

PENYELESAIAN MASALAH LITAR LRC DENGAN MENGGUNAKAN
JELMAAN LAPLACE DAN RUNGE-KUTTA-FEHLBERG

LAM KOK WAH

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

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

PROGRAM MATEMATIK DENGAN KOMPUTER GRAFIK
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

APRIL 2007



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: Penyelesaian Masalah Litar LRC Dengan Menggunakan
Jelmaan Laplace Dan Runge-Kutta-Fehlberg

Ijazah: Sarjana Muda Sains Matematik Dengan Komputer Grafik

SESI PENGAJIAN: 2004/2005

Saya LAM KOK WAH
(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

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Disahkan oleh

[Signature]

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Cik Khadzali Ghazali

Nama Penyelia

[Signature]
(TANDATANGAN PENULIS)

Alamat Tetap: 16, Jalan Besar,
*45600 Btany Berjantai,

Kuala Selangor, Selangor.

Tgl: 19-4-07

Tarikh: _____

TATAN: * 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 dikelaskan 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).



PENAKUAN

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

19 APRIL 2007



LAM KOK WAH

HS2004-2543

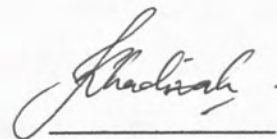


DIPERAKUKAN OLEH

Tandatangan

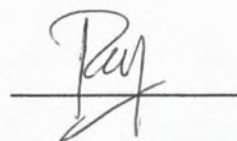
1. PENYELIA

(Cik Khadizah Ghazali)



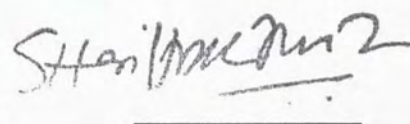
2. PEMERIKSA

(En. Rajasegeran Ramasamy)



3. DEKAN

(SUPT/KS Assoc Prof. Dr. Shariff A. K. Omang)



PENGHARGAAN

Pertama sekali, saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada penyelia saya, iaitu Cik Khadizah Ghazali kerana telah membimbing dan memberi tunjuk ajar kepada saya apabila saya menghadapi masalah dalam penyediaan kertas kerja ini. Tanpa bantuan beliau, kertas kerja ini mungkin tidak dapat disiapkan. Kedua, penghargaan ini dituju kepada Encik Alvie Lo yang membantu saya dalam memahami serba sedikit teori dalam litar elektrik. Tidak lupa mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan terima kasih kepada semua pensyarah yang telah memberi ilmu kepada saya.

Akhirnya, saya juga ingin memberi penghargaan kepada keluarga dan semua kawan saya yang telah membantu atau memberi sokongan kepada saya semasa penulisan kertas kerja ini.



ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk mencari nilai arus elektrik yang mengalir pada setiap gelung litar LRC dalam selang masa sifar hingga satu saat. Kaedah jelmaan Laplace dan Runge-Kutta-Fehlberg (RKF45) telah digunakan untuk menyelesaikan masalah litar LRC yang direkabentuk dengan mempunyai dua dan empat gelung sahaja. Nilai arus elektrik yang diperolehi dengan kedua-dua kaedah ini telah diperhatikan dan dibandingkan. Daripada hasil kajian, didapati penyelesaian RKF45 akan menghampiri penyelesaian daripada kaedah jelmaan Laplace dengan mengambil saiz langkah, h yang lebih kecil. Kedua-dua kaedah yang digunakan menunjukkan bahawa arus elektrik yang mengalir pada gelung yang berlainan adalah sentiasa berubah dalam selang masa sifar hingga satu saat.



ABSTRACT

The purpose of this research is to find the value of current that flow in each loop of LRC circuits in the interval of time zero until one second. Laplace transform and Runge-Kutta-Fehlberg (RKF45) method is used to solve the problem of LRC circuits, which is designed with having two and four loops only. The value of current that obtained by this two methods is observed and compared. From the result of this research, the solution of RKF45 is known to be approximate the solution of Laplace transform method by taking the smaller step size, h . These two methods show that the current that flow in the different loop is always changing in the interval of time zero until one second.



KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PERGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 PENGENALAN	1
1.2 CAS DAN ARUS ELEKTRIK	1
1.3 VOLTAN	3
1.4 KONSEP ASAS LITAR LRC	3
1.4.1 Perintang	4
1.4.2 Induktor	4
1.4.3 Kapasitor	5
1.5 HUKUM KIRCHHOFF	6
1.6 PERSAMAAN TERBITAN BIASA	
1.7 SISTEM PERSAMAAN TERBITAN BIASA	7
1.8 OBJEKTIF KAJIAN	8
1.8 SKOP KAJIAN	8
BAB 2 ULASAN LITERATUR	
2.1 KAEDAH MENGANALISIS LITAR ELEKTRIK	9
2.2 TEOREM-TEOREM LITAR ELEKTRIK	9
2.3 JELMAAN LAPLACE	11
2.4 KAEDAH RUNGE-KUTTA	12



BAB 3 METODOLOGI

3.1	PENDAHULUAN	16
3.2	KONSEP MEMBINA PERSAMAAN TERBITAN DARI LITAR LRC	16
	3.2.1 Pembinaan Persamaan Terbitan Dari N -Gelung Litar LRC	18
3.3	KAEDAH JELMAAN LAPLACE	20
3.4	KAEDAH RUNGE-KUTTA-FEHLBERG	22
	3.4.1 Penyelesaian Sistem Persamaan Peringkat Pertama dengan Runge-Kutta-Fehlberg	24

BAB4 HASIL KAJIAN

4.1	PENDAHULUAN	27
4.2	PENYELESAIAN LITAR LRC DUA GELUNG	27
	4.2.1 Penyelesaian dengan jelmaan Laplace	28
	4.2.2 Penyelesaian dengan RKF45	30
4.3	PENYELESAIAN LITAR LRC EMPAT GELUNG	34
	4.3.1 Penyelesaian dengan jelmaan Laplace	34
	4.3.2 Penyelesaian dengan RKF45	36

BAB5 PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN

5.1	PERBINCANGAN	45
5.2	KESIMPULAN DAN CADANGAN	48

RUJUKAN		50
----------------	--	----



SENARAI JADUAL

No. Jadual		Muka Surat
4.1	Nilai arus $i_1(t)$ dan arus $i_2(t)$ dalam selang masa 0 hingga 1 saat dari kaedah jelmaan Laplace (dua gelung)	29
4.2	Perbandingan nilai arus $i_1(t)$ dengan RKF45 pada $h=0.2$ dan ralat di antara RKF4 dengan RKF5(dua gelung)	30
4.3	Perbandingan nilai arus $i_2(t)$ dengan RKF45 pada $h=0.2$ dan ralat di antara RKF4 dengan RKF5(dua gelung)	30
4.4	Perbandingan nilai arus $i_1(t)$ dengan RKF45 pada $h=0.1$ dan ralat di antara RKF4 dengan RKF5(dua gelung)	31
4.5	Perbandingan nilai arus $i_2(t)$ dengan RKF45 pada $h=0.1$ dan ralat di antara RKF4 dengan RKF5(dua gelung)	31
4.6	Perbandingan nilai arus $i_1(t)$ dengan RKF45 pada $h=0.05$ dan ralat di antara RKF4 dengan RKF5(dua gelung)	32
4.7	Perbandingan nilai arus $i_2(t)$ dengan RKF45 pada $h=0.05$ dan ralat di antara RKF4 dengan RKF5(dua gelung)	32
4.8	Nilai arus $i_1(t)$, $i_2(t)$, $i_3(t)$ dan $i_4(t)$ pada selang masa 0s hingga 1 saat dari kaedah jelmaan Laplace (empat gelung)	35
4.9	Perbandingan arus $i_1(t)$ dan $i_2(t)$ dengan RKF45 pada $h=0.10$ dan ralat di antara RKF4 dengan RKF5 (empat gelung)	37
4.10	Perbandingan arus $i_3(t)$ dan $i_4(t)$ dengan RKF45 pada $h=0.10$ dan ralat di antara RKF4 dengan RKF5 (empat gelung)	38



- 4.11 Perbandingan arus $i_1(t)$ dan $i_2(t)$ dengan RKF45 pada $h=0.05$ dan ralat di antara RKF4 dengan RKF5 (empat gelung) 39
- 4.12 Perbandingan arus $i_3(t)$ dan $i_4(t)$ dengan RKF45 pada $h=0.05$ dan ralat di antara RKF4 dengan RKF5 (empat gelung) 40
- 4.13 Perbandingan arus $i_1(t)$ dan $i_2(t)$ dengan RKF45 pada $h=0.025$ dan ralat di antara RKF4 dengan RKF5 (empat gelung) 41
- 4.14 Perbandingan arus $i_3(t)$ dan $i_4(t)$ dengan RKF45 pada $h=0.025$ dan ralat di antara RKF4 dengan RKF5 (empat gelung) 42



SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka Surat
1.1 Litar siri LRC	3
1.2 Simbol perintang	4
1.3 Simbol induktor	5
1.4 Simbol kapasitor	5
3.1 Litar LRC satu gelung	16
3.2 Litar LRC yang mempunyai sebanyak n gelung	19
3.3 Carta alir penyelesaian dengan menggunakan jelmaan Laplace	20
4.1 Nilai arus $i_1(t)$ dan $i_2(t)$ dalam selang masa 0 hingga 1 saat. (dua gelung)	29
4.2 Perbandingan nilai arus $i_1(t)$ dengan RKF4 dalam selang masa 0 hingga 1 saat, $h=0.05$. (dua gelung)	33
4.3 Perbandingan nilai arus $i_2(t)$ dengan RKF4 dalam selang masa 0 hingga 1 saat, $h=0.05$. (dua gelung)	33
4.4 Nilai arus $i_1(t)$, $i_2(t)$, $i_3(t)$ dan $i_4(t)$ pada selang masa 0s hingga 1s. (empat gelung)	35
4.5 Perbandingan nilai arus $i_1(t)$ dengan RKF4 dalam selang masa 0s hingga 1s, $h=0.025$. (empat gelung)	



- 4.6 Perbandingan nilai arus $i_2(t)$ dengan RKF4 dalam selang masa 0s hingga 1s, $h=0.025$. (empat gelung) 43
- 4.7 Perbandingan nilai arus $i_3(t)$ dengan RKF4 dalam selang masa 0s hingga 1s, $h=0.025$. (empat gelung) 44
- 4.8 Perbandingan nilai arus $i_4(t)$ dengan RKF4 dalam selang masa 0 hingga 1s, $h=0.025$. (empat gelung) 44



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Suatu litar elektrik adalah sambungan daripada elemen-elemen elektrik. Elemen elektrik terbahagi kepada dua jenis, iaitu elemen pasif dan elemen aktif. Elemen aktif berupaya untuk menjanakan tenaga manakala elemen pasif tidak berupaya menjanakan tenaga. Contoh elemen pasif adalah seperti perintang, kapasitor dan induktor sementara contoh elemen aktif adalah seperti penjana elektrik dan bateri. Terdapat dua pembolehubah yang asas dalam litar elektrik, iaitu arus dan voltan.

Litar elektrik terbahagi kepada dua jenis, iaitu litar arus terus (DC) dan litar arus ulang-alik (AC). Litar DC dirangsangkan oleh sumber voltan atau arus pemalar manakala litar AC dirangsangkan oleh sumber voltan atau arus sinusoid yang berubah terhadap masa.

1.2 CAS DAN ARUS ELEKTRIK

Cas elektrik (Q) merupakan kuantiti yang paling asas dalam litar elektrik dan diukur dalam unit coulombs (C). Satu elektron tunggal mempunyai cas negatif sebanyak



1.6×10^{-19} C dan satu Coulomb adalah jumlah cas yang dipunyai oleh sebanyak 6.25×10^{18} elektron. Jumlah cas yang dipunyai oleh sebilangan elektron dinyatakan dalam formula berikut:

$$Q = \frac{\text{jumlah elektron}}{6.25 \times 10^{18} \text{ elektron/C}} \quad (1.1)$$

Sifat unik cas elektrik adalah ia tidak boleh dicipta dan dimusnahkan, tetapi boleh dipindahkan dari suatu tempat ke tempat yang lain dan dijadikan dalam bentuk tenaga yang lain. Oleh itu, jumlah cas elektrik dalam suatu sistem tidak akan berubah.

Arus elektrik (I) adalah kadar pengaliran cas elektrik dan diukur dalam unit Ampere (A). Satu Ampere bermaksud jumlah arus elektrik yang wujud apabila sebilangan elektron mempunyai jumlah cas sebanyak satu coulomb bergerak melalui suatu kawasan keratan rentas dalam masa satu saat (Alexander & Sadiku, 2004).

Dalam matematik, hubungan di antara arus elektrik i , cas q dan masa t adalah seperti berikut:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.2)$$

Dengan mengkamirkan kedua-dua belah formula (1.2), cas elektrik yang bergerak di antara masa t_0 dan t diperolehi, iaitu:

$$q = \int_0^t i dt \quad (1.3)$$



1.3 VOLTAN

Tenaga atau kerja yang diperlukan untuk menggerakkan satu unit cas dari titik a ke b dalam suatu litar elektrik disebut sebagai voltan v_{ab} . Dalam matematik dinyatakan sebagai:

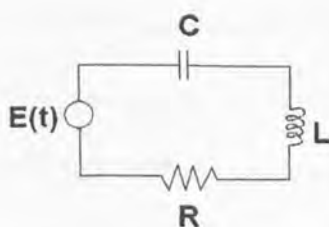
$$v_{ab} = \frac{dw}{dq} \quad (1.4)$$

dengan w adalah tenaga dalam unit Joules (J) dan q adalah cas dalam Coulombs (C).

Unit bagi voltan adalah Volt (V). Satu Volt bermaksud perbezaan potensi dalam voltan di antara dua titik apabila satu joule tenaga digunakan untuk menggerakkan satu coulomb cas dari satu titik kepada yang lain. Contoh sumber voltan adalah seperti bateri, bekalan kuasa elektronik, sel suria dan penjana elektrik (Alexander & Sadiku, 2004).

1.4 KONSEP ASAS LITAR LRC

Suatu litar LRC seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.1 adalah mengandungi satu perintang (diwakili oleh simbol R), satu induktor (diwakili oleh simbol L), satu kapasitor (diwakili oleh simbol C) dan satu sumber voltan dalam $E(t)$.



Rajah 1.1 Litar siri LRC

1.4.1 PERINTANG

Komponen yang mempunyai rintangan (R) tertentu terhadap arus elektrik disebut sebagai perintang. Unit bagi rintangan adalah Ohms (Ω). Rintangan satu Ohms wujud jika terdapat arus sebanyak satu ampere dalam suatu bahan apabila satu volt dibekalkan melalui bahan itu.



Rajah 1.2 Simbol perintang

Simbol suatu perintang ditunjukkan pada Rajah 1.2. Walaupun terdapat banyak jenis perintang yang berbeza dari segi bentuk dan saiz, ia dikategorikan kepada dua jenis, iaitu sama ada tetap atau berubah-ubah. Kebanyakan perintang merupakan jenis tetap, yang bermaksud rintangannya adalah tetap manakala perintang jenis berubah-ubah merupakan perintang dengan rintangannya yang dapat dilaraskan.

1.4.2 INDUKTOR

Suatu induktor adalah elemen yang direkabentuk untuk menyimpan tenaga dalam medan magnetnya. Induktor diukur dalam aruhan (L) dan unit asasnya adalah Henry (H). Apabila terdapat arus elektrik melalui suatu induktor, suatu medan elektromagnet diwujudkan. Perubahan pada arus elektrik juga mengubah medan elektromagnet di sekeliling induktor. Perubahan medan elektromagnet pula menyebabkan voltan teraruh melalui induktor pada arah untuk menentang perubahan dalam arus.





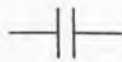
Rajah 1.3 Simbol induktor

Rajah 1.3 menunjukkan simbol bagi suatu induktor. Aruhan suatu induktor dan kadar perubahan arus terhadap masa (di/dt) menentukan voltan yang teraruh. Voltan teraruh adalah berkadar terus kepada aruhan (L) dan di/dt , seperti yang dinyatakan dalam formula berikut:

$$v_{ind} = L \left(\frac{di}{dt} \right) \quad (1.5)$$

1.4.3 KAPASITOR

Suatu kapasitor terdiri daripada dua plat konduksian selari yang dipisahkan oleh suatu penebat. Apabila suatu sumber voltan disambungkan kepada kapasitor, sumbernya menyimpan cas positif q pada satu plat dan cas negatif $-q$ pada plat yang lain. Kapasitor dikatakan untuk menyimpan cas elektrik.



Rajah 1.4 Simbol kapasitor

Simbol kapasitor ditunjukkan pada Rajah 1.4. Kapasitor diukur dalam kapasitans (C) dan unit asasnya adalah Farad (F). Amaun cas yang disimpan, diwakili

oleh q , adalah berkadar secara terus kepada sumber voltan v dan dinyatakan dalam formula berikut:

$$q = Cv \quad (1.6)$$

1.5 HUKUM KIRCHHOFF

Pada tahun 1847, seorang ahli fizik yang bernama Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) telah memperkenalkan hukum Kirchhoff dalam menganalisis litar elektrik. Secara formal, hukum ini dikenali sebagai hukum arus Kirchhoff (KCL) dan hukum voltan Kirchhoff (KVL).

Hukum arus Kirchhoff menyatakan jumlah arus yang masuk ke satu nod adalah sama dengan jumlah arus yang keluar dari nod itu. Formula umum bagi KCL adalah seperti berikut:

$$I_{IN(1)} + I_{IN(2)} + \dots + I_{IN(n)} = I_{OUT(1)} + I_{OUT(2)} + \dots + I_{OUT(m)} \quad (1.7)$$

dengan n dan m adalah sebarang nombor.

Hukum voltan Kirchhoff menyatakan jumlah semua voltan yang melalui suatu gelung tertutup tunggal dalam litar adalah sama dengan jumlah sumber voltan dalam gelung tersebut. Persamaan umum dinyatakan seperti di bawah:

$$V_S = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad (1.8)$$

dengan V_S adalah sumber voltan dan n mewakili jumlah voltan mengalir (Alexander & Sadiku, 2004).



1.6 PERSAMAAN TERBITAN BIASA

Persamaan terbitan biasa adalah persamaan yang melibatkan terbitan biasa satu atau lebih pembolehubah bersandar terhadap satu pembolehubah tak bersandar. Dalam suatu litar LRC, persamaan terbitan telah dibentuk dengan pembolehubah tak bersandar adalah masa dan pembolehubah bersandar adalah arus atau cas elektrik.

1.7 SISTEM PERSAMAAN TERBITAN BIASA

Sistem persamaan terbitan biasa melibatkan sekurang-kurangnya dua atau lebih persamaan yang mengandungi pembezaan terhadap dua atau lebih fungsi dengan suatu pembolehubah tidak bersandar yang tunggal. Sistem persamaan terbitan peringkat pertama dinyatakan dalam bentuk:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= g_1(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \frac{dx_2}{dt} &= g_2(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \\ &\vdots \quad \quad \quad \vdots \\ \frac{dx_n}{dt} &= g_n(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned} \tag{1.9}$$

Sistem (1.9) dalam n persamaan peringkat pertama dinyatakan sebagai sistem peringkat n . Penyelesaian kepada suatu sistem persamaan terbitan adalah set fungsi yang boleh diterbitkan, $x_1 = \phi_1(t)$, $x_2 = \phi_2(t)$, $x_3 = \phi_3(t)$ dan seterusnya dengan memenuhi setiap persamaan dalam sistem pada suatu selang I .

1.8 OBJEKTIF KAJIAN

Objektif utama kajian adalah untuk

- (i) Menyelesaikan persamaan terbitan yang terbit daripada hukum Kirchhoff dalam litar elektrik LRC dengan menggunakan kaedah jelmaan Laplace dan Runge-Kutta-Fehlberg.
- (ii) Membandingkan penyelesaian yang diperolehi dengan kaedah Runge-Kutta-Fehlberg dan jelmaan Laplace dalam masalah litar LRC.

1.9 SKOP KAJIAN

Skop kajian ini adalah untuk menentukan arus elektrik pada setiap lingkaran dalam litar elektrik arus terus (DC) yang mengandungi perintang, induktor dan kapasitor. Sebanyak empat lingkaran yang akan dikaji dalam kertas kerja ini.



BAB 2

ULASAN LITERATUR

2.1 KAEDAH MENGANALISIS LITAR ELEKTRIK

Menurut Alexander dan Sadiku (2003), dua teknik yang berguna dalam menganalisis rangkaian elektrik yang kompleks adalah analisis nodal dan analisis mesh. Analisis nodal mengaplikasikan hukum arus Kirchhoff untuk mencari voltan dalam suatu litar manakala analisis mesh mengaplikasikan hukum voltan Kirchhoff untuk mencari arus dalam litar elektrik. Kedua-dua kaedah ini telah mengurangkan jumlah persamaan serentak yang mesti diselesaikan dalam suatu litar elektrik. Analisis mesh tidak umum seperti analisis nodal kerana ia hanya digunakan dalam suatu litar elektrik yang *planar*.

2.2 TEOREM-TEOREM LITAR ELEKTRIK

Beberapa teorem elektrik telah diperkenalkan dan digunakan untuk memudahkan analisis terhadap litar yang lebih kompleks. Antaranya adalah seperti teorem Thevenin, teorem Norton, teorem superposisi, dan hukum Ohm.

Teorem Thevenin mula-mulanya diperkenalkan oleh ahli sains Jerman yang bernama Hermann von Helmholtz pada tahun 1853. Kemudian, teorem ini



diperkembangkan oleh seorang jurutera telegraf Perancis yang bernama Leon Charles Thevenin (1857-1926) pada tahun 1883. Dalam suatu rangkaian elektrik, teorem Thevenin menyatakan satu litar linear dengan dua pangkalan boleh digantikan oleh satu litar setara yang mengandungi satu sumber voltan sesiri dengan satu perintang (Alexander & Sadiku, 2003).

Pada tahun 1926, Edward Lawry Norton (1898-1983) yang merupakan seorang jurutera Amerika telah memperkenalkan teorem Norton yang seperti teorem Thevenin. Teorem Norton menyatakan satu litar linear dengan dua pangkalan boleh digantikan oleh satu litar setara yang mengandungi satu sumber arus selari dengan satu perintang (Alexander & Sadiku, 2003).

Teorem superposisi adalah satu kaedah yang digunakan untuk menentukan arus dan voltan dalam suatu litar yang mengandungi banyak sumber voltan atau sumber arus. Ia mempertimbangkan satu sumber sahaja pada satu masa, sementara sumber yang lain digantikan oleh rintangan dalamannya yang bernilai sifar. Kelemahan cara ini adalah ia melibatkan lebih banyak kerja (Floyd, 1997).

Hukum Ohm diperkenalkan oleh Georg Simon Ohm (1787-1854), yang merupakan seorang ahli fizik Jerman, menyatakan bahawa voltan melalui suatu perintang adalah berkadar terus dengan arus yang mengalir melalui perintang tersebut (Alexander & Sadiku, 2003).



2.3 JELMAAN LAPLACE

Jelmaan Laplace dinamakan atas memberi kehormatan kepada Pierre-Simon Laplace (1749-1827), ahli matematik dan juga ahli astronomi yang menggunakan jelmaan ini dalam teori kebarangkalian. Jelmaan ini asalnya diperkenalkan oleh ahli matematik Swiss, iaitu Leonhard Euler (1707-1783). Takrif bagi jelmaan Laplace adalah:

$$L\{f(t)\} = \int_0^{\infty} e^{-st} f(t) dt \quad (2.1)$$

yang bermaksud jika diberi $f(t)$ sebagai suatu fungsi yang tertakrif dalam selang $[0, +\infty]$, maka jelmaan Laplace bagi $f(t)$ adalah suatu fungsi dalam pembolehubah s dengan syarat bahawa pengamiran fungsi tersebut menumpu (Abell & Braselton, 1996).

Jelmaan Laplace mempunyai banyak applikasi di dalam bidang fizik, ilmu optik, kejuruteraan elektrik, kejuruteraan kawalan, aturan isyarat dan teori kebarangkalian. Ia biasa digunakan oleh ahli matematik dan jurutera dalam menyelesaikan persamaan terbitan dan pengamiran linear. Kelebihannya adalah kerana ia mengubah persamaan pengamiran dan persamaan pembezaan kepada persamaan polinomial, yang lebih senang untuk diselesaikan.

Di dalam kajian Matsuzuka, *et al.* (1999), perlanjutan jelmaan Laplace dua belah dengan masa dalam selang $-\infty < t < \infty$ dicadangkan dan diaplikasikan dalam litar elektrik. Jelmaan tersebut tertakrif dengan dibahagikan kepada dua bahagian, iaitu fungsi masa positif dan fungsi masa negatif. Masalah litar elektrik dengan sumber



RUJUKAN

- Abdul Rahman Abdullah. 1990. *Pengiraan Berangka*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Selangor.
- Abell, M. L. & Braselton, J. P. 1996. *Modern Differential Equations: Theory, Applications, Technology*. Harcourt Brace&Company, United States of Amerika.
- Alexander, C. K. & Sadiku, M. N. O. 2004. *Fundamental of Electric Circuits*. Ed. ke-2. McGraw-Hill Companies, Inc, New York.
- Conrad, B. P. 2003. *Differential Equations A System Approach*. Pearson Education, Inc, United States of Amerika.
- Fauseet, L. V. 1999. *Applied Numerical Analysis using Matlab*. Prentice Hall, New Jersey.
- Floyd, T. L. 1997. *Principles of Electric Circuits: Electron Flow Version*. Ed. ke-4. Prentice-Hall, Inc, United States of Amerika.
- Gerald, C. F. & Wheatley, P. O. 2004. *Applied Numerical Analysis*. Ed. ke-7. Pearson Education, Inc, United States of Amerika.
- Hoffman, J. D. 1992. *Numerical Methods for Engineers and Scientists*. McGraw-Hill, Inc, United States of Amerika.
- Matsuzuka, I., Nagasawa, K., & Kitahama, A. 1999. A proposal for two-sided Laplace Transform and its application to electronic circuits. *Applied Mathematics and Computation* **100** (1), 1-11.

Moreno, P., Gomez, P., Naredo, J. L. & Guardado, J. L. 2004. Frequency domain transient analysis of electrical networks including non-linear conditions. *Electrical Powers and Energy Systems* **2005** (27), 139-146.

Zill, D. G. & Cullen, M. R. 1997. *Differential Equations with Boundary-value Problems*. Ed. ke-4. Brooks/ Cole Publishing Company, United States of Amerika.

