

“Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur & Bahan)”

Tandatangan

.....

Nama Penyelia

: En Mohd Khairi B. Mohamed Nor

Tarikh

.....7 Mei 2007

**KAJIAN TENTANG KAWALAN SAMBUNGAN FLEKSIBEL YANG
BERPUTAR**


WESLEY BIN TAISING

Laporan ini diserahkan kepada Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur & Bahan)

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka**

Mei 2007

“saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan
yang tiap-tiap satunya saya jelaskan sumbernya”

Tandatangan :.....

Nama Penulis : Wesley Bin Taising

Tarikh : 7 MEI 2007.....

PENGHARGAAN

Terlebih dahulu penulis ingin mengucapkan syukur kepada Tuhan kerana dengan limpah rahmatnya penulis dapat menyiapkan kertas kajian ini mengikut senarai kandungan yang telah ditetapkan untuk semester ini dengan jayanya walaupun menghadapi pelbagai rintangan dan dugaan dari awal sehingga kertas kajian ini dapat disempurnakan.

Penulis juga mengucapkan jutaan terima kasih kepada Encik Mohd Khairi B. Mohamed Nor selaku penyelia penulis kerana dapat memberi tunjuk ajar yang tidak terhingga kepada penulis sehingga kertas kajian ini siap.

Penulis ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada ahli keluarga penulis kerana memberikan sokongan dari pelbagai aspek yang tiada penghujungnya walaupun berjauhan.

Akhir sekali penulis merakamkan setinggi kasih penghargaan kepada rakan-rakan yang telah banyak membantu penulis dalam usaha menyiapkan kertas kajian ini tidak kira dari apa aspek sekalipun. Selain itu penulis juga mengucapkan berbilang terima kasih kepada semua individu yang tidak dikaitkan di atas dengan sumbangan-sumbangan yang telah diberikan sama ada secara langsung ataupun tidak langsung semasa penulis menyiapkan kertas kajian ini.

Semoga dengan adanya kertas kajian seperti ini akan dapat menambahkan lagi pengetahuan para pembaca sekalian.

Sekian terima kasih.

ABSTRAK

Projek ini dijalankan untuk mengkaji dalam pelaksanaan teknik gelung terbuka untuk mengurangkan getaran pada sambungan fleksibel tunggal yang berputar. Kaedah yang digunakan di dalam projek ini melibatkan teknik gelung terbuka iaitu teknik “Input Impulse”, “Low Pass Filter”, “Band Stop Filter”, dan juga “Input Shaping”. Simulasi dengan menggunakan perisian Matlab Simulink telah dijalankan. Dalam kajian ini, keluaran yang dianalisis adalah sudut pada bahagian pusat sambungan fleksibel serta sudut pesongan yang berlaku pada bahagian lengan sambungan fleksibel. Keputusan dari simulasi dengan mengaplikasikan kaedah sistem gelung terbuka akan dibandingkan untuk mengenal pasti kaedah yang sesuai untuk pengawalan getaran untuk sambungan fleksibel yang berputar. Hasil kajian menunjukkan tiga teknik kawalan dengan menggunakan kaedah gelung terbuka iaitu “Low Pass Filter”, “Band Stop Filter”, dan “Input Shaping” dapat mengurangkan getaran pada sistem fleksibel berputar. Pengurangan getaran paling tinggi untuk sistem ini adalah hasil dari teknik “Input Shaping”.

ABSTRACT

This project is carried out to study the execution of open loop technique to reduce vibration on the rotary flexible link system. The methods in this project are involving the open loop techniques that are “Input Impulse”, “Low Pass Filter”, “Band Stop Filter”, and also “Input Shaping”. Simulation had been done by using software called Matlab Simulink. In this case, analyzed output is an angle at the hub of rotary flexible link an also the deflection angle that happen at the arm of flexible joint. The result from the simulation that applies the use of open loop system will be compared to identify the suitable method for the vibration control in the rotary flexible link. The outcome shows that three techniques by using the open loop method that are “Low Pass Filter”, “Band Stop Filter”, and “Input Shaping” can reduce the vibrations at the rotary flexible system. The highest reduction for this system is from the “Input Shaping” technique.

KANDUNGAN

BAB	KANDUNGAN	MUKA SURAT
	JUDUL	i
	PENGAKUAN	ii
	PENGHARGAAN	iii
	ABSTRAK	iv
	ABSTRACT	v
	SENARAI JADUAL	ix
	SENARAI RAJAH	x
	SENARAI SIMBOL	xiii
	SENARAI LAMPIRAN	xv
1	Pengenalan	1
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Objektif	2
	1.3 Skop	2
	1.4 Penyataan Masalah	3
	1.5 Kebaikan Kajian	3
2	Kajian Ilmiah	4
	2.1 Pengenalan Sistem Kawalan	4
	2.1.1 Definisi sistem kawalan	4
	2.1.2 Kelebihan sistem kawalan	5
	2.2 Sejarah Sistem Kawalan	7
	2.3 Sifat/Ciri-Ciri Reaksi Dan Tata rajah Sistem	8
	2.3.1 Input/masukan dan output/keluaran	8

2.3.2	Sistem Gelung Terbuka	10
2.3.3	Sistem Gelung Tertutup	11
2.4	Teori Fungsi Impulse	14
2.5	Teori “Low Pass Filter”	15
2.6	Teori “Band Stop Filter”	17
2.7	Teori “Input Shaping”	18
2.8	Aplikasi Perisian Matlab dan Simulink	21
2.8.1	Perisian MATLAB	21
3	LATAR BELAKANG PROJEK	22
3.1	Pengenalan	22
3.1.1	Sambungan Fleksibel Yang Berputar (<i>Rotary Flexible Link</i>)	22
3.2	Komponen-Komponen Dalam Sambungan Fleksibel Yang Berputar	23
3.2.1	Quanser SRV02-E (T)	23
3.2.2	Sambungan Fleksible (Flexgage)	26
3.3	Model Matematik Untuk Sambungan Fleksibel Yang Berputar	27
3.3.1	Servomotor DC (SRV02-E(T))	27
3.3.2	Sambungan Fleksibel (<i>Flexible Link</i>)	31
3.4	Spesifikasi Sistem Dalam Servomotor DC (SRV02-E(T))	37
3.5	Spesifikasi Sistem Dalam Sambungan Fleksibel(<i>Flexible Link</i>)	39
4	PROJEK METODOLOGI	40
4.1	Metodologi	40
4.2	Carta Alir	41
5	SIMULASI	42
5.1	Pengenalan	42
5.2	Input Impulse	42
5.3	Pelaksanaan Sistem Kawalan Gelung Terbuka	46

5.3.1	Teknik “Low Pass Filter”	47
5.3.2	Teknik “ Band Stop Filter”	49
5.3.3	Teknik “ Input Shaping”	51
6	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	55
6.1	Pengenalan	55
6.2	Input Impulse	55
6.3	Low Pass Filter	57
6.4	Band Stop Filter	59
6.5	Input Shaping	61
6.6	Perbandingan Keputusan	64
6.7	Perbincangan	65
7	KESIMPULAN DAN CADANGAN	67
7.1	Kesimpulan	67
7.2	Cadangan	68
	RUJUKAN	69
	LAMPIRAN	71

SENARAI JADUAL

NO JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
3.1	Komponen-komponen dalam SRV02-E(T)	25
3.2	Jadual spesifikasi sistem dalam servomotor DC (SRV02-E(T))	37
3.3	Jadual spesifikasi sistem sambungan fleksibel	39
5.1	Masa dan Amplitud empat bentuk impuls	53
6.1	Amplitud pesongan lengan sambungan fleksibel	64
6.2	Spectrum(magnitud getaran) pada lengan sambungan fleksibel	64

SENARAI RAJAH

NO RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Gambar rajah Blok komponen asas sistem kawalan	5
2.2	Ciri-ciri reaksi sistem kawalan dalam lif	9
2.3	Gambar rajah Blok sistem gelung terbuka	10
2.4	Gambar rajah Blok sistem piring penggerak (sistem gelung terbuka)	11
2.5	Gambar rajah Blok sistem suap balik negatif	12
2.6	Gambar rajah Blok sistem piring penggerak (sistem gelung tertutup)	13
2.7	Ilustrasi terminologi”low pass filter”	15
2.8	Band stop filter	17
3.1	Sambungan fleksibel yang berputar	23
3.2	Pandangan atas SRV02-E(T) (Gear rendah)	24
3.3	Bahagian bawah plat atas	24
3.4	Pandangan sambungan SRV02-E(T)	24
3.5	Pandangan hadapan konfigurasi gear tinggi	25
3.6	Sambungan fleksibel (FLEXGAGE)	26
3.7	Pengukur keterikan (<i>strain gage</i>)	26
3.8	Servomotor DC (SRV02-E(T))	27
3.9	litar motor DC	27
3.10	Skematik sambungan fleksibel	31
3.11	Putaran pada gear pusat dan gear beban	32
4.1	Carta Alir Projek Metodologi	41
5.1	Gambar Rajah Blok Input Impulse	43
5.2	Gambar rajah blok simulink “Input Impulse”	43
5.3	Isyarat input impulse	44

5.4	Sudut pusat sambungan fleksibel	45
5.5	Amplitud pesongan lengan sambungan fleksibel	45
5.6	Spectrum (magnitude getaran) pada lengan sambungan fleksibel	46
5.7	Gambar rajah blok “low pass filter”	47
5.8	Gambar rajah simulink sistem sambungan fleksibel yang berputar(low pass filter)	48
5.9	Gambar Rajah Blok “Band Stop Filter”	49
5.10	Gambar rajah simulink sistem sambungan fleksibel yang berputar(band stop filter)	50
5.11	Isyarat asal “Input Impulse”	53
5.12	Isyarat “Input Shaping”	53
5.13	Gambar rajah simulink sistem sambungan fleksibel yang berputar(input shaping)	54
6.1	Sudut pusat sambungan fleksibel (Input Impulse)	56
6.2	Amplitud pesongan lengan sambungan fleksibel (Input Impulse)	56
6.3	spectrum (magnitude getaran) pada lengan sambungan fleksibel (Input Impulse)	57
6.4	Sudut pusat sambungan fleksibel (Low Pass Filter)	58
6.5	Amplitud pesongan lengan sambungan fleksibel (Low Pass Filter)	58
6.6	Spectrum (magnitude getaran) pada lengan sambungan fleksibel (Low Pass Filter)	59
6.7	Sudut pusat sambungan fleksibel (Band Stop Filter)	60
6.8	Amplitud pesongan lengan sambungan fleksibel (Band Stop Filter)	60
6.9	Spectrum (magnitude getaran) pada lengan sambungan fleksibel (Band Stop Filter)	61
6.10	Sudut pusat sambungan fleksibel (Input Shaping)	62

6.11	Amplitud pesongan lengan sambungan fleksibel (Input Shaping)	62
6.12	Spectrum (magnitude getaran) pada lengan sambungan fleksibel (Input Shaping)	63

SENARAI SIMBOL

SIMBOL	DEFINISI
B_{eq}	Pekali setara kelikatan redaman
D	Pesongan pada hujung lengan
E_{emf}	Daya elektromagnetik
I_m	Arus litar angker
J_{eq}	Momen Inersia setara dalam beban
J_l	Momen Inersia beban motor
J_{link}	Momen Inersia Sambungan Fleksibel
J_m	Momen Inersia motor
K_g	Nisbah gear
K_m	Pemalar emf
K_{stiff}	Kekakuan spring
K_t	Pemalar tork-motor
L	Panjang lengan
L_m	Induktor
m	Jisim sambungan fleksibel.
R_m	Perintang
V_m	litar angker-input voltan
T	Tenaga Keupayaan
T_l	Daya kilas beban motor
T_m	Daya kilas yang terhasil dari motor
V	Tenaga Kinetik

HURUF GREEK**DEFINISI**

ξ	Nisbah redaman sistem
f_c	Asas frekuensi asli
θ	Sudut kedudukan pusat Sambungan Fleksibel
$\dot{\theta}$	Halaju Sudut Pusat Sambungan Fleksibel
α	Sudut pesongan pada hujung lengan (radians)
$\dot{\alpha}$	Halaju sudut pesongan pada hujung lengan
η_m	Kecekapan motor
η_g	Kecekapan kotak gear
θ_l	Kedudukan shaf beban
θ_m	kedudukan shaf motor
ω_c	Frekuensi redaman natural
ω_m	Halaju sudut shaf Motor

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A	Carta Gantt untuk PSM 1	71
B	Carta Gantt untuk PSM 2	72
C	Program MATLAB untuk state space sistem Sambungan yang fleksibel	73
D	MATLAB – SIMULINK	76

BAB 1

Pengenalan

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa tahun kebelakangan ini, terutama dalam bidang kejuruteraan, kawalan getaran dalam sesuatu reka cipta merupakan sesuatu yang sangat penting. Sebagai contoh, dalam reka bentuk robot, kebanyakan lengan robot direka bentuk dalam badan tegar, kuat serta berat. Oleh sebab itu, robot ini memerlukan tenaga yang banyak untuk melakukan kerja. Untuk mengurangkan penggunaan tenaga, reka cipta lengan robot pada bentuk yang lebih kecil dan ringan adalah sangat penting. Walau bagaimanapun, lengan robot yang kecil dan ringan mudah untuk membengkok/melentur serta bergetar dengan kuat disebabkan oleh pergerakan yang fleksibel. Ini juga akan menyebabkan pengurangan dari segi ketepatan kedudukan lengan ke kedudukan yang diinginkan. Dalam kes ini, lengan yang direka cipta perlulah mengambil kira keanjalan bahan yang digunakan.

Dalam pengawalan sambungan fleksibel yang berputar, badan tegar serta pergerakan fleksibel pada sistem itu harus dipertimbangkan. Ketepatan sudut putaran pada pusat sambungan fleksibel serta pada lengan sambungan fleksibel merupakan faktor utama yang diambil kira dalam sesuatu sambungan yang fleksibel. Dalam projek ini, pengajian tentang teori dan simulasi dijalankan dengan menggunakan teknik gelung terbuka untuk mencapai jejak sasaran yang memerlukan pengurangan getaran pada sistem sambungan fleksibel yang berputar. Sambungan fleksibel tunggal (*single-link flexible*) digunakan sebagai alat untuk dikaji dengan menggunakan beberapa teknik gelung terbuka.

1.2 Objektif

- 1) Objektif utama projek ini adalah untuk mendapatkan hasil dari simulasi dengan mengaplikasikan beberapa teknik sistem gelung terbuka yang akan diaplikasikan dalam sambungan fleksibel yang berputar untuk pengawalan getaran.
- 2) Selain itu, objektif lain dalam kajian ini adalah untuk mengkaji mengenai beberapa teknik kawalan dalam input-penjejakan (*input-tracking*) sistem gelung terbuka untuk kawalan getaran (*vibration control*) dalam sambungan fleksibel yang berputar.

1.3 Skop

Antara skop dalam projek ini adalah:

- 1) Mempelajari mengenai teori kawalan mengenai dengan sambungan fleksibel yang berputar.
- 2) Mengkaji tentang peralatan yang digunakan sebagai uji kaji dalam projek ini.
- 3) Mereka bentuk dan melaksanakan strategi kawalan gelung terbuka untuk pengawalan getaran dalam sambungan fleksibel yang berputar.
- 4) Mempelajari perisian Matlab dan Simulink
- 5) Menganalisis dan membandingkan keputusan dari simulasi melalui beberapa teknik kawalan gelung terbuka untuk pengawalan getaran yang diaplikasikan dalam projek ini.

1.4 Penyataan Masalah

Dalam reka cipta sesuatu robot, pengawalan getaran dalam sistem adalah sangat penting. Ini kerana getaran ini boleh menyebabkan kerosakan pada sistem jika ia tidak dapat dikawal. Biasanya untuk reka cipta lengan robot yang nipis dan ringan, ia boleh menyebabkan ia mudah untuk melentur seterusnya menyebabkan getaran pada sistem. Getaran yang berlaku ini boleh menjejaskan ketepatan dari segi kedudukan dan juga menyebabkan kerosakan pada sistem. Pengawalan getaran ini boleh dilakukan melalui sistem kawalan dengan menggunakan sistem gelung terbuka dan sistem gelung tertutup. Sistem kawalan dengan menggunakan sistem gelung tertutup lebih tepat dari segi keluaran tetapi binaannya lebih kompleks serta lebih mahal berbanding sistem gelung terbuka. Oleh itu, kajian mengenai teknik pengawalan getaran dengan menggunakan sistem gelung terbuka dilakukan untuk mendapatkan kaedah yang sesuai kerana binaannya lebih mudah berbanding dengan sistem gelung tertutup.

1.5 Kebaikan Kajian

Dengan kajian ini, Sistem Sambungan Fleksibel yang Berputar digunakan untuk menganalisis getaran yang berlaku pada sistem. Di sini, teori sistem kawalan gelung terbuka digunakan untuk mendapatkan kaedah yang sesuai untuk pengawalan getaran dalam sistem sambungan fleksibel yang berputar. Dari kajian ini juga, kita dapat mereka bentuk dan melaksanakan strategi kawalan gelung terbuka untuk sambungan fleksibel yang berputar serta dapat mempelajari teknik analisis yang digunakan iaitu simulasi dengan menggunakan perisian MATLAB..

BAB 2

KAJIAN ILMIAH

2.1 Pengenalan Sistem Kawalan

Sistem kawalan merupakan satu sistem yang sangat penting dalam masyarakat moden ketika ini. Ianya banyak diaplikasikan dalam kehidupan seharian contohnya dalam penggunaan sistem penghawa dingin, sistem robot, mesin basuh, lif dan sebagainya.

Sistem kawalan bukan sahaja dicipta oleh manusia tetapi ia juga wujud secara semula jadi. Sebagai contoh, dalam badan manusia. Dalam badan manusia terdapat banyak sistem kawalan seperti pankreas di mana ia menapis gula dalam darah manusia. Mata manusia juga mengikut sebarang benda yang bergerak supaya dapat melihatnya. Tangan manusia juga merupakan contoh satu sistem kawalan di mana mata dan sentuhan kulit bertindak sebagai sensor.

2.1.1 Definisi Sistem Kawalan

Secara am, sistem kawalan merupakan suatu cara atau tindak laku yang diambil supaya sesuatu proses atau acara itu berlaku mengikut peraturan yang ditetapkan. Sistem kawalan terdiri daripada *subsistem* dan juga *proses* yang digabungkan untuk tujuan mengawal keluaran hasil dari proses tersebut. Sebagai contoh, relau menghasilkan haba sebagai keluaran/output hasil dari aliran bahan

api(bahan pembakaran). Dalam proses ini, injap bahan api(*fuel valve*) dikenali sebagai subsistem yang digunakan untuk mengawal suhu dalam relau dengan cara mengawal keluaran haba dari relau. Selain itu, subsistem juga terdiri daripada termostat (sebagai sensor) yang mengukur suhu bilik. Rajah di bawah menunjukkan contoh gambar rajah aliran sistem kawalan yang terdiri dari input yang akan menghasilkan keluaran..



Rajah 2.1: Gambar rajah blok komponen asas sistem kawalan

2.1.2 Kelebihan Sistem Kawalan

Dengan adanya sistem kawalan ini kita dengan mudahnya dapat memindahkan sesuatu barangan /peralatan yang bersaiz besar dengan tepat ke tempat yang diinginkan. Contoh lain, dengan adanya sistem ini kita dapat menggunakan lif untuk membawa kita dengan cepat ke destinasi yang dituju dan secara automatik berhenti pada kedudukan yang betul.

Sistem Kawalan ini dicipta atas empat(4) sebab utama:

1. Pembesaran/penguatan kuasa

Sebagai contoh,dalam radar antena. Kedudukan antena ditentukan oleh input dengan kuasa pusingan yang rendah di mana outputnya memerlukan kuasa yang besar. Melalui sistem kawalan ini, input yang kecil ini dapat dibesarkan.

2. Alat pengawalan jauh

Robot dicipta dengan menggunakan prinsip sistem kawalan di mana ianya dapat mengurangkan ataupun menggantikan tenaga manusia. Sistem kawalan ini juga diaplikasikan untuk tujuan pengawalan jauh atau di tempat-tempat yang berbahaya. Sebagai contoh, alat kawalan untuk tangan robot digunakan untuk mengangkat atau memunggah sesuatu barang dalam kawasan radioaktif atau dapat memindahkan barang yang panas ke tempat yang lain untuk pemrosesan seterusnya. Contoh lain, kita menggunakan alat kawalan jauh untuk menukar siaran pada televisyen. Ini memudahkan kita kerana kita dapat menukar siaran dengan mudah dan cepat tanpa menekan butang pada badan televisyen.

3. Keselesaan dalam input/masukan sistem

Sistem kawalan ini juga digunakan untuk memberi keselesaan dengan menukarkan bentuk inputnya. Sebagai contoh, dalam sistem kawalan suhu, kedudukan termostat merupakan input sistem tersebut manakala outputnya adalah haba yang diinginkan. Oleh itu, kedudukan yang selesa atau sesuai memberikan haba yang diinginkan.

4. Untuk mengurangkan/memperbaiki sebarang gangguan dari sistem

Kebiasaannya, kita mengawal sesuatu yang sentiasa berubah seperti suhu dalam sistem haba dan halaju dalam sistem mekanikal serta voltan, arus dan frekuensi dalam sistem elektrik. Dalam setiap sistem ini, ianya memerlukan keluaran yang tepat walaupun ianya dipengaruhi oleh gangguan-gangguan luar. Oleh itu, sistem kawalan boleh digunakan untuk memperbaiki ataupun mengurangkan sebarang gangguan yang terjadi pada sesuatu sistem. Sebagai contoh, dalam sistem antena apabila daya angin menghala ke antena dan mengubah arah antena tersebut, sistem kawalan dapat mengesan gangguan tersebut dan seterusnya memperbaiki gangguan serta meletakkannya pada kedudukan asal. Dalam contoh ini, biasanya inputnya tidak berubah apabila

sistem ini memperbaiki gangguan yang terjadi. Sistem kawalan yang digunakan dalam sistem antena ini akan mengukur keseluruhan gangguan terhadap kedudukan dan ianya akan diperbaiki untuk kembali ke kedudukan asal.

2.2 Sejarah Sistem Kawalan

Sejarah mengenai sistem kawalan ini telah bermula sejak sekian lama. Setiap abad sistem kawalan ini dicipta da digunakan untuk keselesaan sejagat. Oleh itu, sistem kawalan ini sentiasa berkembang dari semasa ke semasa. Sejarah awal sistem kawalan bermula kira-kira 300 sebelum Masihi. Ktesibios, berbangsa Greek telah berjaya mencipta jam air di mana aras air pada kontena pengukur digunakan untuk mengukur masa. Sistem kawalan yang digunakan oleh Ktesibios ini adalah asas kepada sistem kawalan yang digunakan pada pengawalan singki tandas pada masa kini.

Pada tahun 1681, Denis Papin mencipta injap keselamatan untuk pengawalan dalam tekanan stim. Pemberat diletakkan di atas injap dan apabila tekanan pada relau naik ke atas melebihi berat pemberat tersebut, stim dalam relau akan dilepaskan dan tekanan akan berkurangan. Pengawalan laju yang diaplikasikan dalam kincir angin dicipta pada tahun 1745 oleh Edmund Lee. pada kurun ke 18, Jmes Watt mencipta *governor flyball* untuk mengawal kelajuan dalam enjin stim. Pada tahun 1868, James Clerk Maxwell menerbitkan kriteria kestabilan untuk terbitan ketiga sistem berdasarkan kepada pekali persamaan pembezaan. Pada tahun 1874, Edmund John Routh kemudiannya menggunakan cadangan William Kigdon Cliford yang mampu untuk melanjutkan kriteria kestabilan terbitan keempat sistem.

Pada tahun 1922, syarikat Sperry Gyroscope memasang sistem stereng automatik di mana ianya digunakan untuk keselesaan dan mengubahsuai kawalan untuk meningkatkan prestasi. Walau bagaimanapun, kebanyakan teori yang kita gunakan pada hari ini yang digunakan untuk meningkatkan prestasi dalam sistem kawalan automatik adalah hasil dari idea Nickholas Minorsky dari Rusia yang

dilahirkan pada tahun 1885. Lewat tahun 1920 dan awal tahun 1930, H.W.Bode dan H.Nyquist dari makmal Bell Telefon mencipta dan menganalisis suap balik penguat. Sumbangannya ini berkembang kepada sinusoidal analisis frekuensi dan reka bentuk teknik-teknik pada masa ini yang digunakan untuk sistem kawalan suap balik. Dalam tahun 1948, Walter R Evans, bekerja dalam industri pesawat, mencipta satu teknik bergraf untuk memplotkan punca ciri-ciri persamaan dalam sistem suap balik.

Kini, sistem kawalan banyak digunakan dalam industri-industri pembuatan di mana ianya terbentuk hasil dari teori awal yang telah dicipta dan telah diubahsuai serta dipertingkatkan dalam meningkatkan lagi prestasi sesuatu sistem. Sebagai contoh, sistem kawalan ini telah digunakan dalam penciptaan robot, sistem penghawa dingin, kapal terbang dan sebagainya.

2.3 Sifat/Ciri-Ciri Reaksi Dan Tata rajah Sistem

2.3.1 Input/masukan dan output/keluaran

Sistem kawalan menghasilkan output/keluaran hasil dari input. Output yang terhasil ini merupakan reaksi/keluaran sebenar. Sebagai contoh, dalam sistem lif apabila butang ditekan ke kedudukan tingkat empat dari bahagian tingkat bawah, lif tersebut akan naik ke tingkat 4 dengan halaju serta kedudukan yang tepat. Rajah 2 menunjukkan gambar rajah input serta output dalam sistem lif. Daripada contoh ini, input yang dimaksudkan adalah apabila kita menekan butang dari tingkat bawah untuk ke tingkat 4.