ۰/۹۶۳ | ۰/۸۱۵ | ۰/۹۴۳ | ۰/۱۲۸ |
| Darrah | ۰/۹۵۶ | ۰/۷۸۹ | ۰/۹۳۶ | ۰/۱۴۷ |
| Turner | ۱/۰۰۰۰ | ۰/۹۷۶ | ۰/۹۸۰ | ۰/۰۰۴ |

جدول شماره ۱ نتایج حاصل ازراندن پروگرام انتقال قدرت‌ها در کمپیوتر. (مقادیر ولتاژ) مقادیر فوق درسیستم احادیکه و بمبنای ۱۰۰ مگاولت آمپرو ۱۳۸ کیلو ولت میباشند.

| | ۲ Portsm | ۳ Belfnt | ۴ S. Pt | ۶ W. Hunt | ۷ Darrah | ۸ Turner |
|---|---|---|---|---|---|---|
| مگاولت امپرراکتیوموجود | ۶۳/۰ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۲۱/۰ | ۵۸/۰ |
| مقادیر ولتاژ | ۰/۸۸۸ | ۰/۸۳۱ | ۰/۸۵۵ | ۰/۸۱۵ | ۰/۷۸۹ | ۰/۹۷۶ |
| مقدارقدرت راکتیویکه درنظر میگیریم . | ۶۳/۰ | ۵۱/۷ | ۱۲/۱ | ۵۹/۰ | ۶۳/۵ | ۴۷/۲ |
| ولتاژهای پیش‌بینی شده . | ۰/۹۵۲ | ۰/۹۳۸ | ۰/۹۴۸ | ۰/۹۴۳ | ۰/۹۳۶ | ۱/۰۰۰ |

جدول شماره۲ حالت اول مورد مطالعه

| | ۲ Portsm | ۳ Belfnt | ۴ S. Pt | ۶ W. Hunt | ۷ Darrah | ۸ Turner |
|---|---|---|---|---|---|---|
| مگاولت امپرراکتیوموجود. | ۶۰/۰ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۲۰/۰ | ۵۰/۰ |
| مقادیرولتاژ | ۰/۹۰۱ | ۰/۸۳۰ | ۰/۹۰۱ | ۰/۸۶۸ | ۸۶۸/۰ | ۰/۹۵۲ |
| مقدارقدرت راکتیویکه درنظر میگیریم . | ۶۰/۰ | ۵۱/۷ | ۱۲/۱ | ۵۹/۰ | ۴۱/۷ | ۵۰/۰ |
| ولتاژهای پیش بینی شده . | ۰/۹۵۷ | ۰/۹۳۸ | ۰/۹۶۷ | ۰/۹۶۰ | ۰/۹۵۶ | ۰/۹۹۵ |

جدول شماره۲ حالت دوم مورد مطالعه

| | ۲ Portsm | ۳ Belfnt | ۴ S. Pt | ۶ W. Hunt | ۷ Darrah | ۸ Turner |
|---|---|---|---|---|---|---|
| مگالت‌امپرراکتیوموجود. | ۶۲/۰ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۲۲/۰ | ۵۲/۰ |
| مقادیرولتاژ | ۰/۹۱۷ | ۰/۸۶۸ | ۰/۹۰۲ | ۰/۸۳۱ | ۰/۸۳۴ | ۰/۹۳۹ |
| مقدارقدرت راکتیویکه درنظر میگیریم . | ۶۲/۰ | ۵۱/۷ | ۱۲/۱ | ۵۶/۸ | ۴۶/۴ | ۵۲/۰ |
| ولتاژهای پیش‌بینی شده | ۰/۹۶۵ | ۰/۹۵۴ | ۰/۹۶۵ | ۰/۹۶۳ | ۰/۹۵۶ | ۰/۹۹۲ |

جدول شماره۲ حالت سوم مورد مطالعه

| | ۲ Portsm | ۳ Belfnt | ۴ S Pt | ۶ W. Hunt | ۷ Darrah | ۸ Turner |
|---|---|---|---|---|---|---|
| مگاولت امپرراکتیوموجود. | ۶۴/۰ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۲۳/۰ | ۶۰/۰ |
| مگاولت امپرراکتیویکه باید خریداری شود. | ۰/۰ | ۵۱/۷ | ۱۲/۱ | ۵۹/۰ | ۴۲/۵ | ۰/۰ |
| مجموع‌مگاولت‌امپرراکتیودرشبکه. | ۶۴/۰ | ۵۱/۷ | ۱۲/۱ | ۵۹/۰ | ۶۵/۵ | ۶۰/۰ |
| ولتاژهای نومینال. | ۰/۹۶۷ | ۰/۹۵۸ | ۰/۹۶۸ | ۰/۹۶۳ | ۰/۹۵۶ | ۱/۰۰۰ |
| می‌نیمم ولتاژمجاز. | ۰/۹۴۷ | ۰/۹۳۸ | ۰/۹۴۸ | ۰/۹۴۳ | ۰/۹۳۶ | ۰/۹۸۰ |

جدول شماره۳ نتایج حاصل ازجداول شماره۲

| نام باس. | تصحیح در ولتاژ. | ولتاژپیش‌بینی شده | ولتاژهای حاصل از پروگرام | اختلاف. | تصحیح جدید در ولتاژ. |
|---|---|---|---|---|---|
| Portsmouth | ۰/۰۵۹ | ۰/۹۵۲ | ۰/۹۶۱ | -۰/۰۰۹ | ۰/۰۵۰ |
| Bellefonte | ۰/۱۰۷ | ۰/۹۳۸ | ۰/۹۶۰ | -۰/۰۲۲ | ۰/۰۸۵ |
| South Potnt | ۰/۰۹۳ | ۰/۹۴۸ | ۰/۹۶۶ | -۰/۰۱۸ | ۰/۰۷۵ |
| West Huntington | ۰/۱۲۸ | ۰/۹۴۳ | ۰/۹۶۴ | ۰/۰۲۱ | ۰/۱۰۷ |
| Darrah | ۰/۱۴۷ | ۰/۹۳۶ | ۰/۹۶۴ | -۰/۰۲۸ | ۰/۱۱۹ |
| Turner | ۰/۰۰۴ | ۱/۰۰۰ | ۰/۹۹۵ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۹ |

جدول شماره ٤- نتایج حاصل از پروگرام انتقال قدرتها با استفاده از مقادیر قدرتهای راکتیو در پروگرام خطی.

قدرت راکتیویکه باید خریداری شود MVAR درنظر میگیریم.

۱۶۵٫۳ مگاولت امپر راکتیو.

اینك با استفاده از مقادیر قدرتهای راکتیو حاصل از پروگرام خطی فوق پروگرام انتقال قدرتها را در کمپیوتر میرانیم. ومقادیر ولتاژ شبکه را مجددا محاسبه میکنیم.

مثال- همانطور که درحالت اول مورد مطالعه جدول شماره ۲ مشاهده میشود ولتاژ پیش بینی شده باس DARRAH معادل PU ۰/۹۳٦ میباشد.

ولکن ولتاژ بدست آمده برای این باس از پروگرام انتقال قدرتها مساوی PU ۰/۹٦٤ میگردد.

(نتایج حاصل از پروگرام انتقال قدرتها را در جدول شماره ٤ ملاحظه میفرمائید.)

اختلاف ولتاژ این باس از این دو پروگرام مساوی PU ۰٫۰۲۸۷ است، برای کاهش این اختلاف همچنان که درشکل ۲ مشاهده میشود باید دوباره پروگرامهای خطی وانتقال قدرتها را در کمپیوتر راند.

قبل از شروع سیکل دوم راندن پروگرامهای خطی وانتقال قدرتها مقدار تصحیح ولتاژ را با توجه بمقدار تصحیح از پروگرام قبل انجام میدهیم، برای مثال باس DARRAH را درحالت اول مورد مطالعه

برای باس DARRAH میتوان نوشت.

$$0\ 135\Delta Q_{Darrah}+0\ 09\Delta Q_{West\ huntington}+Others\geq 0.147-0.028=0.119$$

وبطوریکه مشاهده میشود ولتاژ باس DARRAH مجددا بهمان مقدار PU ۰٫۹۳٦ میرسد با این تفاوت که بمقدار قدرت راکتیو کمتری احتیاج داریم

ولتاژ این باس بعداز حل پروگرام انتقال قدرتها معادل PU ۰٫۹۳۲ یعنی با اختلاف PU ۰٫۰۰٤ بدست میاید، این اختلاف ناچیز در ولتاژ باسهای دیگر نیز مشاهده میشود

باتوجه باختلاف ولتاژ PU ۰٫۰۰٤ برای باس DARRAH خواهیم داشت.

$$0.135\Delta Q_{Darrah}+0\ 09\Delta Q_{W.h}+Others\geq 0.119+0.004=0.123$$

باتصحیح فوق وتصحیحهای مشابه در باسهای دیگر ودر دیگر حالات مورد مطالعه، درسیکل سوم محاسبات ولتاژهای پیش‌بینی شده با ولتاژهای حاصل از پروگرام انتقال قدرتها تطبیق خواهند کرد.

(در انتهای سیکل سوم محاسبات ولتاژ بعضی از باسها اختلافی حدود pu ۰٫۰۰۱ نشان میدادند)

بطوریکه مشاهده میشود بعداز سه‌بار راندن‌پروگرام های خطی وانتقال قدرتها جوابهای قابل‌قبول بدست آمد ولکن در حالاتیکه بجای شش محل نصب‌قدرت رآکتیو هفت محل نصب داشته باشیم ممکن است بجای سه‌بار ، چهاربار راندن کمپیوتر لازم باشد.

برای اینکه زودتر بجواب برسیم لازم است‌در عمل تصحیح مهارت وتجربه‌کافی داشته باشیم .

در محاسبات فوق فرض میکنیم که قدرت رآکتیو باطری کندانسورها ثابت و مستقل از ولتاژ شبکه باشد .

همچنین از ترانسفورماتورهائیکه دارای ترمینالهای خروجی متعدد هستند صرفنظر میکنیم .

ضمیمه ـ محاسبات مربوط به پروگرام‌خطی.

همچنانکه گفته شد برای تعیین مینیمم قدرت رآکتیو لازم دریك شبکه جهت نگهداری ولتاژهای آن (و درحالات مختلف مورد مطالعه) از پروگرام خطی (تقریبی) استفاده میکنیم، دراین روش ازرابطه تقریبی زیرافت ولتاژ مربوط بتغییرات قدرت‌رآکتیو رابدست میاوریم

$$\Delta E_i = \sum_J X_{ij} \cdot \Delta Q_j \qquad (۷)$$

که در آن داریم .

$X_{ij}$ راکتانس مربوطه‌ازماتریس راکتانسها.

$\Delta E_i$ افت ولتاژ تصحیحی درهرباس .

$\Delta Q_j$ تغییرقدرت رآکتیو لازم جهت تصحیح افت ولتاژ .

هر معادله برای یك باس و در یك حالت از شبکه مورد مطالعه بکار میرود ولذا برای شبکه ایکه دارای K باس و m حالت مورد مطالعه است تعداد K m معادله لازم است .

حال باید مینیمم قدرت راکتیو لازم در شبکه را برای حفظ ولتاژهای شبکه و بمقدار قابل قبول در آن وهمچنین درهریك ازحالات موردمطالعه تعیین کنیم برای این منظور میتوانیم معادله شماره ۷ را بصورت نامساوی زیر بنویسیم .

$$\Delta En_i \leq \Sigma Xn_{ji}\ \Delta Q_j \qquad (۸)$$

که در آن داریم .

$\Delta En_i$ تغییرات ولتاژ درحالت مورد مطالعه n ام که باید تصحیح شود .

$$\Delta E_{in} = E_{io} - E_{in}$$

$E_{io}$ قدر مطلق ولتاژ قابل قبول برای باس شماره i در تمام حالات مورد مطالعه .

$E_{in}$ قدر مطلق ولتاژ باس شماره i در حالت مورد مطالعه n ام.

$Xn_{ij}$ راکتانس باس مربوطه در حالت مورد مطالعه n ام از ماتریس راکتانسها .

$\Delta Q_j$ قدرت راکتیو لازم جهت باس J که باید خریداری نمود .

ومنظور اساسی این محاسبات رابطه زیراست .

$$\sum_J \Delta Q_i = \text{Minimum} . \qquad (۹)$$

در محاسبات فوق فرض میشود که قیمت‌واحد قدرت راکتیو درتمام سیستم مورد مطالعه ثابت باشد

یك نکته باید توجه داشت که امکان‌داردیکی ازحالات مورد مطالعه ازدیگر حالات خطرناکترودر نتیجه افت ولتاژهای مربوطه ازحالات دیگر بیشتر باشد . ولکن رابطه ۸ مقدار تغییر قدرت راکتیو را برای تمام حالات مورد مطالعه یکسان پیش بینی میکند ـ این امرموجب میگردد که درحالاتیکه‌شدت عیب سیستم آنقدر ها زیاد نیست ولتاژ محاسبه شده بیالاتر از ولتاژ مورد نظر برسد ، لذا در رابطه ۸ تغییرات زیر را میدهیم .

$$E_i\text{normal} - E_{in} \geq \Sigma Xn_{ij}(Q\text{purchased} - Q\text{not used in n}.) \qquad (۱۰)$$

که در آن داریم .

$E_i$normal قدرمطلق ولتاژ نومینال نبایددر باس شماره i .

$Q_j$purchased قدرت راکتیو تصحیحی در باس شماره J که باید خریداری شود .

$Q_j$notused in n قدرت راکتیویکه نباید در باس شماره J بکار رود والاولتاژاین باس ازحد نرمال تجاوز خواهد کرد .

ذیلا فرمولهای بالا راخلاصه میکنیم .

$$\text{Min}\Sigma Q_i\text{purchased}+E\sum_{N}\sum_{i}Q_i\text{not scheduled in n}$$

با

$$|E_{io}|-|En_i|\leq\sum_{i}X_{ijn}(Q_i\text{purchased}-Q\text{not used in n})$$

و

$$|E_i\text{normal}|-|E_in|\geq\sum_{i}X_{ijn}(Q_i\text{purch}-\text{ased}-Q_i\text{not used in n}) \qquad (13)$$

در رابطه شماره ۱۱ مقدار E عدد مثبت غیر از صفر است .

ومقدار افت ولتاژ مجاز هر باس را چنین در نظر میگیریم.

افت ولتاژ مجاز در باس شماره i برابر است با $E_i\text{normal}-E_{io}$

---

ترجمه از مجله :
I.E.E.E. .Transactions on Power Apparatus an l Systems. December 1968