

SATUAN ACARA PENGAJARAN

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik II
 Kode Mata Kuliah : EES13253
 Waktu Pertemuan : 1x3x50 menit
 Pertemuan ke : 6

A. Tujuan Instruksional

1. Umum

Mahasiswa dapat memahami rangkaian peralihan beban R-L

2. Khusus

Mahasiswa dapat melakukan analisis rangkaian peralihan beban R-L melalui analisis matematis

B. Pokok Bahasan

Analisa peralihan rangkaian listrik beban R-L

C. Sub Pokok Bahasan

1. Rangkaian R-L seri analisa orde I homogen

D. Kegiatan Belajar Mengajar

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat pengajaran
Pendahuluan	1. Meriview kembali materi minggu sebelumnya	Memperhatikan materi.	Note Book LCD Papan Tulis
Penyajian	2. Menjelaskan manfaat mempelajari rangkaian peralihan beban R-L.	Memperhatikan Dan mencatat	
	3. Menjelaskan secara matematis, rumusan yang digunakan.	Menjawab, memberikan sumbang saran.	
	4. Latihan soal	Memperhatikan dan mencatat	Note Book LCD Papan Tulis
	5. Menuliskan jawaban mahasiswa di papan tulis.	Berlatih secara individual dari tugas yang diberikan.	
	6. Menjelaskan rumusan dari maing-masing komponen rangkaian.	Menyajikan jawaban dari latihan yang diberikan	
Penutup	7. Menjelaskan tugas yang harus dilakukan mahasiswa dalam penggunaan rumusan.	Memberikan komentar atau pertanyaan	Note Book LCD Papan Tulis
	8. Menutup pertemuan	Memperhatikan dan mencatat komentar pengajar tentang	
	a. Menunjuk beberapa mahasiswa untuk menyajikan hasil latihan yang diberikan.		
	b. Mengundang komentar/pertanyaan dari mahasiswa.		
	c. Memberikan penilaian berupa koreksi dan analisa yang benar.		

	d. Memberikan gambaran umum untuk perkuliahan berikutnya.	analisa yang benar.	
--	---	---------------------	--

E. Evaluasi

1. Instrumen yang digunakan :
Tes lisan secara acak atau bergilir untuk menilai pemahaman mahasiswa terhadap materi yang diberikan.
2. Instrumen ini digunakan minggu berikutnya setelah mahasiswa memahami materi.

F. Referensi

1. Budiono Mismail, Rangkaian Listrik
2. BL. Theraja, Hand Book Of Electrical Technology
3. Joseph A. Edminister, Rangkaian Listrik
4. Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 1, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
5. Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 2, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
6. William H. Hayt, Jr & Jack E. Kemmerly, Rangkaian Listrik Jilid 1 (terjemahan Pantur Silaban), Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991

Rencana Kegiatan Pembelajaran Mingguan (RKBM)

Minggu ke-	Pokok Bahasan (Topik)	Substansi	Metode
VI	Analisa Peralihan Rangkaian Listrik Beban R-L Seri	Rangkaian R-L seri analisa orde I homogen	Ceramah Diskusi Latihan Soal

BAB VI

ANALISA PERALIHAN RANGKAIAN LISTRIK

BEBAN R-L

Tujuan Umum:

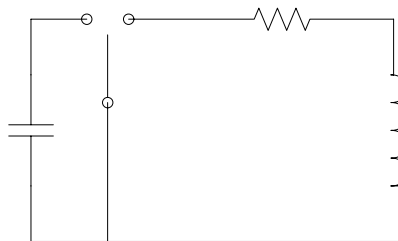
- Mahasiswa dapat memahami konsep rangkaian peralihan /transien beban R-L

Tujuan Khusus:

- Mahasiswa dapat melakukan analisis rangkaian peralihan beban R-L
- Mahasiswa menghitung rangkaian peralihan melalui analisis persamaan differensial orde I

6.1. Rangkaian R-L (hubung seri)

1. Rangkaian R-L Dengan Persamaan Differensial Orde I



Analisa :

Rangkaian peralihan R-L disebut juga dengan analisa peralihan orde I, dimana pengertian orde I adalah karena persamaan differensial (matematis) rangkaian dalam analisa tersebut berupa persamaan differensial orde I.

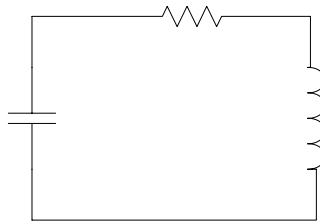
Persamaan umum :

$$\frac{dy}{dt} + P(t)y = Q(t)$$

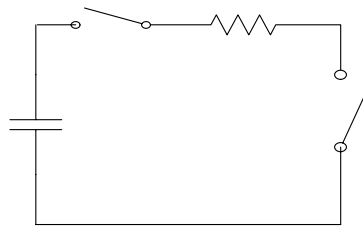
Analisa I :

- Untuk $t < 0$ (saklar terhubung pada posisi 1), terjadi pada saat sebelum transien/peralihan dalam waktu yang cukup lama.

Gambar rangkaian adalah sebagai berikut :



Pada sumber DC → induktor merupakan elemen hubung singkat (short circuit)



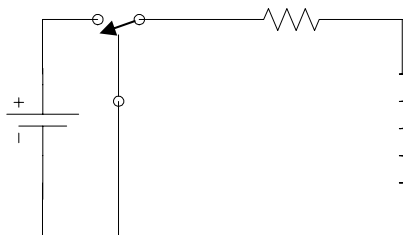
V $+$
 $-$

Karena saklar masih berada pada posisi 1, limit $t < 0$ atau $t (0^-)$

Arus yang mengalir :

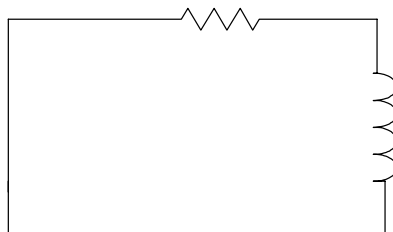
$$i(0^-) = \frac{V}{R}$$

➤ Untuk $t > 0$ (saklar pada posisi 2), saat terjadi arus transien rangkaian menjadi :



V $+$
 $-$

Atau



Berlaku hukum Kirchhoff II (HK. Tegangan Kirchhoff) dimana :

$$\Sigma V = 0$$

$$V_L + V_R = 0$$

$$V_L = L \frac{di(t)}{dt}$$

$$V_R = i \cdot R$$

❖ Nilai $i(t)$ solusi umum

$$L \frac{di(t)}{dt} + i(t) R = 0 \quad \leftrightarrow V_L = -V_R$$

$$L \frac{di(t)}{dt} = -i(t) \cdot R$$

$$\frac{di(t)}{i(t)} = -\frac{R}{L} dt$$

$$\int \frac{di(t)}{i(t)} = \int -\frac{R}{L} dt$$

$$\ln i(t) = -\frac{R}{L} t + C \rightarrow C = \ln k$$

$$\ln i(t) = -\frac{R}{L} t + \ln k$$

$$\ln \frac{i(t)}{k} = \frac{-Rt}{C}$$

$$\frac{i(t)}{k} = e^{-\frac{R}{L} \cdot t}$$

$$\text{Maka solusi umum : } i(t) = K \cdot C^{-\frac{R}{L} \cdot t}$$

❖ Nilai $i(t)$ Solusi Khusus

Ingat sifat induktor :

Arus tidak akan berubah secara tiba-tiba

$$i_L(0^-) = i_L(0) = i_L(0^+)$$

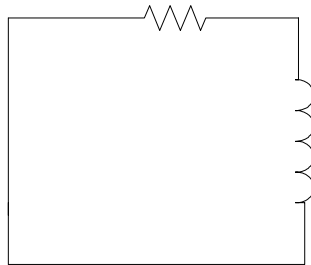
$$i_L(0^-) = i(0) = \frac{V}{R} = i_L(0^+)$$

Maka, harga khusus $i(t)$

$$i_L(t) = \frac{V}{R} \cdot e^{-R/L \cdot t}$$

Tegangan Induktor $V_L(t)$

Pada $t > 0$



$$V_L = L \frac{di(t)}{dt}$$

$$= L \frac{d \left(\frac{V}{R} \cdot e^{-R/L \cdot t} \right)}{dt}$$

$$= L \frac{V}{R} \cdot \frac{d \cdot e^{-R/L \cdot t}}{dt}$$

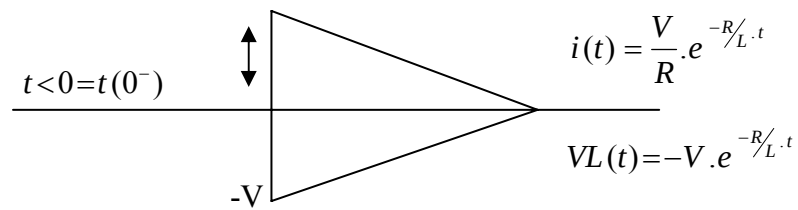
$$= L \frac{V}{R} \cdot \frac{-R}{L} \cdot e^{-R/L \cdot t}$$

$$V_L = -V e^{-R/L \cdot t}$$

+

i

Gambar Grafik dari $i(t)$ dan V_L

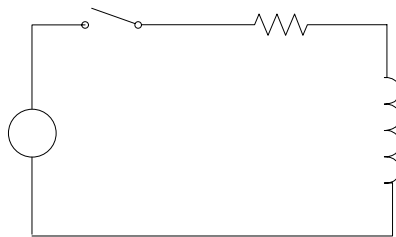


Contoh Soal :

Sebuah rangkaian RL seri dengan harga $R = 50 \Omega$, $L = 10 \text{ H}$, disuplay dengan tegangan 100 volt, pada saat saklar S ditutup, tentukan :

- Persamaan untuk $i(t)$, $V_R(t)$ dan $V_L(t)$
- Besar arus pada saat $t = 0,5 \text{ s}$
- Waktu (t) pada saat $V_R(t) = V_L(t)$
- Buktikan bila $t = \frac{L}{R}$, harga $i = 63 \%$ dari i maks.

Solusi :



$$\begin{aligned} a) \quad i(t) &= \frac{V}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L} t} \right) \\ &= \frac{100}{50} \left(1 - e^{-\frac{150}{10} t} \right) \\ &= 2 \left(1 - e^{-5t} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_R(t) &= i(t) \cdot R \\ &= 2 \left(1 - e^{-5t} \right) \cdot 50 \\ &= 100 - 100e^{-5t} \text{ Volt} \end{aligned}$$

$$V_L(t) = V \cdot e^{-\frac{R}{L} t}$$

$$= 100 \cdot e^{-5t} \text{ Volt}$$

b) $i(t)$ pada saat $t = 0,5$ dt

$$\begin{aligned} i(t) &= 2 \left(1 - e^{-5 \cdot 0,5} \right) \\ &= 2 \left(1 - e^{-2,5} \right) \\ &= 2 \left(1 - 2,718^{-2,5} \right) \\ &= 2 (1 - 0,082) \\ &= 1,835 \text{ A} \end{aligned}$$

c) t pada $V_R(t) = V_L(t)$

$$\begin{aligned} V_R(t) &= 100 - 100 e^{-5t} \\ V_L(t) &= 100 e^{-5t}, \text{ dimana :} \\ 100 - 100 e^{-5t} &= 100 e^{-5t} \\ 100 (1 - e^{-5t}) &= 100 \cdot e^{-5t} \\ 1 - e^{-5t} &= e^{-5t} \\ -2 e^{-5t} &= -1 \\ e^{-5t} &= \frac{1}{2} \\ -5t &= -0,693 \\ t &= \frac{0,693}{5} \\ &= 0,1386 \text{ dt} \end{aligned}$$

d) Buktikan $t = \frac{L}{R}$, Harga $i = 63\%$ I maks

$$\begin{aligned} i(t) &= \frac{V}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L} t} \right) \\ &= \frac{V}{R} (1 - e^{-7}) \\ &= \frac{V}{R} (1 - 0,3678) \\ &= \frac{100}{50} (1 - 0,3678) \\ &= 2 (1 - 0,3678) \Rightarrow 1,264 \text{ A, maka :} \end{aligned}$$

$$I_{\max} = \frac{V}{R} = \frac{100}{50} = 2 \text{ A}$$

$I_{\max}$ pada saat $i = 63\%$

$$= 63\% \cdot 2$$

$$= 0,63 \cdot 2$$

$$= 1,264 \text{ A}$$

SATUAN ACARA PENGAJARAN

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik II
 Kode Mata Kuliah : EES13253
 Waktu Pertemuan : 1x3x50 menit
 Pertemuan ke : 7

A. Tujuan Instruksional

1. Umum

Mahasiswa dapat memahami rangkaian peralihan beban R-L

2. Khusus

Mahasiswa dapat melakukan analisis rangkaian peralihan beban R-L

melalui analisis matematis

B. Pokok Bahasan

Analisa peralihan rangkaian listrik beban R-L

C. Sub Pokok Bahasan

1. Rangkaian R-L paralel analisa orde I homogen
2. Rangkaian R-L analisa orde I tak homogen

D. Kegiatan Belajar Mengajar

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat pengajaran
Pendahuluan	1. Meriview kembali materi minggu sebelumnya	Memperhatikan materi.	Note Book LCD Papan Tulis
Penyajian	2. Menjelaskan manfaat mempelajari rangkaian peralihan beban R-L.	Memperhatikan Dan mencatat	
	3. Menjelaskan secara matematis, rumusan yang digunakan.	Menjawab, memberikan sumbang saran.	Note Book LCD Papan Tulis
	4. Latihan soal		
	5. Menuliskan jawaban mahasiswa di papan tulis.		
	6. Menjelaskan rumusan dari maing-masing komponen rangkaian.	Memperhatikan dan mencatat	
Penutup	7. Menjelaskan tugas yang harus dilakukan mahasiswa dalam penggunaan rumusan.	Berlatih secara individual dari tugas yang diberikan.	
	8. Menutup pertemuan		
	a.Menunjuk beberapa mahasiswa untuk menyajikan hasil latihan yang diberikan. b.Mengundang komentar/pertanyaan dari mahasiswa. c.Memberikan penilaian berupa koreksi dan	Menyajikan jawaban dari latihan yang diberikan Memberikan komentar atau pertanyaan Memperhatikan dan mencatat komentar	Note Book LCD Papan Tulis

	analisa yang benar. d.Memberikan gambaran umum untuk Ujian Tengah Semester.	pengajar tentang analisa yang benar.	
--	--	--------------------------------------	--

E. Evaluasi

1. Instrumen yang digunakan :
Tes lisan secara acak atau bergilir untuk menilai pemahaman mahasiswa terhadap materi yang diberikan.
2. Instrumen ini digunakan minggu berikutnya setelah mahasiswa memahami materi.

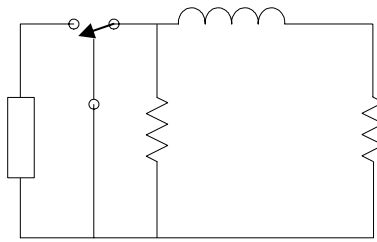
F. Referensi

1. Budiono Mismail, Rangkaian Listrik
2. BL. Theraja, Hand Book Of Electrical Technology
3. Joseph A. Edminister, Rangkaian Listrik
4. Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 1, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
5. Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 2, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
6. William H. Hayt, Jr & Jack E. Kemmerly, Rangkaian Listrik Jilid 1 (terjemahan Pantur Silaban), Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991

Rencana Kegiatan Pembelajaran Mingguan (RKBM)

Minggu ke-	Pokok Bahasan (Topik)	Substansi	Metode
VII	Analisa Peralihan Beban R-L Paralel	Rangkaian R-L paralel analisa orde I homogen Rangkaian R-L analisa orde I tak homogen	Ceramah Diskusi Latihan Soal

6.2. Rangkaian R-L Hubung Paralel

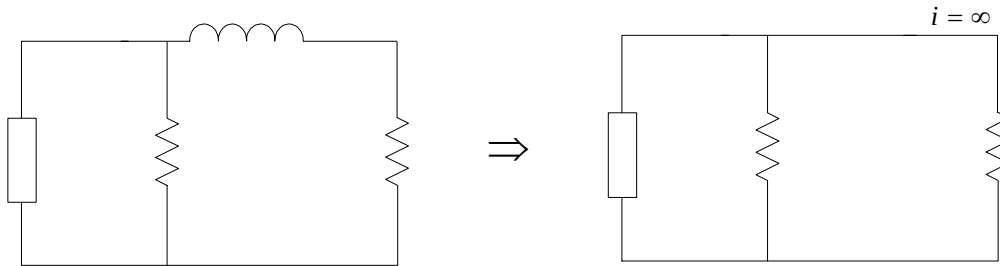


Pada posisi ini, switch berada pada posisi 1 dalam waktu yang cukup lama $t \rightarrow 0^-$, pada $t = 0$ mulai bergerak dari posisi 1 ke 2
Tentukan : $i(t)$ dan $V_L(t)$ untuk $t < 0$ dan $t > 0$

Solusi Umum

Untuk menyelesaikan rangkaian ini, referensi adalah pada $t=0$ (switch dari 1 ke 2)

❖ Pada saat $t < 0$ (saklar pada posisi 1) $\rightarrow t \rightarrow 0^-$

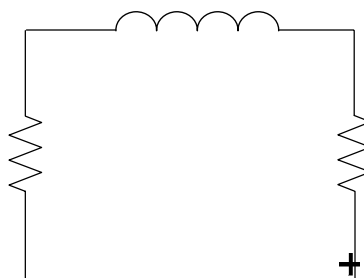


$$i(0^-) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I_0 \dots\dots\dots (1)$$

persamaan ini merupakan persamaan pada kondisi $t < 0$, maka persamaan menjadi

$$i(0^-) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I_0 \dots\dots\dots (2)$$

❖ Pada saat $t > 0$ (saklar pada posisi 2)



L
 V_L

berlaku hukum Kirchoff II ($\sum k = 0$)

$$V_{R1} + V_{R2} + V_L = 0$$

$$V_{R1} = i(t) \cdot R_1$$

$$V_{R2} = i(t) \cdot R_2$$

$$V_L = L \frac{di}{dt}$$

$$i(t) R_1 + i(t) R_2 + L \frac{di}{dt}(t) = 0$$

Persamaan Differensial orde I homogen

$$L \frac{di(t)}{dt} = -i(t) \cdot R_1 - i(t) \cdot R_2$$

$$L \frac{di(t)}{dt} = -i(t) (R_1 + R_2)$$

$$\frac{di(t)}{i(t)} = -\frac{(R_1 + R_2)}{L} \cdot dt$$

$$\int \frac{di(t)}{i(t)} = \int -\frac{(R_1 + R_2)}{L} \cdot dt$$

$$\ln i(t) = -\frac{(R_1 + R_2)}{L} \cdot t + C$$

$$\ln i(t) = -\frac{(R_1 + R_2)}{L} \cdot t + \ln k$$

$$\frac{\ln i(t)}{k} = -\frac{(R_1 + R_2)}{L} \cdot t$$

$$\frac{i(t)}{k} = e^{-\frac{(R_1 + R_2)}{L} \cdot t}$$

$$i(t) = k \cdot e^{-\frac{(R_1 + R_2)}{L} \cdot t} \dots\dots\dots (3)$$

Solusi Khusus

Untuk mencari solusi khusus, maka dicari nilai dari konstanta k dengan cara mencari nilai arus pada kondisi awal ($t < 0$), harus diingat sifat dari induktor, yaitu : arus tidak dapat berubah secara tiba-tiba

$$\begin{aligned} i_1(0^-) &= i(0) = i(0^+) \\ &= K \cdot e^{-\frac{(R_1 + R_2)}{L} \cdot t} \end{aligned}$$

$$= K = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I_0$$

$$i(0^+) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I_0 \cdot e^{-\frac{(R_1 + R_2)}{L} \cdot t}$$

$$V_L(t) = \dots\dots?$$

$$V_L(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

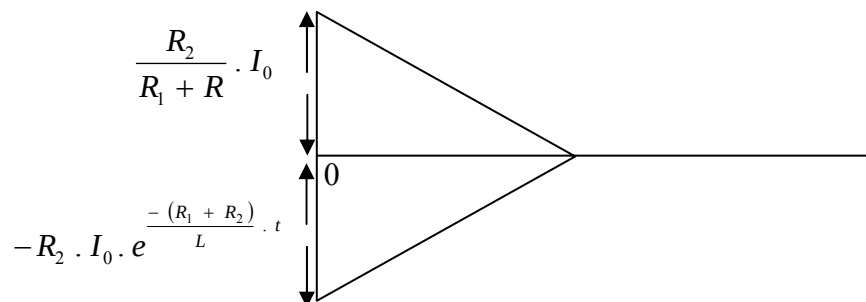
$$= L \cdot d \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I_0 \cdot e^{-\frac{(R_1 + R_2)}{2} \cdot L} \right)$$

$$= L \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I_0 \cdot d \cdot e^{-\frac{(R_1 + R_2)}{2} \cdot t}$$

$$= L \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I_0 \cdot \frac{(R_1 + R_2)}{L} \cdot e^{-\frac{(R_1 + R_2)}{2} \cdot t}$$

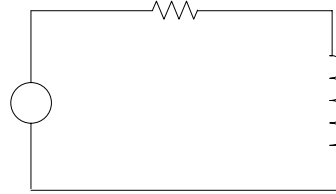
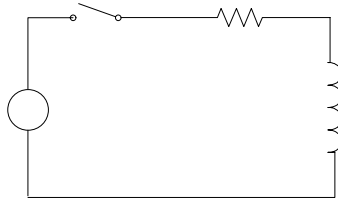
$$= -R_2 \cdot I_0 \cdot e^{-\frac{(R_1 + R_2)}{L} \cdot t}$$

Grafik $i(t)$ dan $V_L(t)$



6.3. Rangkaian R-L dengan Persamaan Differensial Tak Homogen

Pada $t < 0$



a) Pada saat $t < 0$, saklar S terbuka

$$i(t) = 0$$

$$V(t) = 0$$

$t = 0$

R

b) Pada saat $t = 0$, saklar S ditutup

$$V_R = i(t) R$$

$$V_L = L \frac{di(t)}{dt}$$

$$V \quad +$$

$i(t)$

$$L \quad +$$

$$V_L$$

$$-$$

Menurut Hk. Kirchhoff II, $\sum V = 0$

$$-V + V_R + V_L = 0$$

$$V_R + V_L = V$$

$$i(t) R + L \frac{di(t)}{dt} = V$$

merupakan P.D Orde I tak homogen

$$\frac{dy}{dt} + P(t) = q(t), \text{ sehingga}$$

$$L \frac{di(t)}{dt} + i(t) R = V(t)$$

Hitung harga $i(t)$ dan $V_L(t)$

Analisa

$$L \frac{di(t)}{dt} + i(t) R = V(t)$$

$$\frac{di(t)}{dt} + \frac{i(t) \cdot R}{L} = \frac{V(t)}{L}$$

$$P(t) = R/L$$

$$Q(t) = V/L$$

Solusi Umum

$$Y \cdot e^{\int P(t) dt} = \int e^{\int P(t) dt} Q(t) dt + C$$

dimana :

$$Y = i(t)$$

Dimana :

$$i(t) \cdot e^{\int R/L dt} = \int e^{\int R/L dt} \cdot V/L dt + C$$

$$i(t) \cdot e^{R/L \cdot t} = \int e^{R/L \cdot t} \cdot V/L dt + C$$

$$i(t) e^{R/L \cdot t} = V/L \int e^{R/L \cdot t} dt + C$$

$$= V/L \cdot e^{R/L \cdot t} + C$$

$$i(t) \cdot e^{R/L \cdot t} = V/L \cdot e^{R/L \cdot t} + C$$

$$i(t) = V/R + C \cdot e^{-R/L \cdot t}, \text{ maka}$$

$$i(t) = V/R + K e^{-R/L \cdot t}$$

Solusi Khusus :

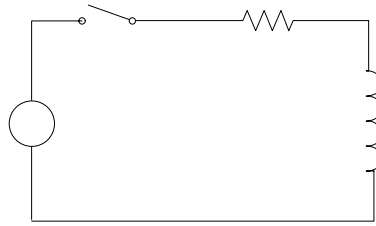
Digunakan kondisi awal, dimana $t = 0$ dan $i(t) = 0$

$$0 = \frac{V}{R} + K$$

$$K = -\frac{V}{R}$$

$$i(t) = V/R - V/R \cdot e^{-R/L \cdot t}, \text{ maka :}$$

$$i(t) = V/R \left(1 - e^{-R/L \cdot t} \right)$$



Nilai $V_L(t)$:

$$\begin{aligned}
 V_L &= L \frac{di(t)}{dt} \\
 &= L \frac{d}{dt} \left(\frac{V}{R} \cdot \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right) \right) \\
 &= L \frac{V}{R} \frac{d \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right)}{dt} \\
 &= L \frac{V}{R} \cdot \frac{R}{L} \cdot e^{-\frac{R}{L}t} \\
 &= V \cdot e^{-\frac{R}{L}t} \\
 &= V_L(t)
 \end{aligned}$$

$t =$

V

$+$

$-$

Analisa II

Digunakan solusi natural dan perkiraan :

- a) Solusi natural (anggap persamaan homogen / $Q(t) = 0 \rightarrow i_n$
- b) Solusi perkiraan $\rightarrow i_p$, dimana :
 $i(t) = i_n(t) + i_p(t)$

a) Solusi Natural

$$L \frac{di_n(t)}{dt} + i_n(t) R = 0$$

$\rightarrow$ Setelah dilakukan integrasi, didapat

$$i_n(t) = K e^{-\frac{R}{L}t}$$

b) Solusi Perkiraan $i_p(t)$

Nilai $i_p(t) = \text{Konstan}$

$$\frac{di_p(t)}{dt} = 0$$

$$L \frac{di(t)}{dt} + i(t) R = V$$

$$0 + i(t) R = V$$

$$i(t) = \frac{V}{R}$$

$$i(t) = i_n(t) + i_p(t)$$

$$= K e^{-\frac{R}{L} t} + \frac{V}{R} \text{ maka :}$$

$$i(t) = \frac{V}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L} t} \right)$$

SATUAN ACARA PENGAJARAN

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik II
 Kode Mata Kuliah : EES13253
 Waktu Pertemuan : 1x3x50 menit
 Pertemuan ke : 8

A. Tujuan Instruksional

1. Umum

Mahasiswa dapat memahami tentang Rangkaian Listrik II dan hal yang terkait secara umum

2. Khusus

Untuk melakukan evaluasi terhadap sejauh mana pemahaman mahasiswa terhadap materi yang telah dipelajari dari minggu 1 sampai 7

B. Pokok Bahasan

Evaluasi tengah semester

C. Sub Pokok Bahasan

Ujian Tengah Semester

D. Kegiatan Belajar Mengajar

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat pengajaran
Pendahuluan	Menjelaskan peraturan yang harus ditaati selama ujian berlangsung.	Memperhatikan.	Soal ujian
Penyajian	Memberikan soal UTS	Menyelesaikan soal UTS sesuai dengan waktu yang diberikan	
Penutup	Mengumpulkan lembar jawaban ujian		

E. Evaluasi

Rencana Kegiatan Pembelajaran Mingguan (RKBM)

Minggu ke-	Pokok Bahasan (Topik)	Substansi	Metode
VIII	Mid Semester	Ujian Tengah Semester	Soal Uraian Terbatas, Esay



YAYASAN PENDIDIKAN TEKNOLOGI PADANG
INSTITUT TEKNOLOGI PADANG
UJIAN MID SEMESTER GANJIL
TAHUN AKADEMIK 2009/2010

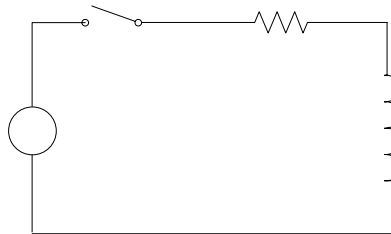
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

MULAILAH UJIAN DENGAN BERDO'A KEPADA ALLAH SWT

Mata Kuliah	: Rangkaian Listrik III	Dosen	: Arfita Yuana Dewi, M.T
Hari/Tgl	: Senin/ 30-11-2009	Lokal	: Multi Media
Jam	: 08.00 – 09.30	Sifat Ujian	: Tutup Buku

Bekerjalah dengan membaca terlebih dahulu Basmalah dan selesaikan dengan keyakinan sendiri tanpa bantuan orang lain.

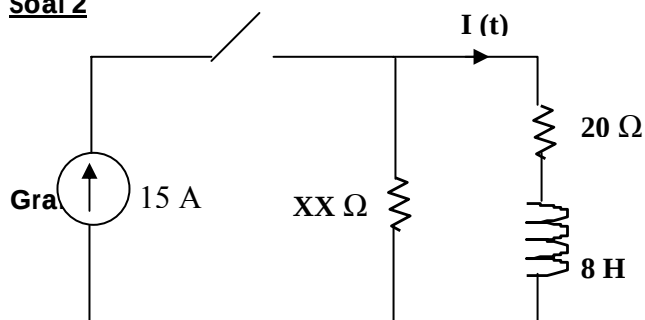
Soal 1



Sebuah rangkaian RL seri dengan harga $R = XX \, \Omega$, $L = 15 \, \text{H}$, disupply dengan tegangan 110 volt, pada saat saklar S ditutup, tentukan :

- Persamaan untuk $i(t)$, $V_R(t)$ dan $V_L(t)$
- Besar arus pada saat $t = 0,7$ detik

Soal 2



Tentukan : $i(t)$ & buat

Ctt : $XX = 2$ angka terakhir No. BP

60 V

SATUAN ACARA PENGAJARAN

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik II
 Kode Mata Kuliah : EES13253
 Waktu Pertemuan : 1x3x50 menit
 Pertemuan ke : 9

A. Tujuan Instruksional

1. Umum

Mahasiswa dapat memahami rangkaian peralihan beban R-C

2. Khusus

Mahasiswa dapat melakukan analisis rangkaian peralihan beban R-C melalui analisis matematis Persamaan Differensial orde II

B. Pokok Bahasan

Analisa peralihan rangkaian listrik beban R-C

C. Sub Pokok Bahasan

1. Rangkaian R-C seri analisa orde I homogen
2. Rangkaian R-C analisa orde I tak homogen

D. Kegiatan Belajar Mengajar

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat pengajaran
Pendahuluan	1. Meriview kembali pembahasan UTS minggu sebelumnya	Memperhatikan materi.	Note Book LCD Papan Tulis
Penyajian	2. Menjelaskan manfaat mempelajari rangkaian peralihan beban R-C.	Memperhatikan Dan mencatat	Note Book LCD Papan Tulis
	3. Menjelaskan secara matematis, rumusan yang digunakan.	Menjawab, memberikan sumbang saran.	
	4. Latihan soal	Memperhatikan dan mencatat	
	5. Menuliskan jawaban mahasiswa di papan tulis.	Berlatih secara individual dari tugas yang diberikan.	
Penutup	6. Menjelaskan rumusan dari maing-masing analisis rangkaian.	Menyajikan jawaban dari latihan yang diberikan Memberikan komentar atau pertanyaan Memperhatikan dan mencatat komentar	Note Book LCD Papan Tulis
	7. Menjelaskan tugas yang harus dilakukan mahasiswa dalam penggunaan rumusan.		
	8. Menutup pertemuan		
	e. Menunjuk beberapa mahasiswa untuk menyajikan hasil latihan yang diberikan.		
	f. Mengundang komentar/pertanyaan dari mahasiswa.		
	g. Memberikan penilaian		

	berupa koreksi dan analisa yang benar. h. Memberikan gambaran umum untuk perkuliahan berikutnya.	pengajar tentang analisa yang benar.	
--	---	--------------------------------------	--

E. Evaluasi

1. Instrumen yang digunakan :
Tes lisan secara acak atau bergilir untuk menilai pemahaman mahasiswa terhadap materi yang diberikan.
2. Instrumen ini digunakan minggu berikutnya setelah mahasiswa memahami materi.

F. Referensi

1. Budiono Mismail, Rangkaian Listrik
2. BL. Theraja, Hand Book Of Electrical Technology
3. Joseph A. Edminister, Rangkaian Listrik
4. Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 1, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
5. Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 2, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
6. William H. Hayt, Jr & Jack E. Kemmerly, Rangkaian Listrik Jilid 1 (terjemahan Pantur Silaban), Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991

Rencana Kegiatan Pembelajaran Mingguan (RKBM)

Minggu ke-	Pokok Bahasan (Topik)	Substansi	Metode
IX	Analisa Peralihan Beban R-C	Rangkaian R-C seri analisa orde I homogen Rangkaian R-C analisa orde I tak homogen	Ceramah Diskusi Latihan Soal

BAB VII

ANALISA PERALIHAN RANGKAIAN LISTRIK

BEBAN R-C

Tujuan Umum:

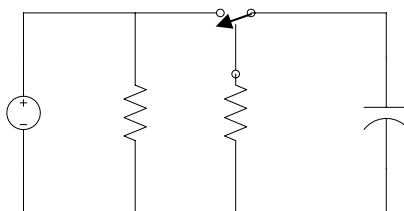
- Mahasiswa dapat memahami konsep rangkaian peralihan /transien beban R-C

Tujuan Khusus:

- Mahasiswa dapat melakukan analisis rangkaian peralihan beban R-C
- Mahasiswa menghitung rangkaian peralihan melalui analisis persamaan differensial orde II

7.1. Rangkaian Beban R-C

Analisa rangkaian transien /peralihan beban R-C seperti diilustrasikan pada rangkaian di bawah ini :



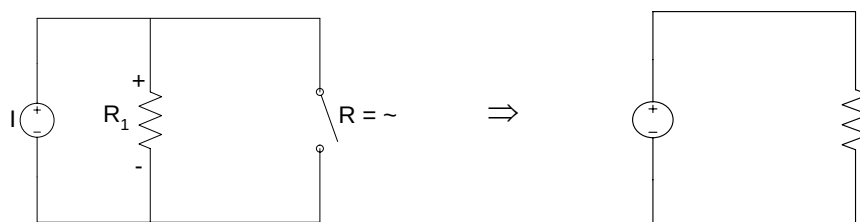
Mula – mula saklar S pada posisi 1, dalam waktu yang cukup lama, pada saat $t = 0$, S dipindahkan ke posisi 2, tentukan $V(t)$ dan $i(t)$ setelah S dipindahkan.

Dalam melakukan analisa rangkaian R-C, tetap menggunakan persamaan differensial orde I, yaitu :

- Persamaan Differensial Homogen
- Persamaan Differensial Tak homogen

Analisa

- Untuk $t < 0$, (saklar pada posisi 1)

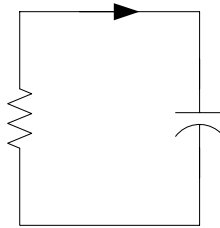


Dari bentuk rangkaian, berlaku :

$$V(t) = I \cdot R_1 \dots\dots\dots (1) \text{ atau}$$

$$V(0^-) = I \cdot R_1 \dots\dots\dots (2)$$

➤ Untuk $t > 0$, (saklar pada posisi 2)



$$\Sigma V = 0$$

$$V_{R2} + V_C(t) = 0$$

$$I(t) R_2 + V_C(t) = 0 \dots\dots\dots (3) \text{ maka}$$

$$i(t) = i_C(t) = C \frac{dV_C(t)}{dt} \dots\dots\dots (4)$$

Substitusikan Persamaan (4) ke Persamaan (3)

$$R_2 \cdot \frac{C dV_C}{dt} + V_C(t) = 0 \dots\dots\dots (5)$$

$$R_2 \cdot \frac{C dV_C(t)}{dt} = -V_C(t)$$

$$\frac{dV_C}{dt} = \frac{-1}{R_2 C} dt$$

R_2

$$\int \frac{dV_C(t)}{V_C} = \frac{-1}{R_2 C} \int dt$$

$$\ln V_C(t) = \frac{-1}{R_2 C} t + \ln k$$

$$\ln \frac{V_C(t)}{k} = \frac{1}{R_2 C} t, \text{ maka}$$

$$V_C(t) = k \cdot e^{-\frac{1}{R_2 C} \cdot t}$$

Untuk konstanta k, dilihat posisi saklar pertama, nilainya = $I \cdot R_1$, ingat sifat kapasitor : tegangan tidak dapat berubah secara tiba-tiba atau :

$$V_C(0^-) = V_C(0) = V_C(0^+)$$

$$V_C(0^+) = k$$

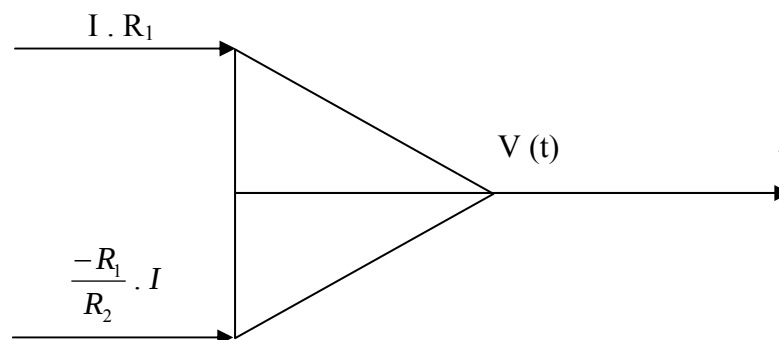
= $I R_1$, maka :

$$V_C(t) = I \cdot R_1 \cdot e^{-\frac{1}{R_2 C} \cdot t}$$

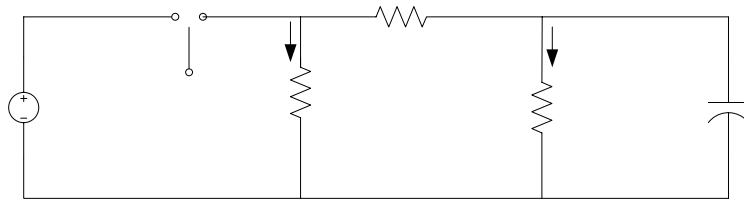
Arus ke kapasitor :

$$\begin{aligned} i(t) = i_C(t) &= C \frac{dV_C(t)}{dt} \\ &= C \frac{d\left(I \cdot R_1 \cdot e^{-\frac{1}{R_2 C} \cdot t}\right)}{dt} \\ &= C \cdot I \cdot R_1 \cdot \frac{de^{-\frac{1}{R_2 C} \cdot t}}{dt} \\ &= C \cdot I \cdot R_1 \cdot \frac{-1}{R_2 C} e^{-\frac{1}{R_2 C} \cdot t} \\ &= -\frac{R_1}{R_2} I e^{-\frac{1}{R_2 C} \cdot t} \end{aligned}$$

Grafik $i(t)$ dan $V(t)$



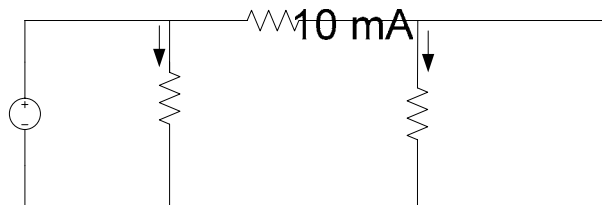
Contoh Soal :



Tentukan :

- $i_c(t)$ dan $V_c(t)$
- Grafik $i_c(t)$ dan $V_c(t)$ terhadap waktu
- Konstanta waktu/time constant untuk $t > 0$

Solusi :



$$i_c(t) = 0$$

$$i_2 = i_3$$

$$i_3 = \frac{1K\Omega}{1K\Omega + 800 + 200} \times 10mA$$

$$= \frac{1K\Omega}{1 + 0,8 + 0,2 K\Omega} \times 100 mA$$

$$= \frac{1}{2} \times 10$$

$$= 5 mA$$

Maka :

$$V_{AB} = V_c(0^-)$$

$$= i_3 \cdot R_3$$

$$= 5 \cdot 0,8$$

$$= 4 \text{ volt}$$

1 i

2 i_1

1k2

i_1

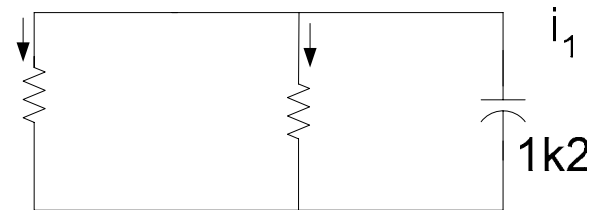
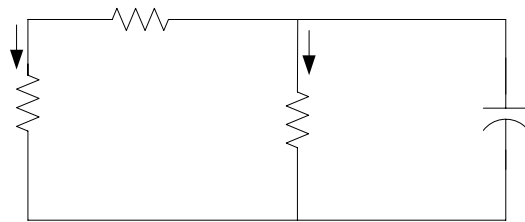
$R = 2$

10 mA

1k2

66

Untuk $t < 0$:



i_2

0,2 ohm

0,8

$$i_C(t) + i_2 + i_3 = 0$$

$$C \frac{dV_C(t)}{dt} + \frac{V_C(t)}{R_2} + \frac{V_C(t)}{R_3} = 0$$

$$C \frac{dV_C(t)}{dt} + \left[\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right] V_C(t) = 0$$

$$C \frac{dV_C(t)}{dt} = - \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) V_C(t)$$

i_2

$$= - \left(\frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} \right) V_C(t)$$

i_1

$$= \frac{dV_C(t)}{V_C} = - \left(\frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} \right) 1/C dt$$

1,2 k ohm

0,8

$$\int \frac{dV_C(t)}{V_C} = - \left(\frac{R_2 \cdot R_3}{C(R_2 + R_3)} \right) \int dt$$

$$\ln V_C(t) = - \left[\frac{R_2 \cdot R_3}{C(R_2 + R_3)} \right] t + \ln k, \text{ maka :}$$

$$V_C(t) = K \cdot e^{- \left(\frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} \right) 1/C t}$$

Untuk konstanta K diambil nilai saklar pada posisi pertama $t < 0$, ingat sifat kapasitor :

$V_C(t) = V_C(0) = V_C(0^+) = 4 \text{ volt}$, maka :

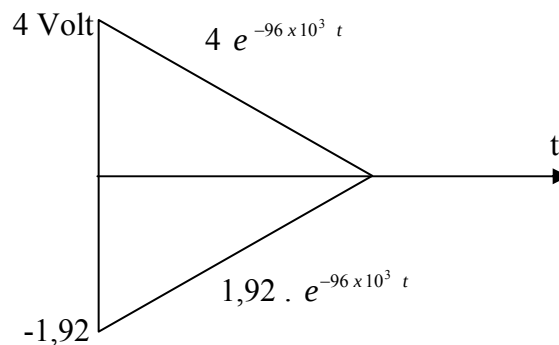
$$\begin{aligned} V_C(t) &= 4 \cdot e^{-\left[\frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}\right] t} \\ &= 4 \cdot e^{-\left[\frac{1,2 \cdot 0,8}{5 \times 10^{-6} (1,2 + 0,8)}\right] t} \\ &= 4 \cdot e^{-\left[\frac{0,96}{5 \times 10^{-6} \cdot 2}\right] t} \\ &= 4 \cdot e^{-96 \times 10^3 t} , \end{aligned}$$

sehingga :

a) Untuk $I_C(t)$

$$\begin{aligned} I_C(t) &= C \frac{d V_C(t)}{dt} \\ &= 5 \times 10^{-6} \cdot \frac{d \cdot 4e^{-96 \times 10^3 t}}{dt} \\ &= 5 \times 10^{-6} \cdot 4 \cdot -96 \times 10^3 \cdot e^{-96 \times 10^3 t} \\ &= -1,92 e^{-96 \times 10^3 t} \text{ A} \end{aligned}$$

b) Grafik $I_C(t)$ dan $V_C(t)$



c) Time Constant untuk rangkaian R-C didasarkan pada persamaan eksponensial tegangan :

$$V_C(t) = k \cdot e^{-t/RC}$$

Dari bentuk umum fungsi eksponensial, dapat disimpulkan konstanta waktu dalam bentuk (τ), dimana $\tau = R.C$

$\tau = R_{eq} \cdot C$, berdasarkan soal :

$$\begin{aligned}\tau &= \left[\frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} \right] C \\ &= \left[\frac{1,2 \cdot 0,8}{1,2 + 0,8} \right] \cdot 5 \times 10^{-6} \\ &= \left[\frac{1200 \cdot 800}{1200 + 800} \right] \cdot 5 \times 10^{-6} \\ &= 24 \times 10^{-4} \text{ dt}\end{aligned}$$

SATUAN ACARA PENGAJARAN

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik II
 Kode Mata Kuliah : EES13253
 Waktu Pertemuan : 3x3x50 menit
 Pertemuan ke : 10

A. Tujuan Instruksional

1. Umum

Mahasiswa dapat memahami rangkaian peralihan beban R-L-C

2. Khusus

Mahasiswa dapat melakukan analisis rangkaian peralihan beban R-L-

C melalui analisis matematis Persamaan Differensial orde II

B. Pokok Bahasan

Analisa peralihan rangkaian listrik beban R-L-C

C. Sub Pokok Bahasan

1. Rangkaian R-L-C orde II keadaan over damped

D. Kegiatan Belajar Mengajar

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat pengajaran
Pendahuluan	1. Meriview kembali materi minggu sebelumnya	Memperhatikan materi.	Note Book LCD Papan Tulis
Penyajian	2. Menjelaskan manfaat mempelajari rangkaian peralihan beban R-L-C. 3. Menjelaskan secara matematis, rumusan yang digunakan untuk ketiga keadaan. 4. Latihan soal 5. Menuliskan jawaban mahasiswa di papan tulis. 6. Menjelaskan rumusan dari masing-masing analisis rangkaian. 7. Menjelaskan tugas yang harus dilakukan mahasiswa dalam penggunaan rumusan.	Memperhatikan dan mencatat Menjawab, memberikan sumbang saran. Memperhatikan dan mencatat	Note Book LCD Papan Tulis
Penutup	8. Menutup pertemuan a. Menunjuk beberapa mahasiswa untuk menyajikan hasil latihan yang diberikan. b. Mengundang komentar/pertanyaan dari mahasiswa. c. Memberikan penilaian berupa koreksi dan	Berlatih secara individual dari tugas yang diberikan. Menyajikan jawaban dari latihan yang diberikan Memberikan komentar atau pertanyaan Memperhatikan dan mencatat komentar	Note Book LCD Papan Tulis

	analisa yang benar. d. Memberikan gambaran umum untuk perkuliahan berikutnya.	pengajar tentang analisa yang benar.	
--	--	--------------------------------------	--

E. Evaluasi

1. Instrumen yang digunakan :
Tes lisan secara acak atau bergilir untuk menilai pemahaman mahasiswa terhadap materi yang diberikan.
2. Instrumen ini digunakan minggu berikutnya setelah mahasiswa memahami materi.

F. Referensi

1. Budiono Mismail, Rangkaian Listrik
2. BL. Theraja, Hand Book Of Electrical Technology
3. Joseph A. Edminister, Rangkaian Listrik
4. Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 1, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
5. Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 2, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
6. William H. Hayt, Jr & Jack E. Kemmerly, Rangkaian Listrik Jilid 1 (terjemahan Pantur Silaban), Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991

Rencana Kegiatan Pembelajaran Mingguan (RKBM)

Minggu ke-	Pokok Bahasan (Topik)	Substansi	Metode
X	Analisa Peralihan Beban R-L-C (Teredam lebih)	Rangkaian R-L-C orde II keadaan over damped	Ceramah Diskusi Latihan Soal

BAB VIII

Analisa Peralihan Rangkaian RLC

Tujuan Umum:

- Mahasiswa dapat memahami rangkaian peralihan /transien beban R-L-C

Tujuan Khusus:

- Mahasiswa dapat melakukan analisis rangkaian peralihan beban R-L-C
- Mahasiswa menghitung rangkaian peralihan melalui analisis persamaan differensial orde II

Analisa peralihan pada rangkaian RLC akan melibatkan persamaan differensial orde ke 2. Dalam menyelesaikan persamaan differensial orde 2 diperlukan 2 kondisi awal yaitu :

- Kondisi awal induktor (L)
- Kondisi awal kapasitor (C)

sehingga disini dikenal :

- saat sebelum terjadi perubahan rangkaian :

$$I_L(0^-) \text{ dan } V_C(0^-)$$

- saat setelah terjadi perubahan rangkaian

$$I_L(0^+) \text{ dan } V_C(0^+)$$

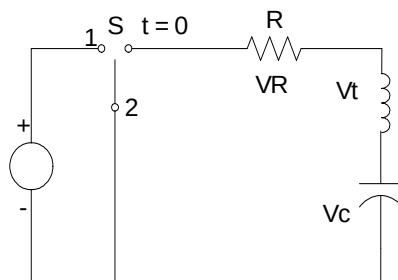
dari sifat kapasitor dan induktor, juga berlaku disini yaitu :

$$I_L(0^-) = I_L(0^+)$$

$$V_C(0^-) = V_C(0^+)$$

Pada rangkaian berikut ini, dapat dilihat bahwa, mula-mula saklar s berada pada posisi 1 dalam waktu yang cukup lama, pada $t = 0$, saklar dipindahkan ke posisi 2.

Tentukan $i(t)$ setelah s dipindahkan ke posisi 2.



Analisa :

Pada $t < 0$ (saklar pada posisi 1)

Sebelum saklar dipindahkan

Karena saklar terhubung ke 1 dalam waktu yang cukup lama, mengakibatkan muatan pada kapasitor mencapai kejenuhan sehingga :

$$I(t) = 0 \quad (1)$$

$$V_C(t) = v \quad (2)$$

Juga berlaku untuk saat sebelum saklar S dipindahkan ke posisi 2, ($t = 0^-$), berlaku:

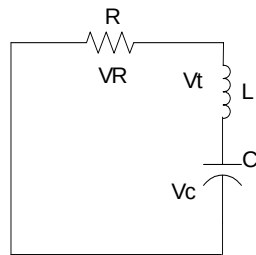
$$I(0^-) = 0 \quad (3)$$

$$V_C(0^-) = V \quad (4)$$

Pada $t > 0$ (setelah saklar s dipindahlan)

($t = 0^+$)

rangkaian



Menurut hukum kirchoff II ($\sum v = 0$)

$$V_R + V_L + V_C = 0 \quad (5)$$

Atau :

$$R i(t) + L \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} \int i(t) dt = 0 \quad (6)$$

Bila persamaan (6) didiferensialkan dan disederhanakan :

$$R \frac{di}{dt} + L \frac{d^2i}{dt^2} + \frac{1}{C} i = 0$$

$$\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di}{dt} + \frac{1}{LC} i = 0 \quad (7)$$

Dan menurut hukum kirchoff arus dalam rangkaian juga berlaku :

$$I_R(t) = I_L(t) = I_C(t) = I(t) \quad (8)$$

Persamaan (7) merupakan persamaan differensial orde II homogen. Untuk solusi dari persamaan (6), diambil pemisalan :

$$i(t) = k_1 e^{s_1 t} + k_2 e^{s_2 t} \quad (9)$$

S_1 dan S_2 merupakan akar-akar karakteristik yang didapat dari persamaan :

$$S^2 + \frac{R}{L} S + \frac{1}{LC} = 0 \quad (10)$$

Nilai akar-akar karakteristik dapat dihitung :

$$S_1 = -\frac{R}{2L} + \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}} = -\alpha + \beta \quad (11)$$

$$S_2 = -\frac{R}{2L} - \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}} = -\alpha - \beta \quad (12)$$

Disini :

$$\alpha = \frac{R}{2L} \quad \beta = \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}}$$

diketahui :

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (13)$$

ω_0 = frekuensi natural

Berdasarkan perbandingan nilai α terhadap ω_0 , ada 3 kasus yang dapat terjadi, yaitu :

1. Keadaan teredam lebih ($\alpha > \omega_0$)
2. Keadaan teredam kritis ($\alpha = \omega_0$)
3. Keadaan teredam kurang ($\alpha < \omega_0$)

I. Keadaan teredam lebih (“over damped”)

Dalam keadaan ini, nilai $\alpha > \omega_0$, mana $\beta > 0$

(akar adalah real, dan tidak sama)

Sehingga :

$$i(t) = K_1 e^{(-\alpha + \beta)t} + k_2 e^{(-\alpha - \beta)t}$$

atau :

$$i(t) = e^{-\alpha t} [k_1 e^{\beta t} + k_2 e^{-\beta t}] \quad (14)$$

Harga k_1 dan k_2 dapat diperoleh dari kondisi awal dari rangkaian.

Kondisi awal dari induktor

$$i(0^-) = i(0^+) = i(t) = 0$$

$$0 = e^{-0\alpha} 0^+ [k_1 e^{\beta 0^+} + k_2 e^{-\beta 0^+}]$$

$$0 = k_1 + k_2 \rightarrow k_1 = -k_2 \quad (15)$$

Kondisi awal kapasitor (dimana $V_c(t) = V$)

Dari persamaan (6) diperoleh :

$$R i(0^+) + L \left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0^+} + v = 0$$

$$L \left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0^+} + v = 0$$

$$L \left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0^+} = -v$$

$$\left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0^+} = \frac{-v}{L} \quad (16)$$

Bila persamaan (14) didiferensialkan :

$$\frac{di}{dt} = k_1 (-\alpha + \beta) e^{(-\alpha + \beta)t} + k_2 (-\alpha - \beta) e^{(-\alpha - \beta)t}$$

untuk $t = 0^+$

$$= k_1 (-\alpha + \beta) \cdot e^{(-\alpha + \beta) 0^+} + k_2 (-\alpha - \beta) \cdot e^{(-\alpha - \beta) 0^+}$$

$$= k_1 (-\alpha + \beta) + k_2 (-\alpha - \beta) \quad (17)$$

substitusikan persamaan (15) dan (16) ke persamaan (17)

$$\frac{di}{dt} = k_1 (-\alpha + \beta) + k_2 (-\alpha - \beta) \quad k_2 = -k_1$$

$$-\frac{v}{L} = k_1 (-\alpha + \beta) - k_1 (-\alpha - \beta)$$

$$-\frac{v}{L} = 2 k_1 \beta$$

$$k_1 = \frac{v}{2L\beta} \quad (18)$$

Dengan cara yang sama dimana $k_1 = -k_2$ didapat :

$$k_2 = -\frac{v}{2L\beta}$$

Sehingga solusi lengkap dari arus pada kondisi teredam lebih ("over damped")

$$i(t) = \frac{v}{2L\beta} \cdot e^{(-\alpha + \beta)t} - \frac{v}{2L\beta} e^{(-\alpha - \beta)t}$$

$$\left(i(t) = \frac{v}{2L\beta} \cdot e^{-\alpha t} (e^{\beta t} - e^{-\beta t}) \right) \quad (19)$$

Dengan :

$$\alpha = \frac{R}{2L} \quad \beta = \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}}$$

SATUAN ACARA PENGAJARAN

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik II
 Kode Mata Kuliah : EES13253
 Waktu Pertemuan : 1x3x50 menit
 Pertemuan ke : 11

A. Tujuan Instruksional

1. Umum

Mahasiswa dapat memahami rangkaian peralihan beban R-L-C

2. Khusus

Mahasiswa dapat melakukan analisis rangkaian peralihan beban R-L-

C melalui analisis matematis Persamaan Differensial orde II

B. Pokok Bahasan

Analisa peralihan rangkaian listrik beban R-L-C

C. Sub Pokok Bahasan

1. Rangkaian R-L-C orde II keadaan critically damped

D. Kegiatan Belajar Mengajar

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat pengajaran
Pendahuluan	1. Meriview kembali materi minggu sebelumnya	Memperhatikan materi.	Note Book LCD Papan Tulis
Penyajian	2. Menjelaskan manfaat mempelajari rangkaian peralihan beban R-L-C. 3. Menjelaskan secara matematis, rumusan yang digunakan untuk ketiga keadaan. 4. Latihan soal 5. Menuliskan jawaban mahasiswa di papan tulis. 6. Menjelaskan rumusan dari masing-masing analisis rangkaian. 7. Menjelaskan tugas yang harus dilakukan mahasiswa dalam penggunaan rumusan.	Memperhatikan dan mencatat Menjawab, memberikan sumbang saran. Memperhatikan dan mencatat	Note Book LCD Papan Tulis
Penutup	8. Menutup pertemuan a. Menunjuk beberapa mahasiswa untuk menyajikan hasil latihan yang diberikan. b. Mengundang komentar/pertanyaan dari mahasiswa. c. Memberikan penilaian berupa koreksi dan analisa yang benar. d. Memberikan gambaran	Berlatih secara individual dari tugas yang diberikan. Menyajikan jawaban dari latihan yang diberikan Memberikan komentar atau pertanyaan Memperhatikan dan mencatat komentar pengajar tentang analisa yang	Note Book LCD Papan Tulis

	umum untuk perkuliahan berikutnya.	benar.	
--	------------------------------------	--------	--

E. Evaluasi

1. Instrumen yang digunakan :
Tes lisan secara acak atau bergilir untuk menilai pemahaman mahasiswa terhadap materi yang diberikan.
2. Instrumen ini digunakan minggu berikutnya setelah mahasiswa memahami materi.

F. Referensi

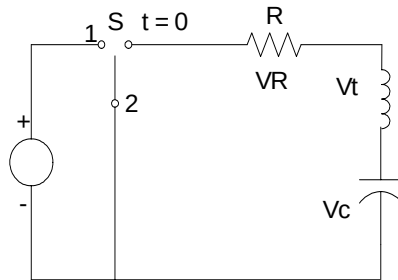
1. Budiono Mismail, Rangkaian Listrik
2. BL. Theraja, Hand Book Of Electrical Technology
3. Joseph A. Edminister, Rangkaian Listrik
4. Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 1, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
5. Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 2, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
6. William H. Hayt, Jr & Jack E. Kemmerly, Rangkaian Listrik Jilid 1 (terjemahan Pantur Silaban), Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991

Rencana Kegiatan Pembelajaran Mingguan (RKBM)

Minggu ke-	Pokok Bahasan (Topik)	Substansi	Metode
XI	Kondisi Teredam Kritis	Rangkaian R-L-C orde II keadaan critically damped	Ceramah Diskusi Latihan Soal

II. Keadaan teredam Kritis (“critically damped”)

Tentukan $i(t)$ setelah s dipindahkan ke posisi 2.



Analisa :

Pada $t < 0$ (saklar pada posisi 1)

Sebelum saklar dipindahkan

Karena saklar terhubung ke 1 dalam waktu yang cukup lama, mengakibatkan muatan pada kapasitor mencapai kejenuhan sehingga :

$$i(t) = 0$$

$$V_C(t) = V$$

Juga berlaku untuk saat sebelum saklar S dipindahkan ke posisi 2, ($t = 0^-$), berlaku:

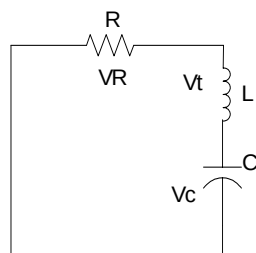
$$i(0^-) = 0$$

$$V_C(0^-) = V$$

Pada $t > 0$ (setelah saklar s dipindahlan)

$$(t = 0^+)$$

Rangkaian :



Menurut hukum kirchoff II ($\sum v = 0$)

$$V_R + V_L + V_C = 0$$

Atau :

$$R i(t) + L \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} \int i(t) dt = 0$$

Bila persamaan (6) didiferensialkan dan disederhanakan :

$$R \frac{di}{dt} + L \frac{d^2i}{dt^2} + \frac{1}{C} i = 0$$

$$\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di}{dt} + \frac{1}{LC} i = 0$$

Dan menurut hukum kirchoff arus dalam rangkaian juga berlaku :

$$IR(t) = IL(t) = IC(t) = I(t)$$

Persamaan ini merupakan persamaan differensial orde II homogen. Untuk solusi dari persamaan (6), diambil pemisalan :

$$i(t) = k_1 e^{s_1 t} + k_2 e^{s_2 t}$$

S_1 dan S_2 merupakan akar-akar karakteristik yang didapat dari persamaan :

$$S^2 + \frac{R}{L} S + \frac{1}{LC} = 0$$

Nilai akar-akar karakteristik dapat dihitung :

$$S_1 = -\frac{R}{2L} + \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}} = -\alpha + \beta$$

$$S_2 = -\frac{R}{2L} - \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}} = -\alpha - \beta$$

Disini :

$$\alpha = \frac{R}{2L} \quad \beta = \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}}$$

diketahui :

$$\omega_0 = \frac{1}{LC}$$

ω_0 = frekuensi natural

Dalam keadaan **teredam kritis**, dimana $\alpha = \omega_0$ atau $\beta = 0$ (akar real dan sama)

Dimana :

$$i(t) = e^{-\alpha t} (k_1 + k_2 t) \quad (20)$$

untuk menentukan nilai konstanta dari k_1 dan k_2 , digunakan kondisi awal

Kondisi awal induktor

$$i(0^-) = i(0^+) = i(t) = 0$$

$$0 = e^{-\alpha \cdot 0^+} (k_1 + k_2 \cdot 0^+) \quad (21)$$

$$k_1 = 0 \quad (22)$$

sehingga persamaan (20) menjadi :

$$\begin{aligned} i(t) &= e^{-\alpha t} (0 + k_2 t) \\ &= k_2 t e^{-\alpha t} \end{aligned} \quad (23)$$

Kondisi Awal kapasitor (dimana $V_c(t) = V$)

Persamaan :

$$\begin{aligned} R \cdot i(0^+) + L \left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0^+} + v &= 0 \\ 0 + L \left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0^+} &= -v \\ \left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0^+} &= \frac{-v}{L} \end{aligned} \quad (24)$$

Persamaan (23) didiferensialkan :

$$i(t) = k_2 \cdot t e^{-\alpha t}$$

$$\begin{aligned} \frac{di}{dt} &= d(k_2 + e^{-\alpha t}) \\ &= k_2 d(t e^{-\alpha t}) \end{aligned}$$

Misalkan :

$$d(U \cdot V) = U V' + V U'$$

$$U = t \quad U' = 1$$

$$V = e^{-\alpha t} \quad V' = -\alpha e^{-\alpha t}$$

$$d(t \cdot e^{-\alpha t}) = -t \alpha e^{-\alpha t} + e^{-\alpha t}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \frac{di}{dt} &= k_2 (-t \cdot \alpha e^{-\alpha t} + e^{-\alpha t}) \\ \frac{di}{dt} &= k_2 \cdot e^{-\alpha t} - k_2 \alpha t e^{-\alpha t} \end{aligned} \quad (25)$$

untuk $t = 0^+$ ($t > 0$)

$$\left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0^+} = k_2 e^{-\alpha \cdot 0^+} - k_2 \alpha \cdot 0 \cdot e^{-\alpha \cdot 0}$$

$$\left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0} = k_2 \quad (26)$$

Substitusikan persamaan (24) ke persamaan (26)

$$-\frac{V}{L} = k_2$$

$$k_2 = -\frac{V}{L} \quad (27)$$

Maka, solusi lengkap untuk keadaan teredam kritis adalah :

$$i(t) = -\frac{V}{L} \cdot t \cdot e^{-\alpha t} \quad (28)$$

SATUAN ACARA PENGAJARAN

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik II
 Kode Mata Kuliah : EES13253
 Waktu Pertemuan : 1x3x50 menit
 Pertemuan ke : 12

A. Tujuan Instruksional

1. Umum

Mahasiswa dapat memahami rangkaian peralihan beban R-L-C

2. Khusus

Mahasiswa dapat melakukan analisis rangkaian peralihan beban

R-L-C melalui analisis matematis Persamaan Differensial orde II

B. Pokok Bahasan

Analisa peralihan rangkaian listrik beban R-L-C

C. Sub Pokok Bahasan

1. Rangkaian R-L-C orde II keadaan under damped

D. Kegiatan Belajar Mengajar

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat pengajaran
Pendahuluan	1. Meriview kembali materi minggu sebelumnya	Memperhatikan materi.	Note Book LCD Papan Tulis
Penyajian	2. Menjelaskan manfaat mempelajari rangkaian peralihan beban R-L-C. 3. Menjelaskan secara matematis, rumusan yang digunakan untuk ketiga keadaan. 4. Latihan soal 5. Menuliskan jawaban mahasiswa di papan tulis. 6. Menjelaskan rumusan dari masing-masing analisis rangkaian. 7. Menjelaskan tugas yang harus dilakukan mahasiswa dalam penggunaan rumusan.	Memperhatikan dan mencatat Menjawab, memberikan sumbang saran. Memperhatikan dan mencatat	Note Book LCD Papan Tulis
Penutup	8. Menutup pertemuan A. Menunjuk beberapa mahasiswa untuk menyajikan hasil latihan yang diberikan. B. Mengundang komentar/pertanyaan dari mahasiswa. C. Memberikan penilaian berupa koreksi dan analisa yang benar. D. Memberikan gambaran	Berlatih secara individual dari tugas yang diberikan. Menyajikan jawaban dari latihan yang diberikan Memberikan komentar atau pertanyaan Memperhatikan dan mencatat komentar pengajar tentang	Note Book LCD Papan Tulis

	umum untuk perkuliahan berikutnya.	analisa yang benar.	
--	------------------------------------	---------------------	--

E. Evaluasi

3. Instrumen yang digunakan :
Tes lisan secara acak atau bergilir untuk menilai pemahaman mahasiswa terhadap materi yang diberikan.
4. Instrumen ini digunakan minggu berikutnya setelah mahasiswa memahami materi.

F. Referensi

1. Budiono Mismail, Rangkaian Listrik
2. BL. Theraja, Hand Book Of Electrical Technology
3. Joseph A. Edminister, Rangkaian Listrik
4. Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 1, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
5. Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 2, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
6. William H. Hayt, Jr & Jack E. Kemmerly, Rangkaian Listrik Jilid 1 (terjemahan Pantur Silaban), Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991

Rencana Kegiatan Pembelajaran Mingguan (RKBM)

Minggu ke-	Pokok Bahasan (Topik)	Substansi	Metode
XII	Kondisi Teredam Kurang	Rangkaian R-L-C orde II keadaan under damped	Ceramah Diskusi Latihan Soal

II. Keadaan Terebam Kurang ("Under Damped")

Dalam keadaan teredam kurang, $\alpha < \omega_0$, sehingga β akan bernilai imajiner

Maka :

Solusi umum arus dalam keadaan teredam kurang adalah :

$$i(t) = k_1 e^{(-\alpha + j\beta)t} + k_2 \cdot e^{(-\alpha - j\beta)t} \quad (29)$$

$$\begin{aligned} i(t) &= e^{\alpha t} (k_1 \cdot e^{-j\beta t} + k_2 \cdot e^{j\beta t}) \\ &= e^{\alpha t} [k_1 (\cos \beta t - j \sin \beta t) + k_2 (\cos \beta t + j \sin \beta t)] \\ &= e^{\alpha t} [(k_1 + k_2) \cos \beta t + j(k_2 - k_1) \sin \beta t] \\ &= e^{\alpha t} [C_1 \cos \beta t + C_2 \cdot \sin \beta t] \end{aligned} \quad (30)$$

Untuk mencari konstanta C_1 dan C_2 , digunakan kondisi awal :

➤ Kondisi awal induktor

$$\begin{aligned} i(t) &= i(0^+) = i(t) = 0 \\ &= C_1^{0^0} [C_1 \cos \beta 0 + \sin \beta 0] \end{aligned} \quad (31)$$

maka persamaan (29) disubstitusikan ke persamaan (31)

$$\begin{aligned} i(0^+) &= i(t) = i(0^+) = 0 \\ 0 &= C_1 \\ C_1 &= 0 \end{aligned} \quad (32)$$

Substitusikan persamaan (30) ke persamaan (32)

$$\begin{aligned} i(t) &= e^{\alpha t} (0^+ C_2 \sin \beta t) \\ &= C_2 \cdot e^{nt} \cdot \sin \beta t \end{aligned} \quad (33)$$

➤ Kondisi awal kapasitor ($V_c(t) = V$)

Maka:

$$\begin{aligned} R_1(0^+) + L \left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0} + V &= 0 \\ 0 + L \left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0} &= -V \\ \left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0^+} &= -\frac{V}{L} \end{aligned} \quad (34)$$

Differensiasikan Persamaan (33)

$$i(t) = C_2 e^{\alpha t} \sin \beta t$$

$$\frac{di}{dt} = C_2 d(e^{\alpha t} \sin \beta t)$$

$$= C_2 [e^{\alpha t} \beta \cos \beta t + \sin \beta t \cdot \alpha \cdot e^{\alpha t}]$$

$$\frac{di}{dt} = C_2 \alpha e^{\alpha t} \sin \beta t + C_2 \beta \cdot e^{\alpha t} \cos \beta t \quad (35)$$

untuk $t = 0^+$

$$\begin{aligned} \left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0} &= C_2 \alpha e^{\alpha 0} \sin \beta 0 + C_2 \beta e^{\alpha 0} (0 \beta \beta 0) \\ &= C_2 \cdot \beta \end{aligned}$$

Substitusikan persamaan (34) ke persamaan (36)

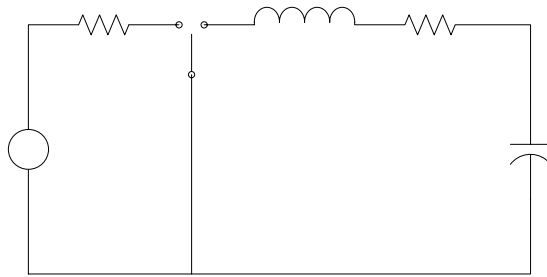
$$-\frac{V}{L} = C_2 \beta$$

$$C_2 = \frac{-V}{L \beta} \quad (37)$$

Maka solusi lengkap dari "under damped"

$$i(t) = -\frac{V}{L \beta} \cdot e^{\alpha t} \cdot \sin \beta t \quad (38)$$

Contoh Soal :



Saklar berada pada posisi 1 dalam waktu yang cukup lama ($t < 0$)

5 ohm 1 H
1 $t = 0$
2 VL (t)

Hitung :

1. Persamaan (it) untuk $t > 0$
2. arus $i_L(t)$, $i_L(t)$
3. Tegangan VL (t) pada $t > 0$

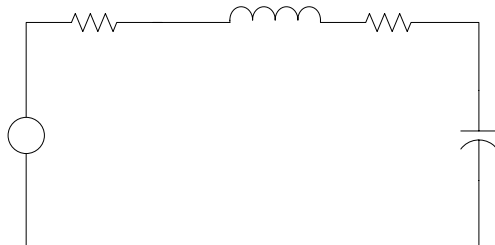
+
8 v

Solusi

Untuk $t < 0$ (saklar pada posisi 1)

-

Rangkaian :

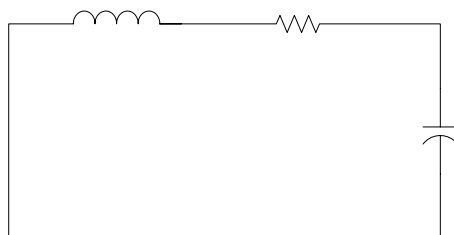


Jadi, karena muatan C dalam keadaan jenuh :

$$i(t) = 0 \quad \text{maka } i(0^-) = 0$$

$$V_C(t) = 8 \text{ volt} \quad V_C(0) = 8 \text{ volt}$$

Untuk $t > 0$ (posisi saklar pada posisi 2)



Gunakan hukum kirchoff II

$$I(t)R + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt = 0$$

$$4 i(t) + i \frac{di}{dt} + \frac{1}{1/20} \int i dt = 0$$

$$4 i(t) + \frac{di}{dt} + 20 \int i dt = 0$$

$$4 \frac{di}{dt} + \frac{d^2 i}{dt^2} + 20i = 0$$

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + 4 \frac{di}{dt} + 20 i = 0 \quad (\text{pada orde II})$$

∴ Solusi umum P.D Orde II Homogen

$$i(t) = k_1 \cdot e^{s_1 t} + k_2 \cdot e^{s_2 t}$$

s_1, s_2 = akar-akar karakteristik, didapat dari :

$$\frac{d^2}{dt^2} = 3$$

$$s^2 + (-4) + 20 = 0$$

$$S_1 = \frac{-4 + \sqrt{(4)^2 - 4 \cdot 20}}{2} = -2 + \beta$$

$$S_2 = \frac{-4 - \sqrt{(4)^2 - 4 \cdot 20}}{2} = -\alpha - \beta$$

∴ Solusi lengkap Under damped

$$i(t) = \frac{-V}{L\beta} e^{\alpha t} \sin \beta t$$

Dari soal :

$$S_{1,2} = \frac{-4 \pm \sqrt{16 - 80}}{2} = -\alpha \pm \beta$$

$$= \frac{-4 \pm \sqrt{-64}}{2}$$

$$= \frac{-4 \pm J8}{2} = -2 \pm J4 = -\alpha \pm \beta$$

maka : $\alpha = 2$

$$\beta = 4$$

$$i(t) = \frac{-8}{1.4} \cdot e^{-2t} \sin 4t = -2 \cdot e^{2t} \sin 4t$$

$$\begin{aligned} VL(t) &= L \frac{di(t)}{dt} = 1 \frac{d(-2 \cdot e^{2t} \sin 4t)}{dt} \\ &= \frac{-2 d \cdot e^{2t} \sin 4t}{1} \end{aligned}$$

SATUAN ACARA PENGAJARAN

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik II
 Kode Mata Kuliah : EES13253
 Waktu Pertemuan : 1x3x50 menit
 Pertemuan ke : 13

A. Tujuan Instruksional

1. Umum

Mahasiswa dapat memahami respon fungsi tangga dan fungsi pulsa satuan

2. Khusus

Mahasiswa dapat melakukan analisis rangkaian peralihan beban R-L melalui respon fungsi tangga dan pulsa satuan.

B. Pokok Bahasan

Respon fungsi tangga dan pulsa satuan

C. Sub Pokok Bahasan

1. Respon terhadap Rangkaian R-L dan R-C

D. Kegiatan Belajar Mengajar

Tahap	Kegiatan Pengajar	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat pengajaran
Pendahuluan	1. Menjelaskan manfaat mempelajari rangkaian peralihan melalui respon fungsi tangga dan pulsa satuan.	Memperhatikan materi.	Note Book LCD Papan Tulis
Penyajian	2. Menjelaskan secara matematis, rumusan yang digunakan. 3. Latihan soal 4. Menuliskan jawaban mahasiswa di papan tulis. 5. Menjelaskan rumusan dari masing-masing analisis rangkaian. 6. Menjelaskan tugas yang harus dilakukan mahasiswa dalam penggunaan rumusan.	Memperhatikan Dan mencatat Menjawab, memberikan sumbang saran. Memperhatikan dan mencatat Berlatih secara individual dari tugas yang diberikan.	Note Book LCD Papan Tulis
Penutup	7. Menutup pertemuan a. Menunjuk beberapa mahasiswa untuk menyajikan hasil latihan yang diberikan. b. Mengundang komentar/pertanyaan dari mahasiswa. c. Memberikan penilaian berupa koreksi dan analisa yang benar.	Menyajikan jawaban dari latihan yang diberikan Memberikan komentar atau pertanyaan Memperhatikan dan mencatat komentar	Note Book LCD Papan Tulis

	d. Memberikan gambaran umum untuk perkuliahan berikutnya.	pengajar tentang analisa yang benar.	
--	---	--------------------------------------	--

E. Evaluasi

1. Instrumen yang digunakan :
Tes lisan secara acak atau bergilir untuk menilai pemahaman mahasiswa terhadap materi yang diberikan.
2. Instrumen ini digunakan minggu berikutnya setelah mahasiswa memahami materi.

F. Referensi

1. Budiono Mismail, Rangkaian Listrik
2. BL. Theraja, Hand Book Of Electrical Technology
3. Joseph A. Edminister, Rangkaian Listrik
4. Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 1, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
5. Soepono Soeparlan & Umar Yahdi, Teknik Rangkaian Listrik Jilid 2, Penerbit Universitas Gunadarma, Depok, 1995
6. William H. Hayt, Jr & Jack E. Kemmerly, Rangkaian Listrik Jilid 1 (terjemahan Pantur Silaban), Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991

Rencana Kegiatan Pembelajaran Mingguan (RKBM)

Minggu ke-	Pokok Bahasan (Topik)	Substansi	Metode
XIII	Respon Fungsi Tangga dan Pulsa Satuan Beban R-L dan R-C	Respon terhadap Rangkaian R-L, R-C	Ceramah Diskusi Latihan Soal

BAB IX

RESPON FUNGSI TANGGA DAN FUNGSI PULSA SATUAN

Tujuan Umum:

- Mahasiswa dapat memahami respon rangkaian peralihan /transien pada fungsi tangga dan fungsi pulsa satuan

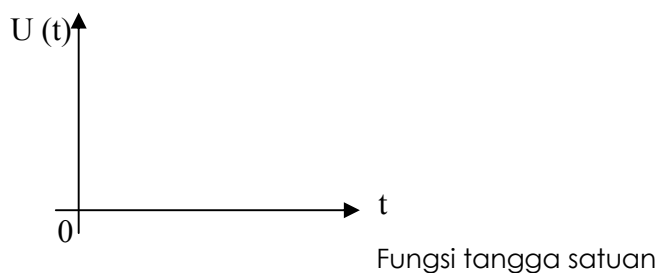
Tujuan Khusus:

- Mahasiswa dapat melakukan analisis respon fungsi tangga satuan dan pulsa satuan
- Mahasiswa menghitung rangkaian peralihan melalui fungsi tangga dan pulsa satuan

Fungsi tangga satuan (unit step function) tanpa dimensi dirumuskan sebagai berikut :

$$U(t) = \begin{cases} 0, & \text{untuk } t < 0 \\ 1, & \text{untuk } t > 0 \end{cases} \quad (1)$$

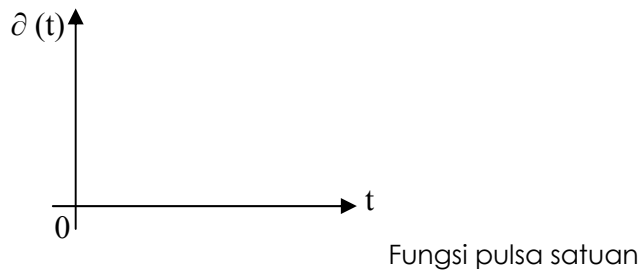
Secara grafis, fungsi tangga satuan dapat digambarkan :



Sedangkan fungsi pulsa satuan (unit impulse function) tanpa dimensi dapat dirumuskan oleh :

$$\partial(t) = \begin{cases} 0, & \text{untuk } t \neq 0 \\ 1, & \text{untuk } t \approx 0 \end{cases}$$

Secara grafis, fungsi pulsa satuan dapat digambarkan :

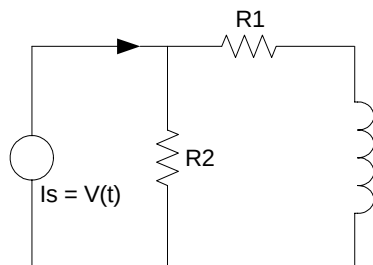


Dari sifat fungsi tangga satuan, identik dengan penutupan saklar pada $t = 0$.
Sedangkan sifat dari fungsi pulsa satuan identik dengan perubahan sesaat pada saat $t = 0$

Proses peralihan pada rangkaian listrik, terhadap respon fungsi tangga satuan akan terjadi pada rangkaian :

2. R – L
3. R – C
4. R – L – C

1. Respon Terhadap Rangkaian R – L



Pada rangkaian ini $i_s(t) = u(t)$

$i_L(0^-) = 0$

Tentukan $i_L(t)$

Analisa :

$$\text{➤ } i_s(t) = u(t) \begin{cases} 0, & \text{untuk } t < 0 \\ 1, & \text{untuk } t > 0 \end{cases} \quad (1)$$

➤ $t < 0$, karena $i_L [i_L(0^-)]$, maka berarti pada L tidak bermuatan, maka $i_L(t) = 0$

..... (2)

➤ $t > 0$, menurut hukum kirchoff arus ($\sum i = 0$)

$$\frac{i_s(t) = i_L(t) + R_1 \cdot i_L(t) + L \frac{di_L(t)}{dt}}{R_2 i_s(t) = (R_2 + R_1) i_L(t) + L \frac{di_L(t)}{dt}} \times R_2 \quad (3)$$

➤ Untuk $t > 0$, i_s akan berharga 1, sehingga persamaan (3) menjadi :

$$R_2 = (R_2 + R_1) i_L(t) + L \frac{di_L(t)}{dt} \quad (4)$$

Persamaan (4) merupakan PD tak homogen, maka solusi dihomogenkan terlebih dahulu.

$$L \frac{di_L(t)}{dt} + (R_2 + R_1) i_L(t) = 0 \quad (5)$$

$$\frac{di_L(t)}{dt} = - \frac{(R_2 + R_1)}{L} \int dt$$

$$\ln i_L(t) = - \frac{(R_2 + R_1)}{L} t + C, \text{ dimana } C = \ln k$$

$$\frac{\ln i_L(t)}{\ln k} = - \frac{(R_2 + R_1)}{L} t$$

$$i_L(t) = k \cdot e^{- \frac{(R_2 + R_1)}{L} t} \quad (6)$$

untuk solusi perkiraan $i_{Lp}(t)$ dianggap :

$$i_{Lp}(t) = \text{konstanta} \quad (7)$$

substitusikan persamaan (7) ke persamaan (4)

$$i_2 = (R_2 + R_1) k + L \cdot 0$$

$$k = \frac{R_2}{(R_2 + R_1)} \quad (8)$$

sehingga solusi perkiraan ($i_{Lp}(t)$) =

$$\frac{R_2}{(R_1 + R_2)} \quad (9)$$

Solusi Umum pada fungsi tangga satuan $t > 0$ didapat :

$$\begin{aligned} i_L(t) &= i_{Ln}(t) + i_{Lp}(t) \\ &= k \cdot e^{- \frac{(R_2 + R_1)t}{L}} + \frac{R_2}{R_2 + R_1} \end{aligned} \quad (10)$$

untuk solusi khusus, ditentukan nilai k dengan mensubstitusikan arus awal

$$i_L(0^-) = i_L(0^+)$$

$$= 0$$

$$i_L(0^+) = k \cdot e^{-\frac{(R_2 + R_1)t}{L}} + \frac{R_2}{(R_2 + R_1)}$$

$$0 = k \cdot e^{0^+} + \frac{R_2}{R_2 + R_1}$$

Maka :

$$k = \frac{-R_2}{R_2 + R_1} \quad (11)$$

Sehingga :

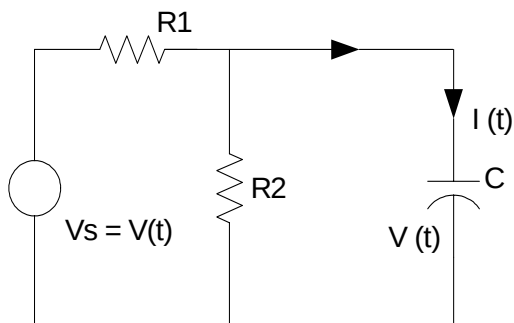
Solusi Khusus

Pada fungsi tangga satuan $t > 0$ adalah :

$$i_L(t) = \frac{R_2}{(R_2 + R_1)} - \frac{R_2}{R_2 + R_1} \cdot e^{\frac{-(R_2 + R_1)t}{L}} \times u(t)$$

$$v_L = u(t) \quad v_L = \frac{L \, di_L(t)}{dt}$$

2. Respon terhadap rangkaian RC



Pada rangkaian ini $V_s = u(t)$

Tentukan $V(t)$

Analisa :

0, untuk $t < 0$

$V_s = V(t) = 1$, untuk $t > 0$



Untuk $t > 0$

$$\frac{V_s - V}{R_1} = \frac{V}{R_2} + C \frac{dv}{dt} \quad (12)$$

karena pada $t > 0$, $V_s = 1$, maka :

$$\frac{1 - V}{R_1} = \frac{V}{R_2} + C \frac{dv}{dt} \quad (13)$$

$$\frac{dv}{dt} + \left(\frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} \right) \cdot \frac{1}{C} = \frac{1}{R_1 \cdot C}$$

atau :

$$\frac{dv}{dt} + \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2 \cdot C} \right) \cdot k = \frac{1}{R_1 \cdot C} \quad (14)$$

persamaan (14) merupakan PD tak homogen, maka solusinya :

Solusi natural (V_n)

$$\frac{dV_n}{dt} + \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2 \cdot C} \right) V_n = 0$$

dengan metode integrasi, maka didapat nilai $V_n(t)$

$$V_n = k \cdot e^{\frac{-(R_1 + R_2)}{R_1 \cdot R_2 \cdot C} t} \quad (15)$$

Solusi perkiraan (V_p)

$$\frac{dV_p}{dt} + \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2 \cdot C} \right) V_p = \frac{1}{R_1 \cdot C}, \text{ maka :}$$

$$V_p = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (16)$$

dari persamaan (15) dan persamaan (16) didapat solusi umum :

$$V(t) = V_n(t) + V_p(t)$$

$$= k \cdot e^{\frac{-(R_1 + R_2)}{R_1 \cdot R_2 \cdot C} t} + \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (17)$$

Untuk menentukan nilai k, dilihat dari kondisi awal dari kapasitor :

$V(0^-) = V(0^+) = 0$, maka :

$$\text{Persamaan (15)} \quad 0 = k \cdot e^{0^+} + \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$k = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (18)$$

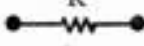
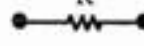
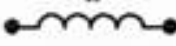
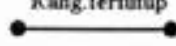
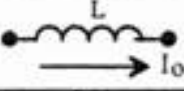
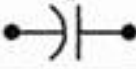
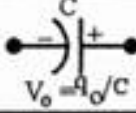
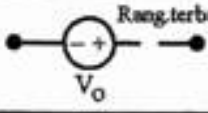
sehingga solusi khusus tangga satuan

$$V(t) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} e^{\frac{-(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2} t} \quad (19)$$

sehingga solusi seluruh nilai t adalah :

$$V(t) = \left[\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} e^{\frac{-(R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 \cdot C} t} \right] Vt \quad (20)$$

Tabel. Sifat dari komponen pasif rangkaian listrik

Komponen (dalam kondisi awal)	Dalam kondisi $t = \infty$
R 	R 
L 	Rang. tertutup 
L 	Rang. tertutup 
C 	Rang. terbuka 
C 	Rang. terbuka 

Rumus Trigonometri

1. $\sin(-\theta) = -\sin \theta$
2. $\cos(-\theta) = \cos \theta$
3. $\sin\left(\omega + \frac{\pi}{2}\right) = \cos \omega t$
4. $\cos\left(\omega - \frac{\pi}{2}\right) = \sin \omega t$
5. $\sin(\omega t + \pi) = -\sin \omega t$
6. $\cos(\omega t + \pi) = -\cos \omega t$
7. $\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$
8. $\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta$
9. $\sin 2\theta = 2 \sin \theta \cos \theta$
10. $\cos 2\theta = \cos^2 \theta - \sin^2 \theta$
11. $\sin^2 \theta = \frac{1 - \cos 2\theta}{2}$
12. $\cos^2 \theta = \frac{1 + \cos 2\theta}{2}$