



Optimum Active Power Filter Satu Fasa Untuk Mengurangi Total Harmonic Current

Jumadri JN^{*1}, Gunawan Toto Hadi², Ria Saptarika³, Intan Kumala Sari⁴

^{1,2,3}Teknik Elektro, Universitas Batam, Kota Batam, Indonesia

*Korespondensi penulis: gunawan.hadi21@univbatam.ac.id

ARTICLE INFO

Genesis Artikel:

Diterima, 8 Maret 2026

Direvisi, 30 Maret 2026

Disetujui, 8 April 2026

Kata Kunci:

Sensor DHT11, mikrokontroler,
Bluetooth, sensor mandiri

Keywords:

Sensor DHT11, microcontroller,
Bluetooth, portable sensor

ABSTRACT

This paper present active power filter (APF) to reduce harmonic current of a single phase. The use non linear load such as, batteray charger generate harmonic current load this condition cause the power quality of system decrease. Therefore, it need to be improved so that total harmonic distortion (THD) value becomes low. This research proposed the active power filter to increase capasitor voltage (Vdc) with boost converter combination. In order to verify the proposed APF, a simulation model using Matlab/Simulink was developed. The result show THD, by using the proposed design, THD current batteray charger system can be reduced.

ABSTRAK

Artikel ini menyajikan filter daya aktif (APF) untuk mengurangi arus harmonik pada sistem satu fasa. Penggunaan beban non-linier seperti pengisi daya baterai menghasilkan beban arus harmonik, kondisi ini menyebabkan kualitas daya sistem menurun. Oleh karena itu, perlu ditingkatkan agar nilai distorsi harmonik total (THD) menjadi rendah. Penelitian ini mengusulkan filter daya aktif untuk meningkatkan tegangan kapasitor (Vdc) dengan kombinasi konverter boost. Untuk memverifikasi APF yang diusulkan, model simulasi menggunakan Matlab/Simulink dikembangkan.

Hasil menunjukkan THD, dengan menggunakan desain yang diusulkan, arus THD pada sistem pengisi daya baterai dapat dikurangi.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2021 by Author. Published by Universitas Batam.



PENDAHULUAN

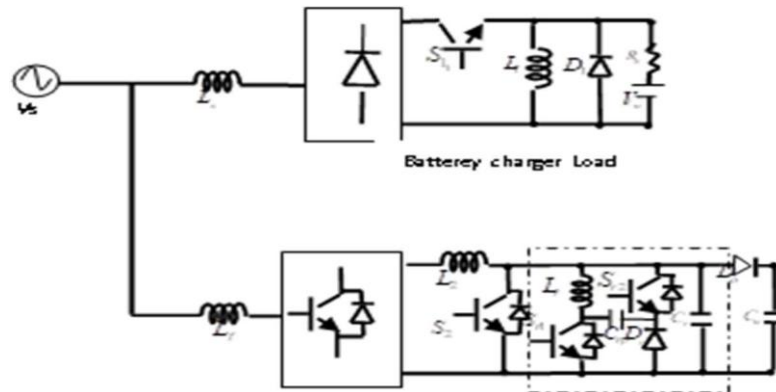
Teknologi modern menggunakan banyak beban non-linier untuk menghubungkan perangkat elektronik seperti komputer pribadi (PC), ponsel pintar, oven microwave, penggerak kecepatan variabel, pengisi daya baterai, dan peralatan elektronik industri dengan sistem daya (Janggi dkk. 2014), (De Araujo Ribeiro dkk. 2012), (Panda dkk. 2012). Arus non-sinusoidal ditarik dari sumber daya dan distorsi tegangan yang menyebabkan harmonik (Izhar dkk. 2004). Baru-baru ini, harmonik menjadi bidang yang sangat penting untuk dieksplorasi karena menyebabkan banyak masalah pada peralatan elektronik seperti panas berlebih, faktor daya rendah, kehilangan data, kerusakan komponen jaringan, kegagalan kabel, arus balik netral yang berlebihan pada konduktor arus netral, dan pemadaman sistem (Adam dkk. 2011).

Saat ini, terdapat beberapa metode untuk mengurangi arus harmonik yang telah digunakan oleh para peneliti sebelumnya, yaitu filter pasif dan filter aktif (Sriranjani 2014). Filter pasif telah digunakan untuk membatasi aliran arus harmonik dalam sistem distribusi. Namun, filter pasif masih memiliki banyak kekurangan seperti masalah penyetelan, dimensi dan berat perangkat yang besar. Selain itu, resonansi paralel yang dihasilkan oleh perangkat dapat memperkuat arus harmonik dari sumber terkait yang besar, serta resonansi paralel antara filter daya menyebabkan penguatan arus harmonik di sisi sumber (Tey et al. 2005), (A. MMassoud, S. J. Finney 2004), (F.Z. Peng et al. 1988), (Salim & Toufik 2011), (Chaugule et al. 2013). Penelitian ini mengusulkan filter daya aktif (APF) untuk mengatasi masalah tersebut. APF lebih efektif untuk menekan semua sistem harmonik (Jiang & Chen 2009), (Tian et al. 2012), (Chaoui et al. 2008).

Saat ini, soft switching dipromosikan untuk mengatasi kelemahan PPF dan APF (Kurokawa dkk. 2000), (Pakdel 2008) dalam mengurangi arus harmonik, tetapi kendala ditemukan ketika THD menurun hingga lebih dari 50% (Jiang 2001). Oleh karena itu, filter aktif kombinasi konverter boost ditambahkan MOSFET dan Resonansi pada filter daya aktif penguat. MOSFET digunakan untuk menurunkan tegangan tembus dan mengurangi titik panas lokal (O. Ishikawa 1985), (Van Emden et al. 2013). Dengan demikian, MOSFET merupakan teknologi yang menjanjikan dalam mengurangi THD secara signifikan. Makalah ini membahas tentang perbandingan sistem daya antara dengan filter aktif (APF) dan tanpa filter daya aktif (APF).

A. Pengajuan APF jenis Soft Switching

Pengalihan daya aktif lunak baru menggunakan rangkaian resonansi tambahan seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. APF yang diusulkan

Gambar 1 menunjukkan bahwa beban non-linier dihasilkan oleh pengisi daya baterai dan dihubungkan dengan konverter DC-DC buck. Tujuannya adalah untuk menurunkan tegangan beban dari tegangan sumber AC (V_s).

Tegangan DC untuk active power filter tergantung kepada rasio dari amplitudo modulasi dimana:

$$V_{dc} = \frac{V_{in}}{m} \quad (1)$$

Di mana m adalah rasio modulasi amplitudo (siklus kerja salah satu sakelar inverter) dan V_{in} adalah tegangan AC

$$= \sqrt{2} V_{max}, V_{si} \text{ diasumsikan sebagai } V_{dc}.$$

Filter daya aktif terdiri dari empat MOSFET dengan metode fase tunggal jembatan di mana kapasitor dihubungkan dengan induktor secara seri. Filter ini dioperasikan dengan menggunakan konsep pengalihan tegangan nol dan pengalihan arus nol. Terdapat sakelar utama, dua sakelar bantu, sebuah kapasitor, sebuah induktor resonansi, dan sebuah dioda yang beroperasi berdasarkan sepuluh mode operasi pada rangkaian penguat daya.

Konverter boost yang dikombinasikan dengan filter daya aktif (APF) diusulkan untuk mode operasi prinsip seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. Mode yang diusulkan dibagi menjadi 10 mode operasi.

Mode operasi pertama ($t_0 \leq t \leq t_1$) diasumsikan bahwa sakelar S_1 aktif dan sakelar S_2 nonaktif, serta D_1 dan D_2 nonaktif. Arus tidak dapat mengalir melalui sakelar S_1 dan S_2 . Arus yang mengalir melalui D_1 dan D_2 adalah $i_{Ld}(t) = 0$ dengan $V_{cr}(t) = 0$. Oleh karena itu, energi induktor utama dalam transfer beban ditunjukkan pada persamaan 2 dan persamaan 3.

$$V_L(t) = V_{si} - V_o \quad (2)$$

$$i_L(t) = \frac{1}{L} \int V_L(t).dt \quad (3)$$

$$i_L(t) = \frac{V_{si} - V_o}{L} (t - t_0) \quad (4)$$

Selama ini arus induktor resonansi adalah nol, dan kapasitor resonansi yang terisi sama dengan tegangan keluaran.

Mode operasi ke-2 ($t_1 \leq t \leq t_2$). Terdapat dua loop arus di mana sakelar S_2 dimatikan. Oleh karena itu arus induktor resonansi meningkat secara linier dari nol. Arus induktor resonansi ditunjukkan pada persamaan 5.

$$i_{Lr}(t) = \frac{V_o}{L_r} (t - t_1) \quad (5)$$

The 3rd operation mode ($t_2 \leq t \leq t_3$). The diode resonant (D_{r1}) and main diode D_0 is turn off, so the energy inductor (L_r) is transferred to resonant capacitor C_r (V_r). The inductor voltage and current are represented in equations 17 and equation 18.

$$V_L(t) = V_s - V_{cr} \quad (6)$$

$$i_{Lr}(t) = \frac{V_s - V_{cr}}{L_r} (t - t_2) \quad (7)$$

Mode operasi ke-4 ($t_3 \leq t \leq t_4$). Dioda utama D_0 dimatikan. Kapasitor resonansi dan induktor resonansi menyebabkan arus mengalir ke induktor resonansi yang dihasilkan oleh kombinasi antara arus induktor utama dan arus kapasitor resonansi. Selama periode resonansi, tegangan resonansi sama dengan nol. Oleh karena itu, persamaan 8 dan persamaan 9 menunjukkan perhitungan frekuensi dan impedansi.

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{L_r C_r}} \quad (8)$$

$$Z_r = \sqrt{\frac{L_r}{C_r}} \quad (9)$$

Di mana: dan C_r masing-masing adalah kecepatan sudut, impedansi resonansi, induktor resonansi, dan kapasitor resonansi.

Mode Operasi ke-5 ($t_4 \leq t \leq t_5$) adalah mode ini ketika sakelar S_1 menyala dan kemudian tegangan kapasitor resonansi (C_r) adalah nol. Oleh karena itu, tegangan utama (C_r) dan kapasitor resonansi C_{r2} sama dengan nol (0). Induktor utama dihitung berdasarkan persamaan 10.

$$i_L(t) = i_{min} + \frac{V_{si}}{L} (t - t_3) \quad (10)$$

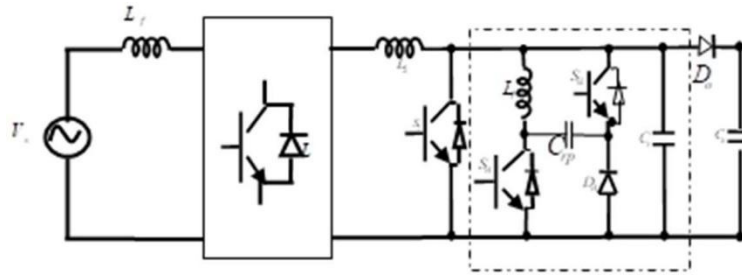
Mode Operasi ke-6 ($t_5 \leq t \leq t_6$). Pada mode ini, sakelar S_r dihidupkan, dan dioda bantu D_{r1} dan D_{r2} tidak terhubung sehingga menghasilkan tegangan nol. Ketika induktor resonansi (L_r) dan kapasitor resonansi (C_{r2}) terisi penuh, frekuensi dan impedansi dihitung berdasarkan persamaan 11 dan persamaan 12.

$$Z_r = \sqrt{\frac{L_r}{C_{r2}}} \quad (11)$$

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{\frac{L_r}{C_{r2}}}} \quad (12)$$

Dimana resonant impedance dan frekuensi angular adalah Z_x dan ω respectively Mode Operasi ke-7 ($t_6 \leq t \leq t_7$). Tegangan C_{rp} telah mencapai nol ketika sakelar bantu dihidupkan. Arus jalur bebas dimatikan pada induktor resonansi dioda. Oleh karena itu, arus induktor resonansi dihitung dengan menggunakan persamaan 13.

$$i_{Lr} = \frac{V_{si}}{L} (t - t_3) + i_{min} \quad (13)$$

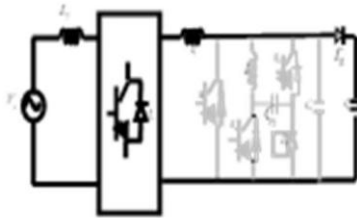


Gambar 2. APF Bost Converter yang diajukan

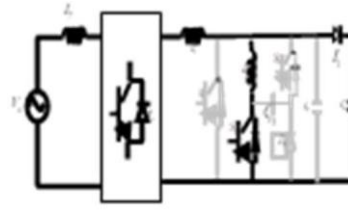
Mode Operasi ke-8 ($t_6 \leq t \leq t_7$). Dioda (D_r) dihidupkan dan sakelar S_{r2} dimatikan. Kondisi ini menyebabkan tegangan kapasitor resonansi menjadi nol. Arus induktor resonansi dipisahkan oleh arus induktor utama dan arus dioda bantu.

Mode operasi ke-9 ($t_8 \leq t \leq t_9$). Tegangan kapasitor resonansi sama dengan tegangan keluaran ketika sakelar utama dihidupkan dalam kondisi tegangan beban dan dua induktor resonansi arus sama dengan arus pengisian kapasitor resonansi.

Mode operasi ke-10 ($t_9 \leq t \leq t_{10}$). Tegangan nol dioda utama diamati ketika kapasitor resonansi (C_r) habis muatannya. Oleh karena itu, arus dioda utama dan induktor resonansi menurun secara linier menuju nol.



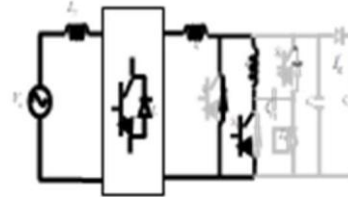
Gambar 3 Mode Operasi 1



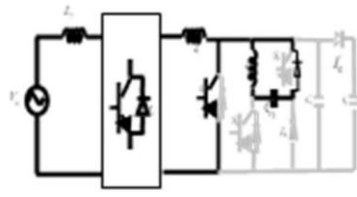
Gambar 4. Mode Operasi 2



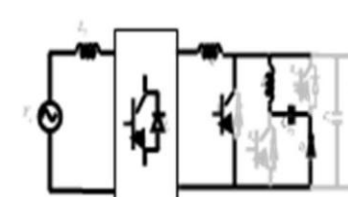
Gambar 5. Mode Operasi 3



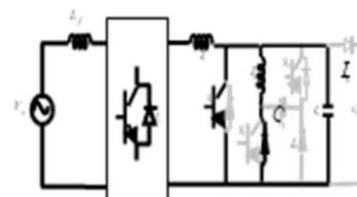
Gambar 6. Mode Operasi 4



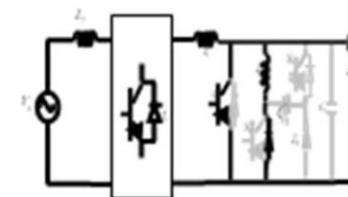
Gambar 7. Mode Operasi 5



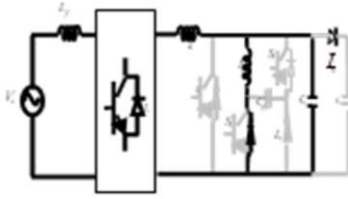
Gambar 8. Mode Operasi 6



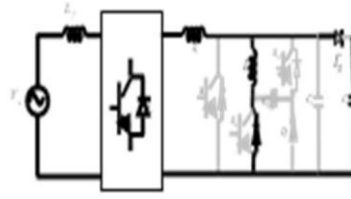
Gambar 9. Mode Operasi 7



Gambar 10. Mode Operasi 8



Gambar 11. Mode Operasi 9



Gambar 12. Mode Operasi 10

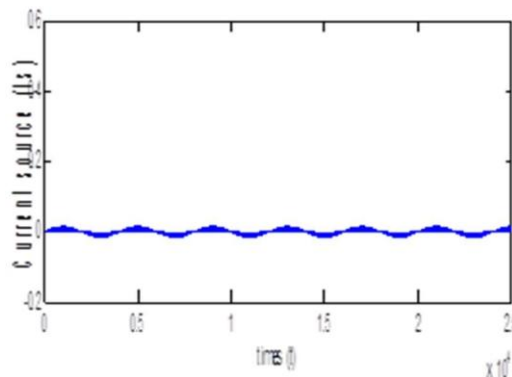
HASIL DAN PEMBAHASAN

Filter daya aktif (APF) konverter boost dikembangkan menggunakan simulasi MATLAB/Simulink. Data spesifikasi input tercantum dalam Tabel 1.

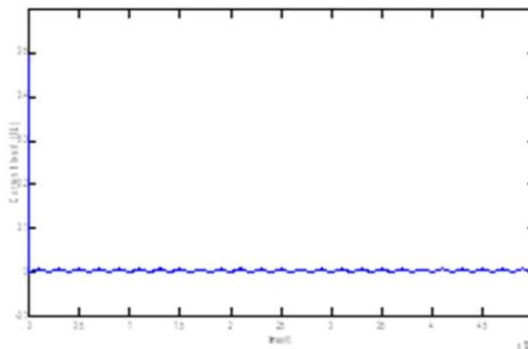
Tabel 1. Data spesifikasi APF yang direncanakan

Input voltage	240 V
Battery Charger	24 V
Switching frequency	40 kHz
Fundamentally frequency	50 Hz
Resonance inductor	33.25 μ H
Resonance conductor (Crp)	750 nF
Resonance conductor (Cr)	1 nF
Output boost conductor	1 μ F

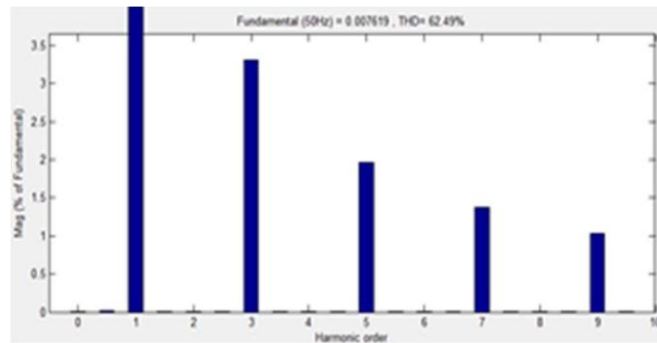
Hasil simulasi sakelar utama, sakelar bantu, dan sumber arus (i_s) serta arus beban sebelum dikompensasi oleh filter daya aktif untuk operasi beban kondisi tunak menyebabkan gelombang berbentuk nonsinusoidal pada sumber arus seperti yang ditunjukkan pada gambar 13 dan gambar 14. Hal ini menyebabkan distorsi pada suplai sumber arus. Namun, distorsi harmonik total sumber arus adalah 62,8% dalam operasi ini untuk waktu respons 1 detik.



Gambar 13. Sumber Arus i_s tanpa memakai APF



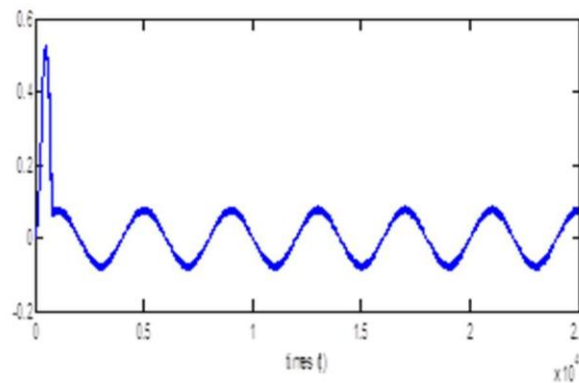
Gambar 14. Arus di Load i_L tanpa memakai APF



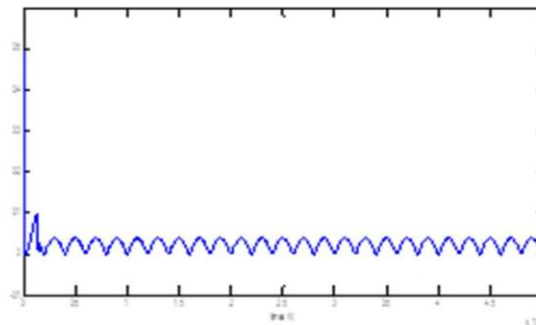
Gambar 15. THD arus Listrik tanpa memakai APF

Gambar 16 dan gambar 17 menunjukkan bahwa arus suplai serupa dengan bentuk gelombang sinusoidal dan arus beban setelah dihubungkan dengan konverter boost gabungan. Arus tersebut disuntikkan ke titik koneksi umum PCC dalam operasi beban kondisi tunak yang menghasilkan THD sebesar 8,78% dalam operasi ini. Sedangkan untuk waktu respons 0,05 detik.

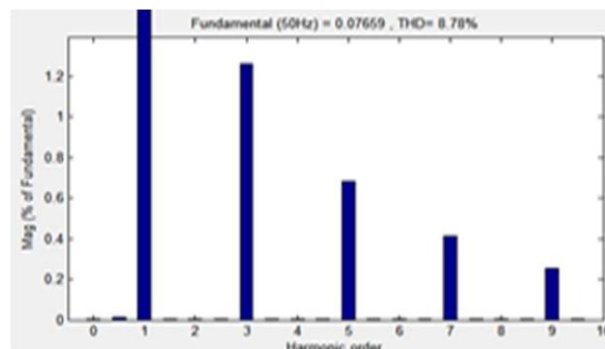
Kombinasi konverter boost dengan filter daya aktif (APF) secara efektif mengurangi THD dari 62,4% menjadi 8,78%. Data detail ditunjukkan pada gambar 15 dan gambar 18.



Gambar 16. Sumber Arus i_s yang ditambahkan rangkaian APF



Gambar 17. Arus beban i_L dengan memepergunakan APF



Gambar 18. THD arus Listrik dengan memakai APF

KESIMPULAN

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan melalui penyajian usulan sistem APF dengan konverter boost. Sistem ini diverifikasi melalui model simulasi. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat kenaikan arus yang dipergunakan setelah memmpergunakan APF dan terdapat perbaikan respon signal arus AC sinusoidal yang lebih baik. Pemakaian arus terhadap beban menunjukkan adanya peningkatan juga sebesar kurang lebih sebesar 42% . Terdapat penurunan terhadap Toal Harmonik Distortion (THD) dapat dikurangi hingga 54,02%..

Saran terhadap penelitian sebaiknya dikembangkan lagi dengan bentuk bentuk lain APF yang dapat diimplementasikan pada beberapa jenis converter converter jenis yang lainnya.

REFERENSI

- [1] Ishikawa, H.Y. and H.E., (1985). A 2.45 GHz power LD-MOSFET with reduced source inductance by V-groove connections. In IEDM 85. Osaka: Ieee, p. 6.7 –.
- [2] A. M. Massoud, S. J. Finney, and B.W.W., (2004). Review of Harmonic Current Extraction Techniques. 2004 11th International Conference on Harmonics and Quality of Power Review, pp.154–159.
- [3] Adam, G., Baciú, A.G.S. & Livint, G., (2011). a Matlab-Simulink Approach To Shunt Active Power Filters. In M. C. adeusz Burczynski, Joanna Kolodziej Aleksander Byrski, ed. European Conference on Modelling and Simulation ©ECMS. pp. 2–7.
- [4] De Araujo Ribeiro, R.L., De Azevedo, C.C. & De Sousa, R.M., (2012). A robust adaptive control strategy of active power filters for power-factor correction, harmonic compensation, and balancing of nonlinear loads. IEEE Transactions on Power Electronics, 27(2), pp.718–730.
- [5] Chaoui, a. et al., (2008). On the design of shunt active filter for improving power quality. 2008 IEEE International Symposium on Industrial Electronics, pp.31–37..
- [6] Chaughule, B.I., Nehete, A.L. & Shinde, R.,(2013). Reduction In Harmonic Distortion Of The System Using Active Power Filter In Matlab / Simulink . , pp.59–64
- [7] Van Emden, J.J.C., Van Duivenbode, J. & Duarte, J.L., (2013). Flying capacitor resonant pole inverter topology with reduced switch voltage stress. 2013 15th European Conference on Power Electronics and Applications, EPE 2013, pp.1–10
- [8] Izhar, M. et al., (2004). Performance for passive and active power filter in reducing harmonics in the distribution system. In National Power and Energy Conference, PECon 2004 - Proceedings. Kuala lumpur, Malaysia: IEE, pp. 104–108.
- [9] Tey, L.H., So, P.L. & Chu, Y.C., (2005). Improvement of Power Quality Using Adaptive Shunt Active Filter. IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, 20(2), pp.1558–1568..
- [10] Tian, J., Chen, Q. & Xie, B., (2012). Series hybrid active power filter based on controllable harmonic impedance. IET Power Electronics, 5(1), p.142.
- [11] Salim, C. & Toufik, B.M., (2011). Intelligent Controllers for Shunt Active Filter to Compensate Current Harmonics Based on SRF and SCR Control Strategies. , 3(3), pp.372–393.
- [12] Janggi, J.M. et al., (2014). Artificial Neural Network Controller for Single-Phase Active Power Filter. In Energy Conversion (CENCON), IEEE Conference on. Johor, Malaysia: Ieee, pp. 25–30.