

## آرایش جدیدی از صافی فعال جهت اصلاح ضریب توان، جبران سازی هارمونیکها و کنترل توان راکتیو و متعادل سازی بار در سیستمهای سه فاز چهار سیمه

داریوش نظرپور      سید حسین حسینی      مرتضی تیموری  
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز - تبریز - ایران

صافی فعال قادر به جبران سازی کامل جریان سیم خنثی در سیستمهای سه فاز چهار سیمه با بارهای نامتعادل و غیر خطی می باشد. بدین ترتیب مانع از افزایش گرمای هادی خنثی و عواقب ناشی از آن می شود. آرایش جدید صافی فعال موازی در مقابل خطاهای ممکنه مقاوم بوده و همچنان عملکرد مطلوبی را جهت جبران سازی تضمین می نماید. عملکرد توپولوژی جدید صافی فعال موازی با الگوریتم کنترلی پیشرفته با استفاده از نرم افزار EMTDC-PSCAD، شبیه سازی می شود و نتایج حاصل آورده می شود.

**واژه های کلیدی:** هارمونیک ها، فیلتر فعال، متعادل سازی بار

**چکیده**  
این مقاله توپولوژی جدیدی از صافی فعال (AF<sup>1</sup>) موازی با الگوریتم کنترلی پیشرفته را ارائه می کند. از تئوری توان راکتیو مدارهای سه فاز جهت بدست آوردن جریانهای مرجع اکتیو فیلتر موازی استفاده شده است. الگوریتم کنترلی تعمیم یافته ابتدا توسط مدار استاندارد اکتیو فیلتر، آزمایش می شود و سپس این الگوریتم به توپولوژی جدید صافی فعال اعمال می شود. آرایش جدید صافی فعال موازی قادر به جبران سازی هارمونیکها، توان راکتیو، اصلاح ضریب توان و نامتعادلی سیستمهای سه فاز چهار سیمه با بارهای متعادل/ نامتعادل خطی/غیرخطی می باشد. همچنین آرایش جدید اکتیو

## A New Topology of Active Filter to correct Power Factor, Compensate Harmonics, Reactive Power And Unbalance of Three- Phase Four-Wire Loads

D. Nazarpour, M. Teimouri and S. H. Hosseini  
Dept. of Electrical Engineering, Tabriz University, Tabriz, Iran

**ABSTRACT:** This paper presents a new topology of an Active filter (AF) and new approach for generating reference currents for the control of active filter and/or a static compensator. The reactive power theory for three-phase circuits is used to obtain reference currents as control quantities for the AF. The developed control algorithm is first tested with a standard topology of the AF, thereafter, extended to control a new topology of four-pole AF system. The new topology of the AF system is capable to correct Power Factor, compensate harmonics, reactive power and unbalance of three-phase four-wire

balanced /unbalanced linear/nonlinear loads. The proposed new topology of the AF system fully compensates neutral current for nonlinear unbalanced loads connected in a three-phase four-wire system, thereby preventing heating and bursting of neutral conductor. The proposed new topology of the AF is free from shoot through fault and exhibits a desired performance. The simulation results show that proposed method and new topology of the AF has good performance.

**Keywords:** Active Filter, Compensation, Harmonics

1- Active Filter



## ۱- مقدمه

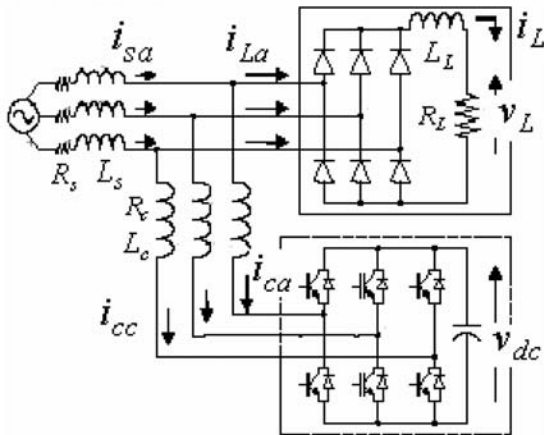
اکثر سیستم‌های قدرت سه فاز بوده و برای عملکرد متعادل طراحی می‌شوند. عملکرد نامتعادل منجر به ایجاد جریانهای توالی صفر و منفی می‌شود. اینگونه مولفه‌های جریان اثرات نامطلوبی چون تلفات اضافی در خطوط انتقال، موتورهای الکتریکی و مولدها، گشتاورهای نوسانی در ماشینهای، افزایش ریبیل در یکسو سازها، عملکرد غلط انواع تجهیزات، اشباع ترانسفورماتورها، جریانهای اضافی سیم زمین و پایین آمدن امکان استفاده از ظرفیت کل شبکه را به دنبال خواهد داشت. مفاهیمی چون توان راکتیو، توان اکتیو و کمپانزاسیون توان راکتیو برای سیستمهای سه فاز در سالهای اخیر بیشتر متداول شده و مورد توجه واقع شده است. طرحها و روشهای مختلفی جهت بهبود ضریب توان، حذف هارمونیکهای ایجاد شده و جبران توان راکتیو ارائه گردیده است [۷-۱]. این طرحها معمولاً از اینورترهای منبع ولتاژ تک فاز یا سه فاز که توسط یک خازن شارژ شده و در مد کنترل جریان برای دنبال کردن جریانهای مرجع کار می‌کنند، استفاده می‌نمایند.

در این مقاله از تئوری توان راکتیو جهت بدست آوردن الگوریتم کنترلی استفاده می‌شود. این شیوه در عمل جبرانسازی منجر به بروز مشکلاتی می‌شود. و این موضوع به خاطر عدم دسترسی به پردازنده‌ها و سوئیچهایی با سرعت بالا به هنگام پیشنهاد تئوری توسط آقای Akagi می‌باشد [۱]. همچنین با این روش جبرانسازی جریانهای طرف منبع نمی‌تواند به زیر استانداردهای آورده شود و این موضوع به خاطر وجود جهشهایی (spikes) در جریانهای طرف منبع می‌باشد. این جهشها به هنگام تغییر گذرای جریان بار از یک پله به پله دیگر اتفاق می‌افتد. در این مقاله تئوری توان راکتیو چنان اصلاح می‌شود تا جریانهای طرف منبع فاقد هرگونه جهش جریانی باشد. نهایتاً الگوریتم کنترلی جدید به توپولوژی جدیدی از صافی فعال موازی اعمال می‌شود. آرایش جدید صافی فعال در مقابل خطاهای سیستم مقاوم بوده و عملکرد مطلوبی را برای جبران سازی تضمین می‌نماید. توپولوژی جدید اینورتر قادر به جبرانسازی هارمونیکها، توان راکتیو، نامتعادلی و اصلاح ضریب توان انواع بارهای غیر خطی متصل شده به سیستمهای سه فاز چهار سیمه می‌باشد. عملکرد توپولوژی جدید صافی فعال موازی با

الگوریتم کنترلی پیشرفته با استفاده از نرم افزار EMTDC-PSCAD شبیه سازی می‌شود و نتایج حاصل آورده می‌شود.

## ۲- مدار اساسی اکتیو فیلتر

مدار قدرت صافی فعال موازی می‌تواند از اینورتر منبع ولتاژ (Voltage Source Inverter) VSI یا اینورتر منبع جریان (Current Source Inverter) CSI تشکیل یابد. هر کدام از این ادوات در کنار کنترل جریان باند هیستریزس انجام وظیفه می‌نمایند. در این مقاله از اینورتر منبع ولتاژ جهت جبران سازی استفاده میشود. شکل ۱ مدار اساسی صافی فعال موازی به همراه بار غیر خطی را نشان می‌دهد. این شکل شامل یکسو ساز پل دیودی به همراه بار اهمی- سلفی و اینورتر منبع ولتاژ کنترل شده با جریان که به عنوان منبع جریان برای هارمونیکهای بار و توان راکتیو عمل می‌نماید، می‌باشد. شکل ۱ جهت آزمایش عملکرد الگوریتم کنترلی تعمیم یافته مورد استفاده قرار می‌گیرد. حال به منظور اینکه جریانهای طرف منبع متعادل، سینوسی و هم فاز با ولتاژهای متناظر شوند بایستی صافی فعال مولفه نوسانی توان حقیقی وکل توان راکتیو جذب شده توسط بار را تامین نماید و فقط توان اکتیو متوسط از سوی منبع تامین شود.



شکل (۱): آرایش پایه صافی فعال موازی به همراه بار غیر خطی

$$\begin{bmatrix} i_{L\alpha} \\ i_{L\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{L\alpha} & v_{L\beta} \\ -v_{L\beta} & v_{L\alpha} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} \quad (4)$$

و نهایتاً جریانها را می توان بدین صورت نوشت:

$$i_{L\alpha} = \frac{v_{L\alpha}}{v_{L\alpha}^2 + v_{L\beta}^2} \bar{p} + \frac{v_{L\alpha}}{v_{L\alpha}^2 + v_{L\beta}^2} \tilde{p} + \frac{-v_{L\beta}}{v_{L\alpha}^2 + v_{L\beta}^2} \bar{q} + \frac{-v_{L\beta}}{v_{L\alpha}^2 + v_{L\beta}^2} \tilde{q} \quad (5)$$

$$i_{L\beta} = \frac{v_{L\beta}}{v_{L\alpha}^2 + v_{L\beta}^2} \bar{p} + \frac{v_{L\beta}}{v_{L\alpha}^2 + v_{L\beta}^2} \tilde{p} + \frac{v_{L\alpha}}{v_{L\alpha}^2 + v_{L\beta}^2} \bar{q} + \frac{v_{L\alpha}}{v_{L\alpha}^2 + v_{L\beta}^2} \tilde{q} \quad (6)$$

در این رابطه  $p$ ،  $\tilde{p}$  به ترتیب قدرت اکتیو متوسط و قدرت اکتیو نوسانی بار و  $q$ ،  $\tilde{q}$  به ترتیب قدرت راکتیو متوسط و قدرت راکتیو نوسانی بار می باشند. به منظور داشتن جریانهای سینوسی باضریب توان واحد در طرف منبع بایستی اکتیو فیلتر جملات دوم، سوم و چهارم جریانهای روابط (۵) و (۶) را جبرانسازی نماید.

در اینجا دو روش کنترلی جهت تولید جریانهای مرجع اینورتر منبع ولتاژ بیان می شود ۱- روش مستقیم کنترل جریان ۲- روش غیر مستقیم کنترل جریان

#### ۴- کنترل جریان اینورتر منبع ولتاژ با روش مستقیم

در روش کنترل جریان مستقیم اینورتر سیگنالهای مرجع سویچینگ صافی فعال از مقایسه جریانهای مرجع محاسبه شده  $(i_{cc}^*, i_{cb}^*, i_{ca}^*)$  و جریانهای خروجی اندازه گیری شده صافی فعال  $(i_{cc}, i_{cb}, i_{ca})$  بدست می آیند. جریانهای مرجع در حوزه  $\alpha\beta$  بدین صورت از معادلات (۵) و (۶) حاصل می شوند:

$$i_{c\alpha}^* = \left( \frac{-v_{L\beta}}{v_{L\alpha}^2 + v_{L\beta}^2} \bar{q} + \frac{v_{L\alpha}}{v_{L\alpha}^2 + v_{L\beta}^2} \tilde{p} + \frac{-v_{L\beta}}{v_{L\alpha}^2 + v_{L\beta}^2} \tilde{q} \right) \quad (7)$$

$$i_{c\beta}^* = \left( \frac{v_{L\alpha}}{v_{L\alpha}^2 + v_{L\beta}^2} \bar{q} + \frac{v_{L\beta}}{v_{L\alpha}^2 + v_{L\beta}^2} \tilde{p} + \frac{v_{L\alpha}}{v_{L\alpha}^2 + v_{L\beta}^2} \tilde{q} \right) \quad (8)$$

#### ۳- الگوریتم های کنترلی جهت جبران سازی هارمونیکها و توان راکتیو در سیستمهای سه فاز

پرفسور Akagi etal مفاهیم جدیدی از توانهای اکتیو و راکتیو لحظه ای که در طول پریود گذرا و برای شکل موجهای لحظه ای ولتاژ و جریان معتبر می باشند، معرفی نمود. این تئوری علاوه بر سیستمهای سه فاز سه سیمه در سیستمهای سه فاز چهار سیمه نیز اعتبار دارد.

تبدیل  $\alpha\beta$  یک تبدیل جبری از ولتاژها و جریانها در مرجع ساکن می باشد که به تبدیل Clarke نیز مشهور می باشد. تبدیل  $\alpha\beta$  ولتاژهای سه فاز و تبدیل عکس آن توسط روابط زیر بیان می شود.

$$\begin{bmatrix} v_{Lo} \\ v_{L\alpha} \\ v_{L\beta} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} v_{La} \\ v_{Lb} \\ v_{Lc} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} i_{Lo} \\ i_{L\alpha} \\ i_{L\beta} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_{La} \\ i_{Lb} \\ i_{Lc} \end{bmatrix} \quad (2)$$

یکی از امتیازات تبدیل  $\alpha\beta$  جداسازی مولفه توالی صفر در یک محور جداگانه  $O$  می باشد (متغیرهای  $i_o, v_o$ ). توانهای لحظه ای تعریف شده در مرجع  $\alpha\beta$  عبارتند از توان اکتیو  $p$  و توان راکتیو  $q$  و توان مولفه توالی صفر  $p_o$  که این توانها توسط رابطه زیر داده می شود:

$$\begin{bmatrix} p_o \\ p \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{Lo} & 0 & 0 \\ 0 & v_{L\alpha} & v_{L\beta} \\ 0 & -v_{L\beta} & v_{L\alpha} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} i_{Lo} \\ i_{L\alpha} \\ i_{L\beta} \end{bmatrix} \quad (3)$$

بدین ترتیب می توان جریانهای بار در مرجع  $\alpha\beta$  را بدین صورت محاسبه نمود:

جملات دوم و سوم عبارتهای (۷) و (۸) از توان هارمونیکی سرچشمه می گیرند درحالی که عبارت اول از متوسط توان راکتیو مورد نیاز بار تاثیر می پذیرد. بدین ترتیب صافی فعال بایستی کل توان هارمونیکی و قدرت متوسط مورد نیاز بار را تامین نماید. علامت منفی پشت پارانتزها جهت تزریق توان از سوی صافی فعال به بار را بیان می نماید. در این مقاله فرکانس سوچینگ ۱۰kHz انتخاب میشود که معمولا از ده برابر فرکانس آخرین هارمونیکی که میخواهیم جبران شود بیشتر است. (تقریبا تا هارمونیک نوزدهم).

که جریانهای طرف منبع بعد از جبران سازی دارای جهشهایی (spikes) هنگام تغییرات پله ای بار می باشند. این موضوع به خاطر عدم جبران سازی لحظه ای هارمونیکها و همچنین عدم اطلاع کنترلر PWM جریان از شکل واقعی جریانهای منبع می باشد. و این مسئله از آنجائیکه می شود که کنترل جریان مبدل بر اساس محاسبه جریانهای مرجع  $(i_{ca}^*, i_{cb}^*, i_{cc}^*)$  و مقایسه آنها با جریانهای اندازه گیری شده خروجی اکتیو فیلتر یعنی  $(i_{ca}, i_{cb}, i_{cc})$  بنا نهاده شده است.

### ۵- روش کنترل جریانهای منبع تغذیه یاروش غیرمستقیم

در روش کنترل جریان غیر مستقیم سیگنالهای سوچینگ صافی فعال از مقایسه جریانهای مرجع محاسبه شده  $(i_{sa}^*, i_{sb}^*, i_{sc}^*)$  و جریانهای اندازه گیری شده طرف منبع  $(i_{sa}, i_{sb}, i_{sc})$  بدست می آیند. با توجه به اینکه منبع فقط بایستی توان اکتیو مورد نیاز بار را تامین نماید، جریانهای مرجع در حوزه  $\alpha\beta$  بدین صورت از معادلات (۳) و (۴) حاصل می شوند:

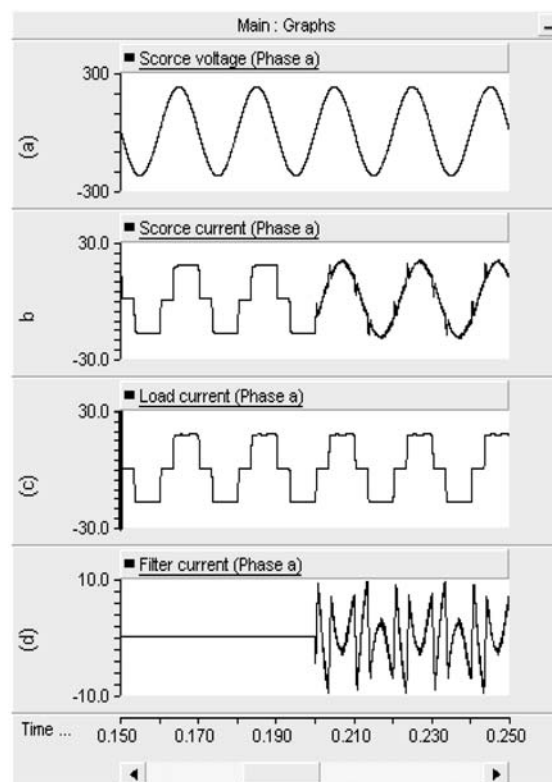
$$i_{sa}^* = \frac{v_{L\alpha}}{v_{L\alpha}^2 + v_{L\beta}^2} p \quad (9)$$

$$i_{sb}^* = \frac{v_{L\beta}}{v_{L\alpha}^2 + v_{L\beta}^2} p \quad (10)$$

صافی فعال شکل ۱ توسط الگوریتم کنترلی جریان غیر مستقیم اصلاح شده و پس از وصل به مدار نتایج حاصله در شکل ۳ آورده می شود. همانطور که از شکل مشخص است Spike ها تا حدود زیادی کم شده اند اما شکل موج جریان منبع تغذیه دارای اعوجاج می باشد که در قسمت بعد با استفاده از الگوریتم کنترل جریان غیر مستقیم تعمیم یافته این مشکل نیز می تواند حل شود.

### ۶- الگوریتم کنترلی جریان غیر مستقیم تعمیم یافته

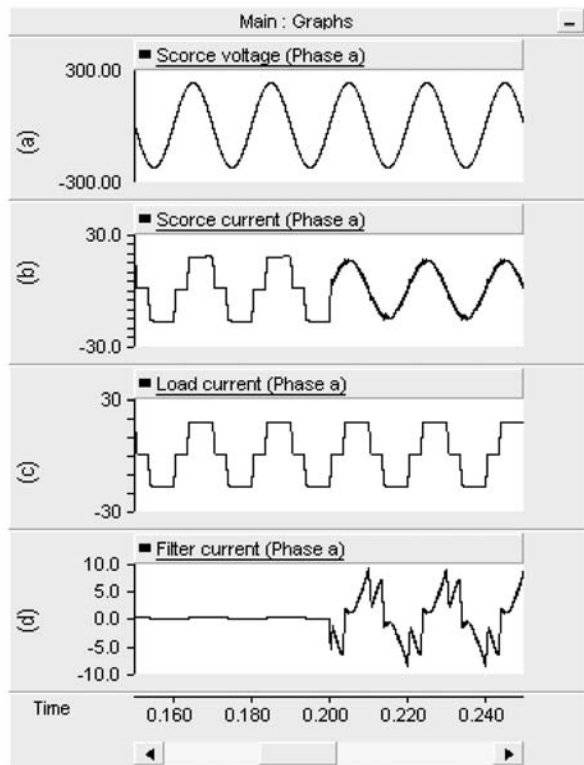
توان حقیقی ( $P$ ) بکار رفته در معادلات (۹) و (۱۰) شامل دو مولفه می باشد. یکی از آنها مولفه  $dc$  ( $p$ ) و دیگری مولفه  $ac$  ( $\tilde{p}$ ) می باشد. به منظور داشتن جریانهای سینوسی و هم فاز با ولتاژهای متناظر بایستی مولفه  $dc$  ( $\bar{p}$ ) توان حقیقی از سوی منبع تامین



شکل (۲): (a) ولتاژ فاز a (ولت) (b) جریان طرف منبع فاز a (آمپر)  $THD = 10.2\%$  (c) جریان بار فاز a (آمپر)  $THD = 29.9\%$  (d) جریان تزریقی صافی فعال فاز a (آمپر)

در تئوری توان راکتیو پایه گذاری شده بر مبنای الگوریتم کنترل جریان مستقیم توسط Akagi et al در مراجع [۱،۳] جمله دوم عبارت های (۷) و (۸) جبران سازی نمی شود. صافی فعال شکل ۱ توسط الگوریتم کنترلی جریان مستقیم اصلاح شده تست می شود و نتایج شبیه سازی در شکل ۲ آورده شده است. ملاحظه می شود

یافته شبیه سازی می شود و نتایج حاصله در شکل ۴ آورده شده است. همچنان که از شکل مشخص است جهشها نسبت شکل ۲ تا حد زیادی کم شده اند و ضریب توان اصلاح گردیده است.

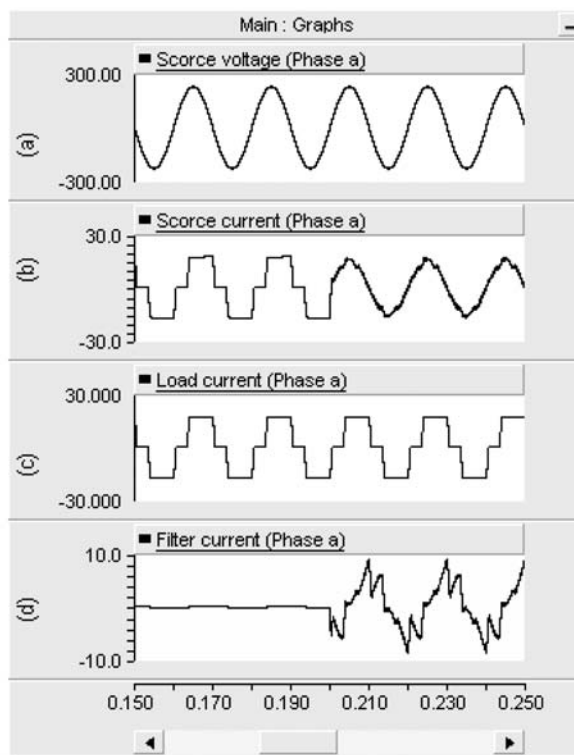


شکل (۴): (a) ولتاژ فاز *a* (ولت) (b) جریان طرف منبع فاز *a* (آمپر)  $THD = 29.9\%$  (c) جریان بار فاز *a* (آمپر)  $THD = 3.2\%$  (d) جریان تزریقی صافی فعال فاز *a* (آمپر)

#### ۷- الگوریتم کنترلی بهبود یافته جهت کنترل آرایش جدید صافی فعال

الگوریتم کنترلی بهبود یافته یعنی کنترل جریانهای منبع تغذیه با استفاده از جریانهای مرجعی که از نمونه برداری ولتاژها و جریانهای بار بدست می آیند، جهت کنترل آرایش جدید صافی فعال پیشنهادی که در شکل ۵ نشان داده شده است، بکار گرفته شده است. از آنجا که توان راکتیو در اینورتر از طریق ارتباط فازها با یکدیگر توسط کلیدها و دیودها تولید می شود مدار جدید با ایجاد مسیرهای اضافه توسط دیودهایی که به مدار اضافه شده اند، می تواند به نحو مطلوبتری عمل جبران سازی و متعادل سازی را انجام

شود و مجموع توانهای هارمونیک و متوسط توان راکتیو مولفه نوسانی توان حقیقی یعنی  $\tilde{p} + \tilde{q}$  مورد نیاز بار از سوی اکتیو فیلتر به بار تامین شود. با توجه به جریانهای طرف منبع شکل ۳ ملاحظه میشود که این جریانها شامل اعوجاج می باشند و این اعوجاج به خاطر تغذیه قسمت هارمونیک توان اکتیو مورد نیاز بار ( $\tilde{p}$ ) توسط منبع می باشد بنا بر این جریانهای مرجع منبع تغذیه طوری اصلاح می شوند که فقط مولفه DC توان حقیقی از طرف منبع تغذیه داده شود.



شکل (۳): (a) ولتاژ فاز *a* (ولت) (b) جریان طرف منبع فاز *a* (آمپر)  $THD = 7\%$  (c) جریان بار فاز *a* (آمپر)  $THD = 29.9\%$  (d) جریان تزریقی صافی فعال فاز *a* (آمپر)

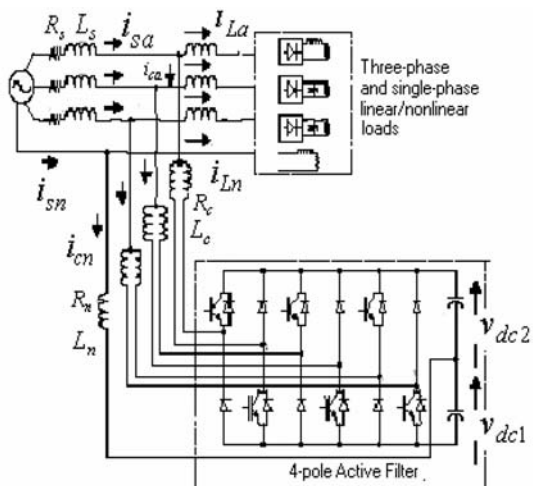
بدین ترتیب معادلات (۹) و (۱۰) به این صورت اصلاح می شوند:

$$i_{s\alpha}^* = \frac{v_{L\alpha}}{v_{L\alpha}^2 + v_{L\beta}^2} \bar{p} \quad (11)$$

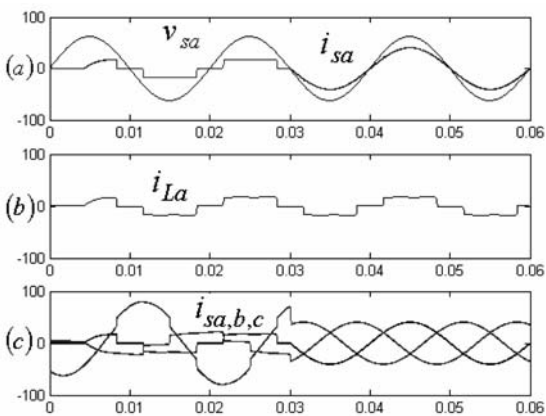
$$i_{s\beta}^* = \frac{v_{L\beta}}{v_{L\alpha}^2 + v_{L\beta}^2} \bar{p} \quad (12)$$

اکتیو فیلتر شکل ۱ توسط الگوریتم کنترلی جریان مستقیم بهبود

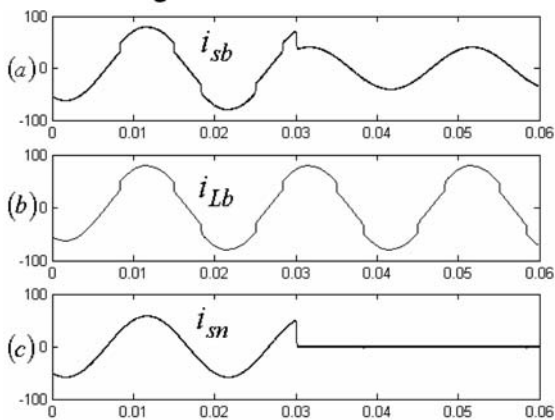




شکل (۵): آرایش جدید صافی فعال موازی به همراه بارهای خطی و غیر خطی نامتعادل، جهت استفاده در سیستمهای سه فاز چهار سیمه



شکل (۶): (a) ولتاژ فاز a (ولت) و جریان طرف منبع فاز a (آمپر) (b) جریان بار فاز a (آمپر) (c) جریانهای سه فاز طرف منبع (آمپر)



شکل (۷): (a) جریان طرف منبع فاز b (آمپر) (b) جریان بار فاز b (آمپر) (c) جریان سیم خنثی طرف منبع (آمپر)

دهد. هر کدام از سلفهای با سر وسط می توانند دارای هسته مشترک باشند و امپدانس آنها و کوپلینگ مغناطیسی باعث کم شدن جریان گردشی و حذف مولفه DC خواهد شد. بار در این حالت ترکیبی از بارهای خطی/ غیر خطی و نامتعادل می باشد. نتایج شبیه سازی در شکل ۶ و ۷ نشان داده شده است. از نتایج شبیه سازی چنین بر می آید که با بکار بردن الگوریتم کنترلی بهبود یافته جهت کنترل مدار جدید صافی فعال می توان در سیستمهای سه فاز چهار سیمه به جبران سازی هارمونیکها و توان راکتیو، اصلاح ضریب توان و متعادل سازی بار پرداخت. با توجه به شکل ملاحظه می شود از لحظه ای که صافی فعال به شبکه سوئیچ می شود جریانهای منبع تغذیه سینوسی و هم فاز با ولتاژهای متناظر میشوند. همچنین جریان سیم خنثی ناشی از نامتعادلی جریانهای سه فاز، بعد از جبران سازی صفر میشود. آرایش جدید از سه سلف و سه دیود اضافی نسبت به مدار قبلی استفاده می کند که در این مورد لازم است به این نکته اشاره شود که اولاً مدار شکل (۱) قادر به جبران سازی سیم خنثی نمی باشد و اگر بخواهیم با این آرایش به جبران سازی سیم خنثی بپردازیم مجبوریم از آرایش سه پایه (tor-split capacitor) یا آرایش چهار پایه استفاده کنیم که در هر دو مورد فیلتر های RC بین سیم زمین و فازها قرار گرفته است و اگر بخواهیم از فیلتر استفاده نکنیم هارمونیک های سوئیچینگ وارد سیستم AC خواهند شد ولی در توپولوژی جدید چنین مشکلی وجود ندارد. ثانیاً اگر بخواهیم این اینورترها به شبکه سوئیچ شوند بایستی از ترانسفورماتور استفاده نماییم و در صورت عدم استفاده از آن ولتاژهای AC بالا عملکرد دینامیکی را خراب می کنند ولی در توپولوژی جدید نیازی به استفاده از ترانسفورماتور نیست. اگر ولتاژهای منبع نامتعادل و موج باشند باز با این روش پیشنهادی جریان سیم خنثی را می توان جبران سازی نمود. و جریانهای نامتعادل و هارمونیک بار را می توان از دیدگاه منبع متعادل و هم فاز با مولفه اصلی ولتاژ نمود. بدین ترتیب با این شبیه سازی مفید بودن توپولوژی جدید صافی فعال پیشنهادی با الگوریتم کنترلی بهبود یافته معلوم می گردد. شکل (۸) بلوک دیاگرام کنترل آرایش جدید صافی فعال را با استفاده از الگوریتم بهبود یافته نشان می دهد.

صافی فعال موازی با الگوریتم کنترلی بهبود یافته بطرز مطلوبی عمل می نماید. ملاحظه شد که با این شیوه جبران سازی جریانهای طرف منبع هم فاز با ولتاژهای متناظر، متعادل و سینوسی می شوند. همچنین جریان سیم خنثی بطور کامل جبران سازی می شود و به مقدار صفر تنظیم می شود.

#### ۹- ضمیمه

پارامترهای مورد استفاده در مدارها

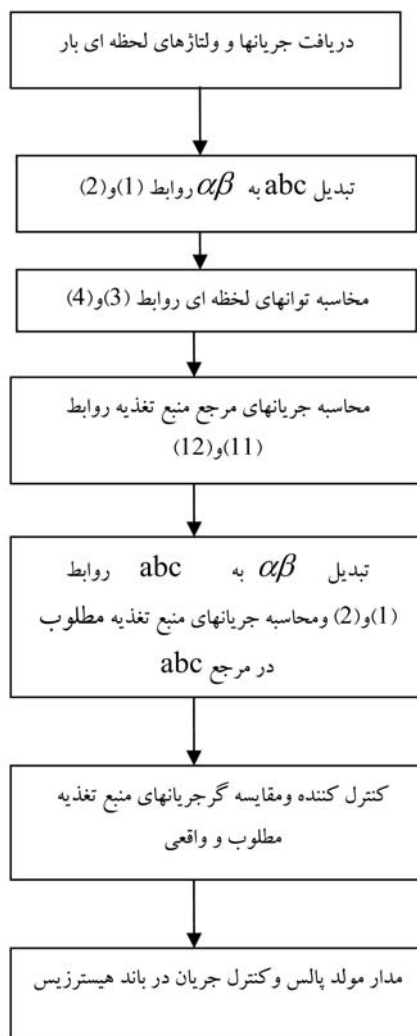
$$R_s = 0.1 \Omega, L_s = 0.5 \text{ mH}, f = 50 \text{ HZ}$$

$$R_c = 0.1 \Omega, L_c = 3.94 \text{ mH}, C_{dc1} = 5 \mu F$$

$$C_{dc2} = 5 \mu F, R_n = 0.05 \Omega, L_n = 1.6 \text{ mH}$$

#### مراجع

- [1]. H.Akagi, Y. Kanazawa, "Instantaneous Reactive Power Compensator Comprising Switching Devices Without Energy Storage components," IEEE Trans. Ind. Appl., Vol.IA-20, no.3, 1984, PP. 625-630
- [2]. H.Akagi and A.Nabae, "The p-q theory in three-phase systems under non-sinusoidal conditions", The Journal of ETEP, vol.3,no.1,January/February 1993, pp.37-31.
- [3]. L. Gyugyi, "Reactive power generation and control by thyristor circuits", IEEE Transactions on Industry Applications, vol. IA-15, no. 5, September/October 1978.
- [4]. M. Rastogi, N. Mohan, and A. A. Edris, "Filtering of harmonics currents and damping of resonances in power systems with a hybrid-active filter", IEEE Applied Power Electronics Conference (APEC), Dallas/USA 1995, pp. 607-612
- [5]. S. Bhattacharya, A. Veltman, D. Divan and R. D. Lorenz, " Flux based active filter controller", IEEE Industry Application Society Annual meeting, Orlando/USA 1995, pp. 2483-2491.
- [6]. Bhim Singh, Brij N. Singh, A. Chandra, and K. Al-Haddad, "DSP-based implementation of an improved control algorithm of a three-phase active filter for compensation of unbalanced non-linear loads", The Journal of ETEP, vol.10,no.1,January/February 2000,pp.29-34
- [7]. Bhim Singh, K. Al-Haddad, and A. Chandra, "A new control approach to three-phase active filter for harmonics and reactive power compensation", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 13, no. 1, February 1998



شکل (۸): بلوک دیاگرام الگوریتم بهبود یافته برای آرایش جدید صافی فعال

#### ۸- نتیجه گیری

در این مقاله با استفاده از تئوری توان راکتیو، الگوریتم کنترلی جدیدی جهت استخراج جریانهای مرجع صافی فعال استخراج گردید. الگوریتم کنترلی جدید و بهبود یافته، نیازی به مدار کنترلی PLL (Phase Locked Loop) ندارد و فقط بر اساس اندازه گیری جریانها و ولتاژهای بار عمل می نماید. این الگوریتم کنترلی حتی تحت شرایط نامتعادلی ولتاژهای شبکه به نحو مطلوبی عمل می نماید. الگوریتم کنترلی جدید به آرایش جدیدی از صافی فعال موازی اعمال شد. نتایج شبیه سازی نشان داد که آرایش جدید