Chương 3: Các phương pháp phân tích mạch điện

- Phân tích mạch điện là bài toán cho biết thông số và kết cấu của mạch điện, cần tìm dòng điện, điện áp, công suất trên các nhánh.
- Chương này nghiên cứu các phương pháp giải mạch điện sin ở chế độ xác lập: biểu diễn dòng điện, điện áp dưới dạng vecto, số phức.

3.1. Phương pháp biến đổi tương đương

- Là phương pháp biến đổi mạch điện từ mạch phức tạp thành dạng đơn giản hơn sao cho dòng điện, điện áp tại các bộ phần không bị biến đổi vẫn giữ nguyên.

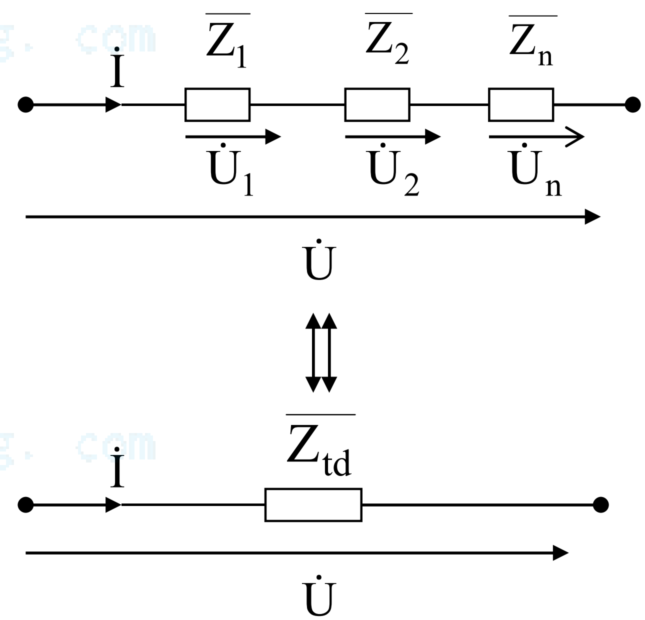
3.1.1. Mắc nối tiếp

Xét n tổng trở mắc nối tiếp

Theo điều kiện biến đổi tương đương:

$$\dot{U} = \overline{Z}_{td}\dot{I} = \dot{U}_1 + \dot{U}_2 + \ldots + \dot{U}_n = (\overline{Z}_1 + \overline{Z}_2 + \ldots + \overline{Z}_n)\dot{I}$$

$$\rightarrow \overline{Z}_{td} = \overline{Z}_1 + \overline{Z}_2 + \ldots + \overline{Z}_n = \sum \overline{Z}$$



Hình 3.1

3.1.2. Mắc song song

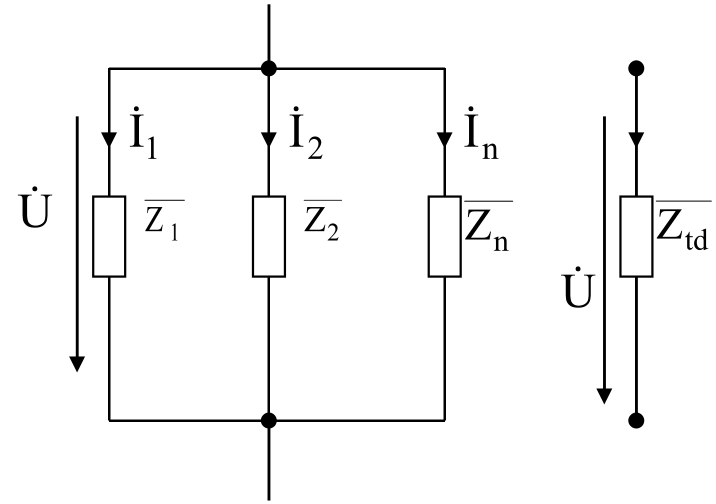
Xét n tổng trở mắc song song

Theo định luật Kirhof 1, ta có:

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \ldots + \dot{I}_n = \dot{U}\left(\frac{1}{\overline{Z}_1} + \frac{1}{\overline{Z}_2} + \ldots + \frac{1}{\overline{Z}_n}\right) = \dot{U}\left(\overline{Y}_1 + \overline{Y}_2 + \ldots + \overline{Y}_n\right)$$

Mặt khác: $\dot{I} = \dfrac{\dot{U}}{\overline{Z}_{tđ}} = \dot{U}\overline{Y}_{tđ}$

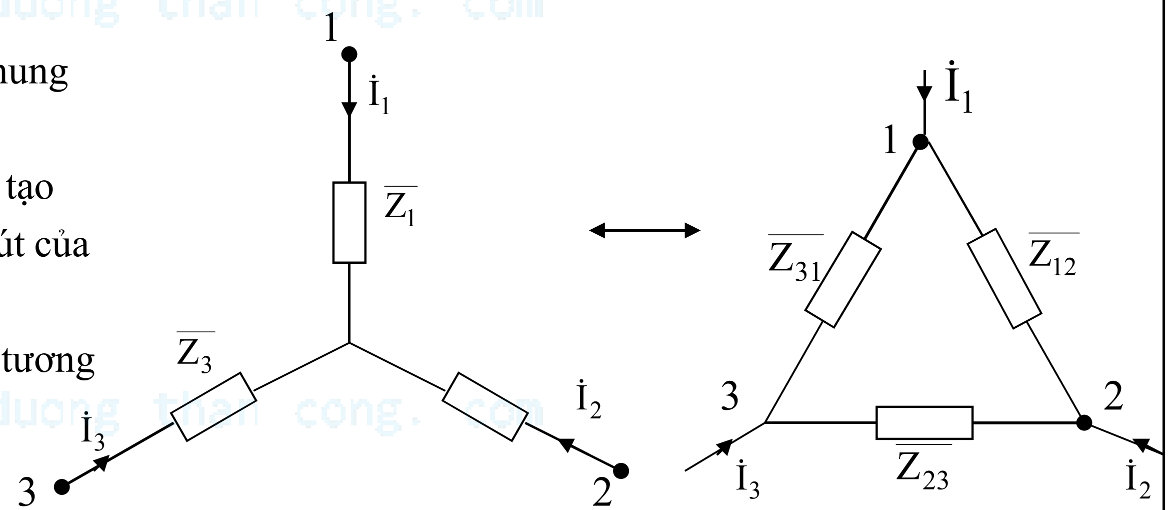
Vậy: $\overline{Y}_{tđ} = \sum \overline{Y}$



Hình 3.2

3.1.3. Biến đổi sao – tam giác

- Ba tổng trở nối sao nếu chúng có chung một đầu nối
- Ba tổng trở nối tam giác nếu chúng tạo nên một mạch vòng kín mà chỗ nối là nút của mạch
- Xuất phát từ các điều kiện biến đổi tương đương để tìm các công thức biến đổi



Hình 3.3

- Cho $\dot{I}_1 = 0$

Theo hình sao:

$$\dot{U}_{23} = \dot{I}_2\left(\overline{Z}_2 + \overline{Z}_3\right)$$

Theo hình tam giác:

$$\dot{U}_{23} = \dot{I}_2\left[\left(\overline{Z}_{12} + \overline{Z}_{31}\right) // \overline{Z}_{23}\right]$$

Suy ra:

$$\overline{Z}_2 + \overline{Z}_3 = \frac{\left(\overline{Z}_{12} + \overline{Z}_{31}\right)\overline{Z}_{23}}{\overline{Z}_{12} + \overline{Z}_{23} + \overline{Z}_{31}}$$

- Tương tự, lần lượt cho $\dot{I}_2 = 0$, $\dot{I}_3 = 0$ và viết các phương trình cân bằng điện áp.

Các công thức biến đổi tương đương giữa hình tam giác và hình sao:

$$\begin{cases} \overline{Z}_1 = \dfrac{\overline{Z}_{12}.\overline{Z}_{31}}{\overline{Z}_{12} + \overline{Z}_{23} + \overline{Z}_{31}} \\[2ex] \overline{Z}_2 = \dfrac{\overline{Z}_{12}.\overline{Z}_{23}}{\overline{Z}_{12} + \overline{Z}_{23} + \overline{Z}_{31}} \\[2ex] \overline{Z}_3 = \dfrac{\overline{Z}_{23}.\overline{Z}_{31}}{\overline{Z}_{12} + \overline{Z}_{23} + \overline{Z}_{31}} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \overline{Z}_{12} = \overline{Z}_1 + \overline{Z}_2 + \dfrac{\overline{Z}_1.\overline{Z}_2}{\overline{Z}_3} \\[2ex] \overline{Z}_{23} = \overline{Z}_2 + \overline{Z}_3 + \dfrac{\overline{Z}_2.\overline{Z}_3}{\overline{Z}_1} \\[2ex] \overline{Z}_{31} = \overline{Z}_3 + \overline{Z}_1 + \dfrac{\overline{Z}_3.\overline{Z}_1}{\overline{Z}_2} \end{cases}$$

Tổng trở của nhánh hình sao tương đương bằng tích hai tổng trở tam giác kẹp nó chia cho tổng ba tổng trở tam giác

Tổng trở của nhánh tam giác tương đương bằng hai tổng trở hình sao nối với nó cộng với tích cảu chúng chia cho tổng trở của nhánh kia

3.2. Phương pháp dòng điện nhánh:

- Ẩn số là dòng điện nhánh
- Phương pháp:
  - Xác định số nhánh (tùy ý chọn chiều dòng điện trong các nhánh)
  - Xác định số nút và số vòng độc lập (vòng độc lập thường chọn là các mắt lưới)

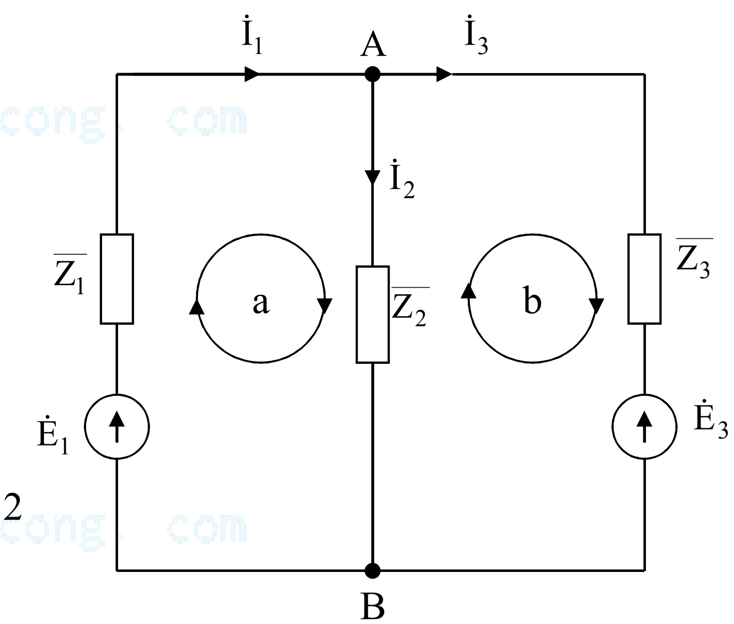
Giả sử mạch có m nhánh và n nút, cần có m phương trình để giải m ẩn

- Viết (n – 1) phương trình Kirhof 1 cho (n – 1) nút
- Viết (m – n + 1) phương trình Kirhof 2 cho (m – n + 1) mắt lưới
- Giải hệ m phương trình tìm các dòng điện nhánh.

Ví dụ 3.1: Giải mạch điện hình bên theo phương pháp dòng điện nhánh, cho biết:

$$e_1 = e_3 = 120\sqrt{2}\sin\omega t$$

$$\overline{Z}_1 = \overline{Z}_2 = \overline{Z}_3 = 2 + j2(\Omega)$$



Hình 3.4

Lời giải:

Mạch có 2 nút A, B và 3 nhánh 1,2,3

Vậy số phương trình cần viết là m = 3, trong đó, viết (2-1)=1 phương trình theo định luật Kirhof 1 và (3-2+1) = 2 Phương trình theo định luật Kirhof 2

Ta có hệ 3 phương trình:

$$\begin{cases} \dot{I}_1 - \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0 \\ -\overline{Z}_2\dot{I}_1 + \overline{Z}_3\dot{I}_3 = -\dot{E}_3 \\ \overline{Z}_1\dot{I}_1 + \overline{Z}_2\dot{I}_2 = \dot{E}_1 \end{cases}$$

Thay các giá trị:

$$\overline{Z}_1 = \overline{Z}_2 = \overline{Z}_3 = 2 + j2(\Omega)$$

$$\dot{E}_1 = 100e^{j0}$$

$$\dot{E}_3 = 100e^{j0}$$

Ta có:
$$\begin{cases} \dot{I}_1 - \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0 \\ (2 + j2)\left(-\dot{I}_1 + \dot{I}_3\right) = -100e^{j0} \\ (2 + j2)\left(\dot{I}_1 + \dot{I}_2\right) = 100e^{j0} \end{cases}$$

Giải hệ phương trình trên, ta có:
$$\begin{cases} \dot{I}_1 = 10 - j10 \\ I_1 = \sqrt{10^2 + 10^2} = 10\sqrt{2}(A) \\ \dot{I}_2 = 20 - j20 \\ I_2 = \sqrt{20^2 + 20^2} = 20\sqrt{2}(A) \\ \dot{I}_3 = -10 + j10 \\ I_3 = \sqrt{10^2 + 10^2} = 10\sqrt{2}(A) \end{cases}$$

3.3. Phương pháp dòng điện vòng

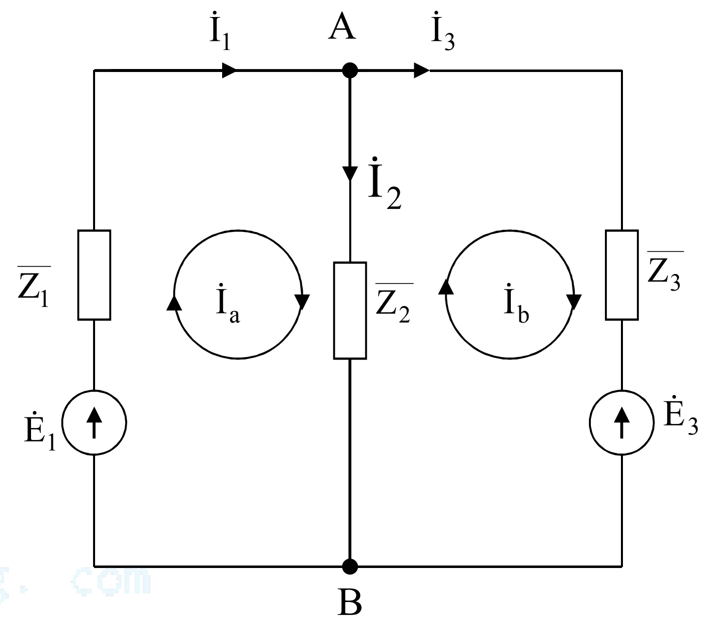
- Ẩn số là dòng điện vòng khép mạch trong các mắt lưới
- Phương pháp:

 - Chọn chiều dòng điện nhánh và dòng điện vòng

 - Lập (m – n + 1) phương trình dòng vòng theo định luật Kirhof 2 cho mỗi vòng (tổng đại số điện áp rơi trên các tổng trở của vòng bằng tổng đại số các sức điện đồng của vòng)

 - Giải hệ (m – n + 1) phương trình tìm các dòng điện vòng

 - Từ các dòng điện vòng suy ra các dòng điện nhánh



Hình 3.5

Ví dụ 3.2: tương tự ví dụ 3.1, giải mạch điện bằng phương pháp dòng điện vòng

Lời giải:

Hệ phương trình Kirhof 2 viết theo dòng điện vòng:

$$\begin{cases}(\overline{Z}_1+\overline{Z}_2)\dot{I}_a-\overline{Z}_2\dot{I}_b=\dot{E}_1\\(\overline{Z}_2+\overline{Z}_3)\dot{I}_b-\overline{Z}_2\dot{I}_a=-\dot{E}_3\end{cases}$$

Thay các giá trị: $\overline{Z}_1=\overline{Z}_2=\overline{Z}_3=2+j2(\Omega)$, $\dot{E}_1=100e^{j0}$, $\dot{E}_3=100e^{j0}$

$$\rightarrow\begin{cases}(4+j4)\dot{I}_a-(2+j2)\dot{I}_b=100e^{j0}\\(4+j4)\dot{I}_b-(2+j2)\dot{I}_a=-100e^{j0}\end{cases}$$

Giải hệ, ta có:

$$\begin{cases}\dot{I}_a=10-j10\\\dot{I}_b=-10+j10\end{cases}\rightarrow\begin{cases}\dot{I}_1=\dot{I}_a=10-j10\\\dot{I}_2=\dot{I}_a-\dot{I}_b=20-j20\\\dot{I}_3=\dot{I}_b=-10+j10\end{cases}$$

3.4. Phương pháp điện áp nút:

Phương pháp này dùng cho mạch điện có nhiều nhánh nối song song vào 2 nút

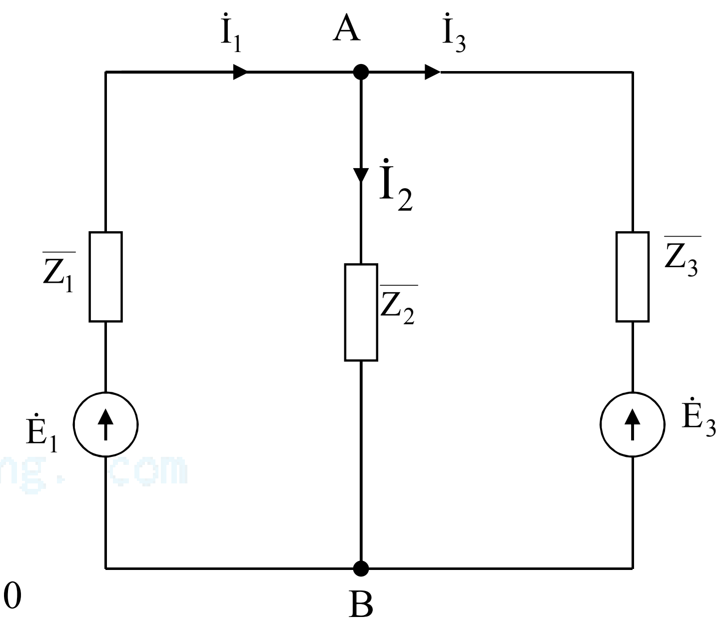
Xét mạch có 3 nhánh song song nối vào 2 nút như hình 3.6

Ta có dòng điện trong các nhánh:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}_1 - \dot{U}_{AB}}{\overline{Z_1}} = (\dot{E}_1 - \dot{U}_{AB})\overline{Y_1}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{-\dot{U}_{AB}}{\overline{Z_2}} = -\dot{U}_{AB}\overline{Y_2}$$

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{E}_3 - \dot{U}_{AB}}{\overline{Z_3}} = (\dot{E}_3 - \dot{U}_{AB})\overline{Y_3}$$



Hình 3.6

Áp dụng định luật Kirhof 1 cho nút A, ta có:

$$\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = (\dot{E}_1 - \dot{U}_{AB})\overline{Y_1} - \dot{U}_{AB}\overline{Y_2} + (\dot{E}_3 - \dot{U}_{AB})\overline{Y_3} = 0$$

$$\rightarrow \dot{U}_{AB} = \frac{\dot{E}_1\overline{Y_1} + \dot{E}_3\overline{Y_3}}{\overline{Y_1} + \overline{Y_2} + \overline{Y_3}}$$

Tổng quát:

$$\dot{U}_{AB} = \frac{\sum \dot{E}_n \overline{Y_n}}{\sum \overline{Y_n}}$$

Từ đó suy ra các dòng điện trong các nhánh

3.5. Phương pháp xếp chồng:

- Trong mạch điện tuyến tính nhiều nguồn:

  - Dòng điện qua mỗi nhánh bằng tổng đại số các dòng điện qua nhánh do tác dụng riêng rẽ của từng sức điện động

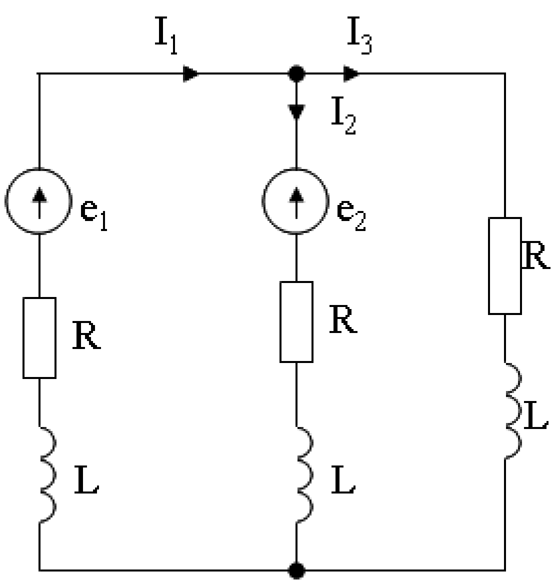
  - Điện áp trên mỗi nhánh bằng tổng đại số các điện áp gây nên trên nhánh do tác dụng riêng rẽ của từng sức điện động.

Ví dụ 3.3: Giải mạch điện hình 3.7 bằng phương pháp xếp chồng, biết $R = 2\Omega; L = \frac{2}{314} H$

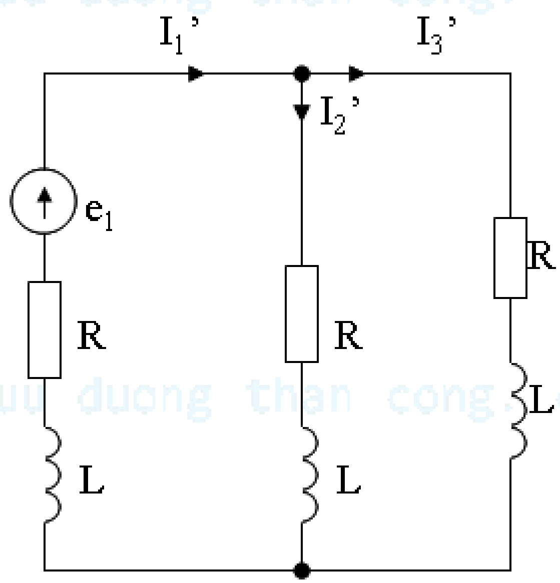
$$e_1 = e_2 = 120\sqrt{2}\sin 314t, V$$

Lời giải:

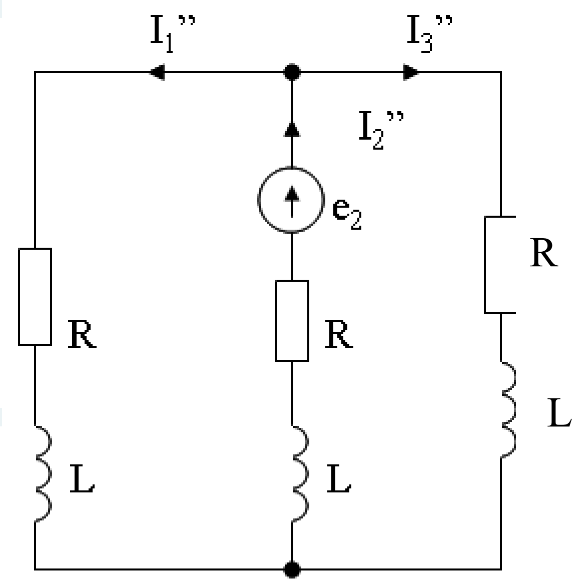
- Áp dụng phương pháp xếp chồng, thay bơi giải mạch hình 3.7, ta sẽ giải hai mạch 3.8a,b sau đó xếp chồng các kết quả với nhau



Hình 3.7



Hình 3.8 a



Hình 3.8 b

- Mạch 3.8 a: chỉ có sức điện động e_1 tác động:

Từ các thông số đã cho, ta có:

$$X_L = \omega L = 314.\frac{2}{314} = 2(\Omega)$$

$$\rightarrow \overline{Z_1} = \overline{Z}_2 = \overline{Z}_3 = R + jX_L = 2 + j2(\Omega)$$

$$\rightarrow \begin{cases} \dot{I}_1' = \dfrac{\dot{E}_1}{\overline{Z_1} + \overline{Z}_{23tđ}} = \dfrac{120}{(2+j2)+(1+j1)} = 20 - j20(A) \\ \dot{I}_2' = \dot{I}_3' = \dfrac{\dot{I}_1'}{2} = 10 - j10(A) \end{cases}$$

- Mạch 3.8 b, chỉ có sức điện động e_2 tác động, tương tự như trên, ta tính được: $\begin{cases} \dot{I}_2'' = 20 - j20(A) \\ \dot{I}_1'' = \dot{I}_3'' = 10 - j10(A) \end{cases}$

- Xếp chồng các kết quả, ta có:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_1' - \dot{I}_1'' = (20 - j20) - (10 - j10) = 10 - j10$$

$$I_1 = \sqrt{10^2 + 10^2} = 10\sqrt{2}(A)$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_2' - \dot{I}_2'' = (10 - j10) - (20 - j20) = -10 + j10$$

$$I_1 = \sqrt{10^2 + 10^2} = 10\sqrt{2}(A)$$

$$\dot{I}_3 = \dot{I}_3' + \dot{I}_3'' = (10 - j10) + (10 - j10) = 20 - j20$$

$$I_3 = \sqrt{20^2 + 20^2} = 20\sqrt{2}(A)$$

3.6. Phương pháp tính mạch có nguồn chu kỳ không sin:

- Trong kỹ thuật điện, điện tử thương gặp các nguồn chu kỳ không sin. Để phân tích các mạch này, ta áp dụng nguyên lý xếp chồng.
- Phương pháp:

  - Phân tích nguồn không sin thành tổng các điều hòa có tần số khác nhau:

$$e(t) = E_o + E_{1m}\sin(\omega t + \psi_1) + E_{2m}\sin(2\omega t + \psi_2) + \ldots + E_{km}\sin(k\omega t + \psi_k)$$

Thành phần một chiều

Thành phần cơ bản có tần số bằng tần số nguồn không sin

Các thành phần bậc cao

  - Cho từng điều hòa tác động, tìm dòng điện, điện áp do từng điều hòa tạo nên.
  - Tổng hợp kết quả