

BAB VII ANALISIS RANGKAIAN AC

Hukum Ohm

Jika sebuah impedansi dilewati oleh sebuah arus maka pada kedua ujung impedansi tersebut akan muncul beda potensial, atau Hukum Ohm menyatakan bahwa tegangan melintasi berbagai jenis bahan pengantar adalah berbanding lurus dengan arus yang mengalir melalui bahan tersebut.

Secara matematis :

$$V = I \cdot Z$$

Hukum Kirchoff I / Kirchoff's Current Law (KCL)

Jumlah arus yang memasuki suatu percabangan atau node atau simpul samadengan arus yang meninggalkan percabangan atau node atau simpul, dengan kata lain jumlah aljabar semua arus yang memasuki sebuah percabangan atau node atau simpul samadengan nol.

Secara matematis :

$$\Sigma \text{ Arus pada satu titik percabangan} = 0$$

$$\Sigma \text{ Arus yang masuk percabangan} = \Sigma \text{ Arus yang keluar percabangan}$$

Hukum Kirchoff II / Kirchoff's Voltage Law (KVL)

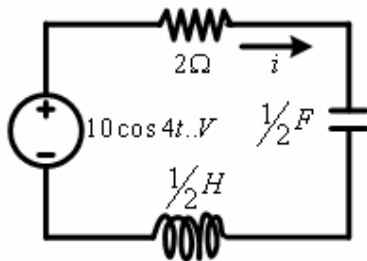
Jumlah tegangan pada suatu lintasan tertutup samadengan nol, atau penjumlahan tegangan pada masing-masing komponen penyusunnya yang membentuk satu lintasan tertutup akan bernilai samadengan nol.

Secara matematis :

$$\Sigma V = 0$$

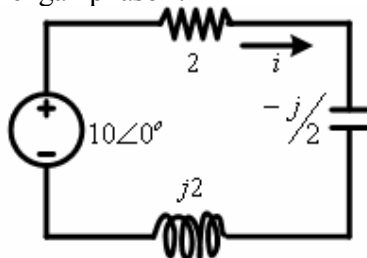
Contoh latihan :

1. Tentukan nilai i !



Jawaban :

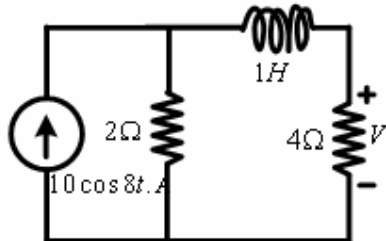
Dengan phasor :



$$I = \frac{10\angle 0^\circ}{2 + j2 - \frac{j}{2}} = \frac{10\angle 0^\circ}{2 + \frac{j3}{2}} = \frac{10\angle 0^\circ}{2.5\angle 36,9^\circ} = 4\angle -36,9^\circ$$

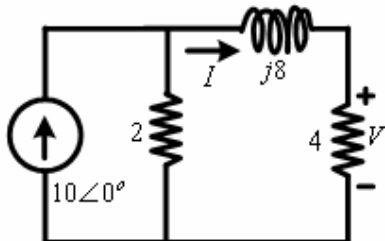
maka : $i = 4 \cos(4t - 36,9^\circ) A$

2. Tentukan nilai V !



Jawaban :

Dengan phasor :



$$I = \frac{2}{2 + 4 + j8} 10\angle 0^\circ = \frac{20\angle 0^\circ}{6 + j8} = \frac{20\angle 0^\circ}{10\angle 53^\circ} = 2\angle -53^\circ$$

sehingga : $V = 4I = 8\angle -53^\circ$,

maka : $V = 8 \cos(8t - 53^\circ) V$

Analisis Node

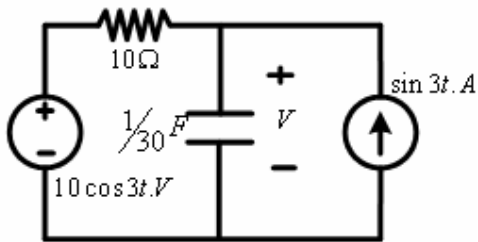
Analisis node berprinsip pada Hukum Kirchoff I/ KCL dimana jumlah arus yang masuk dan keluar dari titik percabangan akan samadengan nol, dimana tegangan merupakan parameter yang tidak diketahui. Atau analisis node lebih mudah jika pencatunya semuanya adalah sumber arus. Analisis ini dapat diterapkan pada sumber searah/ DC maupun sumber bolak-balik/ AC.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada analisis node, yaitu :

- Tentukan node referensi sebagai *ground*/ potensial nol.
- Tentukan *node voltage*, yaitu tegangan antara node non referensi dan ground.
- Asumsikan tegangan node yang sedang diperhitungkan lebih tinggi daripada tegangan node manapun, sehingga arah arus keluar dari node tersebut positif.
- Jika terdapat N node, maka jumlah *node voltage* adalah (N-1). Jumlah *node voltage* ini akan menentukan banyaknya persamaan yang dihasilkan.
- Analisis node mudah dilakukan bila pencatunya berupa sumber arus. Apabila pada rangkaian tersebut terdapat sumber tegangan, maka sumber tegangan tersebut diperlakukan sebagai *supernode*, yaitu menganggap sumber tegangan tersebut dianggap sebagai satu node.

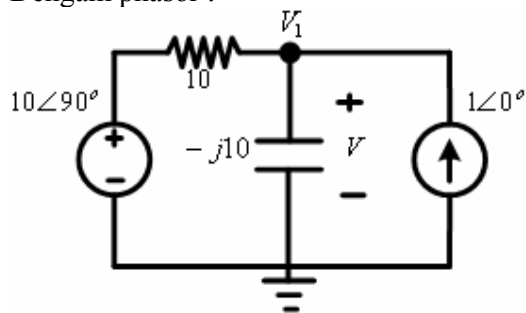
Contoh latihan :

1. Tentukan nilai V dengan analisis node !



Jawaban :

Dengan fasor :



Tinjau node voltage V_1 :

$$\frac{V_1}{-j10} + \frac{V_1 - 10\angle 90^\circ}{10} - 1\angle 0^\circ = 0$$

$$V_1\angle 90^\circ + V_1 - 10\angle 90^\circ = 10\angle 0^\circ$$

$$V_1 + jV_1 = 10\angle 0^\circ + 10\angle 90^\circ = 10 + j10$$

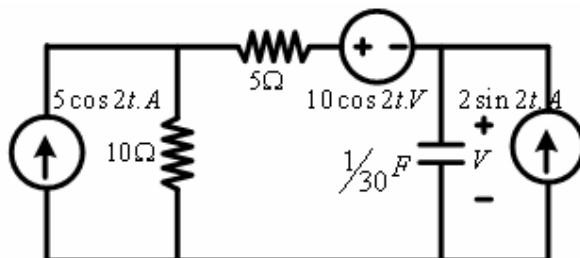
$$V_1(1 + j) = 10(1 + j)$$

$$V_1 = 10$$

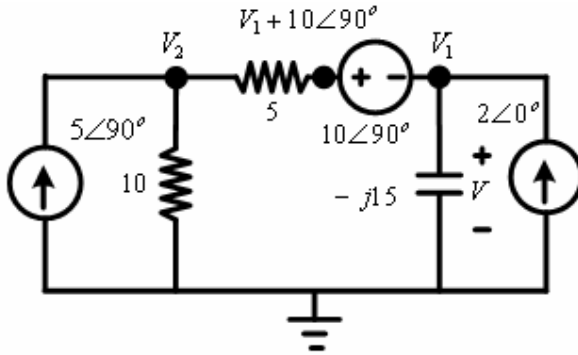
sehingga : $V = V_1 = 10$

maka : $V = 10 \sin 3t.V$

2. Tentukan nilai V dengan analisis node !



Jawaban :



Tinjau node voltage V_1 :

$$\frac{V_1}{-j15} - 2\angle 0^\circ + \frac{V_1 + 10\angle 90^\circ - V_2}{5} = 0$$

$$V_1\angle 90^\circ + 3(V_1 + 10\angle 90^\circ - V_2) = 30\angle 0^\circ$$

$$jV_1 + 3V_1 + j30 - 3V_2 = 30$$

$$(3 + j)V_1 - 3V_2 = 30 - j30 \dots \dots \dots (1)$$

Tinjau node voltage V_2

$$\frac{V_2}{10} - 5\angle 90^\circ + \frac{V_2 - (V_1 + 10\angle 90^\circ)}{5} = 0$$

$$V_2 + 2V_2 - 2(V_1 + 10\angle 90^\circ) = 50\angle 90^\circ$$

$$3V_2 - 2V_1 - j20 = j50$$

$$-2V_1 + 3V_2 = j70 \dots \dots \dots (2)$$

Substitusikan persamaan (1) & (2) :

$$-2V_1 + 3V_2 = j70$$

$$(3 + j)V_1 - 3V_2 = 30 - j30$$

$$(1 + j)V_1 = 30 + j40$$

$$V_1 = \frac{30 + j40}{(1 + j)} = \frac{50\angle 53^\circ}{\sqrt{2}\angle 45^\circ} = 25\sqrt{2}\angle 8^\circ$$

$$\text{maka : } v = 25\sqrt{2} \sin(2t + 8^\circ)V$$

Analisis Mesh atau Arus Loop

Arus loop adalah arus yang dimisalkan mengalir dalam suatu loop (lintasan tertutup). Arus loop sebenarnya tidak dapat diukur (arus permisalan).

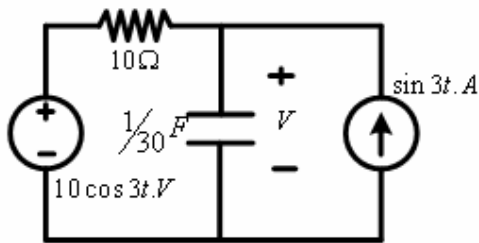
Berbeda dengan analisis node, pada analisis ini berprinsip pada Hukum Kirchoff II/ KVL dimana jumlah tegangan pada satu lintasan tertutup samadengan nol atau arus merupakan parameter yang tidak diketahui. Analisis ini dapat diterapkan pada rangkaian sumber searah/ DC maupun sumber bolak-balik/ AC.

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

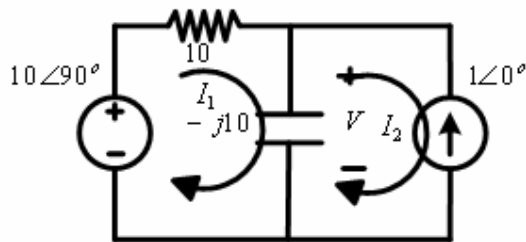
- Buatlah pada setiap loop arus asumsi yang melingkari loop. Pengambilan arus loop terserah kita yang terpenting masih dalam satu lintasan tertutup. Arah arus dapat searah satu sama lain ataupun berlawanan baik searah jarum jam maupun berlawanan dengan arah jarum jam.
- Biasanya jumlah arus loop menunjukkan jumlah persamaan arus yang terjadi.
- Metoda ini mudah jika sumber pencatunya adalah sumber tegangan.
- Jumlah persamaan = Jumlah cabang – Jumlah junction + 1
- Apabila ada sumber arus, maka diperlakukan sebagai **supermesh**. Pada supermesh, pemilihan lintasan menghindari sumber arus karena pada sumber arus tidak diketahui besar tegangan terminalnya.

Contoh latihan :

1. Tentukan nilai V dengan analisis mesh !



Jawaban :



Tinjau loop I_1 :

$$-10\angle 90^\circ + 10I_1 - j10(I_1 - I_2) = 0$$

$$(10 - j10)I_1 + j10I_2 = 10\angle 90^\circ \dots\dots\dots(1)$$

Tinjau loop I_2 :

$$I_2 = -1\angle 0^\circ \dots\dots\dots(2)$$

substitusikan persamaan (1) & (2) :

$$(10 - j10)I_1 + j10(-1\angle 0^\circ) = 10\angle 90^\circ$$

$$(10 - j10)I_1 = j10 + j10 = j20$$

$$I_1 = \frac{j20}{10 - j10} = \frac{20\angle 90^\circ}{10\sqrt{2}\angle -45^\circ} = \sqrt{2}\angle 135^\circ$$

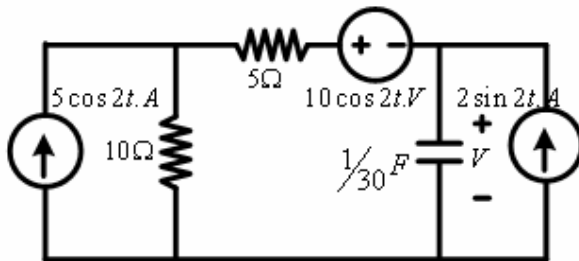
sehingga :

$$V = -j10(I_1 - I_2) = -j10(\sqrt{2}\angle 135^\circ + 1\angle 0^\circ)$$

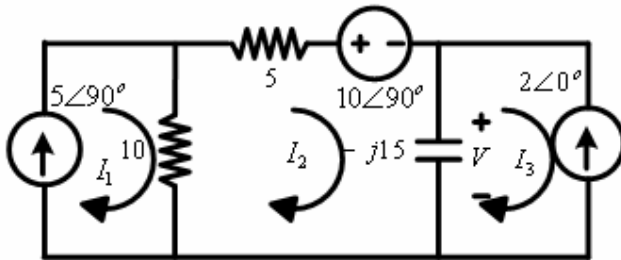
$$V = -j10(-1 + j + 1) = -j^2 10 = 10$$

maka : $V = 10 \sin 3tV$

2. Tentukan nilai V dengan analisis mesh !



Jawaban :



Tinjau loop I_1 :

$$I_1 = 5\angle 90^\circ \dots\dots\dots(1)$$

Tinjau loop I_2 :

$$10(I_2 - I_1) + 5I_2 + 10\angle 90^\circ - j15(I_2 - I_3) = 0$$

$$-10I_1 + (15 - j15)I_2 + j15I_3 = -10\angle 90^\circ \dots\dots(2)$$

Tinjau loop I_3 :

$$I_3 = -2\angle 0^\circ \dots\dots\dots(3)$$

substitusikan persamaan (1), (2), & (3) :

$$-10I_1 + (15 - j15)I_2 + j15I_3 = -10\angle 90^\circ$$

$$-10(5\angle 90^\circ) + (15 - j15)I_2 + j15(-2\angle 0^\circ) = -10\angle 90^\circ$$

$$(15 - j15)I_2 = -10\angle 90^\circ + 10(5\angle 90^\circ) - j15(-2\angle 0^\circ) = -j10 + j50 + j30 = j70$$

$$I_2 = \frac{j70}{15 - j15} = \frac{70 \angle 90^\circ}{15\sqrt{2} \angle -45^\circ} = \frac{7\sqrt{2}}{3} \angle 135^\circ$$

$$\text{sehingga : } V = -j15(I_2 - I_3) = -j15\left(\frac{7\sqrt{2}}{3} \angle 135^\circ + 2 \angle 0^\circ\right) = -j15(-2,33 + j2,33 + 2)$$

$$V = -j15(-0,33 + j2,33) = 15 \angle -90^\circ (2,35 \angle 98^\circ) = 35,25 \angle 8^\circ$$

$$\text{maka : } V = 35,25 \sin(2t + 8^\circ) \text{ V}$$

Analisis Arus Cabang

Arus cabang adalah arus yang benar-benar ada (dapat diukur) yang mengalir pada suatu cabang. Artinya arus cabang adalah arus yang sebenarnya mengalir pada percabangan tersebut.

Arti cabang :

- Mempunyai satu elemen rangkaian
- Bagian rangkaian dengan dua terminal dengan arus yang sama
- Jumlah persamaan = Jumlah arus cabang yang ada

Teorema Superposisi

Pada teorema ini hanya berlaku untuk rangkaian yang bersifat linier, dimana rangkaian linier adalah suatu rangkaian dimana persamaan yang muncul akan memenuhi jika $y = kx$, dimana $k =$ konstanta dan $x =$ variabel.

Dalam setiap rangkaian linier dengan beberapa buah sumber tegangan/ sumber arus dapat dihitung dengan cara :

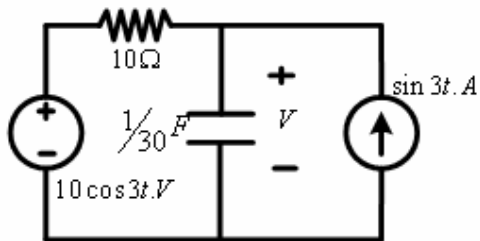
Menjumlah aljabarkan tegangan/ arus yang disebabkan tiap sumber independent/ bebas yang bekerja sendiri, dengan semua sumber tegangan/ arus independent/ bebas lainnya diganti dengan tahanan dalamnya.

Pengertian dari teorema diatas bahwa jika terdapat n buah sumber bebas maka dengan teorema superposisi samadengan n buah keadaan rangkaian yang dianalisis, dimana nantinya n buah keadaan tersebut akan dijumlahkan. Jika terdapat beberapa buah sumber tak bebas maka tetap saja teorema superposisi menghitung untuk n buah keadaan dari n buah sumber yang bebasnya.

Rangkaian linier tentu tidak terlepas dari gabungan rangkaian yang mempunyai sumber *independent* atau sumber bebas, sumber *dependent* / sumber tak bebas linier (sumber *dependent* arus/ tegangan sebanding dengan pangkat satu dari tegangan/ arus lain, atau sebanding dengan jumlah pangkat satu besaran-besaran tersebut) dan elemen resistor (R), induktor (L), dan kapasitor (C).

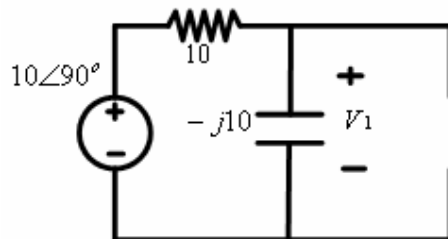
Contoh latihan :

1. Tentukan nilai V dengan superposisi !



Jawaban :

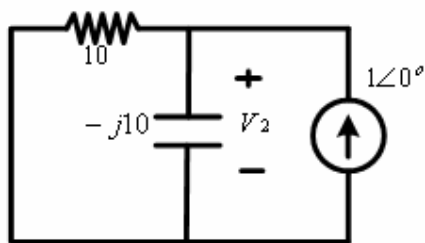
- Pada saat $V_s = 10 \cos 3tV$ aktif :



$$V_1 = \frac{-j10}{-j10+10} 10\angle 90^\circ = \frac{100\angle 0^\circ}{10\sqrt{2}\angle -45^\circ}$$

$$V_1 = 5\sqrt{2}\angle 45^\circ$$

- Pada saat $I_s = \sin 3tA$ aktif :



$$Z_p = \frac{-j10 \cdot 10}{-j10+10} = \frac{-j100}{10\sqrt{2}\angle -45^\circ}$$

$$Z_p = \frac{100\angle -90^\circ}{10\sqrt{2}\angle -45^\circ} = 5\sqrt{2}\angle -45^\circ$$

sehingga :

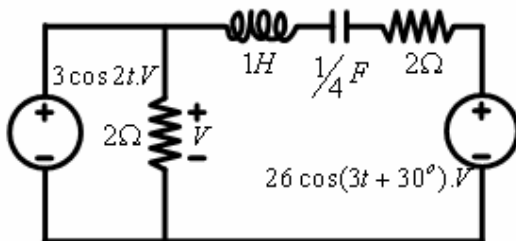
$$V_2 = Z_p \cdot 1\angle 0^\circ = 5\sqrt{2}\angle -45^\circ$$

Maka tegangan V :

$$V = V_1 + V_2 = 5\sqrt{2}\angle 45^\circ + 5\sqrt{2}\angle -45^\circ = 5 + j5 + 5 - j5 = 10$$

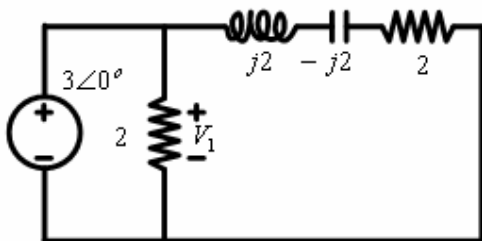
sehingga : $V = 10 \sin 3tV$

2. Tentukan nilai V dengan superposisi !



Jawaban :

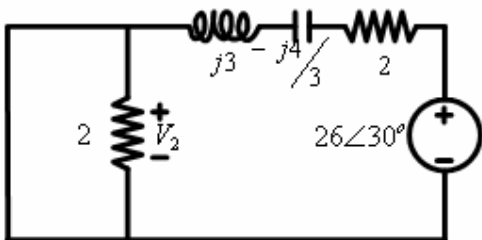
- Pada saat $V_s = 3 \cos 2tV$ aktif :



$$V_1 = 3 \angle 0^\circ$$

sehingga : $V_1 = 3 \cos 2tV$

- Pada saat $V_s = 26 \cos(3t + 30^\circ)V$ aktif :



$$V_2 = 0V$$

sehingga :

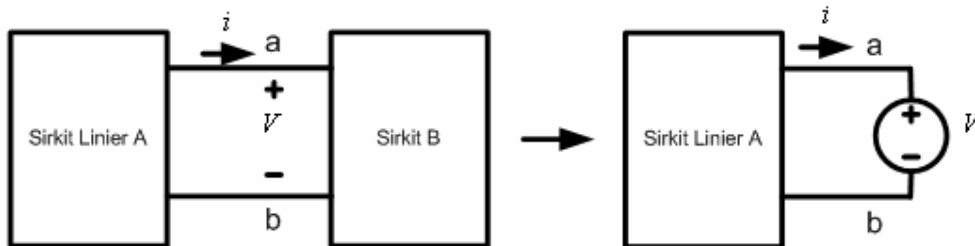
$$V = V_1 + V_2 = 3 \cos 2tV$$

Teorema Thevenin

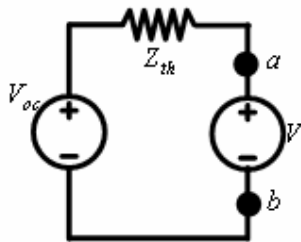
Pada teorema ini berlaku bahwa :

Suatu rangkaian listrik dapat disederhanakan dengan hanya terdiri dari satu buah sumber tegangan yang dihubungkan dengan sebuah impedansi ekivalennya pada dua terminal yang diamati.

Tujuan sebenarnya dari teorema ini adalah untuk menyederhanakan analisis rangkaian, yaitu membuat rangkaian pengganti yang berupa sumber tegangan yang dihubungkan seri dengan suatu impedansi ekivalennya.



Rangkaian pengganti Thevenin :



Cara memperoleh impedansi penggantinya (Z_{th}) adalah dengan mematikan atau menonaktifkan semua sumber bebas pada rangkaian linier A (untuk sumber tegangan tahanan dalamnya = 0 atau rangkaian short circuit dan untuk sumber arus tahanan dalamnya = ∞ atau rangkaian open circuit).

Jika pada rangkaian tersebut terdapat sumber *dependent* atau sumber tak bebasnya, maka untuk memperoleh impedansi penggantinya, terlebih dahulu kita mencari arus hubung singkat (i_{sc}), sehingga nilai resistansi penggantinya (Z_{th}) didapatkan dari nilai tegangan pada kedua terminal tersebut yang di-*open circuit* dibagi dengan arus pada kedua terminal tersebut yang di-*short circuit* .

Langkah-langkah penyelesaian dengan teorema Thevenin :

1. Cari dan tentukan titik terminal a-b dimana parameter yang ditanyakan.
2. Lepaskan komponen pada titik a-b tersebut, *open circuit* kan pada terminal a-b kemudian hitung nilai tegangan dititik a-b tersebut ($V_{ab} = V_{th}$).
3. Jika semua sumbernya adalah sumber bebas, maka tentukan nilai impedansi diukur pada titik a-b tersebut saat semua sumber di non aktifkan dengan cara diganti dengan tahanan dalamnya (untuk sumber tegangan bebas diganti

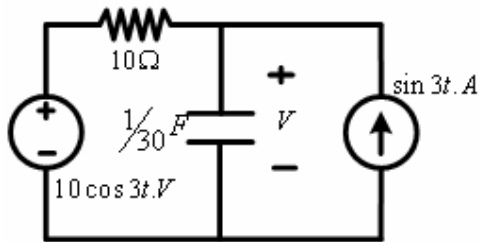
rangkaian *short circuit* dan untuk sumber arus bebas diganti dengan rangkaian *open circuit*)

$$(Z_{ab} = Z_{th}).$$

4. Jika terdapat sumber tak bebas, maka untuk mencari nilai impedanso pengganti Theveninnya didapatkan dengan cara $Z_{th} = \frac{V_{th}}{I_{sc}}$.
5. Untuk mencari I_{sc} pada terminal titik a-b tersebut dihubungsingkatkan dan dicari arus yang mengalir pada titik tersebut ($I_{ab} = I_{sc}$).
6. Gambarkan kembali rangkaian pengganti Theveninnya, kemudian pasang kembali komponen yang tadi dilepas dan hitung parameter yang ditanyakan.

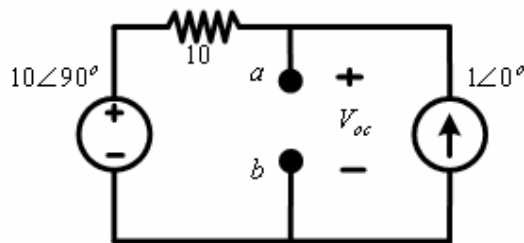
Contoh latihan :

1. Tentukan nilai V dengan teorema Thevenin !



Jawaban :

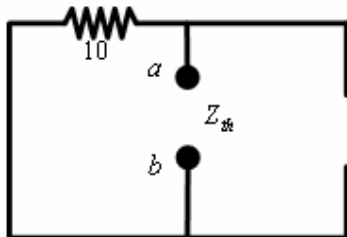
Mencari V_{oc} :



$$V_{ab} = V_{oc} = 10 \cdot 1 \angle 0^\circ + 10 \angle 90^\circ$$

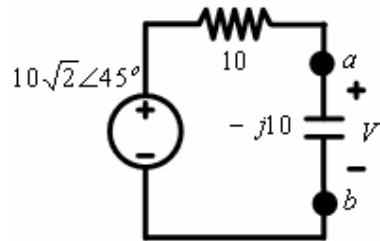
$$V_{oc} = 10 + j10 = 10\sqrt{2} \angle 45^\circ$$

Mencari Z_{th} :



$$Z_{th} = 10 \Omega$$

Rangkaian pengganti Thevenin :



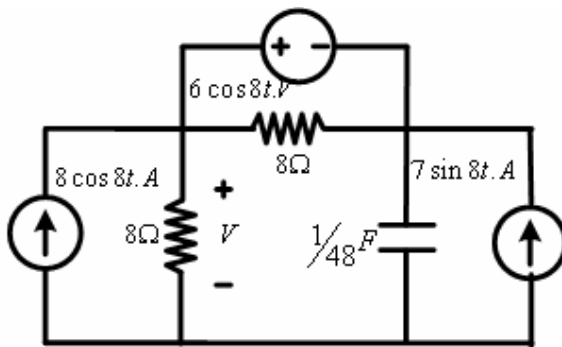
$$V = \frac{-j10}{-j10 + 10} 10\sqrt{2} \angle 45^\circ$$

$$V = \frac{10 \angle -90^\circ}{10\sqrt{2} \angle -45^\circ} 10\sqrt{2} \angle 45^\circ = 10$$

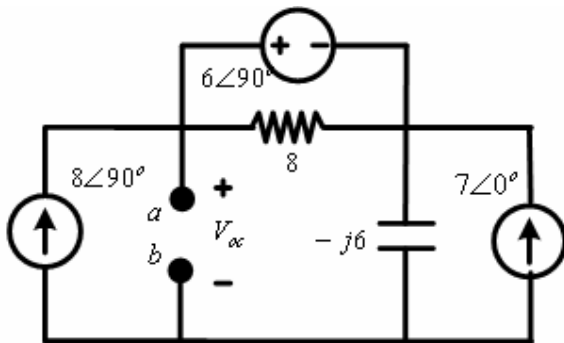
sehingga :

$$V = 10 \sin 3t \text{ V}$$

2. Tentukan nilai V dengan teorema Thevenin !



Jawaban :

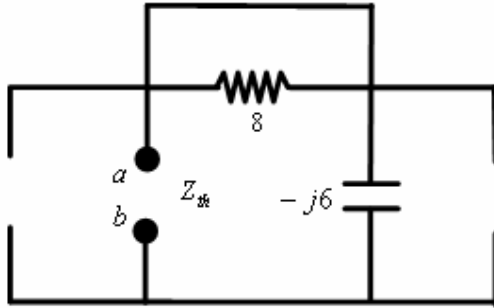


$$V_{ab} = V_{oc} = 6 \angle 90^\circ - j6(8 \angle 90^\circ + 7 \angle 0^\circ)$$

$$V_{oc} = j6 - j6(j8 + 7) = j6 + 48 - j42$$

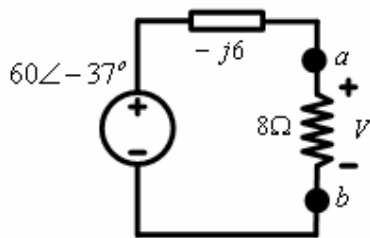
$$V_{oc} = 48 - j36 = 60 \angle -37^\circ$$

Mencari Z_{th} :



$$Z_{th} = -j6\Omega$$

Rangkaian pengganti Thevenin :



sehingga :

$$V = \frac{8}{8 - j6} 60\angle -37^\circ = \frac{480\angle -37^\circ}{10\angle -37^\circ}$$

$$V = 48$$

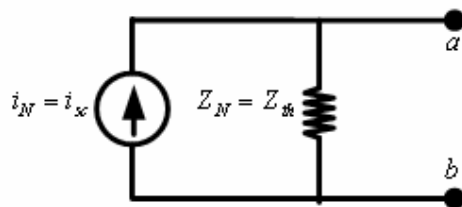
$$\text{maka : } V = 48 \sin 8tV$$

Teorema Norton

Pada teorema ini berlaku bahwa :

Suatu rangkaian listrik dapat disederhanakan dengan hanya terdiri dari satu buah sumber arus yang dihubungkan paralel dengan sebuah impedansi ekivalennya pada dua terminal yang diamati.

Tujuan untuk menyederhanakan analisis rangkaian, yaitu dengan membuat rangkaian pengganti yang berupa sumber arus yang diparalel dengan suatu impedansi ekivalennya.

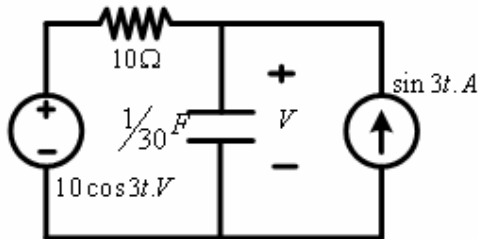


Langkah-langkah penyelesaian dengan teorema Norton :

1. Cari dan tentukan titik terminal a-b dimana parameter yang ditanyakan.
2. Lepaskan komponen pada titik a-b tersebut, *short circuit* kan pada terminal a-b kemudian hitung nilai arus dititik a-b tersebut ($I_{ab} = I_{sc} = I_N$).
3. Jika semua sumbernya adalah sumber bebas, maka tentukan nilai impedansi diukur pada titik a-b tersebut saat semua sumber di non aktifkan dengan cara diganti dengan tahanan dalamnya (untuk sumber tegangan bebas diganti rangkaian *short circuit* dan untuk sumber arus bebas diganti dengan rangkaian *open circuit*)
($Z_{ab} = Z_N = Z_{th}$).
4. Jika terdapat sumber tak bebas, maka untuk mencari nilai tahanan pengganti Nortonnya didapatkan dengan cara $Z_N = \frac{V_{oc}}{I_N}$.
5. Untuk mencari Voc pada terminal titik a-b tersebut dibuka dan dicari tegangan pada titik tersebut ($V_{ab} = V_{oc}$).
6. Gambarkan kembali rangkaian pengganti Nortonnya, kemudian pasang kembali komponen yang tadi dilepas dan hitung parameter yang ditanyakan.

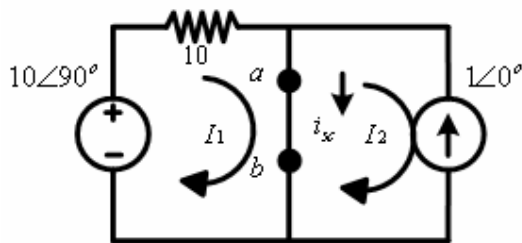
Contoh latihan :

Tentukan nilai V dengan teorema Norton !



Jawaban :

Mencari $i_{sc} = i_N$:



Tinjau loop I_1 :

$$\Sigma v = 0$$

$$-10\angle 90^\circ + 10I_1 = 0$$

$$10I_1 = 10\angle 90^\circ \rightarrow I_1 = 1\angle 90^\circ$$

Tinjau loop I_2 :

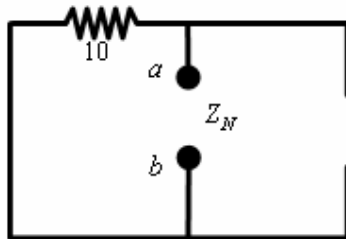
$$I_2 = -1\angle 0^\circ$$

sehingga :

$$i_{sc} = I_1 - I_2 = 1\angle 90^\circ + 1\angle 0^\circ = 1 + j$$

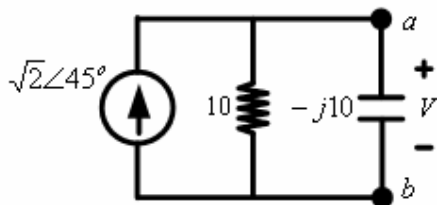
$$i_{sc} = \sqrt{2}\angle 45^\circ$$

Mencari Z_N :



$$Z_N = 10\Omega$$

Rangkaian pengganti Norton :



$$Z_p = \frac{-j10 \cdot 10}{-j10 + 10} = \frac{100\angle -90^\circ}{10\sqrt{2}\angle -45^\circ} = 5\sqrt{2}\angle -45^\circ$$

sehingga :

$$V = Z_p \cdot \sqrt{2}\angle 45^\circ = 5\sqrt{2}\angle -45^\circ \cdot \sqrt{2}\angle 45^\circ$$

$$V = 10\angle 0^\circ$$

maka :

$$V = 10 \sin 3tV$$

Teorema Millman

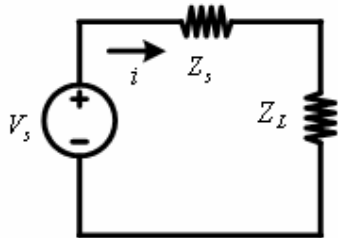
Teorema ini seringkali disebut juga sebagai teorema transformasi sumber, baik dari sumber tegangan yang dihubungkan dengan impedansi ke sumber arus yang dihubungkan dengan impedansi yang sama atau sebaliknya.

Teorema ini berguna untuk menyederhanakan rangkaian dengan multi sumber tegangan atau multi sumber arus menjadi satu sumber pengganti.

Transfer Daya Maksimum

Teorema ini menyatakan bahwa :

Transfer daya maksimum terjadi jika nilai impedansi beban samadengan nilai impedansi konjugate sumber, baik dipasang seri dengan sumber tegangan ataupun dipasang paralel dengan sumber arus.



Teorema transfer daya maksimum adalah daya maksimum yang dikirimkan ketika beban Z_L samadengan konjugate beban intern sumber Z_s^* .

Maka didapatkan daya maksimumnya :

$$P_{L_{\max}} = \frac{V_s^2}{4 \operatorname{Re}[Z_s^*]}$$

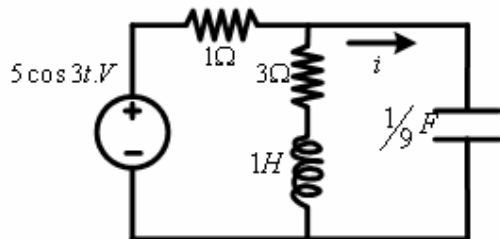
Catatan :

Secara garis besar analisis rangkaian AC dapat diklasifikasikan menjadi :

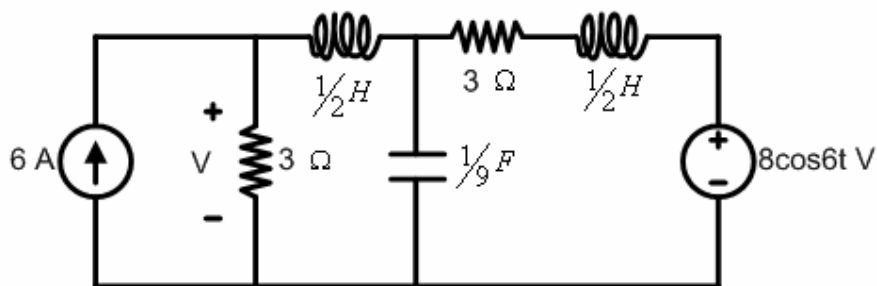
1. *Sumber mempunyai fungsi persamaan dan frekuensi yang sama*
Penyelesaian persoalan analisis rangkaian AC ini dapat menggunakan konsep dasar, hukum dasar, analisis rangkaian, dan teorema rangkaian dengan menggunakan notasi phasor untuk mempermudah.
2. *Sumber mempunyai fungsi persamaan berbeda dengan frekuensi yang sama*
Penyelesaian persoalan ini terlebih dahulu semua fungsi persamaan dikonversikan kedalam fungsi persamaan yang sama, baru kemudian pengerjaan sama dengan item nomor 1.
3. *Sumber mempunyai fungsi persamaan sama tetapi frekuensi berbeda*
Penyelesaian persoalan analisis rangkaian AC ini hanya dapat dilakukan dengan menggunakan teorema superposisi.
4. *Sumber mempunyai fungsi persamaan dan frekuensi yang berbeda*
Penyelesaian persoalan analisis rangkaian AC ini hanya dapat dilakukan dengan menggunakan teorema superposisi.
5. *Sumber gabungan DC dan AC*
Penyelesaian persoalan analisis rangkaian AC dan DC ini hanya dapat dilakukan dengan menggunakan teorema superposisi.

Soal – soal :

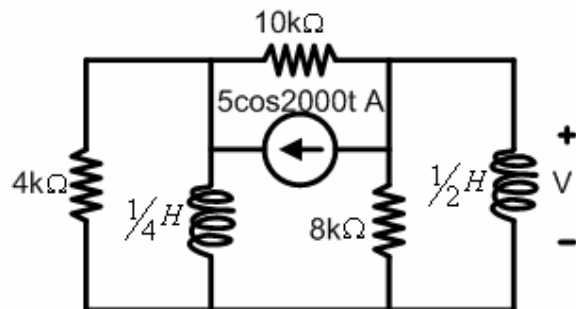
1. Tentukan nilai i !



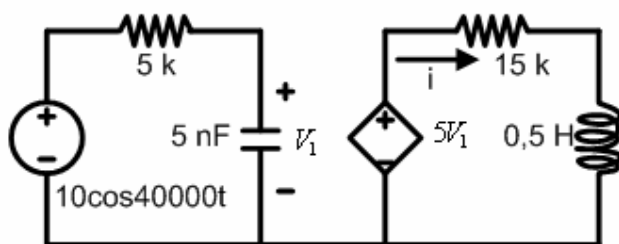
2. Tentukan nilai V !



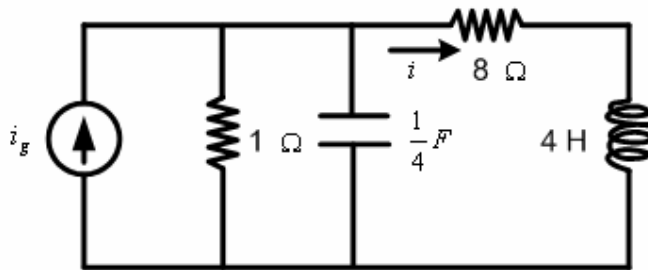
3. Tentukan nilai V dengan teorema Thevenin !



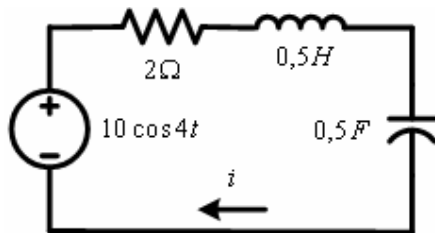
4. Tentukan nilai i !



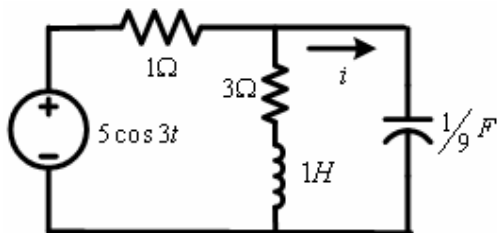
5. Jika $i_g = 9 - 2 \cos t - 39 \cos 2t + 18 \cos 3t \dots A$
Tentukan nilai i !



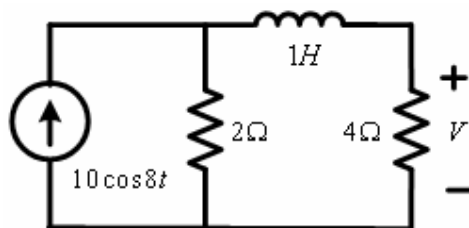
6. Tentukan nilai i :



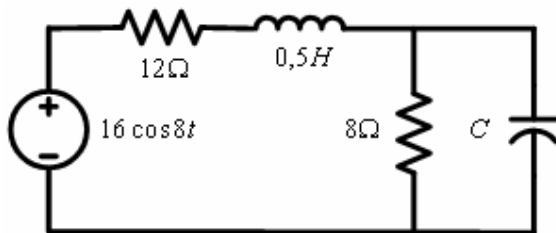
7. Tentukan nilai i :



8. Tentukan V :



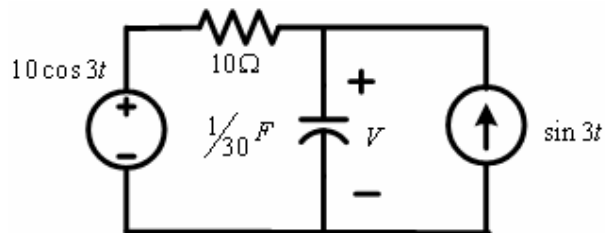
9. Tentukan nilai C agar impedansi dilihat dari sumber real semua :



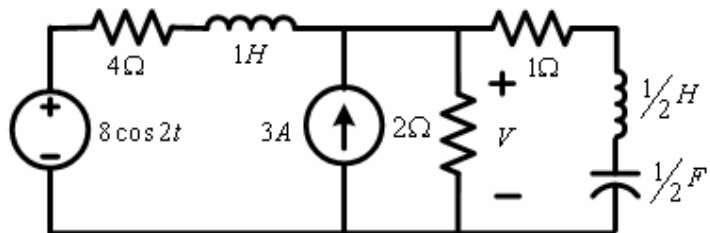
10. Tentukan nilai i :



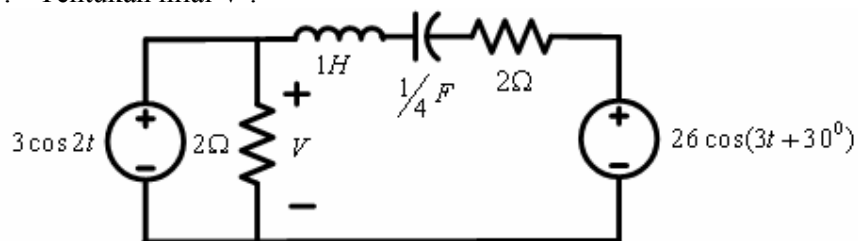
11. Tentukan nilai tegangan V :



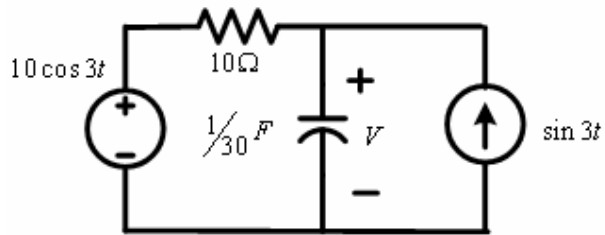
12. Tentukan nilai V :



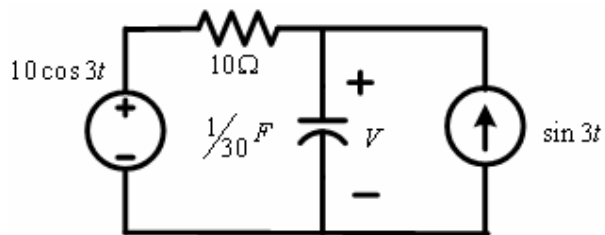
13. Tentukan nilai V :



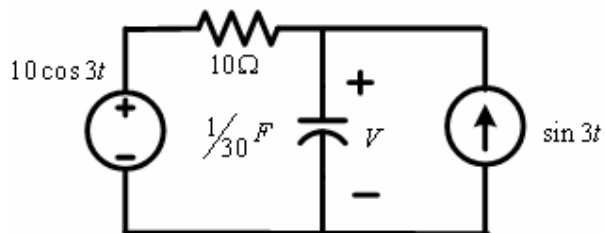
14. Tentukan nilai V dengan analisis node :



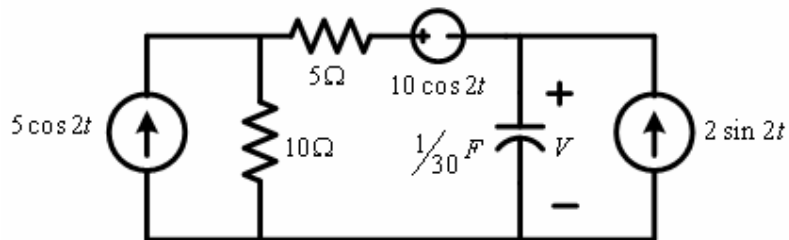
15. Tentukan V dengan analisis mesh :



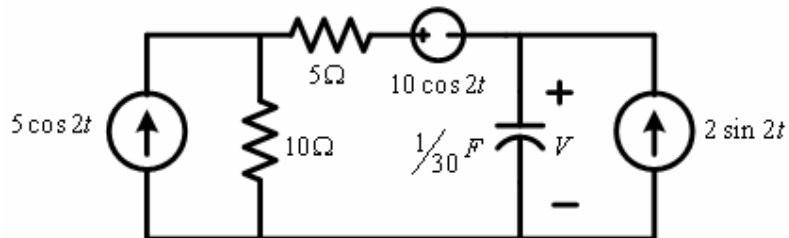
16. Tentukan nilai V dengan teorema Thevenin :



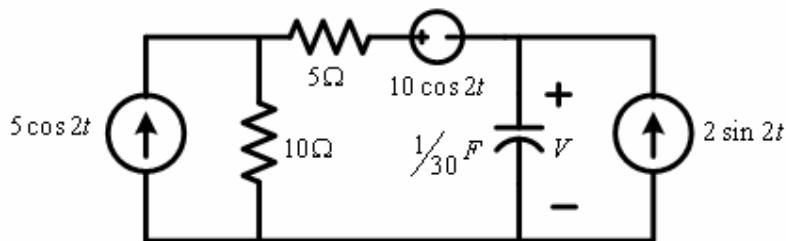
17. Tentukan V dengan analisis node :



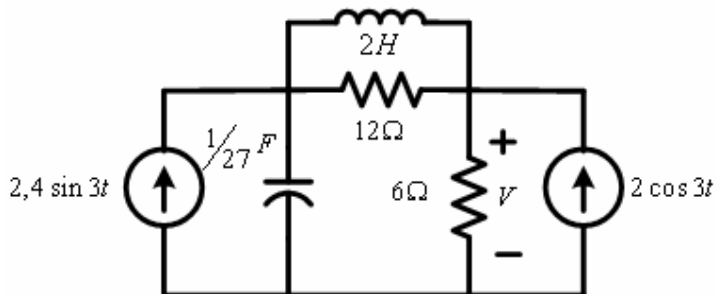
18. Tentukan V dengan analisis mesh :



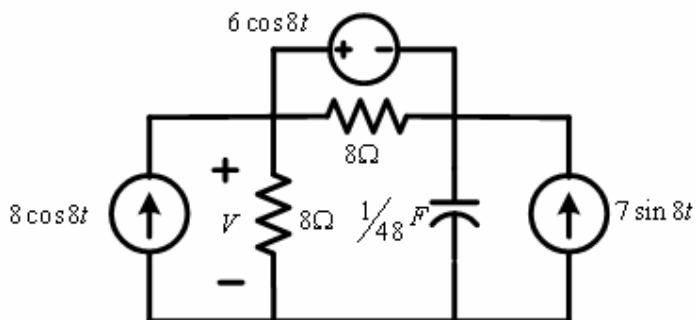
19. Tentukan nilai V dengan teorema Thevenin :



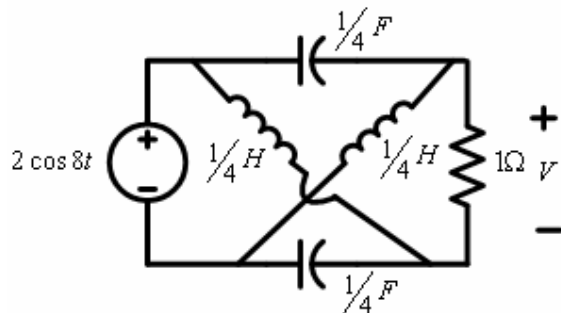
20. Tentukan nilai V dengan analisis node :



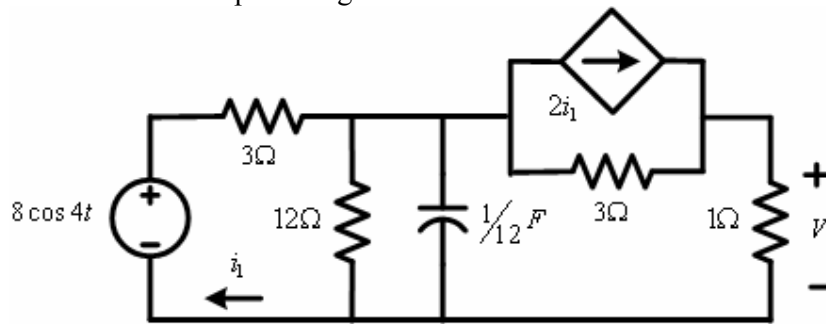
21. Tentukan nilai V dengan teorema Thevenin :



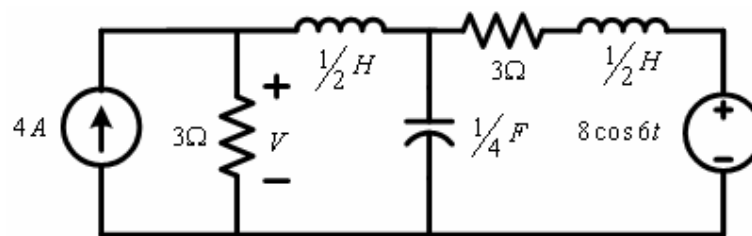
22. Tentukan V :



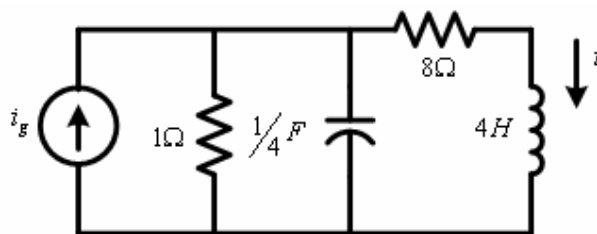
23. Tentukan nilai V pada rangkaian berikut :



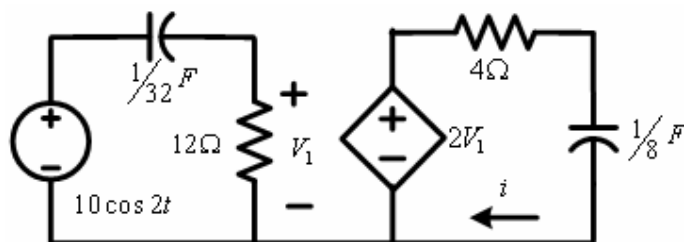
24. Tentukan nilai tegangan V :



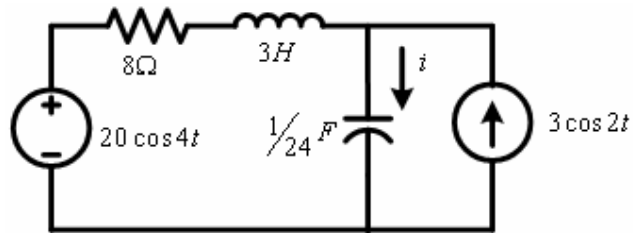
25. Tentukan nilai i , jika $i_g = 9 - 20 \cos t - 39 \cos 2t + 18 \cos 3t$:



26. Tentukan nilai i :



27. Tentukan arus i :



28. Tentukan arus i :

