

جایابی بهینه SVC به وسیله الگوریتم ژنتیک جهت بهبود بخشیدن TTC

جلال رضوی مقدم

jrm_rh@yahoo.com

مجید حصاری

Majid_hesari80@yahoo.com

چکیده - در این مقاله با استفاده از الگوریتم ژنتیک به مساله جایابی بهینه SVC در سیستم قدرت جهت بهبود بخشیدن پارامتر TTC (Total Transfor Capability) پرداخته شده است. روش استفاده شده جهت محاسبه پارامتر TTC پخش بار مداوم (CPF) می باشد. اولین مرحله در این مقاله محاسبه TTC یک سیستم نمونه بدون جایگذاری SVC می باشد و در مرحله بعدی با اعمال الگوریتم عنوان شده جایابی بهینه SVC سعی در بهبود بخشیدن پارامتر TTC شده است. کلمات کلیدی: SVC, CPF, TTC, الگوریتم ژنتیک.

مقدمه:

پس از اینکه اهمیت پارامتر TTC برای ما مشخص شد همانطور که قبلا بیان شد در این مقاله از یکی از ادوات FACTS به نام SVC (Static Var Compensator) جهت افزایش قابلیت انتقال توان سیستم استفاده شده است. SVC یکی از کاربردیترین ادوات FACTS می باشد و جزء دسته ای از این ادوات است که با ترستور کنترل می شود و تنها توانایی تبادل توان راکتیو (هم سلفی و هم خازنی) با شبکه را دارا می باشد این جبرانگر به صورت موازی در شبکه نصب می شود و نقطه نصب آن به صورت یک باس PV در نظر گرفته می شود. یکی از کاربردهای مهم ادوات FACTS افزایش قابلیت انتقال توان سیستم و همچنین عبور دادن توان از مسیرهای مورد نظر می باشد. مسئله مهم در این ادوات جایگذاری آنها در نقطه بهینه می باشد در این مقاله از الگوریتم وراثتی جهت نیل به این هدف استفاده شده است.

بخش 1:

روش های محاسبه TTC در سیستم قدرت:

مجموعه بزرگی از الگوریتم های گسترش یافته و روش های ریاضی جهت محاسبه TTC به وجود آمده است که به اختصار از آنها نام می بریم:

- روش خطی (LATC) که بر مبنای پخش بار افزایش خطی عمل می کند.
- روش پخش بار مداوم (CPF) که بعدا توضیح داده خواهد شد.

در این قسمت ابتدا به اهمیت پارامتر TTC و دلیل محاسبه آن در سیستم های قدرت امروزی اشاره می شود:

صنایع رقابتی نسبت به نوع صنایع تعدیلی در سالهای اخیر برجسته تر و مهم تر شده اند. اقتصاد دانان و تحلیل گران سیاسی ایده بازارهای آزاد را که منجر به کاهش هزینه ها و قیمت ها می شود، را گسترش داده اند این تغییرات منجر به استفاده از تنظیم کننده های بازار جهت تغییرات بنیادی در ساختار صنعت برق شده است تا هم سرویس دهی بهتر و هم عملکرد قابل اطمینان و هم افزایش رقابت را در پی داشته باشد. تحول در ساختار صنعت برق در ابتدا از انگلستان آغاز شد و سپس در نروژ و استرالیا توسعه پیدا کرد صنعت برق آمریکا نیز به صورت گسترده دچار این تحول در ساختار خود شده است. کمیته تنظیم انرژی آمریکا (FERC) به همراه شورای قابلیت اعتماد برق آمریکای شمالی (NERC) تبادل اطلاعات مربوط به سیستم انتقال از طریق OASIS (دستیابی باز و همزمان به اطلاعات شبکه) را تصدیق کرده اند.

یکی از وظایف مهم OASIS مخابره کردن میزان قابلیت انتقال توان در دسترس (ATC) می باشد.

محاسبه ATC شامل محاسبه CBM, TTC (حاشیه ظرفیت بهینه) و TRM (حاشیه قابلیت اطمینان انتقال) می باشد و رابطه ساده ای به فرم زیر بین این پارامترها وجود دارد:

$$ATC = TTC - CBM - TRM$$

ظرفیت انتقال توان کل (TTC) بخش اصلی پارامتر ATC می باشد و محاسبه آن از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد در کل TTC نشان می دهد که میزان ماکزیمم توان تبادلی در یک شبکه بین نواحی خاص تا چه اندازه ای می تواند باشد تا محدودیت های سیستم مانند حد حرارتی خطوط، ولتاژ باسها و... نقض نشود.

$$\begin{aligned}
 (1) \quad & P_{Gi} - P_{Di} - \sum_{j=1}^m |V_i| |V_j| (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij}) = 0 \\
 (2) \quad & P_{Gi} - P_{Di} - \sum_{j=1}^m |V_i| |V_j| (G_{ij} \sin \theta_{ij} + B_{ij} \cos \theta_{ij}) = 0 \\
 (3) \quad & |V_i|_{\min} \leq |V_i| \leq |V_i|_{\max} \\
 (4) \quad & |S_{ij}| \leq |S_{ij}|_{\max} \\
 (5) \quad & P_{Gi}^{\min} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi}^{\max} \\
 (6) \quad & Q_{Gi}^{\min} \leq Q_{Gi} \leq Q_{Gi}^{\max} \\
 (7) \quad & Q_{Vi}^{\min} \leq Q_{Vi} \leq Q_{Vi}^{\max}
 \end{aligned}$$

مورد 7، محدودیت توان راکتیو مربوط به SVC می باشد و شماره مربوط به باس و همچنین (G_{ij}, B_{ij}) قسمت های حقیقی و مورد معرفی i, j امین عنصرهای ماتریس ادمیتانس می باشد.

علاوه بر فرمولهای فوق فرمول های زیر جهت افزایش توان در نواحی source, sink استفاده می شوند:

$$\begin{aligned}
 (8) \quad & P_{Gi} = P_{Gi}^o (1 + I K_{Gi}) \\
 (9) \quad & P_{Di} = P_{Di}^o (1 + I K_{Di}) \\
 (10) \quad & Q_{Di} = Q_{Di}^{(o)} (1 + I K_{Di})
 \end{aligned}$$

I : پارامتر اسکالرجهت افزایش بار یا تولید در باسها می باشد. $I = 0$ معرف حالت پایه سیستم و $TTC = 0$ می باشد.

K_{Gi}, K_{Di} : ثوابتی هستند جهت نشان دادن سرعت تغییر توان زمانی که I تغییر می کند.

- میزان TTC با توجه به فرمول زیر محاسبه می شود:

$$(TTC)_{eq} = \sum_{i \in sink} P_{Di} (I_{\max}) - \sum_{i \in sink} P_{Di}$$

که قسمت اول را بطه بالا مجموعه بار در ناحیه sink می باشد در حالتی که $I = I_{\max}$ می باشد و قسمت دوم مجموع بار پایه ناحیه Sink می باشد.

- پخش بار تکراری (RPF) که از ضریب بارهای معمولی جهت تعیین TTC استفاده می کند.
- پخش بار بهینه (OPF) که با تکنیک های بهینه سازی مانند برنامه درجه دوم SQP عمل می کند.
- پخش بار بهینه بر مبنای محدودیت های امنیتی (SCOPF)

در این مقاله جهت محاسبه TTC از روش CPF استفاده شده است. که به توضیح آن می پردازیم:

اصول کار CPF برای محاسبه TTC بدین صورت می باشد که با افزایش بار در ناحیه مصرف کننده (Sink) و همچنین افزایش توان تولیدی ژنراتورها در ناحیه منبع (source) میزان توان انتقالی بین نواحی Source, Sink زیاد می شود و این کار تاجایی ادامه می یابد که محدودیت های سیستم که به فرم زیر می باشند نقض شوند.

- 1- محدودیت پروفیل ولتاژ
- 2- محدودیت حرارتی خطوط انتقال
- 3- محدودیت تولید در منبع
- 4- محدودیت پایداری ولتاژ: سیستم بایستی در برابر اختلالاتی که سبب فرو ریختن ولتاژ می شوند مقاومت نماید در این مقاله از حاشیه امنیت 15% از نقطه nose point استفاده شده است. بدین صورت که بعد از مرحله نهایی و رسیدن سیستم به حالت بار ماکزیمم ($I = I_{\max}$) با افزایش بار در ناحیه sink به صورت $P_L = P_L 0.85$ در صورت همگرا شدن پخش بار پایداری ولتاژ تصدیق می گردد در غیر این صورت با به دست آوردن nose point واقعی TTC به صورت زیر ارائه می گردد.

$$TTC = 0.85 \text{ (Pnosepoint)}$$

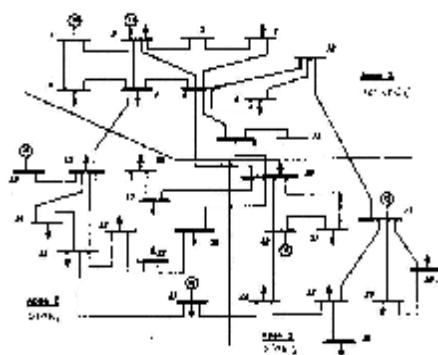
- 5- محدودیت پایداری گذرا: سیستم بایستی در برابر اختلالاتی که در اثر کمبود سنکرونیزم ایجاد می شود مقاومت کند در این مقاله از اختلاف زاویه 45° از زاویه ولتاژ گر مرجع استفاده شده است.

$$-45^\circ \leq d \leq 45^\circ$$

فرمولاسیون ریاضی روش CPF به صورت زیر می باشد.

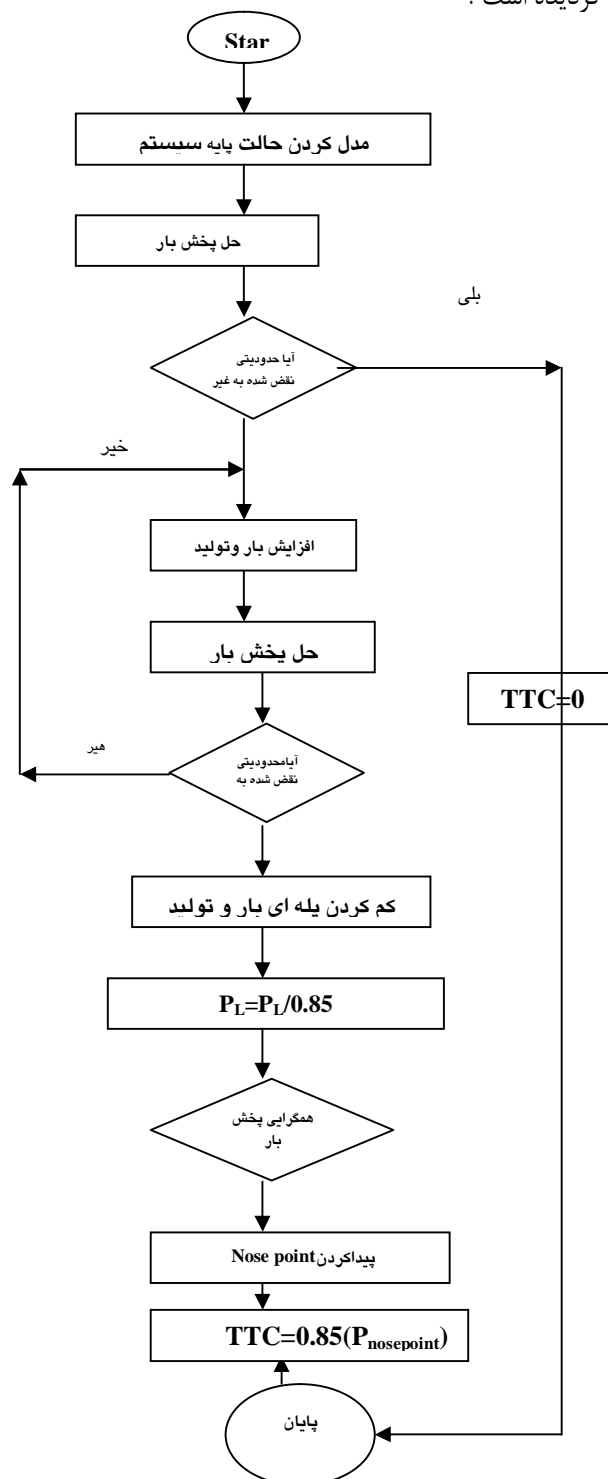
در این مقاله سیستم مورد مطالعه سیستم 30 bus IEEE می باشد که شماتیک سیستم ونحوه ناحیه بندی آن در شکل شماره (2) آورده شده است. سیستم فوق به سه ناحیه تقسیم بندی شده و هر ناحیه دارای دو ژنراتور می باشد. ناحیه 3 به عنوان ناحیه Source و ناحیه 1 و 2 به عنوان نواحی sink در نظر گرفته شده اند.

TTC برای ناحیه 3 به ناحیه 1 و همچنین ناحیه 3 به ناحیه 2، طبق روش گفته شده در بخش 1 محاسبه گردیده و نتایج حاصله در جدول شماره 1 ارائه شده است.



شکل شماره (2): دیاگرام سیستم 30busIEEE همانطور که قبلا بیان شد روش استفاده در این مقاله جهت محاسبه TTC روش CPF می باشد که این روش یک عمومی و عمدتا پر کاربرد و سریع جهت محاسبه TTC می باشد ولی از آنجا که در این روش از توزیع بهینه تولید صرف نظر می شود نتایج این روش کمی محافظه کارانه می باشند در عوض روش

فلوچارت الگوریتم استفاده از روش CPF در شکل شماره 1 ارائه گردیده است.



شکل شماره 1: الگوریتم استفاده از روش CPF در محاسبه TTC بخش 2:

بررسی سیستم نمونه و ارائه نتایج به دست آمده:

جدول شماره 1: نتایج به دست آورده از اعمال روش

CPF

| Area | | | | | | |
|------|----|-------------------|---------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| From | to | $p_L(I = 0_{mw})$ | $I = I_{max}$ | TTC _{MW} | Limit | TTC ^{MW} کل |
| 3 | 1 | 8415 | 107.85 | 23.34 | Line:6-8 | 23.345+26.833=50.1788 |
| | | | | 5 | | |
| 3 | 2 | 56.2 | 83.03 | 26.83 | Voltage in bus:19 | |
| | | | | 3 | | |

در هر تولید ارزش رشته ها به وسیله تابع برازندگی

مشخص می گردد. در ادامه طریقه اعمال الگوریتم

ژنتیک به مسئله جایابی بهینه SVC بیان شده است:

• رشته های ژنتیک: برای هر رشته ژنتیک

OPF که نتایج بهتر و واقعی تری را از خود نشان می دهد

خیلی کند و به صورت on line هنوز قابل استفاده نمی باشد.

نتایج مربوط به مرجع [5] که از روش OPF استفاده نموده

است در جدول شماره 2 ارائه گردیده است .

با مقایسه جداول شماره 1 و 2 و در نظر گرفتن خصوصیات روش

CPF, OPF می بینید که نتایج به دست آمده از روش CPF

به نتایج به دست آمده از روش OPF نزدیک می باشند.

بخش 3:

- جایابی بهینه SVC با استفاده از الگوریتم ژنتیک

جهت بهبود بخشیدن پارامتر TTC:

در فرآیند الگوریتم ژنتیک ابتدا ترکیب مناسب از رشته های

ژنتیک (کروموزوم ها) انتخاب می گردد و سپس اپراتورهای

تکثیر ، تزویج و جهش اعمال می گردد.

جدول شماره 2: نتایج مربوط به مرجع [5]

| OPF | From | to | $p_L(I = 0_{mw})$ | $p_L(I = I_{max})$ | TTC ^{MW} | Limit |
|-----|------|----|-------------------|--------------------|-------------------|------------|
| | 3 | 1 | 84.6 | 129.5 | 45 | Line:21-22 |
| | 3 | 2 | 56.2 | 107 | 50.8 | Line:25-27 |

کروموزوم:

| Num | Vnode |
|-----|-------|
|-----|-------|

دو زیر رشته یا دو متغیر در نظر گرفته شده

است که یکی مربوط به شماره باس

و دیگری V_{node} می باشد و داریم:

$$1 \leq Num \text{ of bus} \leq 30$$

$$950 \leq V_{node} \leq 1050$$

باتوجه به اصول الگوریتم ژنتیک باینری برای هریک

از این متغیرها تعدادی بیت در نظر می گیریم . که

در این مسئله ، Num دارای 19 بیت و V_{node} دارای

21 بیت می باشد. فلوچارت عملکرد این الگوریتم در

شکل 3 ارائه شده است . پارامترهای اولیه الگوریتم

که برای هر رشته از کروموزوم ها اجرا شده

نیز در جدول شماره (3) مشخص شده است.

وارزش آنرا به دست می دهد نتایج در ادامه

در جدول 4 ارائه شده است :

جدول شماره 3: پارامترهای اولیه الگوریتم ژنتیک

| Mutation rate | Crossover rate | تعداد تکرار | تعداد کروموزوم |
|------------------|-------------------|----------------|-------------------|
| P_m | P_c | G_{max} | N |
| 0.005 | 19 | 30 | 44 |

CAP: ظرفیت نصب شده SVC

NUM: شماره باسی که SVC در آن قرار گرفته

است .

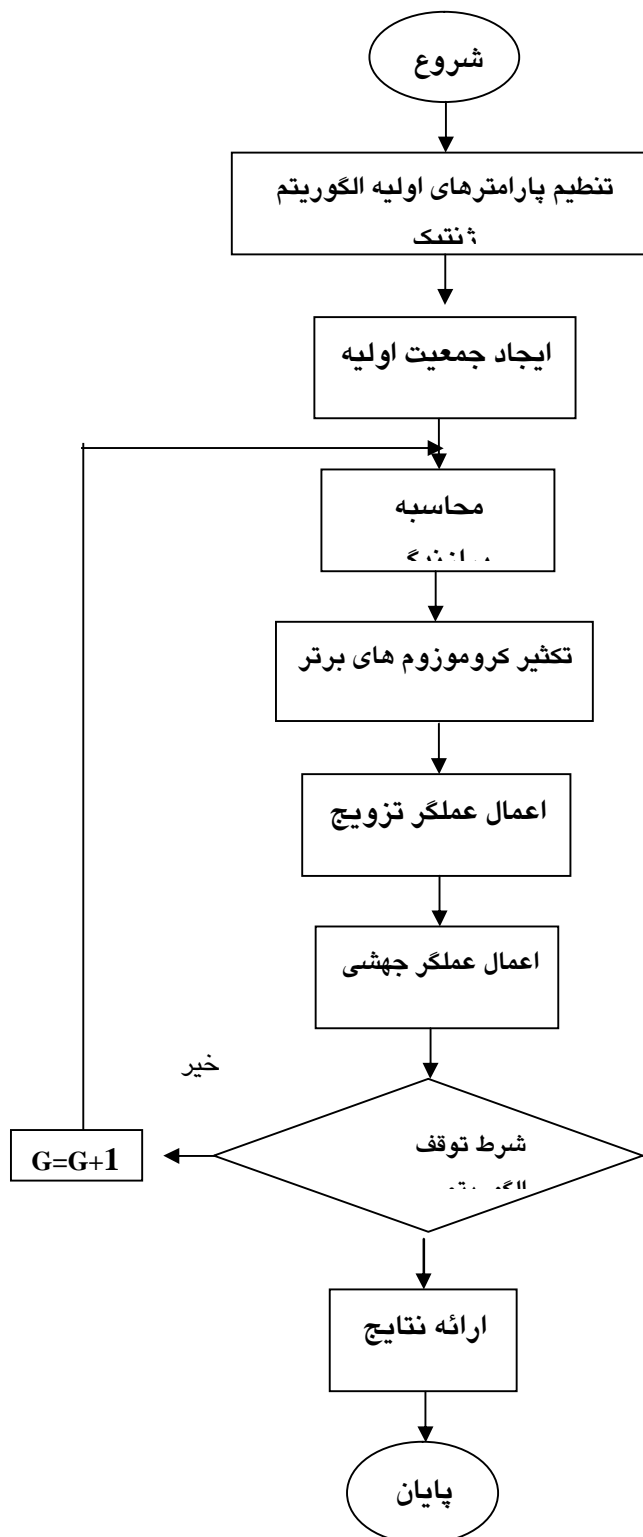
جدول شماره 4: نتایج مربوط به جایگذاری SVC با

الگوریتم ژنتیک

| CAP^M var | NO M | Fro m | t o | TTC MW | Limi t |
|----------------|---------|----------|--------|-----------|-----------|
| 47.66 | 8 | 3 | 1 | 74.83 | 110. |
| 6 | | | | 7 | 18 |
| | | 3 | 2 | 35.34 | |
| | | | | 4 | |

نحوه همگرایی الگوریتم ژنتیک در شکل شماره 4

مشخص شده است:



پیشکل شماره 3: فلوچارت عملکرد الگوریتم ژنتیک

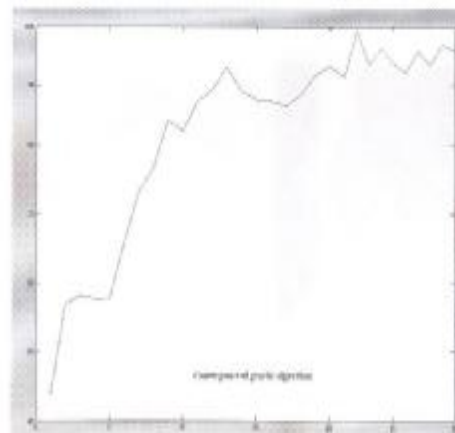
• تابع برازندگی : تابع برازندگی در این فرآیند

در حقیقت همان الگوریتم محاسبه TTC می باشد

[5] M. shaaban & Y. Ni & F. F. Wu

"Transfer capability computation in deregulated power sys" 33rd Hawaii international conference on system sciences-2000.

[6] D. E. Goldberg "Genetic algorithm in search, optimization and learning" Addison-Wesley pub. co. inc, 1989



شکل شماره 4: همگرایی الگوریتم ژنتیک نتیجه گیری:

نتیجه گیری

در این مقاله از روش CPF جهت محاسبه TTC استفاده شده و محاسبات طبق این روش بر روی سیستم 30 bus IEEE اعمال گردیده و نتایج با نتایج مرجع [5] که از روش OPF استفاده نموده است مقایسه شده است. درآمدی با جایابی بهینه و یافتن ظرفیت بهینه SVC توسط الگوریتم ژنتیک و اعمال نتایج این الگوریتم به سیستم فوق میزان TTC به صورت رضایتبخشی بهبود یافته است.

سپاس گذاری

با تشکر و قدر دانی ویژه از خانم دکتر ملیحه مغفوری عضو هیئت علمی دانشگاه شهید باهنر کرمان که ما را در تهیه این مقاله یاری دادند.

مراجع:

- [1] k. Audomvongseeree & A. yokoyama "consideration of an appropriate TTC by probabilistic approach" IEEE trans on power sys. vol. 19. No. 1. February 2004
- [2] Y. ou & Ch. singh "Assesment of available transfer capability and margins" IEEE trans on power sys. vol 17. No 2. May 2002
- [3] Z. li & w. li "technical challenges of ATC calculation in the power industry deregulated environment" 2004 international conferance on p. sis. tec. power con 2004
- [4] Y. ou & Ch. singh "Improvement of Total transfer capability using TCSC & SVC "

شماره تماس: ۰۳۹۲-۲۲۵۰۳۷۶

۰۵۵۱-۳۳۳۵۸۰۸