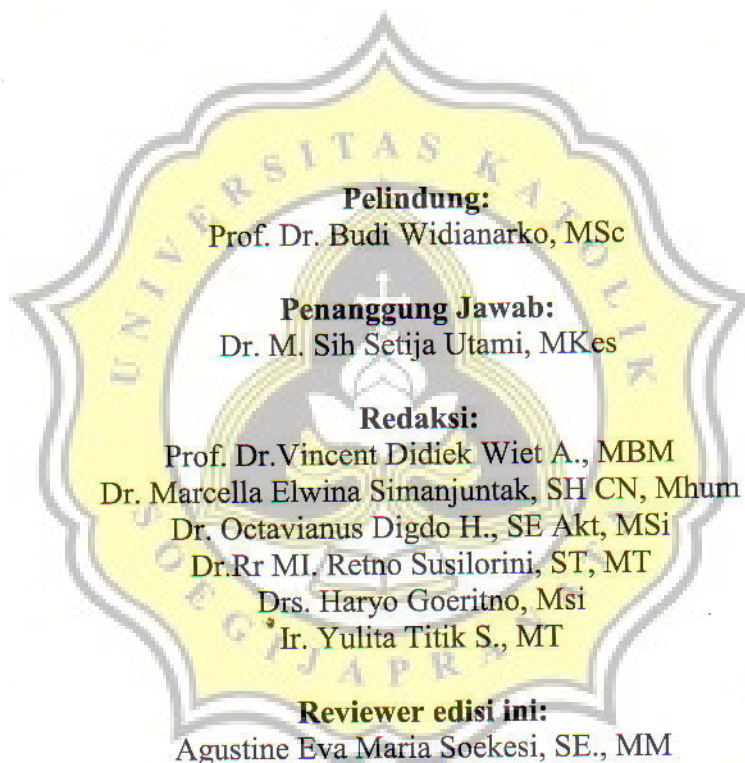


- Digital Technology for Local Knowledge Conservation Case Study: Javanese Vernacular Architecture
(Robertus Setiawan Aji Nugroho, Moediartianto, Krisprantono)
- Pengujian Kualitas Audit terhadap Ekspektasi Klien dalam Audit Judgement
(Sih Mirmaning Damar Endah, Stephana Dyah Ayu R., St.Lily Indarto)
- Pengaruh Injeksi Harmonisa Orde ke Tiga terhadap Kecepatan Motor Induksi dengan Kendali Tipe Volt/Hertz
(Leonardus. H. Pratomo)
- Tahapan Pengembangan Produk Konveksi Berbahan Dasar Batik pada Klaster Batik Pasirsari Pekalongan
(Agustine Eva Maria Soekesi, Rustina Untari, Anastasia Posmaria Setiasiwit Sitohang)
- Kajian Tapis Daya Aktif Paralel dengan Menggunakan Inverter Bertingkat sebagai Metode Perbaikan Arus Sumber
(Slamet Riyadi, Emmanuel Agung Nugroho)
- Pertimbangan Gender dalam Pengaruh Persepsi Pentingnya Klien bagi KAP, Jasa Nonaudit, Pergantian KAP pada Ekspektasi Klien dalam *Audit Judgement*
(Stefani Lily Indarto, Stephana Dyah Ayu R., SM. Damar Endah)
- Penilaian Status Gizi berdasarkan Kecukupan Energi (kalori) dan Protein pada Balita (usia 3 – 5 tahun) di Desa Gogik Kecamatan Ungaran Barat Kabupaten Semarang
(Ch Retnaningsih, Bayu Satria Putra, Sumardi)

Seri Kajian Ilmiah
November 2011 Vol.14 No.2
ISSN 0853-0707



Tata Usaha:
Barnabas Untung Sudianto

Alamat Redaksi:
LPPM Universitas Katolik Soegijapranata
Jl. Pawiyatan Luhur IV/1 Bendan Duwur Semarang
Fax. (024) 8415429 Email: lppm@unika.ac.id
Telp. (024) 8316142, 8441555 (Hunting)

Penerbit:
Universitas Katolik Soegijapranata

SERI KAJIAN ILMIAH
Seri Penelitian

Vol.14
No.2

ISSN
0853-0707

DAFTAR ISI

1. *Digital Technology for Local Knowledge Conservation Case Study: Javanese Vernacular Architecture*
(Robertus Setiawan Aji Nugroho, Moediartianto, Krisprantono) 91-104
2. Pengujian Kualitas Audit terhadap Ekspektasi Klien dalam Audit Judgement
(Sih Mirmaning Damar Endah, Stephana Dyah Ayu R., St.Lily Indarto) 105-114
3. Pengaruh Injeksi Harmonisa Orde ke Tiga terhadap Kecepatan Motor Induksi dengan Kendali Tipe Volt/Hertz
(Leonardus. H. Pratomo) 115-121
4. Tahapan Pengembangan Produk Konveksi Berbahan Dasar Batik pada Klaster Batik Pasirsari Pekalongan
(Agustine Eva Maria Soekesi, Rustina Untari, Anastasia Posmaria Setiasiwit Sitohang), 122-129
5. Kajian Tapis Daya Aktif Paralel dengan Menggunakan Inverter Bertingkat sebagai Metode Perbaikan Arus Sumber
(Slamet Riyadi, Emmanuel Agung Nugroho) 130-137
6. Pertimbangan Gender dalam Pengaruh Persepsi Pentingnya Klien bagi KAP, Jasa Nonaudit, Pergantian KAP pada Ekspektasi Klien dalam *Audit Judgement*
(Stefani Lily Indarto, Stephana Dyah Ayu R., SM. Damar Endah) 138-146
7. Penilaian Status Gizi berdasarkan Kecukupan Energi (kalori) dan Protein pada Balita (usia 3 – 5 tahun) di Desa Gogik Kecamatan Ungaran Barat Kabupaten Semarang
(Ch Retnaningsih, Bayu Satria Putra, Sumardi) 147-154

KAJIAN TAPIS DAYA AKTIF PARALEL DENGAN MENGUNAKAN INVERTER BERTINGKAT SEBAGAI METODE PERBAIKAN ARUS SUMBER

Slamet Riyadi, Emmanuel Agung Nugroho
Fakultas Teknik Elektro Unika Soegijapranata,
Mahasiswa Pascasarjana Bidang Konsentrasi Mekatronika Universitas Diponegoro

ABSTRACT

The use of electronic equipment in industrial area and households has created a non-linear loads. This non-linear loads creating the harmonic or pollution for the electricity. This phenomena were decreasing the quality of electric power. This paper show how to design a shunt active power filter to reduce harmonics using an installed parallel multilevel inverters against non linear load. The output of this paper is demonstrate the efficiency or improving between the use of active power filter with a single inverter and the multilevel inverter. The results of this simulation is the value of THD (Total Harmonic Distortion). THD value on a system using an active power filter with Multilevel Inverter showed a significant decrease if compared to the system without the addition of filters or with systems that use the Active Power Filter with a PWM inverter.

Key words: non-linear loads, Harmonics, shunt active power filter, Multilevel inverter.

PENDAHULUAN

Dalam aplikasi daya listrik dikenal dua buah beban yaitu beban linier dan beban non linier. Beban linier mencakupi komponen-komponen pasif seperti resistor, kapasitor dan induktor ideal. Sedangkan beban non linier biasa disebabkan oleh adanya pemakaian komponen-komponen penyearah seperti dioda dan atau thyristor. Penyearah tipe dioda menyebabkan munculnya beban non linier tanpa daya reaktif sedangkan penyearah thyristor menyebabkan munculnya beban non linier dengan daya reaktif. Pemakaian beban linier tidak menyebabkan perubahan bentuk arus terhadap tegangannya yaitu sinuoidal. Sedangkan pemakaian beban non linier menyebabkan arus berubah bentuk terhadap tegangan. Hal ini diakibatkan karena peralatan non linier tersebut mengeluarkan gelombang sendiri dan menginterferensi gelombang fundamental dari arus maupun tegangan yang disebut sebagai harmonisa.

Munculnya harmonisa menjadi satu factor penting menurunnya kualitas daya listrik. Terlebih lagi dengan adanya realita bahwa penggunaan peralatan elektronik selalu terkait dengan penggunaan komponen-komponen yang menyebabkan munculnya beban non linier.. Untuk itu kebutuhan untuk menekan harmonisa menjadi skala yang penting agar kita masih bisa menikmati fasilitas daya listrik yang berkualitas baik.

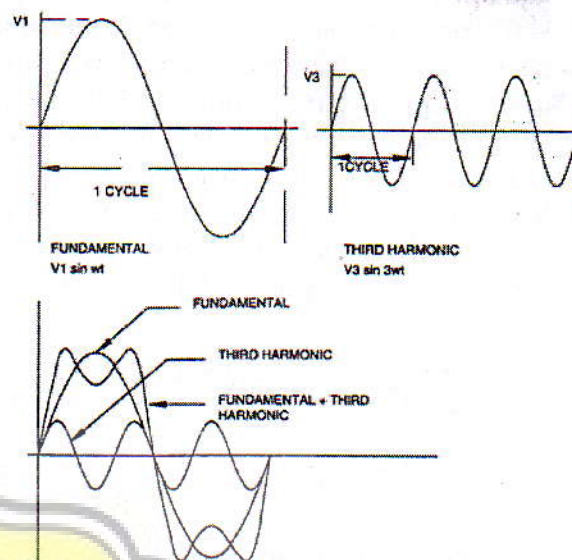
Penggunaan tapis daya aktif menjadi solusi dari permasalahan munculnya harmonisa ini. Tapis daya aktif merupakan suatu rangkaian kompensasi yang berfungsi untuk menginjeksikan arus kompensasi untuk mengurangi kandungan harmonisa yang ditimbulkan dari pemakaian beban tak linier. Dengan menginjeksikan arus kompensasi pada rangkaian beban tak linier maka arus beban tak linier dipaksa oleh arus kompensasi sehingga mengikuti karakteristik arus sumber sehingga memiliki THD rendah dan faktor daya mendekati 1.

Ada banyak metode yang dikembangkan untuk mendesain suatu Filter daya aktif paralel. Salah satunya adalah dengan metode PWM (*Pulse Width Modulation*), tetapi metode ini mempunyai kelemahan yaitu membutuhkan *switching frekuensi* tinggi dan akan timbul *losses* pada *switching* itu sendiri. Oleh karena itu untuk mengatasi masalah tersebut dikembangkan dengan *Multilevel Inverter* atau inverter bertingkat. Metode tersebut tidak memerlukan *switching frekuensi* yang terlalu tinggi dan daya yang dihasilkan juga lebih besar.

TINJAUAN PUSTAKA

Harmonisa

Harmonisa merupakan suatu fenomena yang timbul akibat pengoperasian beban listrik non linier. Beban non linier merupakan sumber terbentuknya gelombang pada frekuensi-frekuensi tinggi yang merupakan kelipatan dari frekuensi fundamental. Untuk sistem tenaga dengan f_0 sebagai frekuensi dasar, maka frekuensi dari harmonisa orde ke- n adalah $(n \times f_0)$. Gangguan harmonisa tergolong kedalam distorsi bentuk gelombang. Pada fenomena ini terjadi perubahan bentuk gelombang dari gelombang dasarnya. Sebagai contoh, frekuensi dasar dari sistem kelistrikan di Indonesia adalah 50 Hz maka harmonisa kedua adalah 2×50 Hz (100 Hz), ketiga adalah 3×50 Hz (150 Hz), dan seterusnya hingga harmonisa ke n yang memiliki frekuensi $n \times 50$ Hz. Jika distorsi dari bentuk gelombang harmonisa-harmonisa yaitu kedua, ketiga dan seterusnya dijumlahkan dengan gelombang dasar, maka bentuk gelombang tegangan atau arus akan terdistorsi.



Gambar 1. Fenomena munculnya Harmonisa

Harmonik yang muncul pada setiap kelipatan frekuensi fundamental ini dapat dihitung dengan persamaan *Total Harmonik Distortion* THD untuk arus sebagai berikut :

$$ITHD = \frac{\sum_{h=1}^{\infty} \sqrt{I_h^2}}{I_1} \quad (1)$$

Total Harmonic Distortion (THD) untuk tegangan didefinisikan dengan persamaan:

$$VTHD = \frac{\sum_{h=1}^{\infty} \sqrt{V_h^2}}{V_1} \quad (2)$$

Keterangan :

ITHD = Total Harmonik Distortion arus

I_1 = Arus Fundamental

I_n = Arus pada frekuensi ke n

VTHD = THD tegangan

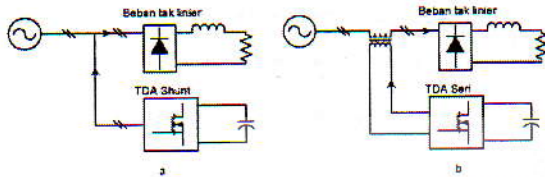
V_1 = Arus Fundamental

V_n = Arus pada frekuensi ke n

Tapis Daya Aktif

Tapis daya aktif merupakan suatu rangkaian kompensasi yang berfungsi untuk menginjeksikan arus kompensasi untuk mengurangi kandungan harmonisa yang ditimbulkan dari pemakaian beban

tak linier. Dalam aplikasinya tapis daya aktif dapat dipasang secara seri atau secara parallel terhadap beban. Tapis daya aktif shunt ditujukan untuk melakukan kompensasi harmonisa dan memberikan redaman terhadap resonansi akibat harmonisa. Sedangkan tapis daya aktif seri bertujuan sebagai isolasi harmonisa dan memberikan redaman bagi harmonisa.



Gambar 2. Tapis daya aktif (a) jenis shunt; (b) jenis seri

Persamaan yang menyatakan hubungan antara arus sumber, arus injeksi, dan arus beban pada gambar 2 dinyatakan dengan :

$$i_L = i_s + (-i_c) \quad (3)$$

Karena ide dasar *active filter* adalah membuat besaran dan fasa yang sama terhadap i_s maka;

$$i_h = -i_c$$

$$i_L = i_h + i_s$$

Di mana:

i_L : Arus yang mengalir ke beban

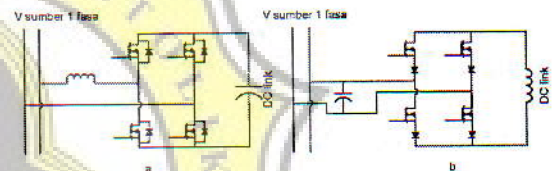
i_h : Arus yang diinjeksikan

i_c : Arus kompensasi.

i_s : Arus sumber.

Suatu tapis daya aktif beroperasi dengan cara menginjeksikan tegangan atau arus harmonisa kedalam sistem. Injeksi tegangan atau arus ini dilakukan oleh suatu converter MLP (*Molded Leadless Package*) melalui proses pembentukan gelombang (*wave shaping*) berdasarkan konsep modulasi lebar pulsa. Gelombang yang dibentuk berasal dari tegangan (*DC link*) converter MLP. Tapis daya aktif tidak memerlukan suatu catu daya tegangan searah karena energi yang dibutuhkan telah dipenuhi oleh tegangan sumber, sehingga suatu elemen penyimpan energi (*inductor* atau *kapasitor*) dapat

digunakan. Jika elemen penyimpan energi berupa kapasitor maka tegangan pada kapasitor tersebut harus relative konstan dan konverter MLP yang digunakan dikategorikan sebagai konverter jenis tegangan. Dengan menambahkan dioda anti paralel pada masing-masing saklar elektronik bertujuan untuk mengalirkan arus balik pada saat saklar-saklar elektronik tersebut tidak konduksi. Sedangkan jika elemen penyimpan energi berupa induktor maka konverter yang digunakan merupakan jenis arus. Dengan menambahkan dioda yang dipasang seri terhadap saklar elektronik untuk menjaga adanya reverse breakdown pada saat saklar elektronik tidak konduksi. [Riyadi, S., 2010, 6]



Gambar 3. Konverter MLP yang diimplementasikan pada tapis daya aktif

(a) Jenis tegangan ; (b) jenis arus

Inverter bertingkat

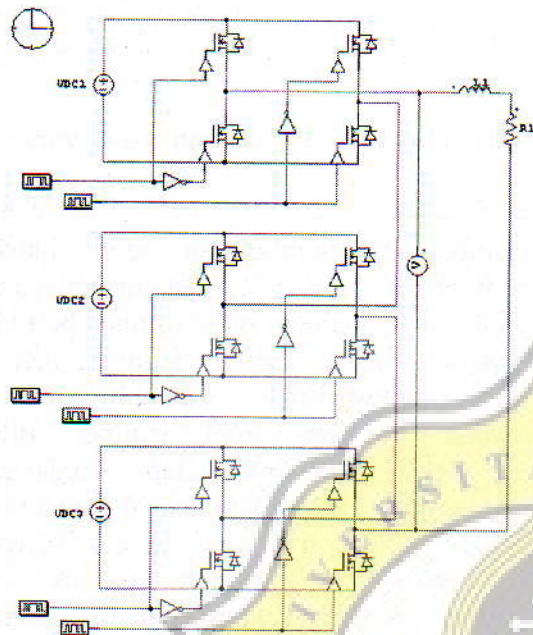
Inverter bertingkat atau dikenal sebagai *cascade multilevel inverter* merupakan metode menggabungkan inverter 1 fasa gelombang penuh konvensional yang di susun secara seri. Fungsi umum dari multilevel inverter ini adalah menggabungkan beberapa sumber tegangan dc untuk menghasilkan bentuk gelombang keluaran berupa tegangan bolak-balik yang memiliki tegangan keluaran dalam beberapa level secara berundak. Jika n adalah jumlah level dari output *Multilevel Inverter* sedangkan H adalah jumlah *inverter full bridge* yang dicascaded maka :

$$n = 2H + 1 \quad (4)$$

Keterangan:

n = Jumlah level *Cascaded Multilevel Inverter*

H = Jumlah inverter Full bridge
Rangkaian daya inverter bertingkat dengan 3 buah inverter fullbridge ditunjukkan pada gambar 4 sebagai berikut :



Gambar 4. Rangkaian daya inverter bertingkat 3

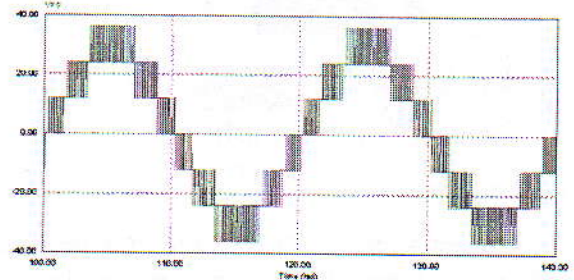
Semakin banyak level pada *Cascaded Multilevel inverter* maka tegangan outputnya juga akan semakin halus. Tetapi seperti dilihat pada persamaan tersebut jika levelnya semakin tinggi, maka H (jumlah inverter) juga semakin banyak sehingga membutuhkan semakin banyak komponen daya terutama saklar yang dibutuhkan, sebab hubungan jumlah saklar yang dibutuhkan dengan jumlah level dinyatakan dengan :

$$S = 2(n - 1) \quad (5)$$

S = Jumlah Saklar (switching)
n = Jumlah Level

Sesuai dengan persamaan tersebut, maka untuk 3 buah inverter fullbridge memiliki 12 saklar daya menghasilkan 7 level tegangan. Jika keluaran setiap rangkaian *full bridge inverter* mempunyai 3 variasi tegangan output antara lain +V, 0 dan -V. Maka dengan menggunakan 3 buah inverter menghasilkan nilai level 3,+2, +1,

0, -1, -2, -3. Bentuk gelombang keluaran dari rangkaian *Cascaded Multilevel Inverter 7-Level cascaded 3-Bridge* ditunjukkan pada gambar 5 berupa tegangan berundak.

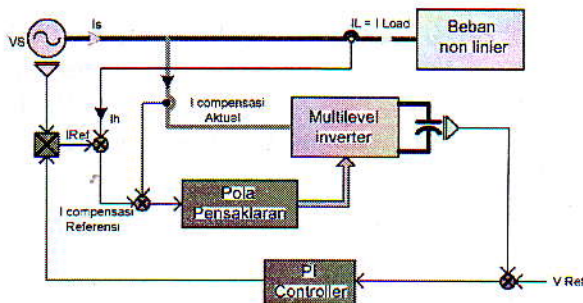


Gambar 5. Gelombang keluaran inverter bertingkat 3

Implementasi inverter bertingkat pada tapis daya aktif

Tapis daya aktif yang diimplementasikan dengan multilevel inverter diaplikasikan pada rangkaian penyearah dioda dengan pembebanan L dan R. Sistem penyearah dioda menyebabkan terjadinya beban tak linier tanpa daya reaktif, artinya dengan penyearah dioda akan menghasilkan arus yang mengandung komponen harmonisa tetapi tanpa kandungan daya reaktif. Hal ini mengakibatkan arus sumber berubah bentuk terhadap tegangan sumbernya namun tidak mengalami pergeseran sudut fasa.

Rangkaian daya multilevel inverter terpasang parallel terhadap beban non linier. Sehingga metode penapisan berdasarkan prinsip penginjeksian arus ke dalam sistem. Besarnya arus yang diinjeksikan ini sama dengan arus yang tidak diinginkan yang ditimbulkan beban non linier tetapi memiliki polaritas terbalik. Gambar 6 menunjukkan konfigurasi beban non linier dengan tapis daya aktif paralel berupa inverter bertingkat.

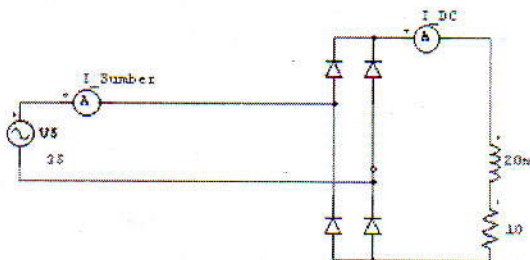


Gambar 6. Konfigurasi tapis daya aktif shunt

Cara kerja *multilevel inverter* sebagai filter aktif adalah dengan membangkitkan gelombang harmonisa sistem. Gelombang harmonisa dibangkitkan dari pengolahan arus aktual beban dengan gelombang sinus yang didapatkan dari pengalihan tegangan sumber dengan tegangan keluaran multilevel inverter. Gelombang harmonisa dari sistem menjadi referensi untuk mengendalikan rangkaian inverter ini. Sehingga rangkaian *Multilevel Inverter* membangkitkan gelombang yang sama bentuk dengan gelombang harmonisa sistem. Selajutnya keluaran dari *inverter bertingkat* tersebut diinjeksikan ke sistem sebagai kompensasi harmonisa.

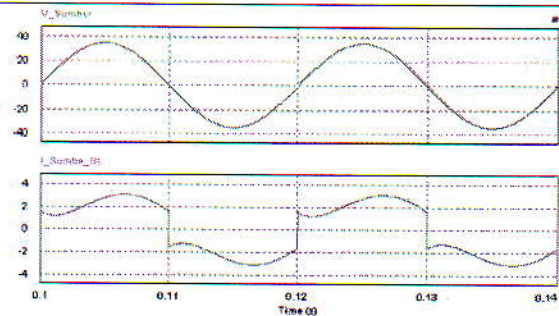
Pengujian beban non linier

Gambar 7 menunjukkan konfigurasi beban non linier penyearah diode dengan pembebanan L dan R dari Implementasi inverter bertingkat pada tapis daya aktif ini.



Gambar 7. Rangkaian Permodelan Sistem Tanpa Filter.

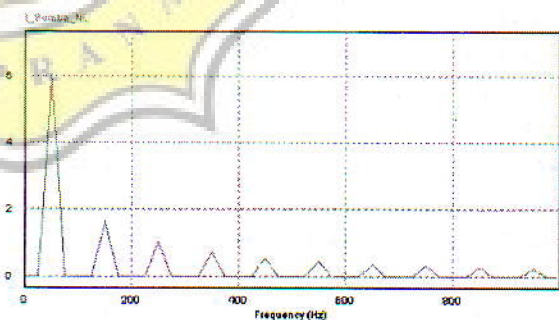
Dari gambar 7 menghasilkan gelombang arus sumber seperti pada gambar 8 berikut :



Gambar 8. Tegangan dan arus sumber beban non linier

Gambar 8 membuktikan teori bahwa pembebanan non linier dengan penyearah diode menyebabkan arus sumber berubah bentuk terhadap tegangan sumber, namun tidak menyebabkan munculnya daya reaktif sehingga arus sumber tidak bergeser fasa terhadap tegangan sumbernya. Dalam aplikasi riil pemakaian beban sejenis ini yang terlalu banyak menyebabkan menurunnya kualitas arus sumber. Sehingga mampu mempengaruhi kualitas dari keseluruhan sistem kelistrikan yang ada.

Untuk menunjukkan Harmonisa arus beban non linier pada jenis penyearah dioda ini dapat dihitung dari spectrum dengan fast fourier transform sebagai berikut:



Gambar 9. Spektrum harmonisa arus pada penyearah dioda

Pada tegangan sumber 35 volt arus fundamental sebesar 6 ampere sedangkan $I_3 = 1,8$ Ampere, $I_5 = 1$ ampere, dan $I_7 = 0,8$ ampere sehingga THD arus dalam % dapat dihitung sebesar:

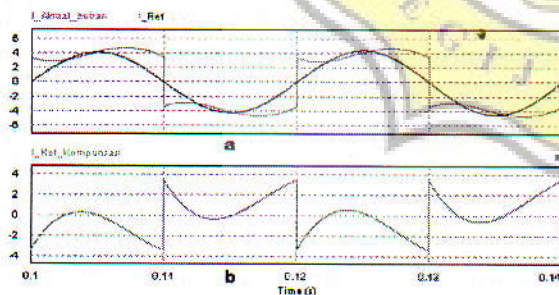
$$ITHD = \frac{\sum_{h=1}^{\infty} \sqrt{I_h^2}}{I_i}$$

$$ITHD = \frac{\sum_{h=1}^{\infty} \sqrt{(1,8)^2 + (1)^2 + (0,8)^2}}{6}$$

$$ITHD = 36,8\%$$

Pengujian sistem kendali tapis daya aktif

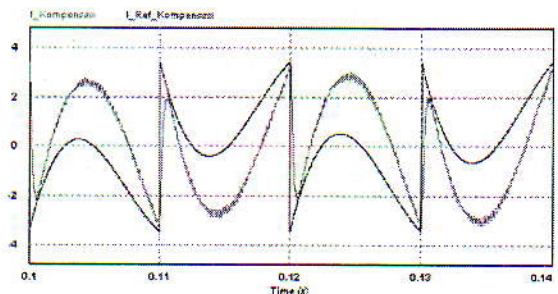
Mengacu pada konfigurasi tapis daya aktif shunt ditunjukkan gambar 6. Gelombang yang dihasilkan oleh sensor tegangan sumber berupa sinusoidal. Sedangkan yang dihasilkan oleh tegangan kapasitor pada rangkaian multi level inverter adalah tegangan DC (*DC link*), sehingga bila kedua parameter ini dikalikan melalui komponen multiplier maka gelombang keluarannya berupa gelombang sinusoidal menurut nilai perkalian kedua gelombang masukannya. Arus beban non linier mendekati gelombang kotak seperti gambar 8. Kedua gelombang ini dilewatkan pada rangkaian summing amplifier sehingga menghasilkan gelombang seperti pada gambar 10.



Gambar 10 (a) Iref dan Iaktual beban; (b) Arus referensi kompensasi harmonisa

Dengan pengaturan sedemikian rupa pada gelombang referensi sinusoidal dengan arus aktual beban, sehingga summing dari kedua sinyal masukan ini berupa sinyal harmonic yang berfungsi sebagai arus referensi kompensasi yang memaksa arus inverter multilevel mengikuti referensi

kompensasi tersebut. Hal ini ditunjukkan pada gambar 11.

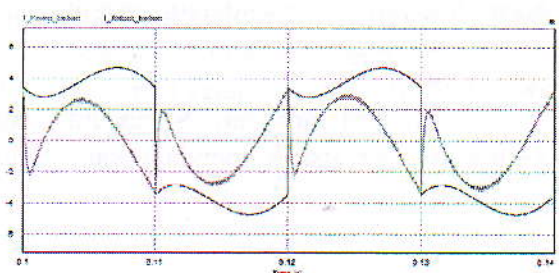


Gambar 11. Iref kompensasi dan arus multilevel inverter

Kedua sinyal pada gambar 11 dilewatkan pada rangkaian error amplifier sehingga menghasilkan sinyal error yang berfungsi sebagai referensi pada rangkaian SPWM. Dalam hal ini sinyal carrier pada SPWM berupa 6 gelombang segitiga bertingkat.

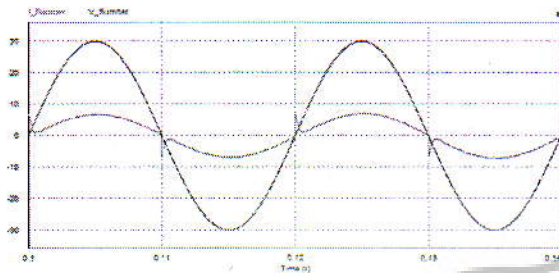
Pengujian sistem tapis daya aktif

Dalam aplikasi sebagai tapis daya aktif inverter bertingkat mempunyai 2 fungsi kerja yaitu sebagai rectifier pada $\frac{1}{2}$ siklus positif dan sebagai inverter pada kondisi sebaliknya. Ketika sebagai rectifier sumber AC disearahkan oleh masing-masing fullbridge inverter untuk mengisi kapasitor DC link. Sedangkan pada $\frac{1}{2}$ siklus negative kapasitor DC link sebagai sumber untuk menginjeksikan gelombang harmonic yang dihasilkan oleh inverter bertingkat. Dengan demikian arus injeksi dari inverter bertingkat bekerja pada fungsi negative dari arus sumber. Gelombang arus harmonic yang dihasilkan oleh inverter bertingkat terhadap arus beban ditunjukkan pada gambar 12 :



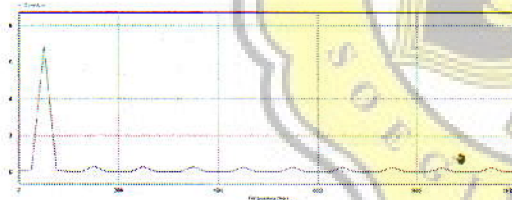
Gambar 12. Arus harmonic inverter dengan arus beban

Sesuai dengan persamaan 3 maka penjumlahan arus harmonic dengan arus beban tersebut memaksa arus sumber membentuk sinusoidal seperti pada gambar 14 berikut ini :



Gambar 13. Tegangan dan arus sumber

Pada gambar 13 menunjukkan kinerja multilevel inverter sebagai tapis daya aktif telah mampu mengembalikan fungsi arus sumber sehingga memiliki bentuk yang sama dengan tegangan sumber. Spektrum arus sumber pada beban non linier setelah diberikan tapis daya aktif ditunjukkan pada gambar 14 :



Gambar 14. Spektrum arus sumber beban non linier dengan tapis daya aktif

Gambar 14 menunjukkan setelah beban non linier diberi tapis daya aktif berupa inverter bertingkat nilai arus pada fundamental 3,5,7 dan seterusnya sangat rendah sehingga diabaikan. Hal ini menunjukkan perbaikan terhadap harmonik yang muncul dalam system.

ANALISA

Dari perbandingan Spektrum arus ketika sumber listrik mendapatkan beban

non linier tanpa filter aktif dan setelah diberi filter aktif telah menunjukkan perbaikan terhadap total harmonic distortion yang muncul dalam masalah kelistrikan. Selain itu meningkatnya efektifitas tegangan DC pada beban juga telah diperbaiki dengan menambahkan tapis daya aktif ini.

KESIMPULAN

1. Tapis daya aktif dengan menggunakan metode inverter bertingkat ini telah membuktikan mampu melakukan perbaikan terhadap permasalahan arus sumber sebagai akibat penggunaan beban non linier.
2. Dalam penelitian terpisah juga telah dilakukan pengujian tapis daya aktif parallel dengan menggunakan inverter fullbridge tunggal satu fasa. Dari kedua hasil penelitian tersebut selain masalah biaya pembuatan tapis daya aktif dengan multilevel inverter lebih efektif dibandingkan dengan sebuah inverter fullbride yaitu kemampuan daya dan penggunaan kapasitor DC link yang lebih kecil.

SARAN

Permasalahan kelistrikan adalah sesuatu yang serius pada perkembangan dewasa ini hal ini terkait dengan realita bahwa semua peralatan yang mendukung kemajuan peradaban manusia memerlukan sumber listrik. Oleh karena itu penanganan masalah kelistrikan seharusnya sudah menjadi prioritas sekarang ini. Simulasi dengan tapis daya ini merupakan salah satu metode yang mampu memperbaiki masalah kelistrikan tersebut. Untuk itu kajian ini perlu dikembangkan lebih luas lagi untuk aplikasi daya yang lebih besar dan pemanfaatan sumber 3 fasa.

DAFTAR PUSTAKA

- Damayanti Agnes, 2008, " Aktif Power filter parallel 1 fasa berbasis kesamaan daya nyata sebagai kompensator harmonisa", Surabaya. Proc. STIEE
- H. Akagi, Y. Tsukamoto, A. Nabae, 1990, *Analysis and design of an active power filter using quad-series voltage source PWM converters*, *IEEE Trans. on Industry Applications*, vol.26, no.1
- H. Akagi, 1996, *New Trends in Active Filter for Power Conditioning*, *IEEE Trans. on Industry Applications*, vol-32, No-6
- J. G. Pinto, R. Pregitzer, Luís F. C. Monteiro, João L. Afonso, 2006, "3-Phase 4-Wire Shunt Active Power Filter with Renewable Energy Interface", Portugal, Department of Industrial Electronics University of Minho
- Nugroho Agung, 2004, "Harmonisa Arus Mesin Induksi", *Jurnal Transmisi*, Vol 8, No.2, Desember.
- S. Riyadi, Y. Haroen, 2004, A Virtual Instantaneous Power Based Control Method of a Shunt Active Power Filter for Three-Phase Four-Wire Systems", *Proc. ICEMS 2004*, South Korea
- S. Riyadi, Y. Haroen, 2005, A New Control Strategy for Three-Phase Shunt Active Power Filter that based on Source Instantaneous Power, *Proc. IPEC 2005*, Singapore
- Y. Haroen, S. Riyadi, 2005, Analysis of Instantaneous Representative Active Power Equality based Control Method for Three Phase Shunt Active Power Filter, *Proc. PEDS 2005*, Malaysia
- Y. Haroen¹ , S. Riyadi¹, F. Maurice, 2007, "Implementasi Tapis Daya Aktif Shunt Pada Tegangan Tak Seimbang Dan Terdistorsi", *JURNAL TEKNOLOGI*, Edisi No. 1. Tahun XXI, Maret, 2007
- Yuanti Ari, 2009, "Desain dan simulasi filter daya aktif shunt untuk kompensasi harmonisa", *FTI Institut Teknologi Sepuluh Nopember*

Biografi Penulis Kedua:

Emmanuel Agung Nugroho lahir di Kab. Semarang, 7 April 1978. Pendidikan S1 di Universitas Semarang tahun 2005. Saat ini sedang mengikuti pendidikan S2 bidang ilmu mekatronika di Universitas Diponegoro Semarang. Publikasi ini dilakukan guna memenuhi persyaratan untuk mengajukan ujian tesis pada bidang ilmu yang sedang ditempuh.