مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(2) 2022

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (2) 2022

تحديد المكان الأمثل لتركيب أجهزة SSSC باستخدام خوارزمية PSO في خطوط نقل الطاقة الكهربائية في الشبكة الكهربائية السورية 230KV

د. فيصل شعبان*

د. طارق خيربك**

حسام اسبر***

(تاريخ الإيداع 9 /1 /2022 . قُبِل للنشر في 27 /3 /2022)

□ ملخّص□

هذا البحث يقدم تحديد المكان الأمثل لتركيب أجهزة التعويض التسلسلية التزامنية الساكنة (Static SSSC Synchronous Series Compensator) في نظام نقل القدرة الكهربائية في الشبكة الكهربائية السورية. إن استخدام أجهزة FACTS (Flexible AC Transmission Systems) يساعد في زيادة القدرة التمريرية للشبكات الكهربائية وكذلك في زيادة مرونة هذه الشبكات وتحسين الاستقرار العابر والديناميكي، استخدام خوارزميات الحل الأمثل يساعد في تحديد المكان الأمثل لتركيب هذه الأجهزة، استخدمنا خوارزمية PSO (Particle Swarm Optimization) كونها تعتبر من خوارزميات الحل الأمثل الأكثر انتشاراً وتعطي حلول جيدة، من خلال اختيار افضل مسار لمرور التيار باتجاه الحمل الذي يحقق أقل قيمة ضياعات ممكنة وكون تخفيض قيمة الضياعات الناتجة عن تدفق الاستطاعة في خطوط نقل الطاقة أحد أهم الأهداف التي يسعى المشغلين إلى تحقيقها لأننا بتخفيضها نكون قد خفضنا التكلفة الكلية لإنتاج الطاقة الكهربائية،. استخدمنا برنامج MATLAB في تطبيق الخوارزمية المقترحة وفي دراسة سريان الحمولة، وقمنا باختبار الخوارزمية على الشبكة الكهربائية السورية وحصنا على أفضل مواقع مقترحة من أجل تركيب أجهزة SSSC لتحقيق أقل قيمة ضياعات ممكنة.

الكلمات المفتاحية: سريان الاستطاعة، خوارزمية أسراب الطيور PSO، برنامج MATLAB، المعوض التسلسلي المتواقت الساكن SSSC، أنظمة نقل التيار المتناوب المرنة FACTS.

* استاذ – قسم هندسة الطاقة الكهربائية – كلية الهمك – جامعة تشرين – سورية.

** استاذ – قسم هندسة الطاقة الكهربائية – كلية الهمك – جامعة تشرين – سورية.

***دراسات عليا (دكتوراه) – قسم هندسة نظم القدرة الكهربائية – كلية الهمك – جامعة تشرين – سورية.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(2) 2022

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (2) 2022

Optimal Location of SSSC Based on PSO IN SYRIAN Transmission Lines 230 kV

Prof.Dr.faesal Shabaan *
Prof.Dr.Tarek kerbek**
Hussam Asper***

(Received 9 / 1/ 2022 . Accepted 27 / 3/ 2022)

□ ABSTRACT □

This research presents determining the most suitable place for installing SSSC (Static Synchronous Series Compensator) devices in the Syrian electrical grid transmission system. The use of FACTS (Flexible AC Transmission Systems) devices helps in increasing the pass-through capacity of electrical networks, as well as in increasing the flexibility of these networks and improving the transient and dynamic stability. The use of optimal solution algorithms helps in determining the most appropriate place for the installation of these devices. Devices, we used the PSO (Particle Swarm Optimization) algorithm as it is considered one of the most widespread optimal solution algorithms and gives good solutions, by choosing the best path for the current to pass into the direction of the load, which achieves the lowest possible losses value, and reducing the value of losses resulting from the flow of power in power transmission lines is one of the most important goals that operators seek to Achieving this is because we have reduced the total cost of producing electrical energy, we used the MATLAB program in applying the proposed algorithm and in studying the load flow.

Keywords: Load Flow, PSO, MATLAB, SSSC, FACTS.

* Assistant Professor, Department of Electrical Energy Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.
**Assistant Professor, Department of Electrical Energy Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.
***PHD researcherin, Department of Electrical Energy Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.

مقدمة:

في الوقت الحالي تطور الأمم أصبح مرتبط بمدى تقدمها تكنولوجيا وبمستوى الرفاهية التي تتمتع بها، هذا التطور كذلك مقرون بخدمات الطاقة وموثوقيتها وإمكانية تغطيتها للأحمال المختلفة بمعايير جودة ممتازة، كما هو معلوم نظام الطاقة الكهربائية يتألف من ثلاث أقسام رئيسية تؤمن التغذية الكهربائية للأحمال المختلفة وهي قسم توليد وقسمي نقل وتوزيع، نظام التوليد يمكن تقسيمه إلى قسمين قسم يستخدم الطرق التقليدية ويعتمد على الوقود الاحفوري بشكل أساسي الامر الذي ينتج عنه انبعاث الغازات المسببة لارتفاع حرارة الكوكب ومشاكل تتعلق بالتغير المناخي والذي استدعى من المشغلين لهذه الشبكات التفكير باستخدام طرق توليد أقل ضرر للبيئة وهنا ظهر القسم الثاني والذي يحتوي توليد موزع عن طريق الطاقات المتجددة كنوع من التوليد الخالي من انبعاث الغازات الدفيئة، كذلك في قسم نقل الطاقة حيث الشبكات الكهربائية تمتد لمسافات واسعة ومع تطور الحمل يجب على هذه الشبكات التمكن من تغطية هذه الاحمال بجودة ممتازة وموثوقية عالية. وبما أن درجة حرارة الناقل تتعلق بالحرارة المتولدة نتيجة مرور التيار وبحرارة الشمس الساقطة على الناقل، وتخفض هذه الحرارة من خلال الرياح، وبالتالي الحرارة التي يشعها الناقل والناتجة عن الفرق بين حرارة الناقل وحرارة الوسط المحيط أوجد معيارين عالميين هما CIGRE و IEEE لتوصيف الفرق بين حرارة الناقل وحرارة الوسط المحيط وبالتالي يجب المحافظة على درجة حرارة مقبولة لعدم الوصول إلى حد الانهيار الحراري للناقل. هذا الموضوع يتحقق عن طريق التحكم بكمية الاستطاعة المنقولة وبالتالي كمية الحرارة المكتسبة نتيجة مرور التيار بسبب مقاومة الناقل. يوجد طرق مختلفة تستخدم عالميا في معالجة مشاكل زيادة الاستطاعة المنقولة في شبكات النقل من خلال استخدام خطوط النقل المدمجة، النقل باستخدام التيار المستمر، استخدام أجهزة نقل الطاقة المرنة متحكمات (Flexible AC Transmission System) FACTS. كون شبكات النقل هي نقطة الوصل بين التوليد والاحمال بالتالي يجب أن تكون هذه الشبكات قادرة على نقل الاستطاعة المولدة وتغطيتها للأحمال بموثوقية عالية الامر الذي يعني أن العمل على خفض قيمة الضياعات موضوع مهم جدا بالإضافة الى استثمار هذه الشبكات بالشكل الأمثل وتأجيل الخطط الرامية لبناء خطوط جديدة من خلال زيادة قدرة هذه الشبكات التمريرية، أجهزة FACTS استخدمت منذ عقود في الشبكات الكهربائية من أجل زيادة القدرة التمريرية ومن أجل التحكم بسريان الاستطاعة في خطوط نقل الطاقة [1] ,[2]. أكثر المشاكل كانت متمثلة في تحديد المكان الأمثل لتوضع هذه الأجهزة في الشبكات الكهربائية بحيث نحصل على أفضل أداء ممكن، الدراسات التي طورت تحديد نوع المكثفات وأفضل موقع لتموضع أجهزة FACTS في الشبكات الكهربائية يمكن تصنيفها بأنها دراسات معمقة والمشاكل تم اقتراح معالجتها عن طريق صيغ رياضية معقدة، مع الأخذ بعين الاعتبار دراسة الأداء الديناميكي للنظام الكهربائي والذي يجب أن يتم تطويره [3]. مخطط التحكم بتدفق الاستطاعة موضح في المرجع [4]، استخدام الازاحة الطورية الساكنة ومتحكمات FACTS لزيادة السعة التمريرية لخطوط النقل موضحة في [6] & [5] وناقش المقال [7] التحكم بتدفق الاستطاعة في خطوط النقل، المواضيع المتعلقة بتعديل واختيار الأماكن التي من الممكن تركيب أجهزة FACTS بها نوقشت في المقال [8]، تقييم تأثير أجهزة فاكتس على الشبكات الكهربائية نوقش في [9] من خلال استخدام دراسة حالة الامن المناطقي، تموضع مكثفات التعويض التسلسلية المتغيرة ومحولات ازاحة الطور في خطوط النقل هي الهدف الرئيسي في المرجع [10] لتحقيق سريان استطاعة امثل في الشبكات الكهربائية، ناقش المرجع [11]تموضع أجهزة فاكتس في الأنظمة

الكهربائية الكبيرة باستخدام عوامل الحساسية، يوجد الكثير من الطرق المتبعة لتحديد المكان الأنسب لتموضع هذه الاجهزة في شبكات النقل ومن هذه الطرق استخدام خوارزمية meta–heuristic لإيجاد حلول جيدة ,[13] ,[12] ,[14]. مع انتشار استخدام الخوارزميات التطويرية لمعالجة مشاكل الأمثلة جرى تطبيق هذه الخوارزميات لمعالجة مشاكل امثلة استخدام تطبيقات أجهزة FACTS في الشبكات الكهربائية، ومن هذه الخوارزميات، الخوارزمية الجينية genetic algorithms والتي تعتمد معيارين وهما التشغيل الاقتصادي للشبكات وأفضل سريان استطاعة ممكن [15]. خوارزمية (Particle Swarm Optimization) PSO واحدة من الخوارزميات التطويرية طورت هذه الخوارزمية بواسطة Kennedy and Eberhart وجرى استخدامها في حل مشاكل الأمثلة لكثير من التطبيقات في مجال العلوم الهندسية المختلفة والنتائج كانت مرضية مما أعطاها شهرة وانتشار واسع النطاق [16].

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى تحديد المكان المناسب لتركيب المعوض التسلسلي المتواقت الساكن في الشبكة الكهربائية السورية وهذا يواجه تحديات عديدة إن كان من ناحية تصميم هذا المتحكم بما يتناسب مع الشبكة الكهربائية السورية أو من ناحية تحديد أفضل مكان مناسب لإعطاء أفضل أداء ممكن، وبالتالي:

- من المهم استخدام أحدا الخوارزميات التطويرية لاختيار الأماكن المناسبة لتركيب أجهزة تحسين القدرة التمريرية لشبكة النقل السورية.
- تصميم الخوارزمية وتحديد حجم المكثفات المطلوبة لكي تتمكن المتحكمات من تحقق زيادة في الاستطاعة المنقولة.
- دراسة مقدار تخفيض الضياعات في الاستطاعة نتيجة تطبيق الخوارزمية.

طرائق البحث ومواده:

تعتمد طريقة البحث على:

- تصميم خوارزمية PSO ضمن بيئة برنامج MATLAB وفق نموذجين مختلفين من ناحية حجم العينات المدخلة بالإضافة إلى عدد التكرارات المطلوب من الخوارزمية أدائها للوصول لأفضل حل.
- تصميم الشبكة الكهربائية السورية ودراسة سريان الاستطاعة لتحديد الاستطاعات السارية في خطوط النقل وقيم الجهود بالإضافة الى كمية الاستطاعة في قضبان تجميع محطات التحويل.

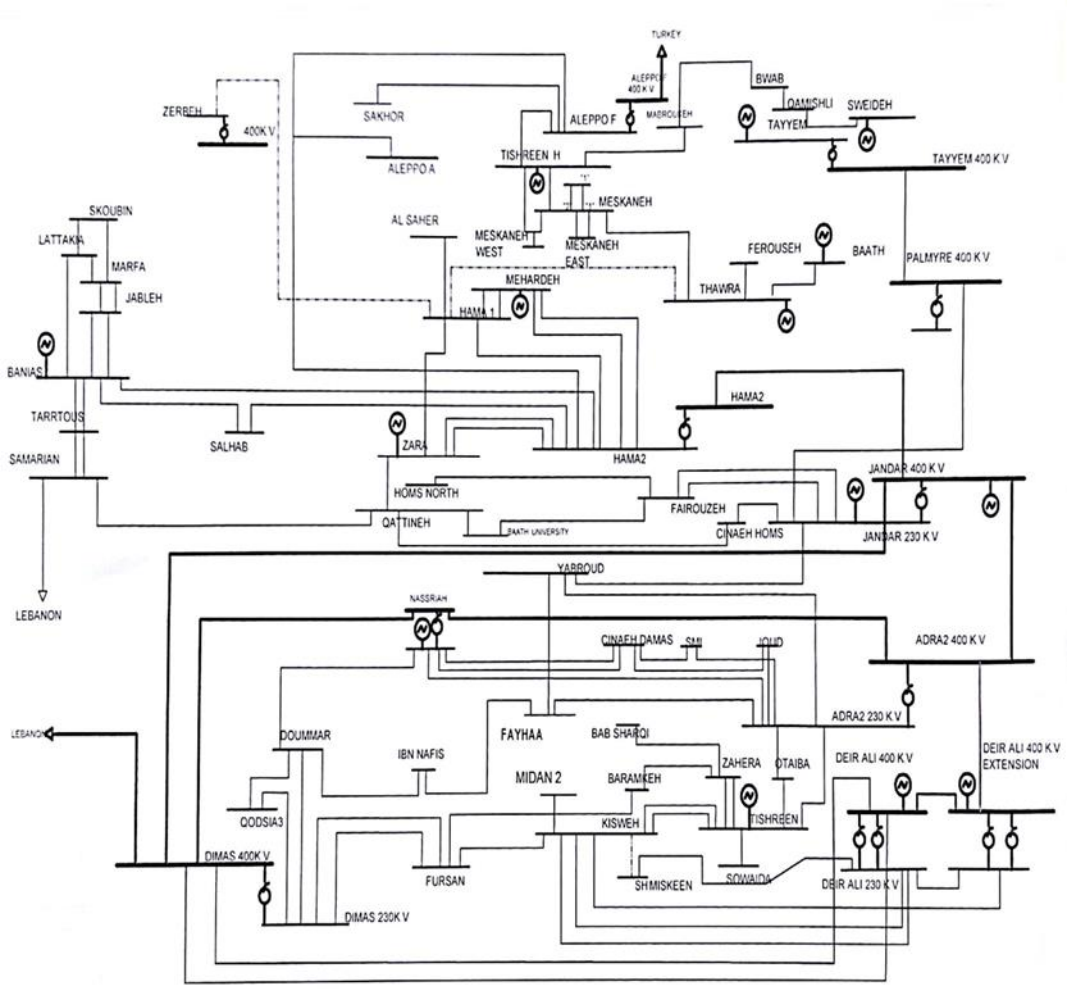
النظام الكهربائي المدروس:

كما هو معلوم أن موثوقية التغذية الكهربائية معيار مهم يأخذ بعين الاعتبار عند دراسة وتصميم الشبكات الكهربائية، بحيث يتم ربط الأحمال بمجموعة من خطوط النقل بشكل حلقي لضمان استمرار التغذية عند تعرض أحد الخطوط لعطل، من أبرز الأعطال التي تحدث على خطوط النقل غير المرغوب حدوثها هي التحميل الزائد فوق مستوى الحمولة الحرارية للنواقل، وبالتالي من المهم دراسة سريان الاستطاعة والعمل على الاستفادة من خطوط النقل بالدرجة القصوى، تتكون الشبكة الكهربائية السورية من محطات توليد موزعة في الجغرافية السورية والموضحة في الجدول رقم (1).

الجدول (1) استطاعة محطات توليد الشبكة الكهربائية السورية

الاستطاعة الاسمية (MW)	اسم المحطة	الاستطاعة الاسمية (MW)	اسم المحطة
50	البعث	384	زيزون
940	بانياس	1150	حلب
600	جندر	820	سد تشرين
530	محردة	170	السويدية
660	الزارة	700	الثورة
480	الناصرية	100	التيم
1370	دير علي	820	تشرين

ومن خطوط نقل عاملة بتوتر 400 ,230 kV، وفق أطوال مختلفة، الشكل (1). أحمال محطات 230/66 أخذت في أوقات الذروة لعام 2011.



الشكل (1) الشبكة الكهربائية السورية

أجهزة FACTS

خلال العقدين الماضيين تغيرت طرق تشغيل خطوط نقل الطاقة بسبب زيادة الطلب على الطاقة، التطور التكنلوجي وتطور صناعة الطاقات المتجددة. بالإضافة الى هذه المتغيرات مشاركة التوليد الموزع نتيجة القيود العالمية المتعلقة بالمناخ ومبدأ الشبكات الذكية جعل ظروف تشغيل الشبكات الكهربائية امر بالغ التعقيد، أنظمة الطاقة الكهربائية اليوم تعاني من مشكلة نمو الطلب على الطاقة الكهربائية بشكل كبير ومطلوب الدقة والتحكم في هذه الشبكات بحيث نحصل على اكبر قدر من الاستطاعة المنقولة لذلك نحن بحاجة الى متحكمات تعمل على تحسين سعة النقل للخطوط الكهربائية وكذلك تحسين الجودة ومعامل الاستطاعة لهذه الخطوط عن طريق تغيير بارامترات النظام الكهربائي ولتحقيق هذه الغاية نقوم بإضافة متحكمات ساكنة تدعى FACTS وتعني أنظمة نقل الطاقة الكهربائية المرنة 'Flexible AC Transmission System' وهي عبارة عن عناصر الكترونيات القدرة توصل مع خطوط نقل التيار المتناوب لتأمن تحكم ساكن في هذه الخطوط من اجل التحكم بالاستطاعة المنقولة من خلالها ومن اجل زيادة القدرة التمريرية وتحسين استقرار النظام الكهربائي ككل. عام 1980 وضعت أول دراسة في معهد بحوث الطاقة الكهربائية (EPRI) في الولايات المتحدة الأمريكية لاستخدام أجهزة FACTS من اجل زيادة مرونة واستقرار

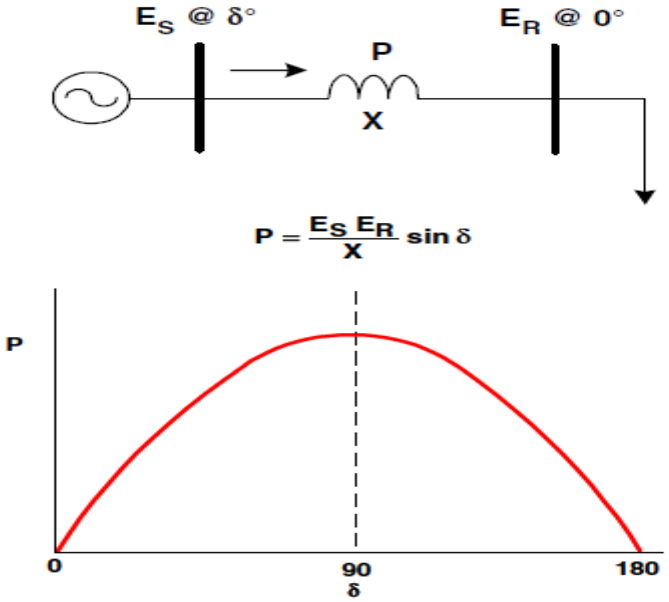
أنظمة القدرة بواسطة متحكمات الكترونيات القدرة. منذ ذلك الو قت أجهزة FACTS اخذت بالاتساع في الدراسة والتطبيق وأصبحت تستخدم للتحكم في تدفق الطاقة عبر خطوط النقل ويتم وصلها مع متحكم مركزي من اجل زيادة التحكم والمرونة للأنظمة الكهربائية، هذه الأجهزة يمكن من خلالها التحكم في الحد الحراري المسموح للنواقل والتحكم في ممانعة خطوط النقل ومطال الجهد وزاوية الجهد لقضبان التجميع.

النموذج الرياضي لأجهزة FACTS مطلوب لتحليل دراسة الحالة. بحيث نقوم بوصله مع شبكة النقل الكهربائية ونراقب سلوكه عند تغير بارامترات التشغيل، يوجد العديد من أجهزة FACTS يمكن الاستفادة منها في تحسين سلوك النظام الكهربائي قسم منها يوصل على التسلسل مع شبكات النقل وتدعى الأجهزة التسلسلية وقسم منها يوصل على التفرع مع خطوط النقل وتدعى الأجهزة التفرعية وكذلك يوجد قسم ثالث يوصل على التسلسل وعلى التفرع في نفس الوقت. ومن هذه الأجهزة UPFC, TCSC, SVC, SSSC كل جهاز من هذه الأجهزة له مزايا ومساوئ وجميع هذه الاجهزة عندما نقوم باختيار المكان المناسب لتركيبها في خطوط النقل نحصل على أفضل أداء ممكن ان تقدمه للشبكة الكهربائية، أجهزة FACTS يمكن ان تقوم بتحسين السعة التمريرية لخطوط النقل من خلال حقن جهود في خطوط النقل وبالتالي تغيير ممانعة خط النقل وهذا الموضوع يحسن من استقرار النظام الكهربائي في حالات العمل الطبيعية والعابرة.

دراسة نظام النقل يمكن أن تأخذ صيغ مختلفة لتحقيق تحويل الطاقة بين المناطق أو ضمن المنطقة الواحدة والتي يجب أن تضم واحدة أو أكثر من الخصائص التالية:

– دراسة حالة تحويل الطاقة، استقرار الجهد، حالة الجهد الديناميكية، الاستقرار العابر، تذبذب نظام الطاقة، سريان الحمولة، الحالة الحرارية، تيار دارة القصر، وغير ذلك.

نظام الطاقة له بارامترات محددة يمكن من خلالها التحكم في الطاقة المنقولة عبر خطوط النقل والموضحة في منحني الاستطاعة– الزاوية الموضح في الشكل (2).



الشكل (2) منحني الاستطاعة– الزاوية لنظام النقل.

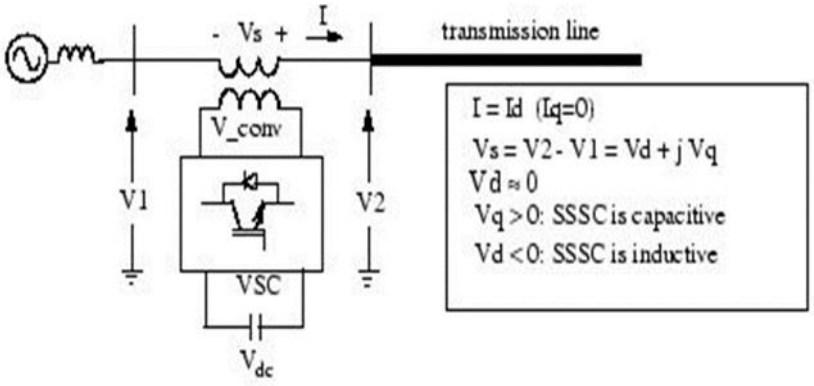
المتغيرات الرئيسية التي نستطيع من خلالها التحكم في نظام الطاقة هي:

الجهد– الزاوية– الممانعة. للإجابة على سؤال كيف يمكن من خلال هذه المتغيرات التحكم في نظام الطاقة يمكن من خلال استخدام معدات تقليدية خاصة أو استخدام أجهزة FACTS.

المعدات التقليدية الخاصة تقسم إلى ثلاث اقسام: متحكمات الممانعة (المكثفات التسلسلية)، متحكمات الجهد (المكثفات والمفاعلات التفرعية– محولات LTC– المكثفات المتزامنة)، متحكمات الزاوية (محولات إزاحة الطور).

– المعوض التسلسلي التزامني الساكن:

المعوض التسلسلي التزامني الساكن Static Synchronous Series Compensator (SSSC)هو عبارة عن مولد متزامن تسلسلي ساكن، وهذا الجهاز تسلسلي ينتمي إلى عائلة أجهزة نقل الطاقة المرنة (FACTS) وهو يشابه المعوض STATCOM ولكن الفرق الوحيد بينهم أن جهاز SSSC يوصل على التسلسل مع خط النقل، بينما جهاز STSTCOM يوصل على التفرع مع خط النقل، يمكن الإشارة اليه كمنبع جهد متزامن (SVS) بحيث يستطيع حقن جهد جيبي متحكم به متغير في خط النقل. يستخدم الكترونيات القدرة للتحكم بتدفق الاستطاعة ولزيادة القدرة التمريرية لخطوط النقل، الشكل (3).



الشكل (3) بنية المعوض SSSC.

جهاز SSC يحقن جهد على التسلسل مع جهد الخط Vs، متعامد مع تيار الخط. وعن طريق تغيير مطال الجهد المحقون Vq ينفذ المعوض تابع تعويض الممانعة المتغيرة إما سعويا أو تحريضيا. تغيير مطال الجهد المحقون يتم عن طريق مبدلة منبع جهد (VSC)موصولة مع الطرف الثانوي لمحولة تسلسلية مع خط النقل. هذه المبدلة تستخدم ترانزستورات الكترونيات القدرة مثل (GTO, IGBT, IGCT) لإنتاج جهد خرج المبدلة V_conv، بينما دخل المبدلة عبارة منبع جهد مستمر.

خوارزمية PS0:

خوارزمية سرب الجسيمات (Particle swarm optimization) PSO طورت عام 1995، تحاكي التصرف الذكي لمجموعات الحشرات: الطيور، ... الخ. هذه الخوارزمية تبدأ بعينة عشوائية من الافراد، كل جسيم أو فرد من الجسيمات في السرب لديه مجموعة بارامترات مختلفة ممكن أن تكون هي أمثل بارامترات. هذه البارامترات توصف أي جسيم يمكن أن يملك قيم حقيقية، كل جسيم يتصف بمجموعة من المعاملات وهي:

الشعاع X والذي يرمز إلى موقع الجسيم في الفراغ.

الشعاع P والذي يرمز إلى موقع أفضل حل ممكن.

الشعاع V والذي يرمز إلى اتجاه الجسيم الذي يتحرك بشكل غير منظم.

كذلك كل جسيم يحتوي معاملي لياقة هما:

معامل اللياقة X–FITNESS يسجل لياقة الشعاع X.

معامل اللياقة P–FITNESS يسجل لياقة الشعاع P.

الجسيمات يمكن اعتبارها ببساطة وكلاء تطير في الفضاء وتسجل أفضل حل يمكن اكتشافه، يتحرك الجسيم عن طريق إضافة الشعاع V الى الشعاع X فينتج لدينا شعاع X جديد $X_i = X_i + V_i$ ، الجسيم يحسب ويقيم الموقع الجديد X_i، اذا كانت معاملات اللياقة x–fitness افضل من p–fitness عندها $P_i = X_i$ و p–fitness = x–fitness.

نقوم بتعديل الشعاع V قبل اضافته الى الشعاع X وفق التالي:

$$-V_{id} = V_{id} + \varphi_1 * \text{rnd}() * (P_{id} - X_{id}) + \varphi_2 * \text{rnd}() * (P_{gd} - X_{id});$$

$$-X_{id} = X_{id} + V_{id};$$

بحيث:

φ_1، φ_2 : هي معاملات نسبة التعلم .– g : دليل الجسيم الذي يملك أكثر معامل لياقة. p–fitness

قيم أشعة السرعة تولد بشكل عشوائي في المجال $[-V_{max}, V_{max}]$ بحيث V_{max} هي القيم الاعظمية التي يمكن تخصيصها لأي V_{id}.

في القال [17] تم تمييز أربعة أنواع من PSO بالاعتماد على φ_1، φ_2 :

$$-V_{id} = V_{id} + \varphi_1 * \text{rnd}() * (P_{id} - X_{id}) + \varphi_2 * \text{rnd}() * (P_{gd} - X_{id});$$

$$-X_{id} = X_{id} + V_{id};$$

الموديل الكامل $(\varphi\ 1, \varphi\ 2 > 0)$

الادراك فقط $(\varphi\ 1 > 0 \text{ and } \varphi\ 2 = 0)$

الاجتماعي فقط $(\varphi\ 1 = 0 \text{ and } \varphi\ 2 > 0)$

ناكر الذات $(\varphi\ 1 = 0, \varphi\ 2 > 0, \text{and g} \neq \text{i})$

عند استخدام خوارزمية PSO من المحتمل أن يصبح مطال السرعة عالي جداً، وكذلك الأداء يمكن أن يعاني عند وضع قيم السرعة V_{max} بشكل غير ملائم.

وضع نموذجين للتحكم بنمو السرعة هما:

معامل العطالة المعدل ديناميكيا (A dynamically adjusted inertia factor)

معامل الانقباض A constriction coefficient

عند استخدام معامل الانقباض، معادلة تحديث السرعة تتغير إلى التالي:

$$-V_{id} = \omega * V_{id} + \varphi_1 * \text{rnd}() * (P_{id} - X_{id}) + \varphi_2 * \text{rnd}() * (P_{gd} - X_{id});$$

حيث: ω هي تأخذ قيمة 1 وتخفض بشكل تدريجي مع مرور الوقت (تقاس بواسطة دوائر عن طريق الخوارزمية)

بعدها قام Maurice Clerc بتطوير معامل الانقباض لخوارزمية PSO وفق التالي:

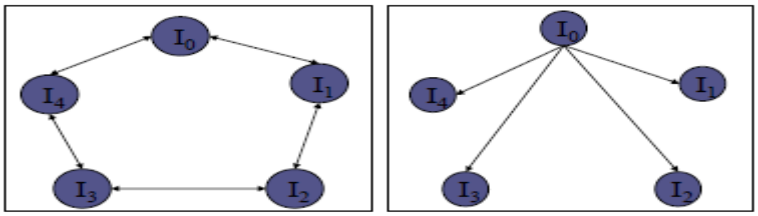
$$-V_{id} = K[\ V_{id} + \varphi_1 * \text{rnd}() * (P_{id} - X_{id}) + \ \varphi_2 * \text{rnd}() * (P_{gd} - X_{id})];$$

$$K = 2/|2 - \varphi - sqrt(\varphi^2 - 4\varphi)| \qquad \varphi = \varphi 1 + \varphi 2$$

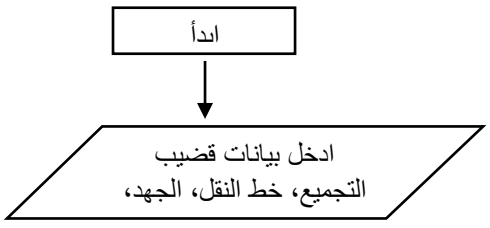
بحيث:

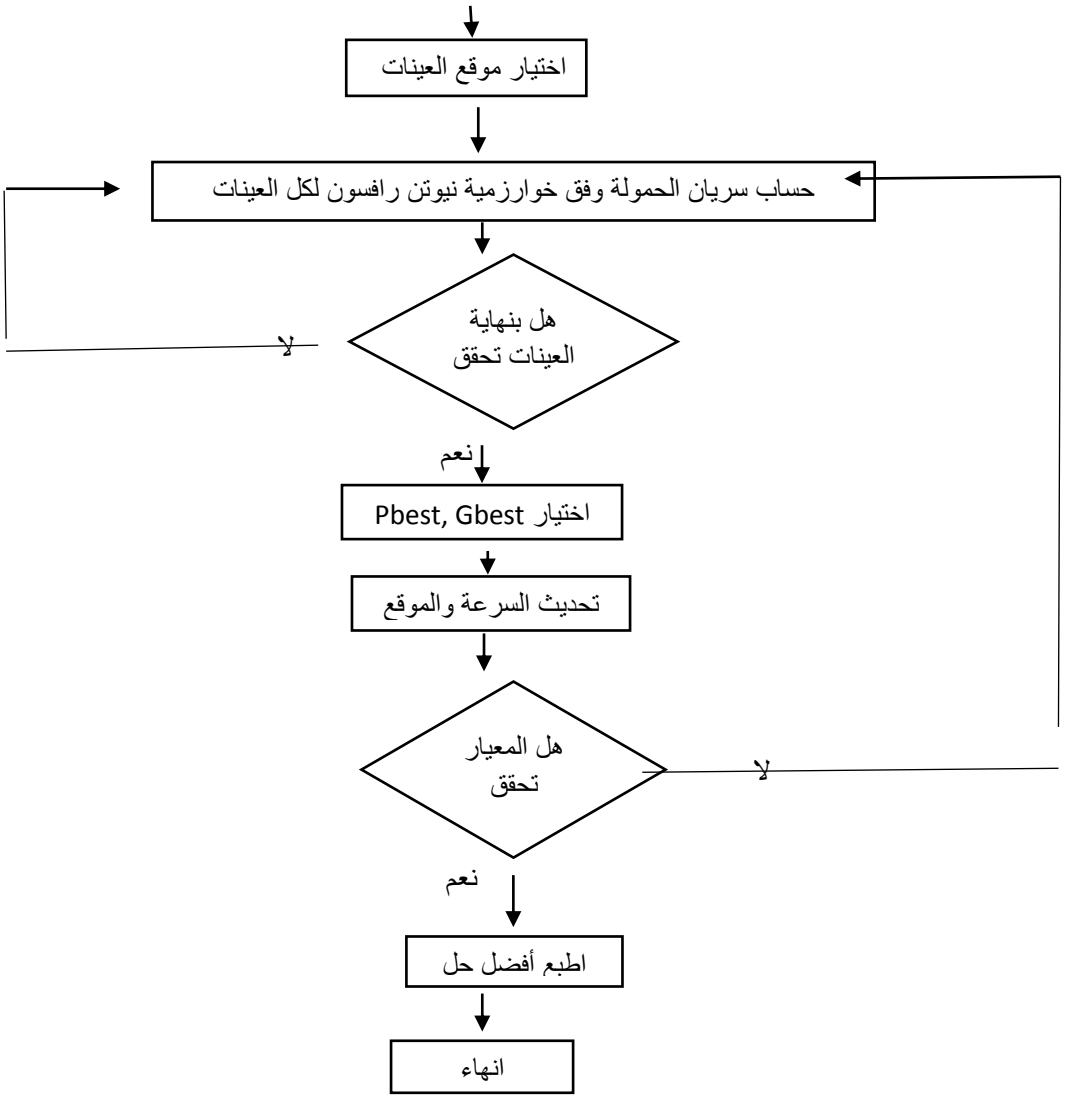
$$\varphi > 4$$

المخططات الطوبولوجية: يوجد نوعين نجمي وحلقي



طرق تحديث الجزيئات: يوجد طريقان تستخدمان في تحديث الجزيئات وهما طريقة تزامنية وطريقة لا تزامنية يسمح التحديث اللاتزامني للحلول المكتشفة حديثا بأن تستخدم بسرعة أكبر.





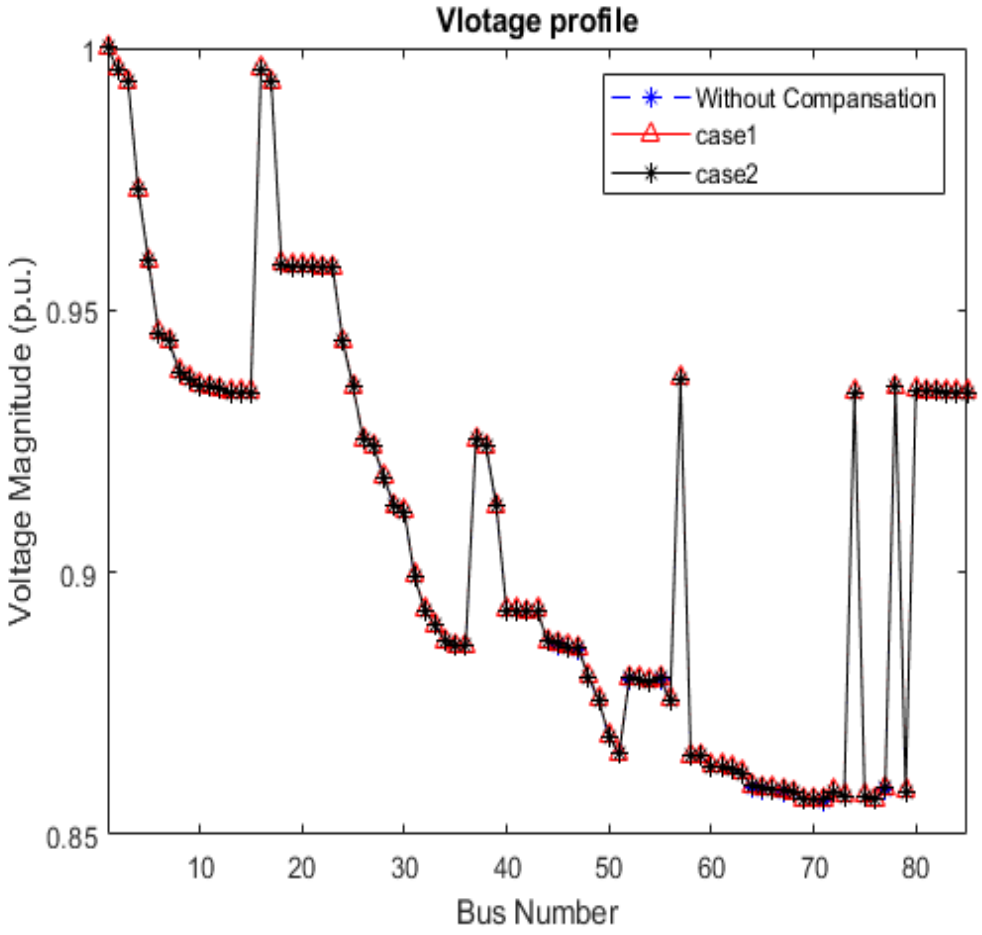
النتائج والمناقشة:

استخدمنا خوارزمية PSO لإيجاد أفضل مكان لتموضع متحكمات SSSC في خطوط نقل الشبكة الكهربائية السورية 230 kV ، بحيث اختيار أفضل مكان لتموضع هذه الأجهزة وفق الخوارزمية المقترحة يتم من خلال تحقيق أقل ضياعات فعلية ممكنة، متغيرات الخوارزمية موضحة في الجدول رقم (2).

الجدول (2) متغيرات خوارزمية PSO.

المتغير	حالة1	حالة 2
عدد العينات	250	500
عدد التكرارات	60	100
C1	2	2
C2	2	2
W	1	1

عن طريق تطبيق الخوارزمية المعتمدة في البنية البرمجية باستخدام برنامج MATLAB حصلنا على النتائج التالية، والتي توضح قيم الجهود في قضبان التجميع وفق ثلاث حالات: حالة عدم وصل مكثفات تعويض وحالتي وصل مكثفات مع قيم مختلفة لحجم العينة وعدد تكرارات الخوارزمية. الشكل رقم (4) يوضح قيم الجهود في قضبان تجميع الشبكة الكهربائية.



الشكل (4) قيم الجهود في قضبان تجميع الشبكة الكهربائية.

لتحقيق أفضل تعويض لمتحكمات SSSC في الشبكة الكهربائية السورية يجب أن تركب كما هو موضح في الجدول رقم (3) اعتماداً على الخوارزمية، بالإضافة إلى ذلك تحدد لنا الخوارزمية قيمة المكثفات التي يجب إدخالها عن طريق المتحكم لتحقيق أقل قيم ضياعات ممكنة.

الجدول (3) قيم وموقع المتحكم وفق خوارزمية PSO.

Buses	Size (KVAR)	Buses	Size (KVAR)	Buses	Size (KVAR)
46	1200	70	1200	48	1200
49	1200	11	1200	33	1200
9	1200	44	1200	36	1200
45	1200	35	1200	6	1200
81	1200	37	1200	61	1200
		65	1200	64	1200

نستنتج من دراسة سريان الاستطاعة بأن قيمة الضياعات الكهربائية من دون تعويض 7.64% وبعد التعويض انخفضت الضياعات إلى 4.38% بينما بتطبيق الخوارزمية المقترحة لتحديد موقع المتحكمات أصبحت الضياعات 3.65%.

الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال الدراسة توصلنا إلى الاستنتاجات والتوصيات التالية:

1- انخفاض الضياعات بالشبكة الكهربائية السورية إلى 4.38% بتركيب المتحكمات وباستخدام الخوارزمية المقترحة وصل الانخفاض إلى 3.65%.

2- نلاحظ من منحني الجهد عدم اختلاف الجهود في قضبان التجميع عند حالات العمل الطبيعية ومع إضافة المعوض.

3- من المهم اعتماد خوارزميات الأمثلة في دراسة الشبكات الكهربائية لما تحققه من فوائد تقنية واقتصادية.

4- استخدام أجهزة نقل الطاقة المرنة FACTS يخفض من الضياعات الكهربائية ويزيد السعة التمريرية لخطوط النقل وبالتالي يؤجل الخطط لبناء خطوط نقل جديدة.

5- يمكن استخدام خوارزميات الأمثلة في شبكات التوزيع 20 kV لمعالجة مشاكل الضياعات ولاقتراح متحكمات تعويض تحسن استثمار الشبكات الكهربائية بشكل أمثل.

المراجع:

[1] AMEH B V, EZECHUKWU A O, "Enhancing Loadability of Transmission Lines UsingSeries Compensation (Facts) Device in Nigeria Network,"IRE Journals | Volume 2 Issue 3, 2018.

[2] Vicky T. Kullarkar, Vinod K. Chandrakar, "Power Quality Improvement in PowerSystem byUsing Static Synchronous SeriesCompensator," IEEE Transactions on Power Delivery,Vol.1 ,No 1,2017.

[3] C. M. Farias, "AlocaçãoÓtima de equipamentos facts emsistemas de potenciaatravés de algoritmosgenéticosmultiobjectivo," Federal University of Santa Catarina (UFSC),Florianopolis, Santa Cararina, Brasil, December 2010.

[4] W. Breuer, D. Povh, D. Retzmann, E. Teltsch,"Role of HVDC and FACTS in Future Power Systems,"Shanghai Power Conference, Shanghai CEPSI- 2004.

[5] M.Varunkumar Reddy, and Dr.T.Nireekshana, "Enhancement of Available Transfer Capability using FACTS Devices," IEEE. Power Deliv., vol. 12, no. 1, pp. 406–413, 2003.

[6] K. K. Sen, "SSSC - Static Synchronous Series Compensator: Theory, modeling, and applications," IEEE Trans. Power Deliv., vol. 13, no. 1, pp. 241–246, 1998.

[7] R.Vanithaand J.Baskaran, S.Kamalsakthi, "Implementation of Imperialist Competitive Algorithmfor Optimal Allocation of FACTS Devices toEnhance the Power System Performance., vol. 14, no. 4, pp. 1448–1453, 2016.

[8] ShaswatChirantan and Ramakanta Jena,Dr.S.C.Swain, Dr.P.C.Panda, "Comparative Analysis of STATCOM And TCSC FACTS Controller For Power Profile Enhancement In A LongTransmission Line," IEEE Trans. Power Deliv., vol. 21, no. 1, pp. 518–520, 2017.

[9] I. Papic and A. M. Gole, "Enhanced control system for a static synchronous series compensator with energy storage," IEEE Trans. Power Deliv., pp. 327–332, 2001.

[10] R. Grünbaum, G. Ingeström, 765 kV Series Capacitors for Increasing Power Transmission Capacity to the Cape Region, IEEE PES PowerAfrica 2012 - Conference and Exposition Johannesburg, South Africa, 09-13 July 2012.

[11] B. N. Singh, A. Chandra, K. Al-Haddad, and B. Singh, "Performance of sliding-mode and fuzzy controllers for a static synchronous series compensator," IEE Proc. - Gener. TransmDistrib., vol. 146, no. 2, p. 200, 1999.

[12] Eskandar Gholipour, Shahrokh Saadate,"Improving of Transient Stability of Power Systems Using SSSC," IEEE Transactions On Power Delivery, Vol. 20, No. 2, April 2005.

[13] S. Rajasekaran, S. Muralidharan,**"** Firefly Algorithm in Determining Maximum Load Utilization Point and Its Enhancement through Optimal Placement of FACTS ", IEEE, 2016**.**

[14] A. B. Bhattacharyya, B. S.K. Goswami," Optimal Placement of FACTS Devices by Genetic Algorithm for the Increased Load Ability of a Power System", International Scholarly and Scientific Research & Innovation. Vol:5, No:3, 2011.

[15] N.Kaarunya and J.Muruganandham," Performance Analysis of Static Synchronous Series Compensator and Interline Power Flow Controller", IEEE, 2018.

[16] Guo Yue, Chong Zhiqiang, Song Jia, Wang Xudong, Liu Yun, Ma Shiqian," Power Flow Adjustment Capability Research of SSSC Accessed to Power Grid", IEEE, 2018.

[17] Kennedy, J. "The Particle Swarm: Social Adaptation of Knowledge", Proceedings of the 1997 International Conference on Evolutionary Computation, pp. 303-308, IEEE، 1997.

الملحق 1

send	recieve	R(OHM)	X(OHM)	line	send	recieve	R(OHM)	X(OHM)	line
48	52	3	10.032	51	1	2	1.35	4.5144	1
52	53	6.075	20.314	52	2	3	0.75	2.508	2
53	54	11.7	39.124	53	3	4	10.2025	20.7411	3
52	55	13.95	46.648	54	4	5	4.665	15.599	4
49	56	8.025	26.648	55	5	6	5.25	17.556	5
9	57	0.9	3.009	56	6	7	0.562	1.878	6
51	58	0.75	2.508	57	7	8	2.325	7.774	7
58	59	2.4	8.0256	58	8	9	2.775	9.279	8
58	60	4.05	13.543	59	9	10	2.55	8.527	9
60	61	1.65	5.5176	60	10	11	0.975	3.26	10
61	62	4.05	13.543	61	11	12	1.3125	4.39	11
60	63	3.825	12.79	62	12	13	3.675	12.289	12
63	64	7.05	23.575	63	13	14	0.45	1.504	13
64	65	6.45	21.568	64	14	15	0.91	3.009	14
65	66	1.2	4.0128	65	2	16	0.225	0.7454	15
64	67	3.675	12.289	66	3	17	5.71	19.06	16
67	68	2.7	9.0288	67	5	18	2.85	9.53	17
68	69	15.75	52.668	68	18	19	1.51	5.016	18
69	70	0.55	1.827	69	19	20	0.562	1.881	19
70	71	7.35	24.578	70	20	21	1.3125	4.39	20
67	72	9.9	33.105	71	21	22	2.625	8.778	21
68	73	10.35	34.61	72	19	23	3.262	20.141	22
13	74	1.125	3.762	73	7	24	1.95	6.5211	23
73	75	3.45	11.536	74	8	25	1.51	5.016	24
70	76	0.375	1.254	75	25	26	5.11	17.054	25
65	77	3.825	12.79	76	26	27	0.693	2.32	26

10	78	8.4	28.089	77	27	28	3.375	11.286	27
67	79	2.25	7.524	78	28	29	3.075	10.282	28
12	80	2.475	8.276	79	29	30	0.61	2.006	29
80	81	1.275	4.263	80	30	31	7.275	24.327	30
81	82	1.05	3.511	81	31	32	4.125	13.794	31
81	83	4.05	13.543	82	32	33	1.875	6.27	32
83	84	1.2	4.0128	83	33	34	1.3125	7.524	33
13	85	0.9	3.009	84	34	35	0.825	2.758	34
85	86	0.825	2.7588	85	35	36	0.675	2.257	35
22	87	0.45	1.501	86	26	37	0.61	2.006	36
45	88	1.425	4.765	87	27	38	3	10.032	37
88	89	0.75	2.508	88	29	39	1.275	4.263	38
91	90	4.2	14.044	89	32	40	0.75	2.508	39
88	91	1.875	6.27	90	40	41	0.375	1.254	40
88	92	4.05	13.543	91	41	42	3.15	10.032	41
45	93	4.1475	13.869	92	41	43	1.21	4.012	42
45	94	3.45	11.536	93	34	44	0.75	2.508	43
96	95	2.85	9.53	94	44	45	4.65	15.549	44
94	96	1.275	4.263	95	45	46	10.125	33.858	45
94	97	3.45	11.536	96	46	47	3.75	12.54	46
94	98	4.2	14.044	97	35	48	6	20.064	47
98	99	2.025	6.7716	98	48	49	6.3	21.067	48
99	100	3.352	11.21	99	49	50	10.825	36.29	49
					50	51	5.625	19.813	50

الملحق 2

pus numper	P(W)	Q(VAR)	pus numper	P(W)	Q(VAR)
51	194971	120276	1	20	18865
52	358968	182632	2	0	0
53	36213	50875	3	177937	101006
54	149273	93508	4	113030	66054
55	3867	393	5	74266	46026
56	123074	73718	6	113877	37249
57	140000	16977	7	94083	58307
58	93681	56608	8	183776	179867
59	83303	51626	9	156892	136168
60	91136	46149	10	474935	171994
61	219630	120092	11	203675	94389
62	316747	187778	12	142665	153836
63	44064	27309	13	118154	160234
64	211626	127278	14	208288	76429
65	157542	98929	15	343469	111632
66	184923	102838	16	92838	55609

67	218078	97945	17	75242	46631
68	35327	62098	18	199470	108309
69	63372	17242	19	66082	24661
70	214434	131607	20	609661	293750
71	13076	49447	21	145265	90022
72	112338	67173	22	79751	49425
73	207259	94459	23	252247	129080
74	38722	23998	24	311637	91396
75	62280	23984	25	58700	29401
76	108042	51770	26	219307	135914
77	52775	25875	27	571852	305212
78	136838	69743	28	44369	27498
79	108626	17972	29	17327	10738
80	62345	27193	30	177371	10844
81	123893	71435	31	515444	248437
82	61273	37974	32	23960	14849
83	118290	68855	33	367282	165786
84	204931	129908	34	1106542	609341
85	112814	62769	35	178430	100287
86	78787	48828	36	336892	99098
87			37	194214	69544
88			38	64084	40816
89			39	10865	11946
90			40	13115	34369
91			41	104864	58093
92			42	150646	83544
93			43	82688	58093
94			44	186644	120658
95			45	137547	80911
96			46	159425	98803
97			47	199102	96736
98			48	885908	387199
99			49	128207	37812
100			50	395808	138881