جایابی بهینه خازن در شبکه های فشار ضعیف استان سمنان با استفاره از الگوریتم ژنتیک

نقی نظری
شرکت توزیع نیروی برق استان سمنان

پرویز رمضانپور
دانشکده صنعت آب وبرق

چکیده

در این پروژه با استفاده از الگوریتم ژنتیک مکان و اندازه بهینه خازن روی شین در سطوح مختلف بار مشخص میشود. به طوریکه هدف رسیدن به بیشترین کاهش تلفات انرژی و آزاد سازی ظرفیت شبکه با در نظر گرفتن قیمت خازن می باشد.این الگوریتم بر روی شش فیدر شبکه فشار ضعیف شرکت توزیع نیروی برق سمنان با شین های مختلف آزمایش و با درنظر گرفتن اهداف فوق نقاط بهینه نصب خازن را در شینهای بهینه انتخاب گردید.

نتایج تلفات انرژی شبکه فیدرهای فوق قبل از خازن گذاری در مدت یک شبانه روز 382/2 کیلو وات ساعت و بعد از نصب خازن در شین های مورد نظر مقدار تلفات انرژی به 262/62 کیلو وات ساعت کاهش یافت. همچنین حداکثر توان عبوری از فیدرهای فوق نیز دراین حالت از349/15 KVA به272 KVA کاهش یافته است. بطوریکه استفاده از مکان یابی خازن به روش ژنتیک نسبت به روش معمولی تلفات انرژی شبکه مقدار 23/53 کیلووات ساعت بیشتر کاهش می یابد ومشابه آن به مقدار 5/17 کیلووات آمپر بیشتر ظرفیت اشغال شده شبکه را آزاد می نماید.

1- مقدمه

هر ساله هزینه هنگفتی برای جبران سازی تلفات انرژی الکتریکی در سیستمهای قدرت از طریق تولید مازاد بر مصرف صرف می شود.آمار نشان میدهد تلفات انرژی برق در شبکه های انتقال نیرو طی سالهای گذشته 3 الی 4 درصد.در بخش توزیع 11 الی 12 درصد است بنابراین بررسی و کاهش تلفات شبکه های توزیع در اولویت قرار دارد که بایستی با شناخت عوامل ایجاد کننده تلفات در جهت حذف این عوامل و کاهش تلفات قدمهای موثری برداشته شود یکی از منابع مهم ایجاد تلفات ، توان راکتیو جاری در خطوط میباشد که با استفاده از خازنهای موازی در شبکه میتوان توان راکتیو را در محل مصرف تأمین نمود.[2]
مسئله جایابی خازن توسط بسیاری از پژوهشگران گذشته بررسی شده است.روشهای متفاوتی برای حل این مسئله پیشنهاد داده اند.این روشها را میتوان به چهار دسته ، تحلیلی برنامه ریزی عددی ، ابتکاری و روشهای هوش مصنوعی (جستجوی تابو- تئوری مجموعه فازی-آبکاری فولاد الگوریتم ژنتیک- شبکه های مصنوعی) تقسیم بندی کرد.[4]

2- تعریف مسئله بهینه سازی

بهینه سازی یک عملکرد ، جهت بدست آوردن بیشترین یا کمترین مقدار یک تابع با در نظر گرفتن محدودیتها و شرایط موجـود می باشد.بطور کلی بهینه سازی ، یک مسئله ریاضی جهت حداقل یا حداکثر نمودن یک تابع با یک یا چند متغییر می باشد.ایـن متغییرها باید طوری تنظیم شوند که ضمن لحاظ نمودن محدودیتها ، حداقل یا حداکثر مورد نظر حاصل شود.شکل ریاضی بهینه سازی یک تابع به صورت زیر(1) می باشد.

$$\begin{aligned} &\min \quad or \quad \max F(x) \\ &S.T \qquad\qquad (1) \\ &G(x) \geq 0 \qquad i = 1,2,..,n \end{aligned}$$

که در رابطه فوق $x = [x_1, x_2, ..., x_n]$ ، بردار متغییرهای تابع بهینه سازی می باشد $\mathrm{g(x)}$ محدودیت هـا و قیـود تـابع مـی باشند که باید در طول عمل بهینه سازی کنترل شوند. [1]

3- تابع هدف

هنگامی که یک تابع به ضوابط طراحی ترجمه شود و به فرم ریاضی نوشته شود تابع هدف نامیده می شود یک تابع مـی توانـد در معرض تأثیر قیود باشد و یا نباشد.آنچه که در اینجا مورد نظر است بدست آوردن تابع هدفی است که با بهینه سازی آن بتوان مکان و مقدار بهینه ظرفیت خازن را بر روی شینهای یک شبکه توزیع فشار ضعیف بدست آورد.مـوارد متعـددی مـی توانـد بـه عنوان تابع هدف جهت بهینه سازی یک شبکه توزیع انتخاب نمود که مهمترین آنها کاهش تلفات توان ، کاهش تلفات انـرژی ، آزاد سازی ظرفیت شبکه و کاهش هزینه های مرتبط با خرید و نصب خازن می باشد.

منظور از بهینه سازی برقراری مصالحه ای منطقی مابین در آمدهای ناشی از نصب خازن و هزینه های مرتبط با خریـد و نصـب آنها می باشد.در حقیقت تابع هدف نشان دهنده فرآیند عوامل فوق می باشد.[3]

تابع هدف در این مسئله جایابی بهینه و نصب خازن در شبکه شامل سه قسمت اساسی زیر است :

3-1- مدل سازی ارزش اقتصادی کاهش تلفات انرژی الکتریکی

ارزش اقتصادی کاهش تلفات انرژی الکتریکی را میتوان به صورت رابطه زیر (2) تعیین نمود.

$$C_{PL} = h.LSF.\sum_{i=1}^{24} \Delta w_{Loss}.365.C^{u}{}_{PL} \quad (2)$$

در رابطه فوق Δw_{Loss} مقدار تلفات اکتیو شبکه بر حسب KWh در طول دورهٔ شبیه سازی، C^{u}_{PL} ارزش اقتصادی هر واحـد کاهش تلفات انرژی الکتریکی بر حسب kwh / ریال LSF ضریب تلفات شبکه، h فاکتور ارزش اقتصادی فعلی پرداختهای یکنواخت بوده که از رابطه زیر بدست می آید.

$$h = A\left[\frac{(i+1)^n - 1}{i(1+i)^n}\right] \qquad (3)$$

ضریب تلفات شبکه از رابطه (4) بدست می آید

$$LSF = K.LF^2 \qquad (4)$$

در این رابطه LF ضریب بار شبکه و K ضریب ثابت می باشد.ضریب K بستگی به نوع بار مصرفی دارد و بـه طـور میـانگین میتوان آنرا برابر 1/08 در نظر گرفت.

3-2- مدل سازی ارزش اقتصادی آزاد سازی ظرفیت شبکه

ارزش اقتصادی آزادسازی ظرفیت شبکه را می توان از رابطه (5) بدست آورد.

$$C_{SL} = \Delta S_{\max} . C_{SL}^{U} \qquad (5)$$

در رابطه ΔS_{max} مقدار کاهش حداکثر توان ظاهری عبور از شبکه و C^{U}_{SL} ارزش اقتصادی هر واحد آزاد سازی ظرفیت شبکه بر حسب KVA/ ریال می باشد.

3-3- هزینه سرمایه گذاری جهت خرید،نصب و نگهداری خازن

هزینه های مربوط به خازنها را می توان به صورت زیر تعیین نمود

$$C_C = n.c_c^u \qquad (6)$$

که در آن n تعداد خازنها. C_c^u ارزش اقتصادی خرید، نصب و نگهداری خازن12/5 کیلوواری بر حسب ریال می باشد. با توجه به توضیحات فوق تابع هدف به صورت زیر ارائه می گردد.

$$F = C_{PL} + C_{SL} - C_C \qquad (7)$$

حال می توان گفت که منظور از جایابی بهینه خازن در شبکه, مشخص کردن شین هایی است که در صورت نصب خازن در آنها رابطه (7) ماکزیمم شود.

ضمنا درشبکه فشار ضعیف اضافه ولتاژ ناشی از خازن گذاری,مستقل از اندازه جریان فیدر بوده وتنها تابع جریان خازن (ظرفیت خازن)و XL فیدر (راکتانس شبکه از ابتدای فیدر تا محل نصب خازن) یعنی $\Delta V = Ic.XL$ میباشد.باتوجه به رابطه مذکور و پایین بودن ظرفیت خازن های فشار ضعیف مورد استفاده در شبکه, در شرایط کم باری ویا بی باری فیدر, ولتاژ شبکه از مقدار نامی آن تجاوز نمی کند[3]

4- الگوریتم حل مسئله

برای بکارگیری خازن در شبکه های توزیع حالتهای مختلفی ممکن می باشد به عنوان مثال برای یک فیدر n شین دارای قابلیت نصب جبران سازی را دارد. تعداد این حالت 2^n خواهد بود. اگر بخواهیم محل این خازنها را به روش جستجوی کامل فضای حالت بدست آوریم حل مسئله به مدت زمان بسیار طولانی نیاز خواهد داشت. مثلاً برای یک فیدر که دارای 30 شین قابل نصب خازن و مدت زمان محاسبه هر حالت 0/02 ثانیه باشد. این مدت زمان لازم برای حل مسئله برابر است با :

$t = 2^{30} \times 24 \times 0/02 = 515396076s$

که این مدت زمان معادل 5965/2 روز یا معادل 16/34 سال است.

با توجه به زمان بدست آمده باید روشی را انتخاب کرد که در مدت زمان کمتری جوابی با دقت قابل قبول ارائه دهد. به نظر می رسد که الگوریتم ژنتیک راه حل مناسبی برای حل این مسئله میباشد.

5- الگوریتم ژنتیک در جایابی خازن

معمولاً در فیدرهای فشار ضعیف شبکه توزیع از خازنهای 12/5 کیلوواری استفاده می شود به منظور سهولت مسئله برای هر پایه (شین) حداکثر یک خازن می توان نصب کرد. دراین صورت برای هر پایه 2 حالت نصب و یا عدم نصب خازن وجود دارد. بنابراین جوابهای ممکن به صورت رشته هایی خواهد بود که تعداد بیتهای انها برابر تعداد شین های نصب خازن می باشد. هر بیت متناظر با یک شین بوده که نمایانگر نصب و یا عدم نصب خازن در آن شین می باشد. در صورت یک بودن بیت بر روی آن شین خازن نصب می شود. بنابراین لازم نیست پاسخهای ممکن به کدهای باینری صفر و یک تبدیل شود رشته های ژنتیک برای شبکه دارای n شین جهت مکان یابی خازن به صورت شکل زیر می باشد.

1	2			n
1	0	0	…..	1

شکل (1) نمایش رشته های کرومزوم دارای n شین

6ـ شبیه‌سازی فیدر توزیع فشار ضعیف با جبرانسازی بهینه توان راکتیو به کمک خازن

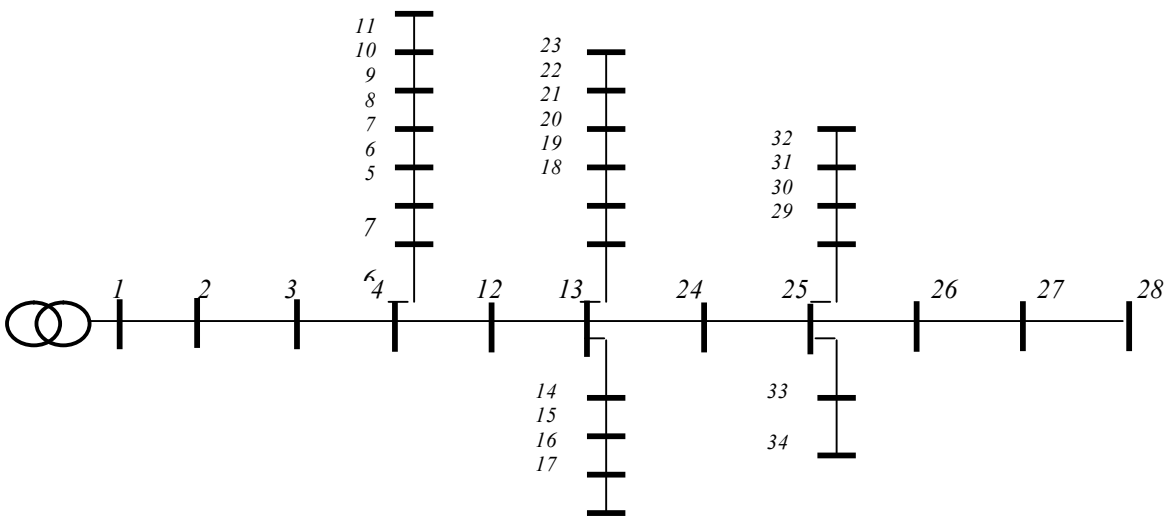
جبرانسازی بهینه توان راکتیو، محل خازن ها در فیدرهای توزیع به گونه ای مشخص می‌شود که ضمن حداکثر کردن منافع حاکم بر مساله، هزینه ها نیز حداقل شود و یا بعبارتی بهتر تابع هدف مساله حداکثر شود. در این صورت بر روی شین‌های خاصی خازن نصب خواهد شد.

ابتدا شین‌هایی که قابلیت نصب خازن دارند، مشخص می شوند. این شین‌ها، شین‌هایی هستند که اولاً از نظر عملی و فیزیکی نصب خازن بر روی آن امکان پذیر میباشد. ثانیاً نصب خازن بر روی آنها در برآوردن اهداف مورد نظر مساله موثرمی باشد.با مشخص شدن شین‌هایی که قابلیت نصب خازن دارند، ساختار کرومزوم که هر کرومزوم رشته ای از صفر ویک می باشد را مشخص می کنیم. طول رشته برابر تعداد شین‌هایی است که قابلیت نصب خازن را دارامی باشند. و هر کدام از صفر و یک‌ها و یا به عبارت بهتر هر کدام از ژنها متناظر با یک شین دارای قابلیت نصب خازن می‌باشد، به گونه ای که اگر این ژن یک باشد بر روی آن شین خازن نصب می‌شود و اگر صفر باشد بر روی آن شین خازن نصب نخواهد شد. سپس تابع هدف مطابق فرمول شماره (7) و تابع برازندگی آن مشخص می کنیم تابع برازندگی نیز بر اساس یک تبدیل از تابع هدف مشخص می شود.تابع برازندگی را به گونه ای باید مشخص کرد که اولاً اختلاف معقولی بین برازندگی کرومزومها وجود داشته باشد، ثانیاً از پوشیده شدن جمعیت توسط چند سوپرکرومزوم و همگرایی زودرس جلوگیری شود.[3و5]

7-مطالعات شبیه سازی فیدر های نمونه

7-1-معرفی فیدر

یکی از فیدرهای توزیع فشار ضعیف مورد مطالعه،مربوط به شهرستان گرمسار مطابق شکل (2) می باشد.



شکل شماره (2) : دیاگرام تک خطی فیدر نمونه مبارزان

این فیدر، یک فیدر شعاعی مرکب با 34 شین می باشد. اطلاعات مربوط به مشخصات الکتریکی شبکه در جدول (1) و اطلاعات مربوط به تعداد انشعابات مشترکین در جدول (2) و اطلاعات مربوط به بارگیری فیدر، توسط دستگاه ثبات بار که به مدت یک شبانه روز بر روی فیدر نصب شده، در جدول (3) آمده است. همانگونه که در جدول (3) مشاهده می شود،جریان

های سه فاز در شاخه های مختلف این فیدر کاملاً نامتعادل بوده و از نظر ضریب قدرت بار نیز در وضعیت نامطلوبی بسر می برد.

7-2- شبیه سازی فیدر نمونه بدون خازن

با استفاده از نرم افزار تهیه شده و اطلاعات جمع آوری شده و با انجام پخش بار نامتفارن، نتایج زیر درمورد فیدر نمونهٔ حاصل می شود.

جدول (4) : نتایج عددی حاصل از شبیه سازی فیدر

	فاز A	فاز B	فاز C	نول	جمع
تلفات انرژی فیدر KWh / Day	26/4	39/6	22/5	3/2	91/7
انرژی ورودی به فیدر KWh / Day	668/35	848/1	609/86	-	2126/3
حداکثر توان عبوری از فیدر KVA	50/3	59/2	46/5	-	-
مجموع ظرفیت خازن نصب شده KVAR	0				

7-3- شبیه سازی فیدر نمونه درحالت جبرانسازی بهینهٔ توان راکتیو بکمک خازن

در این حالت با استفاده از الگوریتم ژنتیک، تعداد و محل بهینهٔ خازنها بر روی فیدر به گونه ای تعیین می شود که تابع هدف مساله ماکزیمم شود. متغییرهای تابع هدف شامل طول دورهٔ مطالعات شبیه سازی- طول دورهٔ مطالعات اقتصادی-ارزش اقتصادی هر کیلو وات ساعت انرژی الکتریکی -ارزش اقتصادی هر کیلو ولت آمپرتوان الکتریکی-هزینهٔ خرید، نصب و نگهداری هر خازن ونرخ بهره می باشد

با استفاده از الگوریتم ژنتیک محل نصب بهینه خازنها را در شین های 6 و 25 مشخص شده است.نتایج عددی حاصل از شبیه سازی فیدر در جدول شماره (5) نشان داده شده است .

جدول (5) : نتایج عددی حاصل از شبیه سازی فیدر

	فاز A	فاز B	فاز C	نول	جمع
تلفات انرژی فیدر KWh / Day	16/9	25/4	13/3	3/1	58/8
انرژی ورودی به فیدر KWh / Day	655/5	832/9	604/9	-	2093/4
حداکثر توان عبوری از فیدر KVA	40/5	47/9	36/5	-	-
مجموع ظرفیت خازن نصب شده KVAR	25				

با مقایسه جدول شماره 5 با جدول شماره 4 (حالت بدون جبران سازی توان راکتیو) مشاهده میشود که با جبران سازی بهینه توان راکتیو، تلفات اهمی فیدردر طول دوره شبیه سازی (24 ساعت) از 91/7 کیلووات ساعت به 58/8 کیلووات ساعت کاهش یافته است . یعنی با جبران سازی بهینه توان راکتیو در این فیدر تلفات 35/8 درصد کاهش یافته است . علاوه برآن باجبران سازی بهینه توان راکتیو ، حداکثر توان عبوری از فیدر از 59/2 به 47/9 کیلوولت آمپر کاهش یافته است بعبارت دیگر 19/1 درصداز ظرفیت شبکه آزاد شده است .

مطالعات مشابه فوق برروی 5 فیدر فشار ضعیف با مصارف بارهای مختلف وبا شین های متعدد انجام شده است نتایج مطالعـات برروی فیدرهای مورد نظر به صورت خلاصه درجدول شماره 6 نشان داده شده است.

جدول (6): مقایسه شبیه سازی قبل از خازن گذاری و بعد از خازن گذاری به روش ژنتیک

نام فیدر	قبل ازخازن گذاری		بعدازخازن گذاری			نتیجه	
	تلفات کل انرژی *KWh*	حداکثر توان عبوری *KVA*	شماره شین	تلفات کل انرژی *KWh*	حداکثر توان عبوری *KVA*	درصد کاهش تلفات	درصد آزاد سازی ظرفیت شبکه
فیدر مبارزان گرمسار	91/7	59/2	6 25	58/8	47/9	35/87	19/09
فیدر تعاون یک	29/73	36/57	2 9	21/11	23/58	29	35/52
فیدر شهرک تعاون دو	82/71	51/63	8 34	56/02	41/5	32/26	19/62
فیدر شهرک تعاون سه	56/26	37/45	23	39/69	33/5	29/45	10/55
فیدر منوچهری	73/06	59	3 13	51/5	46/5	29/25	21/2
فیدر خیابان امام گرمسار	48/74	105/3	3 11	35/5	79	27/16	25
میانگین	382/2	349/15	-	262/62	271/98	31/29	22/1

دیاگرام تک خطی 5 فیدر فوق در شکل های 3 الی 7 نشان داده شده است اطلاعات مربوط به مشخصـات الکتریکـی , تعـداد انشعابات وجریان مصرفی فیدرهای مذکور در مرجع شماره[3]آمده است.همانطوریکه جدول شماره 6 نشان می دهد با جبـران سازی بهینه توان راکتیو درشبکه فشار ضعیف درطول دوره شبیه سازی 24 ساعت تلفات اهمـی 6 فیـدر از 382/2 کیلـووات ساعت به 262/6 کیلووات ساعت کاهش می یابد . به عبارت دیگر تلفات 31/3 درصد کاهش یافتـه اسـت عـلاوه بـر آن بـا جبران سازی بهینه توان راکتیو ظرفیت اشغال شده شبکه فشار ضعیف از 349/2 کیلوولت آمپر به 272 کیلوولـت آمپرکـاهش ویا به عبارت دیگر 22/1 درصد از ظرفیت شبکه فشار ضعیف آزاد شده است.

خازن گذاری به روش ژنتیک نسبت به روش معمولی تلفات انرژی شبکه مقدار 23/53 کیلووات ساعت بیشتر کاهش میدهد ومشابه آن مقدار 5/17 کیلووات آمپر بیشتر ظرفیت اشغال شده شبکه را آزاد می نماید.

8- نتیجه گیری

یکی از روشهای مفید که دارای قابلیت محاسبات دقیق و بدون هیچ گونه تقریب نظیر خطی سازی ، تابع هدف، عدم محدودیت فضای جستجو، سادگی روش ، الگوریتم ژنتیک می باشد.دراین مقاله از روش الگوریتم ژنتیک برای مکان یابی بهینه خازن در شبکه فشار ضعیف استفاده شده است که برای رسیدن به نقطه بهینه مطلق فقط نیاز به محاسبه مقدار تابع هـــدف در هر نقطه دارد. تابع هدف دستیابی به ماکزیمم کاهش تلفات انرژی ، آزادسازی ظرفیت شبکه بادر نظر گرفتن هزینه خـــازن و نصب نگهداری آن می باشد .

این الگوریتم برروی شش فیدر شبکه فشار ضعیف با شین های متعدد آزمایش ونقاط بهینه نصب خازن را درشین های مورد نظر انتخاب گردید برای اطمینان از صحت اجرای برنامه و انتخاب مکان بهینه خازن از روش جستجوی کامل فضـای حالـت بـا در نظر گرفتن محدودیت نصب حداکثر 4 خازن آزمایش و همانند الگوریتم ژنتیک شین های مشابه آن بعنوان نقـاط بهینـه نصـب خازن انتخاب گردیدونتایج زیر حاصل گردید.

1- کاربرد خازن در شبکه های توزیع به نحو موثری تلفات انرژی الکتریکی را کاهش داده و ظرفیت اشغال شده شبکه را نیـز کاهش می دهد.

2- با توجه به اینکه تلفات در پیک بار حدود 50-40 درصد آن مربوط به شبکه فشار ضعیف می باشد. از میان انواع ردیف ولتاژ خازن گذاری در شبکه ها (انتقال، فوق توزیع، فشار متوسط، ابتدای فیدرهای فشار ضعیف، در مسیر فیدرهای فشار ضعیف) تنها خازن گذاری در مسیر فیدرهای فشار ضعیف می تواند در کاهش تلفات شبکه های فشار ضعیف تاثیر زیادی و در نتیجه بزرگترین عامل کاهش تلفات پیک بار باشد.

3- خازن گذاری در مسیر فیدرهای فشار ضعیف باعث بهبود پروفیل ولتاژ بخصوص نقاط انتهایی فیدر می شود.

4- با توجه به ارزش اقتصادی منافع بدست آمده (کاهش تلفات انرژی آزاد سازی ظرفیت شبکه) با در نظر گرفتن هزینه های نصب, نگهداری خازن ملاحظه می شود که استفاده از خازن در شبکه های فشار ضعیف دارای توجیه اقتصادی می باشد. بطوریکه مطالعات و نتایج عملی از نصب خازن در شبکه فشار ضعیف نشان داده است که به ازای نصب هر کیلووار خازن در شبکه فشار ضعیف مقدار0/03624 kw تلفات توان شبکه را کاهش و 0/561 kVA از ظرفیت فیدر آزاد می شود.به عبارت دیگر با جبران سازی بهینه توان راکتیو به طور متوسط تلفات 31/29 درصد کاهش و22/1 درصد از ظرفیت فیدر شبکه فشار ضعیف آزاد میشود.

5- نصب خازن در شبکه باعث عدم نیاز به افزایش ظرفیت فیدر و ترانسفورماتورهای توزیع کاهش قابل ملاحظه قطعی های کلید، کاهش فیوز سوختگی ناشی از افزایش بار، کاهش آلودگی محیط زیست به دلیل کاهش تولید انرژی الکتریکی (بخش تلفات) توسط نیروگاهها می گردد.

6- با توجه به نتایج بدست آمده ملاحظه می شود که الگوریتم ژنتیک روش موثری در جایابی بهینه خازن در شبکه های توزیع فشار ضعیف می باشد.

9-مراجع و منابع

[1]-موسوی، سید حمید رضا و اسدی ملردی، علی اکبر. " جایابی بهینه منابع قدرت راکتیو با استفاده از الگوریتم ژنتیک " پایان نامه کارشناسی مهندسی برق، دانشکده صنعت آب و برق، 1378

[2]- نظری، نقی. " روشهای جدید در اصلاح ضریب قدرت در شبکه های توزیع و ارزیابی فنی و اقتصادی آن. "سمینار کارشناسی ارشد. دانشکده صنعت آب و برق 1381

[3]- نظری. نقی " جبران سازی بهینه توان راکتیو در شبکه های توزیع با استفاده از الگوریتم ژنتیک " پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده صنعت آب وبرق سال 1382

[4]- NgH.N,salama and M.M A and chilhani A.Y "classification of capacitor allocation techniques," IEEE Trans, Power Delivery , Vol .15,No 1,2000

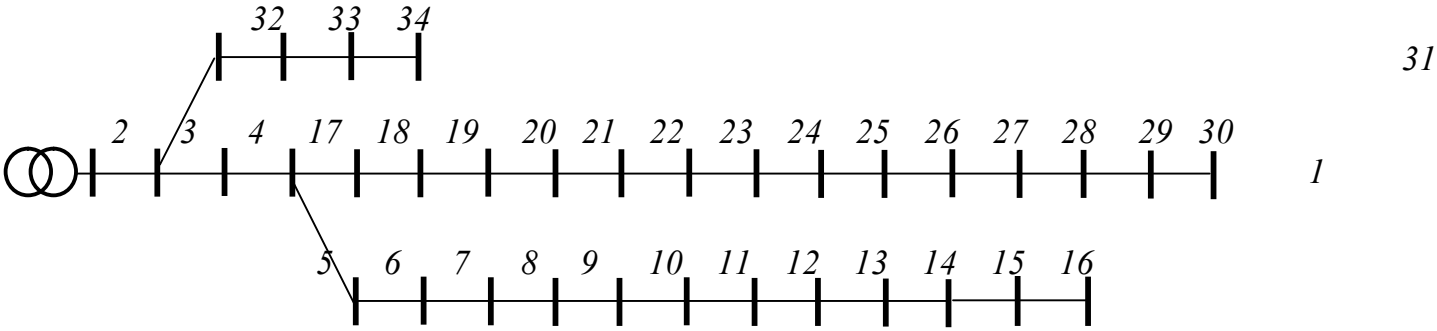
[5]-M.delfanti,G.P.Granelli,P.Marannino " ,optimal capacitor placement using deterministic and genetic algorithms" ,IEEE Transactions on power systems , Vol.15,No.3,August 2000

جدول (1) : اطلاعات مربوط به ساختار الکتریکی فیدر نمونه

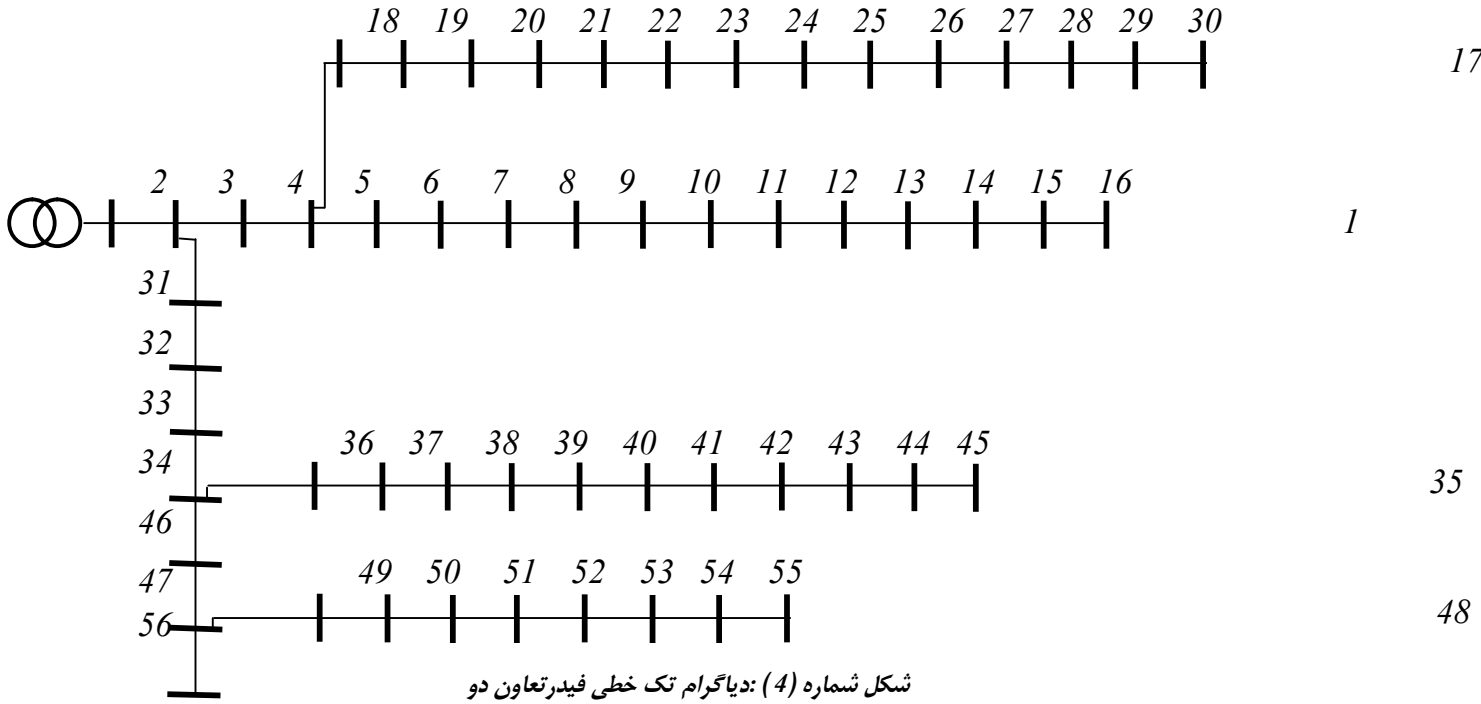
شماره شاخه	شین ابتدا	شین انتها	مقاومت هادی فاز Ω	راکتانس هادی فاز Ω	مقاومت هادی نول Ω	راکتانس هادی نول Ω
1	1	2	0/0334	0/0105	0/0984	0/0320
2	2	3	0/0108	0/0034	0/0320	0/0104
3	3	4	0/0104	0/0033	0/0308	0/0100
4	4	5	0/0274	0/0140	0/0274	0/0140
5	5	6	0/0282	0/0144	0/0282	0/0144
6	6	7	0/0274	0/0140	0/0274	0/0140
7	7	8	0/0274	0/0140	0/0274	0/0140
8	8	9	0/0290	0/0148	0/0290	0/0148
9	9	10	0/0227	0/0116	0/0227	0/0116
10	10	11	0/0258	0/0132	0/0258	0/0132
11	4	12	0/0104	0/0033	0/0308	0/0100
12	12	13	0/0108	0/0034	0/0320	0/0104
13	13	14	0/0219	0/0112	0/0344	0/0112
14	14	15	0/0243	0/0124	0/0381	0/0124
15	15	16	0/0243	0/0124	0/0381	0/0124
16	16	17	0/0266	0/0136	0/0418	0/0136
17	13	18	0/0251	0/0128	0/0251	0/0128
18	18	19	0/0235	0/0120	0/0235	0/0120
19	19	20	0/0266	0/0136	0/0266	0/0136
20	20	21	0/0274	0/0140	0/0274	0/0140
21	21	22	0/0274	0/0140	0/0274	0/0140
22	22	23	0/0274	0/0140	0/0274	0/0140
23	13	24	0/0129	0/0041	0/0381	0/0124
24	24	25	0/0125	0/0039	0/0369	0/0120
25	25	26	0/0394	0/0128	0/0394	0/0128
26	26	27	0/0480	0/0156	0/0480	0/0156
27	27	28	0/0283	0/0092	0/0283	0/0092
28	25	29	0/0227	0/0116	0/0227	0/0116
29	29	30	0/0227	0/0116	0/0227	0/0116
30	30	31	0/0258	0/0132	0/0258	0/0132
31	31	32	0/0282	0/0144	0/0282	0/0144
32	25	33	0/0150	0/0047	0/0443	0/0144
33	33	34	0/0096	0/0030	0/0283	0/0092

جدول (3) : قسمتی از اطلاعات مربوط به بارگیری فیدر نمونه

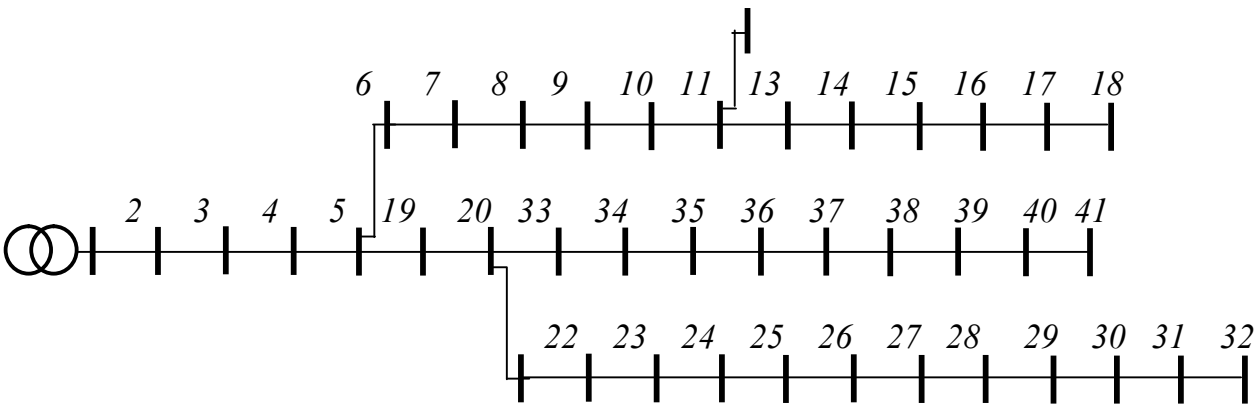
ردیف	ساعت	I_a (A)	I_b (A)	I_c (A)	V_a (V)	V_b (V)	V_c (V)	$cos\varphi_a$	$cos\varphi_b$	$cos\varphi_c$
1	0:00	115	224	162	228	232	232	0/75	0/79	0/75
2	1:00	106	207	150	226	230	230	0/74	0/76	0/71
3	2:00	124	195	151	227	230	231	0/71	0/73	0/70
4	3:00	134	194	148	228	233	233	0/71	0/73	0/70
5	4:00	147	193	150	226	229	229	0/71	0/71	0/69
6	5:00	173	184	141	226	229	229	0/71	0/72	0/70
7	6:00	186	156	129	230	232	232	0/72	0/73	0/69
8	7:00	187	139	122	231	234	234	0/76	0/74	0/74
9	8:00	181	137	112	230	232	233	0/76	0/75	0/74
10	9:00	176	150	122	231	233	233	0/76	0/76	0/74
11	10:00	186	163	125	232	236	234	0/75	0/76	0/74
12	11:00	171	178	129	233	238	237	0/73	0/75	0/72
13	12:00	162	202	152	227	231	230	0/73	0/75	0/72
14	13:00	186	221	169	228	231	231	0/74	0/77	0/75
15	14:00	207	226	165	226	229	229	0/74	0/77	0/73
16	15:00	216	220	157	227	230	229	0/71	0/76	0/71
17	16:00	191	219	164	227	230	229	0/70	0/76	0/73
18	17:00	167	209	167	233	237	236	0/72	0/76	0/73
19	18:00	159	190	149	234	237	235	0/71	0/76	0/74
20	19:00	156	201	144	233	236	235	0/71	0/79	0/73
21	20:00	151	218	170	227	231	231	0/80	0/81	0/79
22	21:00	152	242	199	228	231	232	0/83	0/82	0/81
23	22:00	149	249	199	226	231	232	0/82	0/82	0/80
24	23:00	127	236	184	230	234	235	0/78	0/81	0/78



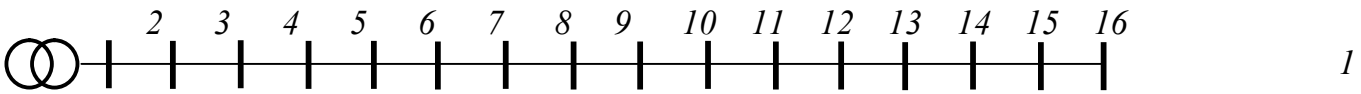
شکل شماره (3) :دیاگرام تک خطی فیدرتعاون یک



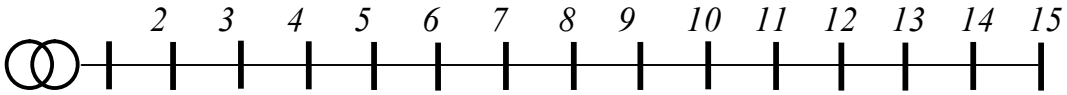
شکل شماره (4) :دیاگرام تک خطی فیدرتعاون دو



شکل شماره (5) :دیاگرام تک خطی فیدرتعاون سه



شکل شماره (6) :دیاگرام تک خطی فیدرمنوچهری



شکل شماره (7) :دیاگرام تک خطی فیدرخیابان امام گرمسار

جدول (2) : اطلاعات مربوط به تعداد مشترکین فازهای مختلف فیدر مبارزان

شماره شین	تعداد مشترکین فاز A	تعداد مشترکین فاز B	تعداد مشترکین فاز C	شماره شین	تعداد مشترکین فاز A	تعداد مشترکین فاز B	تعداد مشترکین فاز C	شماره شین	تعداد مشترکین فاز A	تعداد مشترکین فاز B	تعداد مشترکین فاز C
1	0	0	0	13	1	0	0	25	2	1	1
2	2	3	2	14	2	2	1	26	3	1	3
3	2	2	2	15	2	3	1	27	1	3	2
4	2	2	1	16	2	3	4	28	0	1	1
5	0	1	0	17	1	2	0	29	1	1	1
6	0	2	4	18	2	1	0	30	1	3	2
7	3	2	3	19	3	3	4	31	3	2	1
8	2	4	1	20	2	1	1	32	1	2	0
9	1	1	3	21	3	2	1	33	1	1	1
10	2	1	3	22	2	3	2	34	0	0	1
11	0	0	0	23	3	3	1				
12	1	1	0	24	0	0	1				