

TEORI *FIXED-POINTS* UNTUK GETARAN RASUK DENGAN PELBAGAI
SYARAT SEMPADAN

KO YING HAO

TESIS INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN DARIPADA
SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN

PROGRAM FIZIK DENGAN ELEKTRONIK
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

2005



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: Teori Fixed-Points Untuk Getaran Rasuk dengan pelbagai Syarat Sempadan.

Ijazah: Sarjana Muda

SESI PENGAJIAN: 2002 / 2005

Saya KO YING HAO

(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. **Sila tandakan (/)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 277, Tmn Desa Damai,
28700, Bentong,

Pahang-Malaysia

Dr. Sedol Dayou

Nama Penyelia

Tarikh: 31/3/2005

Tarikh: _____

CATATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

** Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikedah sebagai SULIT dan TERHAD.

@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

31 March 2005



KO YING HAO

HS2002-4049

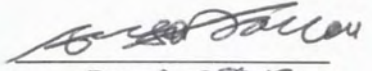


PERAKUAN PEMERIKSA

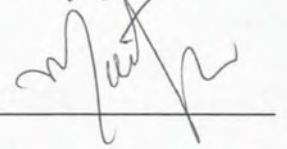
DIPERAKUKAN OLEH

Tandatangan


1. PENYELIA
(DR. JEDOL DAYOU)


29.3.2005

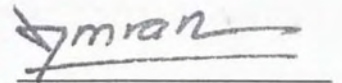
2. PEMERIKSA 1
(PN. TEH MEE TENG)



3. PEMERIKSA 2
(DR. ABDULLAH CHIK)


29/3/05

4. DEKAN
(PROF. MADYA DR. AMRAN AHMED)





PENGHARGAAN

Terlebih dahulu, saya ingin mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan ribuan terima kasih kepada Dr. Jedol Dayou selaku penyelia saya. Beliau telah banyak memberi tunjuk ajar, nasihat dan dorongan kepada saya untuk memastikan projek akhir tahun ini berjalan lancar seperti yang telah dirancang. Segala ajaran beliau akan saya jadikan ingatan sepanjang hidup hayat.

Penghargaan juga diucapkan kepada Dr. Ho Chong Mun atas bantuan dan nasihat yang diberikan kepada saya.

Dengan kesempatan ini, saya juga merakamkan ucapan ribuan terima kasih kepada rakan seperjuangan yang telah banyak memberi bantuan dan nasihat kepada saya sepanjang tempoh kajian ini. Dengan sokongan moral mereka, saya dapat menjayakan kajian ini dalam tempoh yang telah ditetapkan.

Akhir sekali, saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada keluarga tersayang saya. Mereka telah memberi banyak dorongan moral yang tidak terhingga kepada saya.

KO YING HAO

HS2002-4049



ABSTRAK

Dua teori *Fixed-points*, pengoptimuman H_∞ dan pengoptimuman H_2 telah digunakan sebagai syarat rekaan optimum dalam fabrikasi penyerap getaran. Pengoptimuman ini telah dibuktikan sangat berkesan dalam pengawalan getaran bagi sistem utama darjah kebebasan pertama. Namun, dalam dunia sebenar, sistem mekanikal yang memerlukan pengawalan getaran lebih kerap dimodelkan sebagai sistem pelbagai darjah kebebasan, iaitu: rasuk. Dalam kajian ini, tatacara rekaan optimum bagi penyerap getaran yang dipasang pada sistem utama darjah kebebasan pertama dilanjutkan pada sistem utama rasuk, dengan pelbagai syarat sempadan. Dalam tesis ini, pengoptimuman H_∞ adalah direka untuk mengurangkan getaran pada rasuk tak terlembap, sementara itu, pengoptimuman H_2 adalah digunakan untuk mengurangkan getaran pada rasuk terlembap.



ABSTRACT

Two Fixed-points theories, H_∞ and H_2 optimization have been used as optimum design law in fabricating vibration absorber. These optimizations have been proven that very effective in controlling the vibration of Single Degree of Freedom (SDOF) primary system. But, in real word, mechanical system which vibration control is needed are more conveniently modeled as Multi Degree of Freedom (MDOF) primary system, that is beam. Here, the procedure for the optimum design of vibration absorber applied to SDOF are extended to beam primary system, with various boundaries condition. In this thesis, the H_∞ optimization is designed to reduced vibration of an undamped beam, while H_2 optimization is designed to control vibration of damped beam.



SENARAI KANDUNGAN

HALAMAN JUDUL	i
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xii
SENARAI RAJAH	xiii
SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN	xix
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Tujuan Kajian	3
1.3 Objektif Kajian	4
1.4 Skop Kajian	4
BAB 2	5
ULASAN PERPUSTAKAAN	5
2.1 Getaran	5
2.1.1 Konsep Getaran	5
2.1.2 Sistem Getaran	5



2.2	Sistem Darjah Kebebasan Pertama Terlembap	6
2.2.1	Definisi	6
2.2.2	Analisis Getaran	6
2.3	Sistem Darjah Kebebasan Pertama Tak Terlembap	8
2.3.1	Definisi	8
2.3.2	Analisis Getaran	9
2.4	Penyerap Getaran Dinamik	11
2.4.1	Definisi	11
2.4.2	Penyerap Getaran Tak Terlembap	11
	a. Analisis Getaran	12
2.4.3	Penyerap Getaran Terlembap	14
2.5	Teori <i>Fixed-points</i>	17
2.5.1	Definisi	17
2.5.2	Optimum Nisbah Frekuensi, γ_{opt}	18
2.5.3	Optimum Faktor Lembapan, ζ_{aopt}	19
2.6	Getaran Rasuk	20
2.6.1	Persamaan Euler	20
2.6.2	Syarat Sempadan	24
2.6.3	Jenis Rasuk Dengan Pelbagai Syarat Sempadan	24
2.6.4	Rangkap Mod Bagi Rasuk Dengan Pelbagai Syarat Sempadan	26
2.7	Kawalan Getaran Rasuk Secara Menyeluruh	32
2.7.1	Tenaga Kinetik Rasuk	32
2.8	Kewujudan <i>Fixed-points</i> Dalam Tenaga Kinetik Rasuk	33



BAB 3	METODOLOGI	36
3.1	Absrak Secara Fizikal	36
3.2	Formulasi Matematik	39
3.2.1	Penerbitan Formula Tenaga Kinetik Bagi Rasuk Yang Dipasang Dengan Penyerap Getaran	39
3.3	Penyelesaian	44
3.3.1	Kaedah Pengoptimuman H_{∞}	44
a.	Penyelesaian Penghampiran	45
b.	Penyelesaian Tepat	45
3.3.2	Kaedah Pengoptimuman H_2	46
3.4	Mentafsirkan Keputusan	47
3.4.1	Simulasi Getaran Dengan Matlab	47
BAB 4	HASIL DAN PERBINCANGAN	48
4.1	Rekaan Optimum Penyerap Getaran Terlembap Dipasang Dengan Sistem Utama Tak Terlembap	48
4.1.1	Perbandingan Kaedah Penghampiran Dengan Kaedah Tepat Dipasang Dengan Penyerap Getaran	49
4.2	Rekaan Optimum Penyerap Getaran Terlembap Dipasang Dengan Sistem Utama Terlembap	57
4.3	Tenaga Kinetik Bagi Rasuk Dengan Pelbagai Syarat Sempadan	62
4.3.1	Tenaga Kinetik Bagi Rasuk Tak Terlembap	64
4.3.2	Tenaga Kinetik Bagi Rasuk Terlembap	66



4.4	Kawalan Getaran Rasuk	69
4.4.1	Rekaan Optimum Penyerap Getaran Dipasang Pada Rasuk Tak Terlembap	70
a.	Kaedah Penghampiran	70
b.	Kaedah Tepat	76
c.	Perbandingan Kaedah Penghampiran Dengan Kaedah Tepat	81
4.4.2	Rekaan Optimum Penyerap Getaran Dipasang Pada Rasuk Terlembap	83
a.	Kaedah Pengoptimuman H_2	83
b.	Keberkesanan Kaedah H_2 dengan Nilai ζ_m yang berbeza	89
BAB 5	KESIMPULAN	92
	RUJUKAN	95
	LAMPIRAN	98
Lampiran A	Penyelesaian Persamaan Anjakan Amplitud Bagi Sistem Utama Terlembap	98
Lampiran B	Penyelesaian Persamaan Anjakan Amplitud Bagi Sistem Utama Tak Terlembap	102
Lampiran C	Perhitungan Persamaan Anjakan Amplitud Sistem Utama Tak Terlembap Yang Dipasang Dengan Penyerap Getaran Tak Terlembap	105



Lampiran D	Perhitungan Persamaan Anjakan Amplitud Sistem Utama Tak Terlembap Yang Dipasang Dengan Penyerap Getaran Terlembap	107
Lampiran E	Penyelesaian Penghampiran Kaedah Pengoptimuman H_{∞}	109
Lampiran F	Penyelesaian Rangkap Mod Bagi Rasuk Disokong Mudah	117
Lampiran G	Penyelesaian Rangkap Mod Bagi Rasuk Terkapit-bebas	119
Lampiran H	Penyelesaian Rangkap Mod Bagi Rasuk Terkapit-kapit	122
Lampiran I	Penyelesaian Rangkap Mod Bagi Rasuk Bebas-bebas	125
Lampiran J	Perhitungan Penyelesaian Tepat Pengoptimuman H_{∞}	127
Lampiran K	Perhitungan Penyelesaian Tepat Pengoptimuman H_2	134
Lampiran L	Matlab Kod	139



SENARAI JADUAL

No. Jadual		Muka Surat
2.1	Syarat sempadan	24
2.2	Jenis rasuk dengan pelbagai syarat sempadan	25
2.3	Rangkap mod bagi rasuk dengan pelbagai syarat sempadan	27
3.1	Optimum parameter bagi penyelesaian penghampiran	45
3.2	Optimum parameter bagi penyelesaian tepat	45
3.3	Optimum parameter H_2	46
3.4	Simbol bagi optimum parameter H_2	47
4.1	Nilai γ_{opt} bagi kaedah penghampiran dan kaedah tepat	54
4.2	Nilai ζ_{aopt} bagi kaedah penghampiran dan kaedah tepat	55



SENARAI RAJAH

No. Rajah		Muka Surat
2.1	Stuktur sistem darjah kebebasan pertama terlembap	6
2.2	Anjakan amplitud bagi sistem darjah kebebasan pertama terlembap dengan pelbagai faktor lembapan, ζ	7
2.3	Stuktur sistem utama tak terlembap	8
2.4	Anjakan amplitud bagi sistem darjah kebebasan pertama tak terlembap	9
2.5	Penyerap getaran tak terlembap yang dipasang pada sistem utama tak terlembap	12
2.6	Perbandingan reaksi anjakan amplitud bagi sistem utama tak terlembap sebelum dan selepas dipasang dengan penyerap getaran tak terlembap	13
2.7	Penyerap getaran terlembap dipasang pada sistem utama	14
2.8	Perbandingan reaksi anjakan amplitud bagi sistem utama tak terlembap dipasang dengan penyerap getaran terlembap dengan faktor lembapan, ζ yang berlainan di bawah nisbah frekuensi, $\gamma = (\omega/\omega_p) = 1$	15
2.9	Perbandingan reaksi anjakan amplitud bagi sistem utama tak terlembap dipasang dengan penyerap getaran terlembap dengan faktor lembapan, ζ yang berlainan di bawah nisbah frekuensi,	16



	$\gamma = 0.9$	
2.10	Perbandingan reaksi anjakan amplitud bagi sistem utama tak terlembap dipasang dengan penyerap getaran terlembap dengan faktor lembapan, ζ yang berlainan di bawah nisbah frekuensi, $\gamma = 1.1$	16
2.11	Perbandingan reaksi anjakan amplitud bagi sistem utama tak terlembap dipasang dengan penyerap getaran terlembap dengan faktor lembapan, ζ yang berlainan di bawah optimum nisbah frekuensi, $\gamma = \gamma_{opt}$	19
2.12	Perbandingan reaksi anjakan amplitud bagi sistem utama tak terlembap dipasang dengan penyerap getaran terlembap dengan faktor lembapan, $\zeta = 0, 0.05, 0.1, 10$ dan ζ_{aopt} di bawah optimum nisbah frekuensi, $\gamma = \gamma_{opt}$	20
2.13	Rasuk dalam lenturan	21
2.14	Rangkap mod bagi rasuk disokong-mudah pada tiga mod pertama	28
2.15	Rangkap mod bagi rasuk terkapit-bebas pada tiga mod pertama	29
2.16	Rangkap mod bagi rasuk terkapit-kapit pada tiga mod pertama	30
2.17	Rangkap mod bagi rasuk bebas-bebas pada tiga mod pertama	31
2.18	Kemunculan dua <i>Fixed-points</i> , P dan Q dalam tenaga kinetik untuk rasuk disokong mudah tak terlembap pada mod= 1, 2, 3	35
3.1	Rasuk disokong mudah	37
3.2	Rasuk terkapit-bebas	37



3.3	Rasuk terkapit-kapit	38
3.4	Rasuk bebas-bebas	38
3.5	Suatu penyerap getaran terlembap diletak pada rasuk	39
3.6	Sejumlah J penyerap getaran dipasang pada m mod rasuk	40
3.7	Penyerap getaran ke- j	40
4.1	Penyerap getaran terlembap dipasang pada sistem utama	49
4.2	Anjakan amplitud bagi sistem utama tak terlembap apabila dipasang dengan penyerap getaran dengan ζ_a yang berbeza, di bawah keadaan $\gamma = \gamma_{opt}$ dan $\mu = 0.1$.	51
4.3	Anjakan amplitud bagi sistem utama tak terlembap apabila dipasang dengan penyerap getaran dengan ζ_a yang berbeza, di bawah keadaan $\gamma = \gamma_{opt}$ dan $\mu = 0.2$.	51
4.4	Anjakan amplitud bagi sistem utama tak terlembap apabila dipasang dengan penyerap getaran dengan ζ_a yang berbeza, di bawah keadaan $\gamma = \gamma_{opt}$ dan $\mu = 0.3$.	52
4.5	Anjakan amplitud bagi sistem utama tak terlembap apabila dipasang dengan penyerap getaran dengan ζ_a yang berbeza, di bawah keadaan $\gamma = \gamma_{opt}$ dan $\mu = 0.5$.	52
4.6	Anjakan amplitud bagi sistem utama tak terlembap apabila dipasang dengan penyerap getaran dengan ζ_a yang berbeza, di bawah keadaan $\gamma = \gamma_{opt}$ dan $\mu = 1.0$.	53



4.7	Bandingan rekaan optimum penyerap getaran antara kaedah penghampiran dengan kaedah tepat bagi pengoptimuman H_{∞} di bawah keadaan nisbah jisim, μ yang berbeza	54
4.8	Sistem utama terlembap dipasang dengan penyerap getaran terlembap	58
4.9	Anjakan amplitud bagi sistem utama dengan $\zeta_p = 0.01$ dipasang dengan penyerap getaran dengan ζ_a yang berbeza, di bawah keadaan $\gamma = \gamma_{opt}$.	59
4.10	Anjakan amplitud bagi sistem utama dengan $\zeta_p = 0.05$ dipasang dengan penyerap getaran dengan ζ_a yang berbeza, di bawah keadaan $\gamma = \gamma_{opt}$.	60
4.11	Anjakan amplitud bagi sistem utama dengan $\zeta_p = 0.1$ dipasang dengan penyerap getaran dengan ζ_a yang berbeza, di bawah keadaan $\gamma = \gamma_{opt}$.	60
4.12	Anjakan amplitud bagi sistem utama dengan $\zeta_p = 0.2$ dipasang dengan penyerap getaran dengan ζ_a yang berbeza, di bawah keadaan $\gamma = \gamma_{opt}$.	61
4.13	Tenaga kinetik bagi rasuk disokong mudah tak terlembap	64
4.14	Tenaga kinetik bagi rasuk terkapit-bebas tak terlembap	65
4.15	Tenaga kinetik bagi rasuk terkapit-kapit tak terlembap	65
4.16	Tenaga kinetik bagi rasuk bebas-bebas tak terlembap	66
4.17	Tenaga kinetik bagi rasuk disokong mudah terlembap	67



4.18	Tenaga kinetik bagi rasuk terkapit-bebas terlembap	67
4.19	Tenaga kinetik bagi rasuk terkapit-kapit terlembap	68
4.20	Tenaga kinetik bagi rasuk bebas-bebas terlembap	68
4.21	Tenaga kinetik bagi rasuk disokong mudah tak terlembap dipasang dengan penyerap getaran pada tiga mod getaran pertama.	72
4.22	Tenaga kinetik bagi rasuk terkapit-bebas tak terlembap dipasang dengan penyerap getaran pada tiga mod getaran pertama.	73
4.23	Tenaga kinetik bagi rasuk terkapit-kapit tak terlembap dipasang dengan penyerap getaran pada tiga mod getaran pertama.	74
4.24	Tenaga kinetik bagi rasuk bebas-bebas tak terlembap dipasang dengan penyerap getaran pada tiga mod getaran pertama	75
4.25	Tenaga kinetik bagi rasuk disokong mudah tak terlembap dipasang dengan penyerap getaran pada tiga mod getaran pertama.	77
4.26	Tenaga kinetik bagi rasuk terkapit-bebas tak terlembap dipasang dengan penyerap getaran pada tiga mod getaran pertama.	78
4.27	Tenaga kinetik bagi rasuk terkapit-kapit tak terlembap dipasang dengan penyerap getaran pada tiga mod getaran pertama	79
4.28	Tenaga kinetik bagi rasuk bebas-bebas tak terlembap dipasang dengan penyerap getaran pada tiga mod getaran pertama.	80
4.29	Bandingan kaedah penghampiran dan kaedah tepat dalam rekaan penyerap getaran dipasang pada rasuk dengan $\mu=0.1$.	81
4.30	Bandingan kaedah penghampiran dan kaedah tepat dalam rekaan penyerap getaran dipasang pada rasuk dengan $\mu=0.2$.	82



- 4.31 Bandingan kaedah penghampiran dan kaedah tepat dalam rekaan penyerap getaran dipasang pada rasuk dengan $\mu = 0.5$. 82
- 4.32 Tenaga kinetik bagi rasuk disokong mudah terlembap ($\zeta_m = 0.01$) dipasang dengan penyerap getaran pada tiga mod getaran pertama. 85
- 4.33 Tenaga kinetik bagi rasuk terkapit-bebas terlembap ($\zeta_m = 0.01$) dipasang dengan penyerap getaran pada tiga mod getaran pertama 86
- 4.34 Tenaga kinetik bagi rasuk terkapit-kapit terlembap ($\zeta_m = 0.01$) dipasang dengan penyerap getaran pada tiga mod getaran pertama 87
- 4.35 Tenaga kinetik bagi rasuk bebas-bebas terlembap ($\zeta_m = 0.01$) dipasang dengan penyerap getaran pada tiga mod getaran pertama 88
- 4.36 Kaedah H_2 dalam rekaan penyerap getaran yang dipasang pada rasuk terlembap, $\zeta_m = 0.05$. 89
- 4.37 Kaedah H_2 dalam rekaan penyerap getaran yang dipasang pada rasuk terlembap, $\zeta_m = 0.1$. 90
- 4.38 Kaedah H_2 dalam rekaan penyerap getaran yang dipasang pada rasuk terlembap, $\zeta_m = 0.5$. 90
- 4.39 Kaedah H_2 dalam rekaan penyerap getaran yang dipasang pada rasuk terlembap, $\zeta_m = 1.0$ 91



4.31	Bandingan kaedah penghampiran dan kaedah tepat dalam rekaan penyerap getaran dipasang pada rasuk dengan $\mu = 0.5$.	82
4.32	Tenaga kinetik bagi rasuk disokong mudah terlembap ($\zeta_m = 0.01$) dipasang dengan penyerap getaran pada tiga mod getaran pertama.	85
4.33	Tenaga kinetik bagi rasuk terkapit-bebas terlembap ($\zeta_m = 0.01$) dipasang dengan penyerap getaran pada tiga mod getaran pertama	86
4.34	Tenaga kinetik bagi rasuk terkapit-kapit terlembap ($\zeta_m = 0.01$) dipasang dengan penyerap getaran pada tiga mod getaran pertama	87
4.35	Tenaga kinetik bagi rasuk bebas-bebas terlembap ($\zeta_m = 0.01$) dipasang dengan penyerap getaran pada tiga mod getaran pertama	88
4.36	Kaedah H_2 dalam rekaan penyerap getaran yang dipasang pada rasuk terlembap, $\zeta_m = 0.05$.	89
4.37	Kaedah H_2 dalam rekaan penyerap getaran yang dipasang pada rasuk terlembap, $\zeta_m = 0.1$.	90
4.38	Kaedah H_2 dalam rekaan penyerap getaran yang dipasang pada rasuk terlembap, $\zeta_m = 0.5$.	90
4.39	Kaedah H_2 dalam rekaan penyerap getaran yang dipasang pada rasuk terlembap, $\zeta_m = 1.0$	91



SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

a	pecutan
\mathbf{A}	diagonal matrik $M \times M$ bagi modal amplitud rasuk yang kompleks
A_m	komponen ke- m bagi modal amplitud rasuk kompleks
c	pemalar Lembapan
c_a	pemalar lembapan bagi penyerap getaran
c_c	pelembap kritikal
c_j	pelembap bagi penyerap getaran dipasang pada rasuk
$f(t)$	daya ujaan atau daya harmonik
f_p	daya primer
f_j	daya reaksi dari penyerap getaran ke- j
f_{aj}	daya tindak balas
f_s	panjang vektor ke- J bagi daya kedua
$ f_a $	vektor bagi daya tindak balas penyerap getaran
EI	ketegaran lenturan
$E[]$	ensembel
F	daya paduan
F_0	daya rujukan



g	$M \times 1$ vektor bagi semua daya umum yang bertindak pada rasuk
g_{pm}	daya utama teritlak ke- m
g_p	panjang vektor ke- J bagi daya utama
I_1	indeks prestasi
i	nombor khayalan, $\sqrt{-1}$
j	$\sqrt{-1}$
K_J	pegas penyerap getaran dipasang pada rasuk
k	pemalar pegas atau pemalar kenyalan
k_a	pemalar pegas bagi penyerap getaran
K_k	pemalar pegas bagi penyerap getaran
k_p	pemalar pegas bagi sistem utama
l	panjang rasuk
M	momen lenturan
M_s	jumlah jisim rasuk dengan penyerap getaran
M_B	jisim rasuk
m	jisim
m_a	jisim penyerap getaran
m_p	jisim sistem utama
$p(x)$	bebanan per unit panjang rasuk
q	vektor $M \times 1$ bagi perubahan amplitud



r	nisbah frekuensi paksa
S_f	ketumpatan spektrum kuasa seragam
t	masa
v_0	halaju awal
$w(x)$	anjakan struktur pada lokasi x
x	anjakan
\dot{x}	halaju
\ddot{x}	pecutan
x_h	rangkap pelengkap
x_p	penyelesaian khusus
x_0	anjakan mula
x_p	anjakan bagi sistem utama
x_a	anjakan bagi penyerap getaran
X	anjakan amplitud
X_p	anjakan amplitud bagi sistem utama
X_a	anjakan amplitud bagi penyerap getaran
X_{st}	rujukan anjakan
V	daya ricih
\mathbf{W}	matrik $J \times M$ anjakan rasuk
$w(x_j)$	anjakan pada kedudukan x_j



ω_n	frekuensi tabii
ω_m	frekuensi tabii membulat ke- m
ω	frekuensi paksa
ω_a	frekuensi tabii bagi penyerap getaran
ω_p	frekuensi tabii bagi sistem utama
ω_j	frekuensi tabii penyerap getaran ke- j
q_m	modal anjakan amplitud rasuk dengan penyerap getaran ke- m
ζ	faktor lembapan
ζ_a	faktor lembapan bagi penyerap getaran
ζ_m	faktor lembapan rasuk ke- m
ζ_{aopt}	optimum faktor lembapan
ζ_{kopt}	optimum faktor lembapan bagi rasuk
ζ_p	faktor lembapan bagi sistem utama
ζ_j	faktor lembapan bagi penyerap getaran ke- j
ϕ	fasa, sudut fasa
$\phi_m(x_k)$	rangkap mod bagi rasuk pada lokasi penyerap getaran (x_k)
$\phi^T(x)$	vektor panjang M bagi modal anjakan amplitud
γ	nisbah frekuensi

RUJUKAN

- Andrew, D., 1996. *Vibration for Engineers*. Ed. Second. Prentice-Hall, New Jersey.
- Asami et al., 2002. Analytical solution to H_∞ and H_2 optimization of dynamic vibration absorber attached to damped linear system. *Journal of vibration and acoustics* **124**, 284-295.
- Asami, T. and Nishihara, O., 2002. H_2 optimization of the three-element type dynamic vibration absorbers. *Journal of vibration and acoustics* **124**, 583-591.
- Brennan, M.J. and Dayou, J., 2003. Experimental verification of the optimal tuning of a tunable vibration neutralizer for global vibration control. *Applied Acoustics* **64(3)**, 311 - 323.
- Brennan, M.J. and Dayou, J., 2000. Global control of vibration using a tunable vibration neutralizers. *Journal of Sound and Vibration* **232(3)**, 585-600.
- Brennan, M.J. and Dayou, J., 2002. Global control of structure vibration using multiple tuned tunable vibration neutralizers. *Journal of Sound and Vibration* **258(2)**, 345 - 357.
- Brennan, M.J. and Dayou, J., 2001. Optimum tuning of a vibration neutralizer for global vibration control. *Journal of Mechanical Engineering Science (Part C)* **215(8)**, 933 - 942.
- Brock, J.E., 1946. A note on the damped vibration DVA. *ASME J. Appl. Mech* **13-4**, A-284.



- De Silva, C.W.,1999. *Vibration Fundamentals and Practice*. CRC Press, Boca Raton.
- Dayou, J. and Kim, S.M.,2004. Control of kinetic energy of a one dimensional structure using multiple vibration neutralizers. *Journal of Sound and Vibration* (in press).
- Dayou, J. and Wang, S., 2004. On the existence of the fixed points in global vibration control of a continuous structure using vibration neutralizer. *Eleventh International Congress on Sound and Vibration*. 5-8 July 2004, St. Petersburg, Russia.
- Dayou, J., 2004. Determination of the optimal tuning ratio of a tunable vibration neutralizer using quadratic minimization technique. *Physics Journal of Malaysia* **24**, 3-4.
- De Silva, C.W.,1999. *Vibration Fundamentals and Practice*. CRC Press, Boca Raton.
- Harris, C.M., and Piersol, A.G., 2002. *Harris's Shock and Vibration Handbook*. Ed. Fifth. McGraw-Hill, New York.
- Korenev, B.G., and Reznikov, L.M., 1993. *Dynamic Vibration Absorbers*. John Wiley & Son Ltd, Baffins Lane, England.
- Kuncicky, D.C., 2004. *Matlab Programming*. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Moretti, P.M.,2000. *Modern Vibrations Primer*. CRC Press, Boca Raton.
- Nishihara, O. and Asami, T., 2002. Close-form solutions to the exact optimizations of dynamic vibration absorber (minimization of the maximum amplitude magnification factors). *Journal of vibration and acoustics* **124**, 576-582.
- Ormondroyd, J. and Den Hartog, J.P., 1928. The theory of the dynamic vibration absorber. *ASME J. Appl. Mech* **50-7**, 9-22.



- Ramamurti, V.,2000. *Mechanical Vibration Practice with Basic Theory*. Alpha Science, U.K.
- Ren, M. J., 2001. A variant Design of the dynamic vibration absorber. *Journal of sound and vibration* **245(4)**, 762-770.
- Thomas, W.T. (pnyt.), 1997. *Teori Getaran Dengan Penggunaan*. Che Abas Che Ismail, Mohd. Pauzi ABD. Ghani, Mohd.Yunus Abdullah (ptjr), Penerbitan UTM, Johor Bahru.
- Vierck, R.B. (pnyt.), 1979. *Analisis Getaran*. Roslan Abd.b.Rahman, Mohd Shafiek b. Yaacob, Mohd Imran b. Ghazali (ptjr), Unit Penerbitan Akademik, UTM, Johor Bahru.
- Steffen, Jr. and Rade, D., 2002.Absorber, vibration. *Encyclopedia of vibration (vol.1)*, 9-26.
- Zuo, L. and Nayfeh, S.A., 2003. Minimax optimization of multi-degree-of-freedom tuned-mass damper. *Journal of sound and vibration* (not yet published).

