

**KAJIAN KE ATAS MASALAH HARMONIK
DAN PENGHAPUSAN HARMONIK**

Mohd Nor Aidi Bin Jamaludin

Sarjana Muda Kejuruteraan Elektrik

May 2010

KAJIAN KE ATAS MASALAH HARMONIK DAN PENGHAPUSAN HARMONIK

MOHD NOR AIDI BIN JAMALUDIN

**This report submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of
Bachelor of Electrical Engineering (Industrial Power)**

**Faculty of Electrical Engineering
UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA**

May 2010

“I hereby declare that I have read through this report entitle “Kajian Ke atas Masalah Harmonik dan Penghapusan Harmonik” and found that this it has comply the partial fulfillment for awarding the degree of Bachelor of Electrical Engineering (Industrial Power)”

Signature :

Supervisor’s Name : Mr. MOHD HENDRA BIN HAIRI

Date : 10 May 2010

I declared that this report entitle “Kajian Ke atas Masalah Harmonik dan Penghapusan Harmonik” is the result of my own research except as cited in the references. The report has not been accepted for any degree and is not concurrently submitted in candidature of any other degree.

Signature :
Name : MOHD NOR AIDI BIN JAMALUDIN
Date : 10 May 2010

PENGHARGAAN

Saya ini mengucapkan jutaan terima kasih dan penghargaan kepada penyelia projek saya, En. Mohd Hendra bin Hairi atas kebaikan, kepercayaan dan idea-idea yang telah beliau curahkan pada saya sepanjang tempoh saya menyiapkan projek ini. Semangat, kesabaran dan kerjasama yang telah beliau berikan pada saya telah banyak membantu saya menyiapkan projek dan laporan ini dalam tempoh yang telah ditetapkan. Saya juga ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada kedua ibu bapa saya dan juga kepada ahli keluarga saya atas sokongan dan galakan yang diberikan. Tanpa mereka, saaya mungkin tidak dapat melaksanakan tugas ini.

Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada panel Projek Sarjana Muda saya, Pn. Junainah bt Sardi yang telah banyak member kritikan, pandangan dan nasihat dimana ianya telah banyak membantu saya sepanjang projek ini dijalankan. Akhir sekali, terima kasih kepada semua kawan-kawan yang secara lansung dan tidak lansung telah membantu saya ketika projek ini dijalankan. Terima kasih semua.

ABSTRAK

Projek ini bertujuan menghasilkan litar pemampas harmonik dengan menggunakan penapis pasif serta melihat kesan penapis pasif tersebut kepada isyarat yang mengandungi harmonik. Secara ringkasnya, projek ini boleh dikategorikan kepada dua bahagian di mana bahagian pertama adalah kajian ke atas punca dan kesan harmonik ke atas sistem elektrik manakala bahagian kedua adalah mengkaji penggunaan penapis pasif dan mengaplikasikan penapis tersebut kepada litar perkakasan sebenar. Kajian ke atas penapis juga turut diterangkan secara ringkas dari segi jenis-jenis dan konsep kerjanya. Di samping itu juga perisian P-spice digunakan bagi mensimulasi litar skematik projek. Peringkat akhir projek adalah menukarkan litar skematik kepada litar perkakasan sebenar dengan menggunakan perkakasan yang sesuai serta membandingkan keputusan ujikaji litar perkakasan sebenar dengan hasil simulasi litar skematik.

ABSTRACT

The main objective is to design the harmonic compensation circuit by using passive filter. Basically, this project can be divided into two parts. The first part is to investigate the harmonic's sources and harmonic's effects to the electric system while the second part is to investigate the usage of passive filter and the implementation of the filter into a real circuit. The types and concepts of filters will be explained. Besides that, P-spice simulation software has been used to simulate all the designed circuit. Finally, the project is implemented the schematic circuit to the real circuit. Both the schematic circuit's and real circuit's results were compared.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	TAJUK	
	PENGAKUAN	
	PENGHARGAAN	i
	ABSTRAK	ii
	ABSTRACT	iii
	KANDUNGAN	iv
	SENARAI RAJAH	vi
	SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN	vii
	SENARAI LAMPIRAN	viii
1	Pengenalan	
	1.1 Umum	1
	1.2 Objektif	2
	1.3 Skop Kajian	2
2	Kajian Literatur	
	2.1 Punca-punca Harmonik	3
	2.2 Kesan-kesan Harmonik	5
	2.2.1 Pengalir	5
	2.2.2 Pengubah	6
	2.2.3 Pemuat	6
	2.2.4 Peralatan Elektronik	6
	2.4 Penapis Aktif Tulen	7
	2.4.1 Konfigurasi Litar Bagi Penapis Aktif Jenis Selari Dan Sesiri	7

2.5	Penapis Aktif Talaan Tunggal (Single Tuned)	9
2.6	Perbandingan Antara Penapis Pasif Dan Penapis Aktif	13
3	METODOLOGI	
3.1	Umum	15
5	PENAPIS HARMONIK	
4.1	Pendahuluan	19
4.2	Penapis Larasan Sesiri	19
4.3	Rekabentuk Penapis Harmonik	20
4.3.1	Penapis Larasan Sesiri	20
4	KEPUTUSAN DAN ANALISIS	
5.1	Litar Lampu Pendarflour Elektronik Ballast	23
5.1.1	Simulasi Litar Skematik Tanpa Penapis Pasif	24
5.1.2	Simulasi Litar Skematik Dengan Penapis Pasif	25
5.2	Litar Sebenar	27
5.2.1	Simulasi Litar Sebenar Tanpa Penapis Pasif	28
5.2.2	Simulasi Litar Sebenar Dengan Penapis Pasif	29
6	PERBINCANGAN, KESIMPULAN DAN CADANGAN	
5.1	Perbincangan	30
5.2	Kesimpulan	31
5.3	Cadangan	31
	RUJUKAN	33

SENARAI RAJAH

RAJAH	PERKARA	MUKA SURAT
2.1	Gambaran Isyarat Harmonik Terhasil	5
2.2	Penapis Aktif Satu Fasa Atau Tiga Fasa Jenis Selari	7
2.3	Penapis aktif Satu Fasa Atau Tiga Fasa Jenis Selari	8
2.4	Sistem Pengagihan	9
2.5	Litar Setara Bagi Pemampasan Harmonik	10
2.6	Plot Asimptot dan Jalur Lulus Bagi Galangan Penapis Talaan Tunggal	12
3.1	Carta Alir Perjalanan Projek	17
4.1	Konfigurasi Penapis Pasif Talaan Tunggal	19
5.1	Litar Lampu Pendarflour Elektronik Ballast	23
5.2	Litar Penapis Pasif	24
5.3	Isyarat Arus Pada Sumber Masukan	24
5.4	Isyarat Harmonik Arus Pada Sumber Masukan	25
5.5	Litar Skematik Penerus Diod Tetimbang Penuh Dengan Penapis Pasif	25
5.6	Isyarat Arus Pada Sumber Masukan	26
5.7	Isyarat Harmonik Arus Pada Sumber Masukan	26
5.8	Litar Perkakasan Sebenar	27
5.9	Litar Penapis Pasif	28
5.10	Isyarat Arus Pada Sumber Masukan(Tanpa Penapis)	28
5.11	Isyarat Arus Pada Sumber Masukan(Dengan Penapis)	29

SENARAI SINGKATAN DAN SIMBOL

AU	-	Arus ulang alik
AT	-	Arus terus
SMPS	-	Bekalan kuasa tersuis
THD	-	Jumlah Herotan Harmonik
a_n	-	Amplitud
n	-	Siri Harmonik
ω_n	-	Frekuensi Sudut
Φ	-	Fasa Harmonik
I	-	Arus
R	-	Perintang
V	-	Voltan
L	-	Induktor
C	-	Kapasitor
i_L	-	Arus Beban
i_{Lh}, I_h	-	Arus Harmonik
i_{AF}	-	Arus Pemampas
k	-	Pemalar Suapbalik
i_s	-	Arus Sistem
I_f	-	Arus Penapis
Z_f	-	Galangan Penapis
Z_S	-	Galangan Setara Thevenin
ρ_s, ρ_f	-	Kuantiti Kompleks
X_o	-	Galangan Kapasitans
Q	-	Faktor Kualiti
S_f	-	Kuasa Reaktif

SENARAI LAMPIRAN

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Umum

Harmonik merupakan arus atau voltan yang mempunyai frekuensi berganda sebanyak n kali berbanding frekuensi dasar. Sebagai contohnya, jika frekuensi dasar adalah 50Hz maka harmonik siri ke-2 adalah 100Hz, harmonik siri ke-3 adalah 150Hz dan seterusnya. Peralatan moden pada masa kini dapat mengukur isyarat harmonik sehingga harmonik siri ke-63. Harmonik yang tersebar dalam sistem elektrik mendedahkan peralatan elektrik dan pengubah kepada fenomena resonan mekanikal hasil daripada medan magnetik yang dijana oleh frekuensi harmonik. Kesannya, peralatan elektrik dan pengubah tersebut akan bergetar serta menghasilkan bunyi dengung bergantung kepada frekuensi harmonik yang menjanakannya. Julat frekuensi harmonik yang biasa diambil kira dalam sistem elektrik adalah dari siri harmonik ke-3 sehingga siri harmonik ke-25.

Isyarat harmonik banyak dihasilkan oleh peralatan bekalan kuasa tersuis (SMPS). SMPS juga dikenali sebagai beban tak linear. Secara ringkasnya beban tak linear dapat dibahagikan kepada dua kategori iaitu satu fasa dan tiga fasa.

Peralatan SMPS banyak digunapakai dalam sistem komputer dimana ia berfungsi menukarkan isyarat voltan AU kepada isyarat voltan AT bagi tujuan kegunaan peralatan elektronik. Isyarat arus yang dihasilkan adalah dalam bentuk dedenyut bermagnitud tinggi. Isyarat arus ini akan menyebabkan herotan terhadap bentuk gelombang voltan dan arus. Ini dikenali sebagai herotan harmonik dan diukur sebagai Jumlah Herotan Harmonik (THD). Isyarat terherot ini akan disuap ke bekalan kuasa dan akan menjejaskan peralatan lain dalam sistem elektrik.

Maka adalah penting bagi kita untuk mengkaji kaedah-kaedah yang sesuai bagi memampas isyarat harmonik ini.

1.2 Objektif

Seperti yang telah dibincangkan dalam pengenalan, harmonik merupakan suatu masalah yang serius dalam sistem elektrik. Maka adalah penting bagi kita untuk mendalami kesan-kesan negatif yang mampu disebabkan oleh harmonik serta apa yang menyebabkan terhasilnya harmonik. Seterusnya mengkaji kaedah-kaedah yang sesuai bagi mengatasinya. Maka objektif-objektif yang akan cuba dicapai dalam kajian ini adalah:

- 1) Mengkaji dan memahami punca-punca berlakunya harmonik
- 2) Mengkaji dan memahami kesan-kesan harmonik terhadap sistem elektrik
- 3) Mengkaji kaedah mengatasi masalah harmonik melalui penggunaan penapis pasif
- 4) Merekabentuk dan menguji litar skematik yang direka menggunakan lampu pendarflour elektronik ballast.

1.3 Skop Kajian

Sebelum menjalankan kajian dengan lebih terperinci, beberapa skop kajian perlu dikenalpasti supaya kajian yang bakal dijalankan sentiasa berada pada landasan yang betul. Kajian ini hanya akan melibatkan litar satu fasa sahaja serta sistem berkuasa rendah dimana julat voltannya bernilai 240V ke bawah. Skop yang terakhir adalah merekabentuk litar penapis pasif yang bersesuaian bagi memampas isyarat harmonik yang terhasil. Oleh itu, skop kajian dapat diringkaskan seperti berikut:

- 1) Litar satu fasa
- 2) Sistem berkuasa rendah
- 3) Hanya menggunakan lampu pendarflour elektronik ballast sebagai beban tak linear
- 4) Kajian tertumpu kepada kesan harmonik dalam isyarat arus pada sumber voltan
- 5) Merekabentuk litar penapis yang bersesuaian

BAB 2

KAJIAN LITERATUR

2.1 Punca-Punca Harmonik

Punca utama yang dikenalpasti yang menghasilkan isyarat harmonik adalah beban tak linear dimana arus yang dihasilkan tidak sefasa dengan gelombang voltan [1]. Arus ini terhasil kerana kebanyakan peralatan elektronik moden memerlukan bekalan arus terus (AT) untuk beroperasi. Maka suatu mekanisma diperlukan bagi menukar arus bekalan dari ulang-alik (AU) kepada bentuk arus terus (AT) dan mekanisma ini dipanggil penerus (rectifier).

Penukar satu fasa yang biasa digunakan adalah bekalan kuasa tersuis (SMPS). SMPS banyak ditemui dalam peralatan elektronik seperti komputer peribadi, mesin pencetak dan televisyen. Manakala penukar tiga fasa yang biasa digunakan adalah motor kelajuan bolehubah. Ia banyak diaplikasi dalam alatan seperti kipas dan pam bagi tujuan industri. Namun perlu diingat bahawa penghasilan arus tak linear tidak bergantung kepada satu fasa atau tiga fasa kerana apa yang menghasilkan arus tidak linear adalah proses penukaran AU kepada AT. Oleh itu, konsep asas bagaimana proses penukaran AU kepada AT menghasilkan harmonik adalah sangat penting untuk difahami.

Voltan terminal yang dibekalkan dari pengagihan kuasa akan dikuatkan dan dihantar ke komponen penting dalam sesuatu penukar iaitu pemuat. Bagi setengah kitar pertama bekalan, pemuat akan dicas sehingga nilai purata voltan terminal. Apabila bekalan kuasa AT digunakan oleh peralatan elektronik, pemuat akan menyahcas kepada suatu nilai yang telah ditetapkan oleh spesifikasi penukar. Pemuat akan dicas kembali semasa setengah kitar kedua bekalan seterusnya akan menyahcas dan proses ini akan terus berulang-ulang.

Operasi ini akan menghasilkan arus terus hanya semasa nilai voltan bekalan yang telah dikuatkan lebih tinggi daripada voltan pemuat. Maka aliran arus yang terhasil disebabkan bekalan kuasa adalah dalam bentuk dedenyut dan tidak berterusan sepertimana kitaran voltan.

Selain daripada itu didapati bentuk gelombang arus terus yang dihasilkan oleh beban tak linear tidak menyerupai bentuk gelombang voltan. Namun satu aspek yang sama adalah dari segi frekuensi. Dedenyut arus yang dihasilkan oleh beban tak linear boleh dianggarkan serta mempunyai nilai frekuensi dasar, f_0 yang sama dengan voltan. Jumlah nilai dedenyut arus dapat dikira menggunakan teorem Fourier. Ia mempunyai frekuensi harmonik yang berganda secara integer dengan frekuensi dasar. Setip integer menunjukkan siri harmonik. Setiap siri harmonik boleh diterangkan sebagai [3]:

$$a_n \sin(\omega n t + \Phi) \text{ dengan :}$$

$$(1)$$

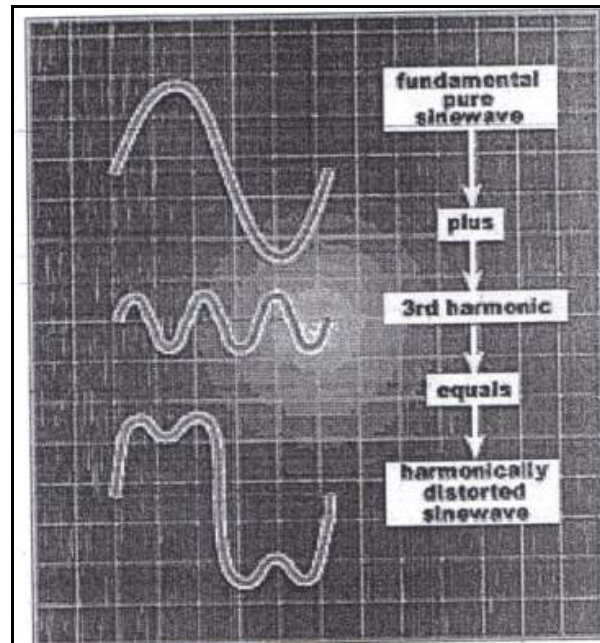
Dimana: 1) a_n = amplitud

2) n = siri harmonik dimana $n = 1$; dasar

3) $\omega n = 2\pi n f_0$

4) Φ = fasa harmonik

Rajah 2.1 menunjukkan contoh bentuk gelombang dengan frekuensi dasar dan bentuk gelombang harmonik (siri-3) serta hasil gabungan gelombang dasar dengan gelombang harmonik. Isyarat yang terhasil dinamakan isyarat terherot.



Rajah 2.1: Gambaran Isyarat Harmonik Terhasil

2.2 Kesan-Kesan Harmonik

Harmonik menyumbang banyak masalah terhadap komponen dan beban yang terdapat dalam sistem kuasa elektrik. Dua masalah utama yang disebabkan oleh fenomena harmonik ini adalah kesan panas lampau pada peralatan dan kegagalan peralatan untuk beroperasi pada tahap yang diinginkan. Berikut akan dijelaskan secara ringkas kesan-kesan harmonik terhadap peralatan yang terdapat dalam sistem kuasa [6][7].

2.2.1 Pengalir

Pemanasan lampau merupakan kesan utama yang disebabkan oleh masalah harmonik dimana ia mampu membawa kepada kerosakan. Haba yang terhasil dalam pengalir disebabkan oleh aliran arus dimana ia bergantung kepada kehilangan kuasa, I^2R . Lebihan arus harmonik merumitkan lagi masalah dimana ia berkait rapat dengan masalah kesan kulit. Kesan kulit adalah ukuran ketumpatan arus yang mengalir dalam sesuatu bahan pengalir. Kesan kulit meningkat dengan pertambahan frekuensi maka peningkatan kesan kulit seterusnya meningkatkan haba dalam pengalir. Ketumpatan arus adalah

maksimum pada permukaan sesuatu pengalir dan ini menyebabkan nilai galangan pengalir meningkat. Maka kehilangan kuasa, I^2R akan meningkat.

2.2.2 Pengubah

Selain daripada kesan kulit, pengubah juga mengalami masalah kehilangan kuasa yang disebabkan oleh fenomena arus pusar. Fenomena arus pusar ini adalah berpunca daripada medan magnetik arus ulang-alik dan berpusar di sekeliling teras pengubah, berlawanan arah dengan dengan arah pusaran fluks teras pengubah. Kehilangan arus pusar adalah I^2R maka siri arus harmonik kedua dan ketiga sudah memadai bagi meningkatkan pemanasan seterusnya mengakibatkan jangka hayat pengubah berkurang.

2.2.3 Pemuat

Nilai galangan bagi pemuat berkadar songsang dengan frekuensi iaitu $1/\omega C$, maka nilai galangannya akan berkurang dengan kenaikan frekuensi menyebabkan kapasiti cas yang mampu disimpan oleh pemuat semakin berkurang. Peningkatan arus melebihi kadar yang sepatutnya mengakibatkan beban berlebihan pada pemuat.

Selain dari itu harmonik juga berkemungkinan akan menghasilkan kesan resonan kepada litar. Ini berlaku pada nilai frekuensi yang tertentu dimana galangan pemuat dan peraruh mempunyai nilai yang sama seterusnya saling membatalkan antara satu sama lain. Apabila ini terjadi nilai galangan sebenar litar hanyalah rintangan tulen. Maka nilai galangan yang wujud semasa resonan lebih rendah daripada julat yang sepatutnya seterusnya peningkatan arus dalam litar secara mendadak akan terjadi. Resonan akan menyebabkan kerosakan yang serius kepada bahagian-bahagian dalam sistem khususnya kepada pemuat.

2.2.4 Peralatan Elektronik

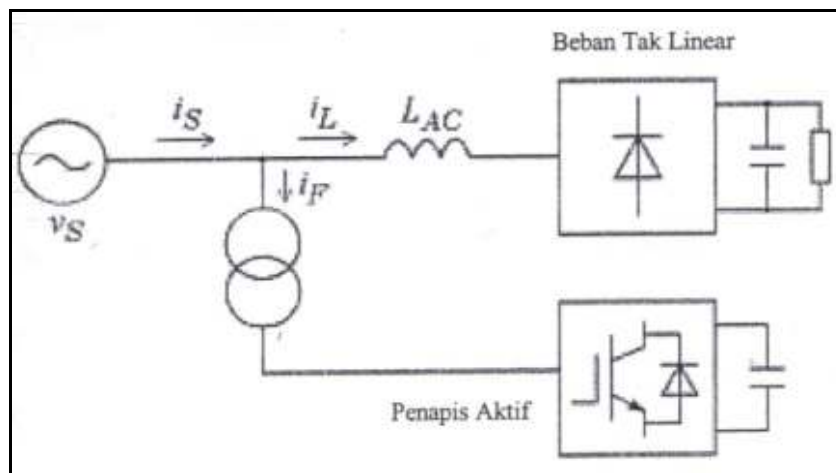
Peralatan yang mengaplikasikan bidang elektronik kuasa adalah sangat sensitif terhadap herotan harmonik kerana sifat kebergantungannya kepada tempoh masa pengesetan bagi sesuatu bentuk gelombang voltan yang diperlukan. Komponen elektronik kuasa menggunakan titik persilangan kosong pada isyarat voltan bagi menentukan tempoh

tembakan. Maka kesilapan tempoh operasi akan berlaku jika puncak bekalan voltan untuk memastikan kapasitor berfungsi pada tahap maksimum. Jika bentuk gelombang bekalan berkurang disebabkan oleh herotan harmonik, maka bekaln kuasa tidak akan beroperasi pada keadaan normal walaupun nilai voltan rms adalah normal.

2.4 Penapis Aktif Tulen

Penapis aktif yang tulen boleh diklasifikasikan kepada dua iaitu penapis aktif jenis selari dan penapis aktif jenis sesiri bergantung kepada konfigurasi sambungan litar. Namun penapis aktif jenis selari lebih banyak digunakan oleh kerana rekabentuknya yang ringkas berbanding penapis aktif jenis sesiri dalam memampas isyarat harmonik.

2.4.1 Konfigurasi Litar Bagi Penapis Aktif Jenis Selari Dan Sesiri

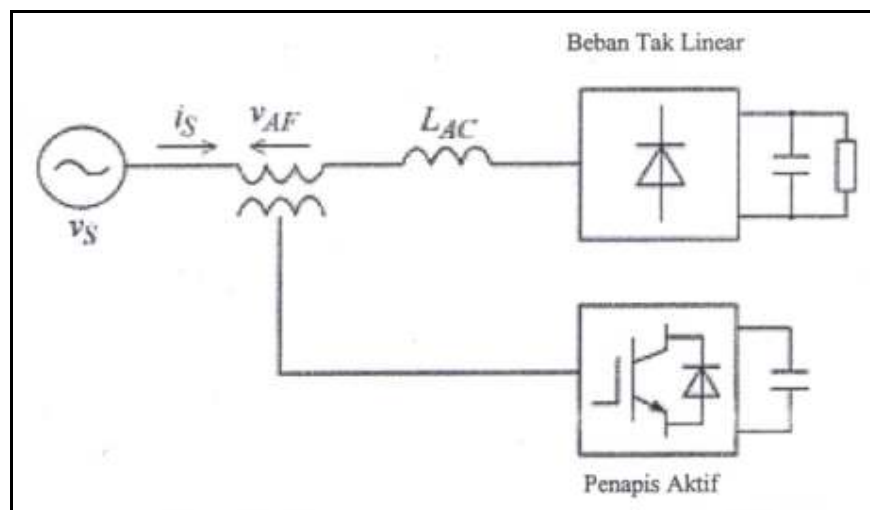


Rajah 2.2: Penapis Aktif Satu Fasa Atau Tiga Fasa Jenis Selari

Rajah 2.2 menunjukkan konfigurasi sistem penapis aktif jenis selari bagi sistem saatu fasa atau tiga fasa untuk tujuan memampas isyarat arus harmonik yang disebabkan oleh sistem penerus diod satu fasa atau tiga fasa dengan beban kapasitif. Sistem konfigurasi ini merupakan salah satu daripada sistem konfigurasi yang paling asas [6]. Dalam kebanyakan kes, beban AT dianggap sebagai motor AU yang dipicu oleh penukar PWM jenis sumber voltan. Penapis aktif akan disambung secara selari dengan beban yang menjana isyarat harmonik manakala peraruh, L_{AC} yang disambung pada bahagian AU penerus diod adalah penting bagi memastikan penapis aktif dapat beroperasi dalam

keadaan yang stabil. Penapis ini akan dikawal berdasarkan konsep suap-hadapan seperti yang dinyatakan dibawah:

- 1) Litar pengawal akan mengesan arus beban, i_L
- 2) Isyarat arus harmonik, i_{LH} akan diasingkan daripada arus beban yang dikesan melalui nilai purata proses isyarat digital
- 3) Penapis aktif akan menjana arus pemampas, $i_{AF} (= -i_{LH})$ daripada sumber voltan, V_S . Dimana i_{AF} akan saling membatalkan arus harmonik dalam sistem, i_{LH}



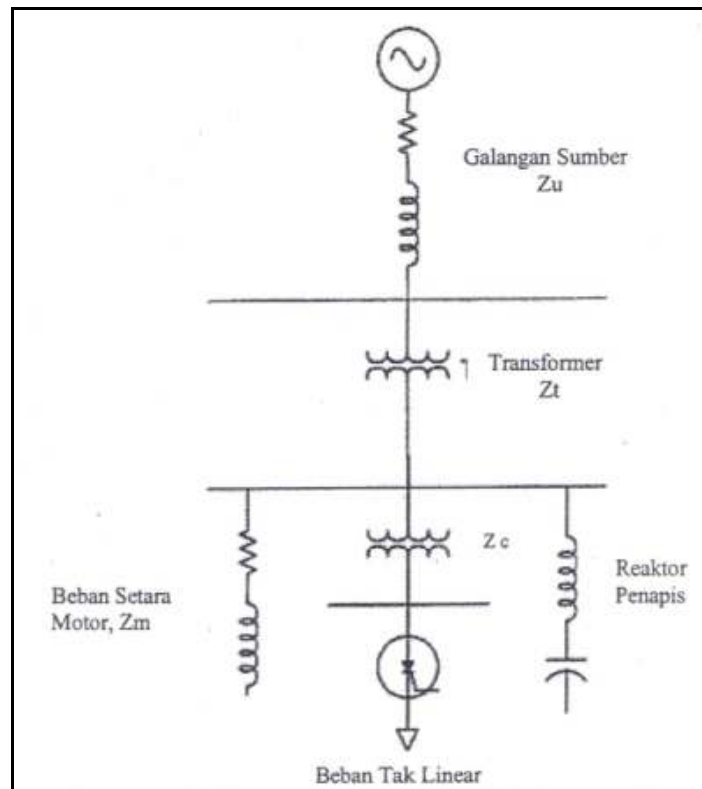
Rajah 2.3: Penapis aktif Satu Fasa Atau Tiga Fasa Jenis Selari

Rajah 2.3 menunjukkan konfigurasi sistem penapis aktif jenis sesiri bagi sistem satu fasa atau tiga fasa bagi memampas isyarat voltan harmonik yang disebabkan oleh sistem penerus diod satu fasa atau tiga fasa dengan beban kapasitif AT. Penapis ini akan disambung secara sesiri dengan sumber voltan melalui pengubah satu fasa atau tiga fasa. Tidak seperti penapis aktif jenis selari, penapis aktif jenis sesiri ini dikawal menggunakan konsep suapbalik seperti yang dinyatakan seperti berikut:

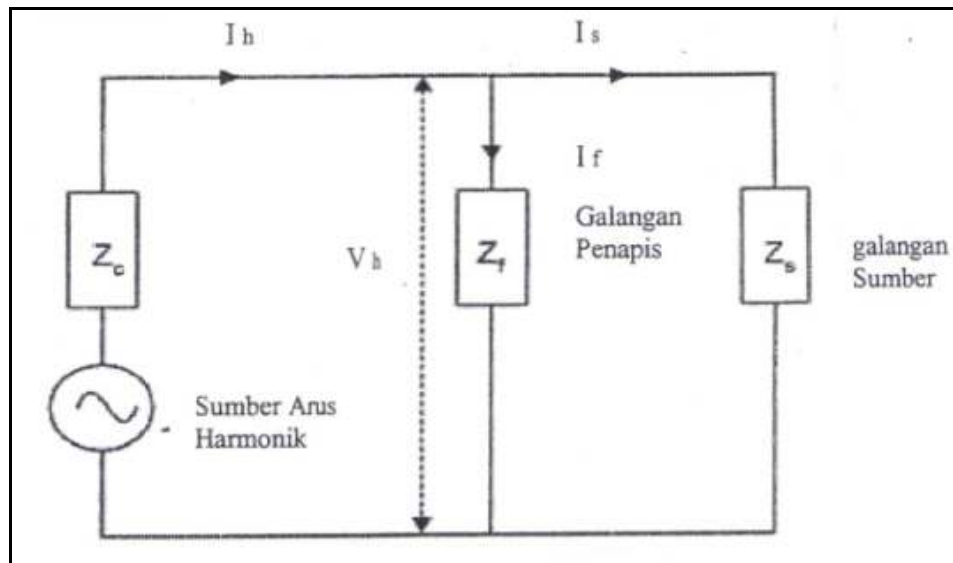
- 1) Litar pengawal akan mengesan sumber arus, i_S
- 2) Arus harmonik, i_{LH} akan diasingkan daripada arus sumber melalui nilai purata proses isyarat digital
- 3) Penapis aktif aktif akan menghasilkan voltan pemampas, $V_{AF} (= -K i_{LH})$ pada bahagian primer transformer. Sumber arus harmonik, i_{SH} akan berkurang apabila pemalar suap balik, K ditetapkan pada suatu nilai yang cukup tinggi.

2.5 Penapis Aktif Talaan Tunggal (Single Tuned)

Rajah 2.4 menunjukkan penapis pasif ST di dalam suatu sistem pengagihan manakala Rajah 2.5 menunjukkan litar yang setara bagi sistem pengagihan tersebut [5]. Galangan penapis berada dalam keadaan selari dengan litar setara Thevenin bagi sistem. Arus harmonik yang mengalir melalui galangan Z_c akan berpecah ke penapis dan galangan sistem pengagihan tersebut.



Rajah 2.4: Sistem Pengagihan



Rajah 2.5: Litar Setara Bagi Pemampasan Harmonik

$$I_h = I_f + I_s \quad (2)$$

Di mana: I_h = arus harmonik

I_s = arus yang melalui sistem

I_f = arus yang melalui penapis

Voltan harmonik yang merentangi galangan penapis, Z_f mesti sama dengan voltan harmonik yang merentangi galangan bagi litar setara Thevenin, Z_s

$$I_f Z_f = I_s Z_s \quad (3)$$

$$I_f = [Z_s / (Z_s + Z_f)] I_h = \rho_f I_h \quad (4)$$

$$I_s = [Z_f / (Z_s + Z_f)] I_h = \rho_s I_h \quad (5)$$

Pemalar ρ_f dan ρ_s merupakan kuantiti kompleks di mana ia akan menentukan jumlah arus harmonik yang akan mengalir melalui galangan penapis dan galangan sistem. Bagi rekabentuk penapis yang baik, nilai ρ_f akan menghampiri 0.995 manakala ρ_s adalah 0.005. Sudut fasa galangan bagi ρ_f dan ρ_s masing-masing adalah lingkungan -81° dan $-$

2.6°. Ini menunjukkan bahawa jumlah galangan bagi sistem memainkan peranan yang penting dalam proses penapisan harmonik. Bagi galangan sistem yang infiniti, proses pemampasan dapat dilakukan dengan sempurna dimana kesemua arus harmonik akan dialirkan melalau penapis. Namun sebaliknya bagi sistem yang mempunyai nilai galangan rendah, kebanyakan arus harmonik masih lagi mengalir ke dalam sistem yang ingin dilindungi kerana hanya sebahagian kecil arus harmonik yang akan dipampas oleh penapis. Bagi kes tanpa penapis pula, kesemua arus harmonik akan mengalir ke dalam sistem.

Bagi penapis talaan tunggal, galangan reaktif kapasitans dan induktans mesti sama pada sesuatu frekuensi talaan

$$Z = R + j\omega L + 1 / (j\omega C) = R \quad (6)$$

Dimana ωn adalah frekuensi talaan dalam unit radian. Maka

$$\omega n = 1 / \sqrt{(L/C)} \quad (7)$$

Jika X_o merupakan galangan bagi kapasitans atau galangan bagi penapis, maka

$$X_o = \omega n L = 1 / (\omega n C) = \sqrt{(L/C)} \quad (8)$$

Faktor kualiti galangan talaan, Q dinyatakan sebagai

$$Q = X_o / R = \sqrt{(L/C)} / R \quad (9)$$

Faktor kualiti menentukan tahap ketepatan talaan. Manakala sempadan lebar jalur lulus ditentukan oleh

$$|Z_f| = \sqrt{2} R \quad (10)$$

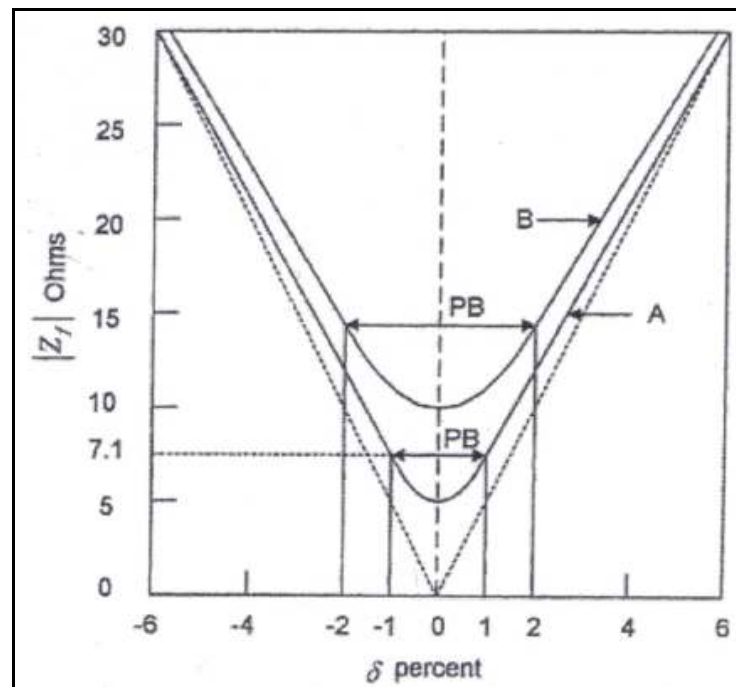
$$\delta = (\omega - \omega n) / \omega n \quad (11)$$

Rajah 2.6 menunjukkan plot asimptot dan jalur lulus bagi galangan penapis talaan tunggal. Ketepatan talaan yang dibuat sangat bergantung kepada nilai R dan X_o .

Pengurangan kedua-dua nilai tersebut akan mengurangkan nilai jumlah galangan bagi penapis pada frekuensi resonans. Asimptot dinyatakan seperti berikut:

$$|X_o| = \pm 2 X_o |\delta| \quad (12)$$

Pada rajah 2.6, lengkuk A mewakili $R = 5\Omega$ dan $X_o = 500\Omega$, $Q = 100$, manakala lengkuk B mewakili $R = 10\Omega$ dan $X_o = 500\Omega$, $Q = 50$. Didapati kedua-dua lengkuk A dan B mempunyai asimptot yang sama.



Rajah 2.6: Plot Asimptot dan Jalur Lulus Bagi Galangan Penapis Talaan Tunggal

V^2/X_o merupakan kuasa reaktif bagi keluaran pemuat. Jika kewujudan penapis diambil kira dalam pengiraan, maka

$$S_f = V^2 / (X_L - X_C)$$

$$S_f = V^2 / [(X_C/n^2) - X_C]$$

$$S_f = [n^2 / (n^2 - 1)] \times (\text{kuasa reaktif tanpa reaktor}) \quad (13)$$