



مهندسه برق و توسعه پایدار

با محوریت دستاوردهای نوین در مهندسه برق

برگزارکننده:

موسسه آموزش عالی خاوران
مشهد، ۱۷ بهمن ماه ۱۳۹۲



بهینه‌سازی فیلتر اکتیو جهت بهبود کیفیت توان شبکه‌های توزیع نیروی برق به

کمک الگوریتم PSO

احسان اکبری^۱

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و فنون مازندران



e.akbari@ustmb.ac.ir

نام ارائه‌دهنده: احسان اکبری

کد مقاله: ELE-109

خلاصه

استفاده از فیلترهای اکتیو موازی یکی از روش‌های موثر جبران سازی توان راکتیو و حذف یا محدود نمودن هارمونیک‌های شبکه‌های توزیع است. در این مقاله مقدار بهینه‌ای برای جریان تزریقی فیلتر اکتیو با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) محاسبه گردیده است. در این روش ابتدا به بررسی پاسخ فرکانسی، تحلیل حساسیت ولتاژ و میزان اعوجاج ولتاژ شبکه توزیع در باس‌های مختلف شبکه قبل از نصب فیلتر اکتیو پرداخته شده است و پس از آن در دو حالت بدون قید جریان نامی و با قید جریان نامی فیلتر اکتیو، وضعیت هارمونیکی در شبکه‌های مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است.

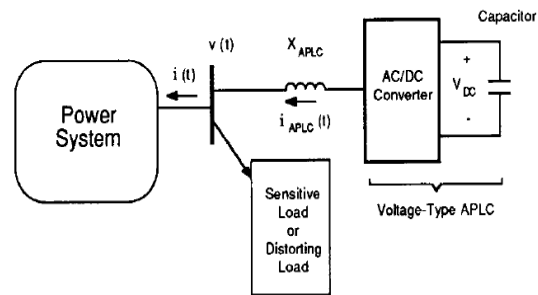
کلمات کلیدی: اعوجاج هارمونیکی، الگوریتم ازدحام ذرات (PSO)، بهینه‌سازی، فیلتر اکتیو.

1. مقدمه

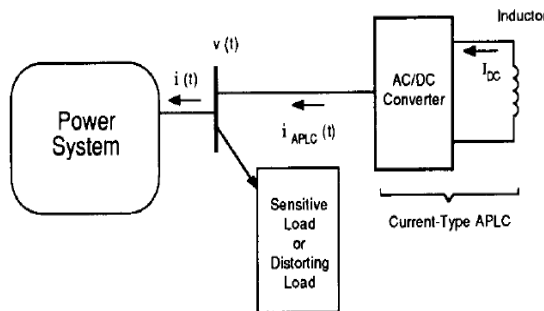
استفاده از فیلترهای اکتیو موازی به عنوان یک روش موثر برای جبران سازی توان راکتیو و حذف یا محدود نمودن هارمونیک‌های شبکه‌های توزیع می‌باشد. جبران سازی توان راکتیو شبکه‌های توزیع منجر به جبران سازی ولتاژ، تصحیح ضریب توان و رفع هارمونیک‌های جریان بارهای مصرفی و کاهش تلفات شبکه می‌گردد [1]. فیلترهای اکتیو می‌توانند غیر از اغتشاشات هارمونیکی سایر اغتشاشات کیفیت برق مانند گذراها، ضربه‌های ولتاژ و چشمک زدن ولتاژ را نیز بهبود دهند.

هدف اصلی استفاده از فیلترهای اکتیو موازی حذف مؤلفه‌هایی از جریان نظیر هارمونیک‌ها و توان راکتیو است که بازدهی شبکه توزیع را تحت تأثیر قرار می‌دهد [2]. در صورت اتصال صحیح یک فیلتر اکتیو در شبکه توزیع و محدود نمودن مؤلفه‌های ناخواسته به یک محدوده مشخص می‌توان بازدهی و قابلیت اطمینان کل شبکه توزیع را بهبود بخشید [2،3]. نحوه جبران سازی فیلتر اکتیو به مشخصات بار بستگی داشته و این فیلترها برای جبران سازی بارهایی با مشخصه یک منبع جریان بسیار مناسب هستند. از لحاظ ساختار داخلی، در فیلترهای اکتیو به منظور تولید شکل موج مناسب برای تصحیح ولتاژ یا جریان از یک مبدل و منبع DC استفاده می‌شود. منبع DC متناوباً و به سرعت، به صورت مثبت یا منفی متصل و یا قطع می‌گردد تا در صورت نیاز توان را تزریق و یا جذب نماید [1]. مبدل‌ها به دو نوع اصلی ولتاژی، شکل (1) و جریانی، شکل (2) تقسیم می‌شوند. منبع DC در مبدل ولتاژی شامل خازنی است که با تغییرات ولتاژ مخالفت می‌کند. در حالیکه در مبدل جریانی از یک سلف استفاده شده تا جریان را تثبیت نماید. در شکل‌های زیر ساختار داخلی دو نوع فیلتر اکتیو مشاهده می‌گردد.

¹ دانشجوی کارشناسی ارشد برق - قدرت، دانشگاه علوم و فنون مازندران



شکل (1): فیلتر اکتیو از نوع ولتاژی



شکل (2): فیلتر اکتیو از نوع جریان

فیلترهای اکتیو از نظر کارکرد می‌توانند هم در حوزه زمان و هم در حوزه فرکانس عمل تصحیح را انجام دهند. هر یک از این دو روش را می‌توان هم با مدل ولتاژی و هم با مدل جریانی پیاده‌سازی کرد. در هر دو روش تابعی موسوم به تابع خطا تولید می‌شود که در به دست آوردن پالس‌های کنترل کننده و سوئیچینگ عناصر نیمه هادی مدل، از آن استفاده می‌گردد. در حقیقت تفاوت بین روش‌های تصحیح در حوزه زمان و تصحیح در حوزه فرکانس در نوع و نحوه به دست آوردن تابع خطاست [4].

در این مقاله در ادامه به مدل سازی مسئله پرداخته می‌شود. سپس الگوریتم PSO به عنوان نمونه‌ای از الگوریتم‌های جستجوی تصادفی به همراه انتخاب پارامترهای آن تشریح می‌گردد. در انتها الگوریتم PSO برای دو شبکه 5 و 18 شینه اجرا گردیده و نتایج آن بیان می‌گردد.

2. کمینه‌سازی برای یک هارمونیک خاص

اولین حالت، حالتی است که بخواهیم یک مؤلفه تک هارمونیک اعوجاج‌های ولتاژ را با استفاده از یک فیلتر اکتیو که به باس m از یک شبکه قدرت k باسه، متصل است کمینه کنیم. فرض می‌شود که بارهای غیرخطی در شبکه موجود می‌باشند و اعوجاج‌های ولتاژ را تولید می‌کنند. همچنین فرض می‌شود با توجه به دستگاه‌های اندازه‌گیری موجود در شبکه اعوجاجات ولتاژ و ستون m از ماتریس امپدانس شبکه برای فیلتر اکتیو فراهم شده است. (با اندازه‌گیری یا با محاسبه) با این فرض‌ها ولتاژ هر هارمونیک در هر باس تابعی از جریان تزریقی توسط فیلتر اکتیو می‌شود. حال می‌توان تابع هدف را برای بررسی حالت تک هارمونیک بیان کرد. در حالت ایده‌آل جریان تزریقی فیلتر اکتیو می‌بایست مجموع دامنه ولتاژها را برای هارمونیک h در شبکه کمینه کند. این مجموع، به صورت زیر می‌تواند نوشته شود [5،6].

$$\sum_{k=1}^K |V_{k,new}^h| = \sum_{k=1}^K |V_{k,old}^h + \Delta V_k^h| \quad (1)$$

که زیرنویس‌های old و new به ترتیب مربوط است به ولتاژ باس‌ها قبل و بعد از تزریق جریان فیلتر اکتیو و بالا نویس h شماره هارمونیک مورد نظر است. تغییرات ولتاژ در باس K ام تأثیرپذیر از جریان تزریقی فیلتر اکتیو در باس M ام می‌باشد این تغییرات ولتاژ را به صورت زیر می‌توان نمایش داد:

$$\Delta V_k^h = Z_{k,m}^h I_m^h \quad (2)$$

در بهینه‌سازی کار با مجموع مربعات دامنه ولتاژها بر مجموع دامنه ولتاژها ترجیح دارد. لذا تابع هدف به صورت زیر در می‌آید:

$$f[I_m^h] = \sum_{k=1}^K |V_{k,new}^h|^2 = \sum_{k=1}^K |V_{k,old}^h + \Delta V_k^h|^2 \quad (3)$$

جائیکه :

$$I_m^h = I_m^{h,r} + jI_m^{h,i} \quad (4)$$

$$V_{k,old}^h = V_{k,old}^{h,r} + jV_{k,old}^{h,i} \quad (5)$$

$$\Delta V_k^h = \Delta V_k^{h,r} + j\Delta V_k^{h,i} \quad (6)$$

بیان فرمول (3) به صورت سیستم مختصاتی :

$$f[I_m^{h,r}, I_m^{h,i}] = \sum_{k=1}^K [(V_{k,old}^{h,r} + \Delta V_k^{h,r})^2 + (V_{k,old}^{h,i} + \Delta V_k^{h,i})^2] \quad (7)$$

که بالانویس های Γ و \dot{z} به قسمت های حقیقی و موهومی به ترتیب اشاره دارند.

از معادلات بالا، V_k^h را می توان به صورت زیر به دو قسمت حقیقی و مجازی تبدیل نمود.

$$V_k^{h,r} = V_{k,old}^{h,r} + Z_{k,m}^{h,r} I_m^{h,r} - Z_{k,m}^{h,i} I_m^{h,i} \quad (8)$$

$$V_k^{h,i} = V_{k,old}^{h,i} + Z_{k,m}^{h,r} I_m^{h,i} - Z_{k,m}^{h,i} I_m^{h,r} \quad (9)$$

$$V_k^h = V_k^{h,r} + jV_k^{h,i} \quad (10)$$

می توانید مشاهده کنید که، V_k^h به صورت تابعی از ولتاژ باس k قبل از نصب فیلتر اکتیو، ماتریس امپدانس شبکه برای هر هارمونیک h و جریان تزریقی فیلتر اکتیو در آن هارمونیک می باشد.

با محاسبه، V_k^h می توان تابع وابسته اعوجاج هارمونیک کل (Total Harmonic Distortion) را نیز به طریق زیر محاسبه نمود [8].

$$THD_k = \left[\sum_{h=2}^H |V_k^h|^2 \right]^{1/2} \quad (11)$$

3. قید محدودیت جریان در فیلتر اکتیو

جواب بدون قید در عمل اغلب از حداکثر جریان مجاز فیلتر اکتیو تجاوز می کند. در نتیجه قید محدودیت جریان فیلتر اکتیو نیز باید در نظر گرفته شود. قید جریان فیلتر اکتیو را می توان به صورت زیر بیان کرد [6]:

$$g[I_m^{h,r}, I_m^{h,i}] = I_m^{2h,r} + I_m^{2h,i} - I_m^{2\max} \leq 0 \quad (12)$$

که I_m^{\max} حداکثر جریان مجاز فیلتر اکتیو است.

4. کمینه‌سازی همزمان چند هارمونیک

1.4. کمینه‌سازی در حالت بدون قید

در این حالت تابع هدف به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$f[I_m^h] = \sum_{h=2}^H \sum_{k=1}^K |V_{k,\text{new}}^h|^2 = \sum_{h=2}^H \sum_{k=1}^K |V_{k,\text{old}}^h + \Delta V_k^h|^2 \quad (13)$$

در حالت بدون قید جریان برای فیلتر اکتیو در هر هارمونیک به طور مستقل از دیگر هارمونیک‌ها عمل می‌کند. این بدان علت است که شبکه خطی فرض شده و برای هر هارمونیک با یک ماتریس امیدانس مجزا مدل شده است.

2.4. قید محدودیت جریان در فیلتر اکتیو

قید محدودیت جریان در فیلتر اکتیو به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$g[I_m^{h,r}, I_m^{h,i}] = \sum_{h=2}^H \left(I_m^{2h,r} + I_m^{2h,i} \right) - I_m^{\max 2} \leq 0 \quad (14)$$

در این حالت رابطه جریان فیلتر اکتیو در هارمونیک‌های مختلف به یکدیگر وابسته و مقید می‌شود.

5. بهینه‌سازی با الگوریتم‌های جستجوی تصادفی

در دو دهه گذشته علاقه فزاینده‌ای نسبت به استفاده از الگوریتم‌های تصادفی در مسایل مهندسی پدید آمده است. در مقایسه با روش‌های بهینه‌سازی متداول که بر محاسبات و عملیات دقیق تکیه می‌کنند ولی با این حال به راحتی در دام کمینه محلی می‌افتند، الگوریتم‌های تصادفی عملکرد بهتری را از نظر کیفیت بهینگی و پایداری (robustness) نشان می‌دهند [10].

اکثر این روش‌ها تقلیدی از پدیده‌های طبیعی هستند: تکامل گونه‌ها (برنامه‌ریزی تکاملی و الگوریتم ژنتیک)، سیستم عصبی بدن (شبکه‌های عصبی مصنوعی)، رفتار اجتماعی (بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها و دسته ذرات) و دینامیک حرارتی یک قطعه فلز در حال سرد شدن.

اکثر تکنیک‌های تکاملی روند زیر را دنبال می‌کنند:

1- شروع بکار با یک جمعیت تصادفی اولیه.

2- محاسبه مقدار شایستگی برای هر جزء.

3- تولید مجدد جمعیت براساس مقادیر شایستگی.

4- اگر نیاز برآورده نشده باشد همین روند از مرحله 2 تکرار می‌شود.

این روش‌ها به طور گسترده‌ای در حل مسایل بهینه‌سازی به کار برده شده‌اند و توانایی آن‌ها در پیدا کردن بهینه کلی به اثبات رسیده است. در زیر بخش بعد الگوریتم PSO به عنوان نمونه‌ای از این الگوریتم‌ها توضیح داده می‌شود.

1.5. بهینه‌سازی گروه پرندگان (PSO)

PSO یک الگوریتم جستجوی تصادفی بر پایه جمعیت است که توسط Kennedy و Eberhart ارائه شد [9]. چنانچه هر ذره را به عنوان یک پرنده در نظر بگیریم آنگاه در الگوریتم PSO گروهی از پرندگان در فضای مساله برای پیدا کردن جواب پرواز می‌کنند. موقعیت هر پرنده یک جواب محتمل برای مساله است. به هر پرنده دو بردار موقعیت (X_i) و سرعت (V_i) نسبت داده می‌شود. در فضای جستجوی n بعدی این دو بردار در غالب مؤلفه‌هایش می‌تواند به صورت $X_i = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iN}]$ و $V_i = [v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iN}]$ نمایش داده شود. طی پرواز، هر پرنده با دیگر پرندگان تبادل اطلاعات می‌کند و از این طریق مسیر حرکت خود را بهینه می‌کند. مدل‌های مختلفی از بهینه‌سازی گروه پرندگان وجود دارد اما متداول‌ترین آن‌ها مدل gbest است که کل جمعیت به عنوان یک همسایگی برای پرندگان در فضای جستجو مورد استفاده قرار می‌گیرد. در هر تکرار،

ذره (Particle) با بهترین شایستگی (gbest) اطلاعات خود را با بقیه ذرات شریک می‌شود [10]. هر ذره موقعیت خود را بر طبق موقعیت بهترین ذره (gbest) و بهترین تجربه خودش (pbest) بر طبق روابط زیر اصلاح می‌کند:

$$v_i^{t+1} = wv_i^t + c_1r_1(pbest_i^t - x_i^t) + c_2r_2(gbest^t - x_i^t) \quad (15)$$

$$x_i^{t+1} = x_i^t + v_i^{t+1} \quad (16)$$

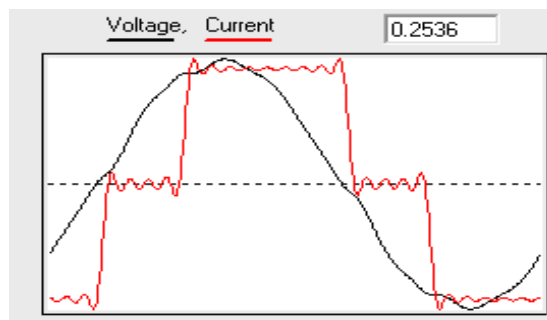
c_1 و c_2 ضرایب شتاب نام دارند و میزان اثرپذیری از بهترین عضو گروه و تجربه شخصی را تعیین می‌کنند. Γ_1 و Γ_2 دو عدد تصادفی ایجاد شده در بازه [0 و 1] هستند. W وزن اینرسی نام دارد و میزان وابستگی پرنده را به موقعیت قبلی‌اش مدل می‌کند. وزن اینرسی معمولاً به صورت خطی در طول اجرای الگوریتم کاهش می‌یابد:

$$w(k) = w_{\max} - \frac{w_{\max} - w_{\min}}{\text{Max} \cdot \text{iter}} \times t \quad (17)$$

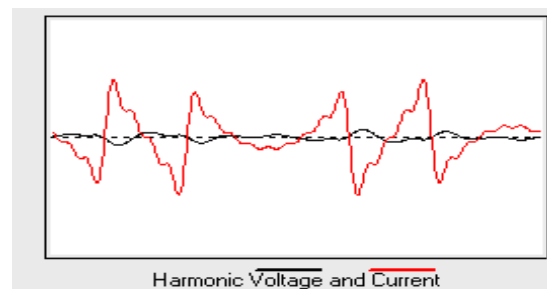
که در آن Max.iter نشان دهنده بیشینه تعداد تکرار (معیار توقف) و t شمارنده تکرار است. در این مقاله $c_1=c_2=1/5$ ، $w_{\min}=0/4$ و $w_{\max}=0/9$ قرار داده شده است.

6. مطالعات عددی

در ادامه ابتدا یک شبکه 5 شینه و سپس یک شبکه واقعی 18 شینه مورد بررسی قرار خواهد گرفت و بهینه‌سازی برای تابع هدف ارائه شده در حالات مختلف با قید و بدون قید با استفاده از الگوریتم PSO بر روی شبکه 5 و 18 شینه انجام شده است. بار غیرخطی که در تمام این آزمایش‌ها، به عنوان منبع هارمونیک‌زا به کار رفته است عبارت است از یک مبدل شش پالس با کموتاسیون خط که بسته به نوع آزمایش و نوع شبکه مقدار توان آن ممکن است تغییر کند. شکل موج جریان و ولتاژ این مبدل و مؤلفه هارمونیک آن‌ها به ترتیب در شکل (3)، الف و ب نمایش داده شده است.



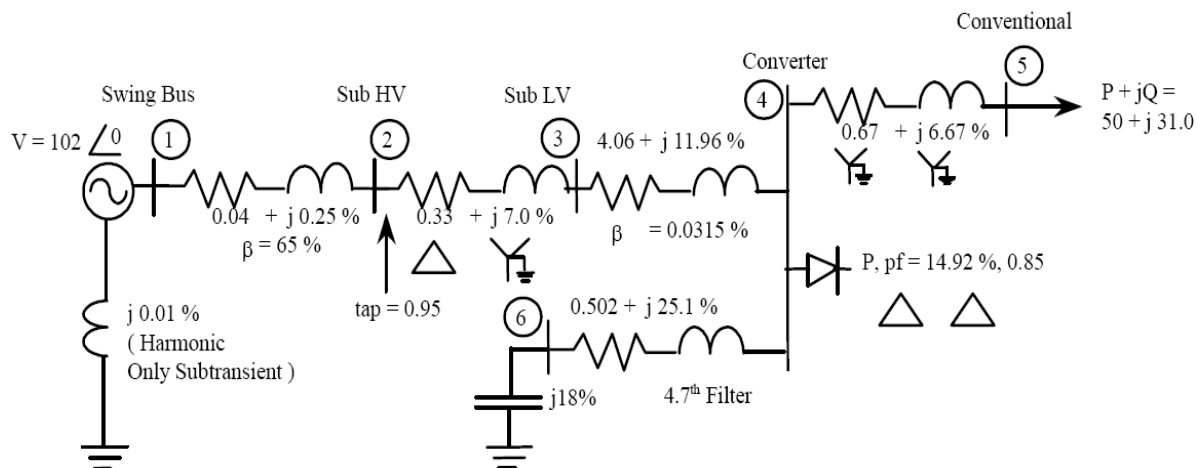
شکل (3) الف: شکل موج جریان و ولتاژ بار غیر خطی



شکل (3) ب: مؤلفه هارمونیک ولتاژ و جریان بار غیر خطی

1.6. شبکه پنج شینه

اولین آزمایش بر روی یک شبکه پنج شینه، شکل (4) انجام می شود. این شبکه، متعلق است به یک مصرف کننده صنعتی که به وسیله یک فیدر هوایی به طول سه مایل از یک ترانسفورماتور 138/12 کیلو ولت تغذیه می شود. مبدل شش پالس فوق الذکر بر روی شین 4 قرار گرفته و جریان های هارمونیک با مقدار موثر 5.17٪ را تولید می نماید.

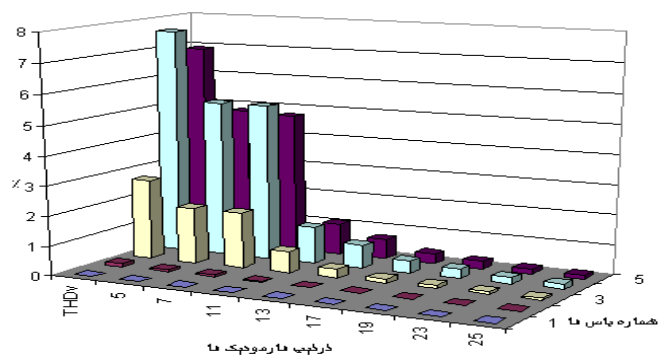


شکل (4): شبکه 5 شینه

جدول (1) و شکل (5) میزان اعوجاج های تکی ولتاژ و درصد THDv را قبل از فیلتر گذاری نمایش می دهند. که مشاهده می گردد بیشترین اعوجاج کلی ولتاژ مربوط به شین 4 محل قرار گیری بار غیرخطی می باشد. البته همیشه اینگونه نمی باشد و ممکن است شین های کناری شینی که منبع آلودگی هارمونیک روی آن قرار دارد دارای بیشترین درصد THDv در شبکه توزیع باشند. در هر جا اعلام شده با قید، منظور 50٪ جریان موثر فیلتر اکتیو در حالت بدون قید می باشد.

جدول (1): مقادیر اعوجاج کلی و اعوجاجات تکی ولتاژ در شبکه 5 شینه قبل از فیلتر گذاری

مرتبه هارمونیک	اعوجاج تکی ولتاژ در هر باس (٪)					متوسط (٪)
	1	2	3	4	5	
5	0.0029	0.0739	1.886	5.28	4.797	2.4
7	0.0029	0.075	1.886	5.28	4.746	2.39
11	0.0007	0.0184	0.728	1.242	1.078	0.61
13	0.0005	0.0122	0.285	0.795	0.681	0.35
17	0.0003	0.007	0.15	0.416	0.341	0.18
19	0.0002	0.0057	0.116	0.323	0.258	0.14
23	0.0002	0.0044	0.077	0.211	0.161	0.09
25	0.0002	0.004	0.065	0.177	0.13	0.07
THDv(%)	0	0.11	2.72	7.63	6.89	3.47

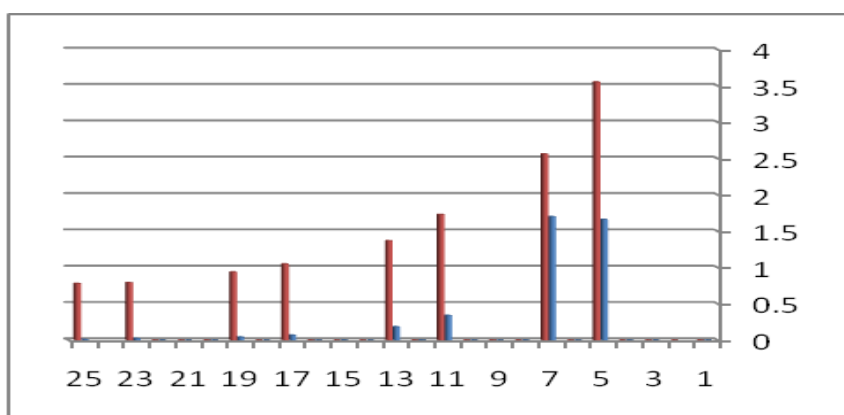


شکل (5): میزان اعوجاج‌های تکی ولتاژ و اعوجاج کل شبکه، قبل از فیلتر گذاری - شبکه‌کشیته

جدول (2) و شکل (6) میزان جریان تزریقی فیلتر اکتیو در دو حالت بدون قید و با قید با استفاده از الگوریتم PSO را نمایش می‌دهند. میزان جریان موثر تزریقی فیلتر اکتیو در حالت بدون قید با الگوریتم PSO به ترتیب برابر 5.2222٪ و در حالت مقید به ترتیب برابر 2.4103٪ می‌باشد.

جدول (2) : نتایج حاصل از بهینه‌سازی جریان فیلتر اکتیو (٪) با الگوریتم PSO

جرمان تزریقی فیلتر اکتیو (٪)	هارمونیک	
	بدون قید	با قید
5	3.5534	1.6614
7	2.5617	1.7005
11	1.7296	0.3409
13	1.3692	0.1854
17	1.0489	0.0683
19	0.9387	0.0427
23	0.7923	0.0239
25	0.7793	0.0111
RMS	5.2222	2.4103

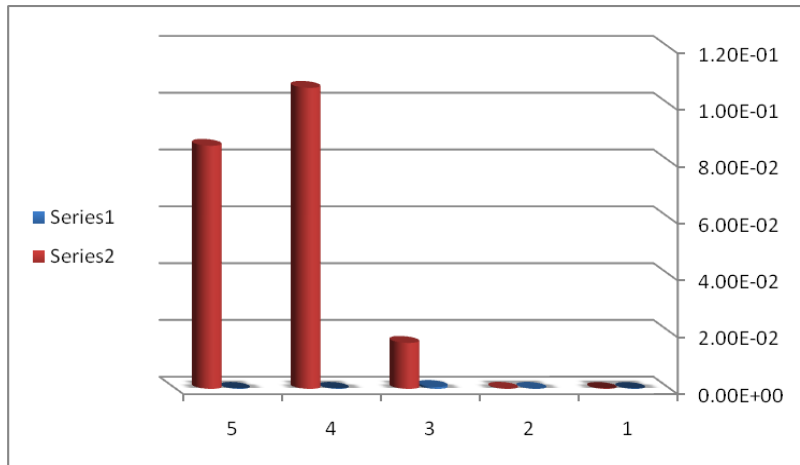


شکل (6) : نتایج حاصل از کمینه سازی جریان تزریقی فیلتر اکتیو با الگوریتم PSO

جدول (3) و شکل (7) نیز درصد THD_v شبکه بعد از فیلتر گذاری را نمایش می‌دهند. مشاهده می‌گردد درصد THD_v در باس 4 به مقدار مطلوبی رسیده است. و همان طور که انتظار می‌رفت در حالت بدون قید فیلتر اکتیو، با تزریق جریانی برابر با مؤلفه‌های هارمونیک بار غیرخطی درصد THD_v شبکه را به صفر رسانده است.

جدول (3): مقایسه THD_v بعد از فیلتر گذاری در حالت با قید و بدون قید جریان

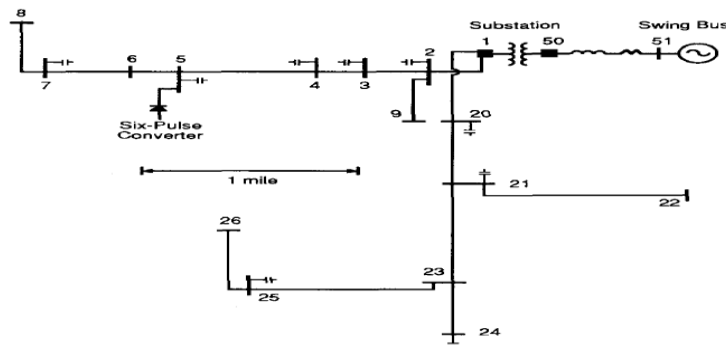
شماره باس	THD _v (%)	
	بدون قید	با قید
1	8.75E-08	7.80E-08
2	5.88E-05	5.14E-05
3	6.98E-04	1.62E-02
4	3.47E-05	1.06E-01
5	3.35E-05	8.56E-02



شکل (7): مقایسه THD_v بعد از فیلتر گذاری در حالت با قید و بدون قید

2.6. شبکه 18 شینه

شکل (8) شبکه 18 شینه را نشان می‌دهد، این شبکه یک شبکه توزیع، دارای 16 باس در 12.5 کیلو ولت و 2 باس (50 و 51) در 132 کیلو ولت است. و یک بار غیرخطی (کانورتر 6 پالسه) با توان 3 MW در باس 5 به عنوان منبع آلودگی هارمونیک قرار دارد [5]. وضعیت هارمونیک شبکه قبل از فیلتر گذاری در جدول (4) نمایش داده شده است. میزان جریان موثر تزریقی فیلتر اکتیو همان گونه که در جدول (5) و شکل (9) نمایش داده شده در حالت بدون قید با قرارگیری فیلتر اکتیو در مکان بار غیرخطی با الگوریتم PSO برابر 5.2999٪ در حالت مقید به ترتیب برابر 2.6149٪ می‌باشد.



شکل (8): شبکه 18 شینه

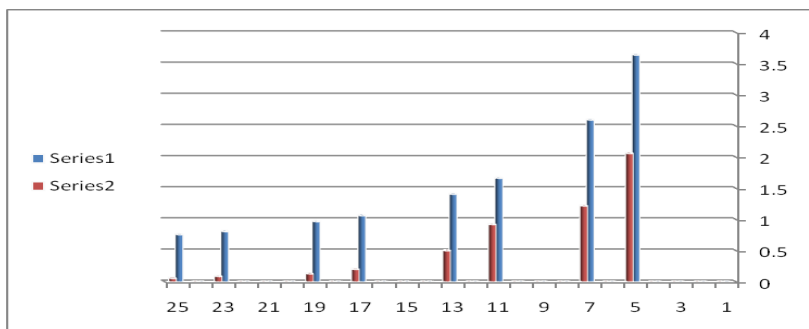
جدول(4): مقادیر اعوجاج کل و اعوجاج تکی ولتاژ شبکه 18 شینه قبل از فیلتر گذاری(%)

شماره باس	THDv (%)	مقدار اعوجاج تکی ولتاژ در هر هارمونیک(%)							
		5	7	11	13	17	19	23	25
1	2.17	1.708	0.711	0.906	0.568	0.184	0.161	0.124	0.063
2	2.54	1.878	0.97	1.16	0.672	0.297	0.248	0.179	0.087
3	3.14	2.142	1.38	1.525	0.831	0.466	0.376	0.257	0.123
4	3.36	2.255	1.573	1.622	0.842	0.485	0.371	0.227	0.101
5	3.74	2.557	2.034	1.626	0.696	0.348	0.176	0.061	0.061
6	3.85	2.575	2.083	1.738	0.77	0.437	0.249	0.133	0.086
7	4.21	2.633	2.19	2.025	0.966	0.675	0.447	0.374	0.346
8	4.19	2.616	2.185	2.014	0.959	0.669	0.443	0.371	0.343
9	2.53	1.863	0.946	1.152	0.668	0.295	0.246	0.177	0.087
20	2.53	2.253	0.705	0.656	0.612	0.165	0.074	0.028	0.023
21	2.96	2.658	1.065	0.388	0.51	0.289	0.166	0.075	0.033
22	2.93	2.635	1.053	0.383	0.504	0.286	0.164	0.074	0.032
23	3.58	3.128	1.631	0.527	0.239	0.058	0.041	0.007	0.004
24	3.85	3.287	1.823	0.715	0.378	0.157	0.185	0.033	0.01
25	4.13	3.414	1.997	0.981	0.666	0.22	0.08	0.006	0.002
26	4.11	3.394	1.986	0.976	0.663	0.219	0.079	0.006	0.002
متوسط	3.36	2.56	1.52	1.15	0.659	0.328	0.219	0.133	0.087

پس از اجرای الگوریتم در حالت بدون قید، مقدار متوسط THDv ولتاژ از مقدار 3.36% در حالت اولیه به مقدار تقریباً 0 در حالت بدون قید و به مقدار متوسط 0.263% در حالت مقید می‌رسد. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد با افزایش مرتبه هارمونیک میزان جریان تزریقی فیلتر اکتیو در آن هارمونیک کاهش یافته و میزان جریان تزریقی دقیقاً برابر با مؤلفه هارمونیک بار غیرخطی می‌باشد.

جدول (5) : نتایج حاصل از بهینه سازی جریان تزریقی فیلتر اکتیو با استفاده از الگوریتم PSO

هارمونیک	جریان بدون قید(%)	جریان با قید(%)
5	3.6431	2.0616
7	2.6001	1.2207
11	1.6648	0.9219
13	1.4088	0.5001
17	1.0635	0.2016
19	0.9684	0.1292
23	0.8096	0.0877
25	0.759	0.0569
RMS	5.2999	2.6149



شکل (9): نتایج حاصل از بهینه سازی جریان تزریقی فیلتر اکتیو با استفاده از الگوریتم PSO

7. نتیجه گیری

در این مقاله به بهینه سازی اغتشاش های ولتاژ شبکه (بهبود کیفیت توان) به وسیله فیلتر اکتیو در دو حالت بدون قید و با قید محدودیت جریان فیلتر اکتیو با استفاده از الگوریتم PSO پرداخته شد. در حالت بدون قید، فیلتر اکتیو با تزریق جریانی برابر با طیف هارمونیک بار غیر خطی و از لحاظ فازی مخالف با فاز آن، شبکه را از آلودگی هارمونیک کاملاً پاک سازی می نماید، نتایج حاصل از الگوریتم PSO نشان دهنده آن است که الگوریتم PSO برای کنترل On-line فیلتر اکتیو مناسب می باشد.

8. مراجع

- [1] W.M.Grady and M.J.Samotyj and A. H.Noyola, "Survey of Active Power Line Conditioner Methodologies", "IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.5, No3, July 2004, p.1536-1542
- [2] H. Akagi, S. Srianthumrong, Y. Tamai, "Comparisons in circuit configuration and filtering performance between hybrid and pure shunt active filters" IEEE 38th Conf. on Industry Applications, Vol. 2, pp.1195-1202, Oct. 2006.
- [3] D. Rivas, L.Moran, J.Dixon, J.R. Espinoza, "Improving passive filter compensation performance with active techniques", IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 50, No. 1, pp. 161-170, Feb. 2007.
- [4] H. Akagi, A. Nabae, S. Atoh, "Control Strategy of Active Power Filter using Multiple Voltage-Source PWM Converters", IEEE Trans. on IA, Vol. IA-22, No3, May/June 2003, pp. 460-465.
- [5] W.M.Grady, M.J. samotyj and A.H.Noyola, "minimizing network harmonic voltage distortion with an active line conditioner.", "IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.6, No.4, 2007P.1690_1697.
- [6] W.M.Grady and M.J.Samotyj and A. H.Noyola "The application of network objective functions for actively minimizing the impact of voltage harmonics in power systems" IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.7, No3, July 2008.
- [7] Storn R, Price K. *Differential Evolution A Simple and Efficient Heuristic for global Optimization over Continuous Spaces. Journal of Global Optimization*, 11(4):431-359, 2006.
- [8] Eberhart R, Kennedy J. "A new optimizer using particle swarm theory". in Proc. 6th Int. Symp. Micro Machine and Human Science, Nagoya, Japan, 2009, pp. 39-43
- [9] AlRashidi MR, El-Hawary ME. "Hybrid Particle Swarm Optimization Approach for Solving the Discrete OPF Problem Considering the Valve Loading Effects". IEEE Trans. Power Syst., vol. 22, no. 4, pp. 2030-2038, NOV. 2007. Karen
- [10] Kennedy, Student Member, IEEE, Gordon Light body, Robert Yacamini, Michael Murray, and John Kennedy "Online Control of an APLC for Network-Wide Harmonic Reduction" IEEE Transactions On powerdelivervol.21,no.1,january2008.