



LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

- I. Phương pháp dòng nhánh.
- II. Phương pháp thế nút.
- III. Phương pháp dòng vòng.
- IV. Khái niệm về graph Kirchhoff.
- V. Các định lý về lập phương trình Kirchhoff.
- VI. Ma trận cấu trúc A, B.
- VII. Lập phương trình bằng ma trận cấu trúc.

Bài tập: 7, 8, 11 - 25, bài thêm.



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



I. Phương pháp dòng nhánh.

- Phương pháp dòng nhánh là phương pháp lập phương trình mạch với **biến là dòng điện chảy trong các nhánh, sử dụng luật K1, K2**
 - Nội dung phương pháp:
 - ❖ Đặt ẩn là ảnh phức của dòng điện trong các nhánh của mạch điện.
 - ❖ Lập hệ phương trình theo luật K1 và K2.
 - ✓ Số phương trình luật K1: $d - 1$.
 - ✓ Số phương trình luật K2: $n - d + 1$.
- Tổng số: (n) pt** \longleftrightarrow **(n) biến dòng điện**

Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

I. Phương pháp dòng nhánh.

Ví dụ 3.1: Lập phương trình mạch theo phương pháp dòng nhánh cho mạch điện.

➤ Chọn chiều dòng điện trong các nhánh.

➤ Luật K1:

❖ Nút A: $-\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = \dot{J}$

❖ Nút B: $-\dot{I}_3 + \dot{I}_4 + \dot{I}_5 = -\dot{J}$

➤ Áp dụng luật K2:

❖ Vòng 1: $\dot{I}_1 \cdot Z_1 + \dot{I}_2 \cdot Z_2 = \dot{E}_1$

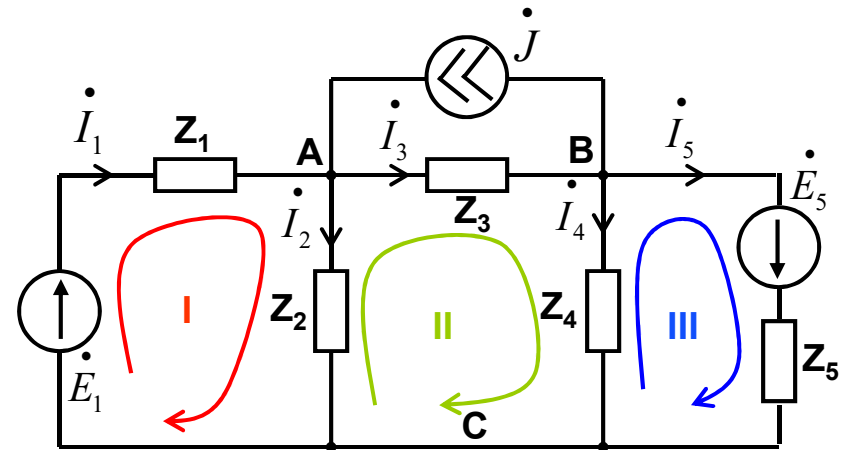
❖ Vòng 2: $\dot{I}_3 \cdot Z_3 + \dot{I}_4 \cdot Z_4 - \dot{I}_2 \cdot Z_2 = 0$

❖ Vòng 3: $\dot{I}_5 \cdot Z_5 - \dot{I}_4 \cdot Z_4 = \dot{E}_5$

➤ Nhận xét:

❖ Nguồn dòng chỉ viết ở luật K1, nguồn áp chỉ viết ở luật K2.

❖ Phương pháp dòng nhánh áp dụng với mạch có số nhánh & số đỉnh nhỏ.





LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

- I. Phương pháp dòng nhánh.
- II. Phương pháp thế nút.
- III. Phương pháp dòng vòng.
- IV. Khái niệm về graph Kirchhoff.
- V. Các định lý về lập phương trình Kirchhoff.
- VI. Ma trận cấu trúc A, B.
- VII. Lập phương trình bằng ma trận cấu trúc.



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



II. Phương pháp thế nút.

- Phương pháp thế nút (đỉnh) là phương pháp lập phương trình mạch với **biến là điện thế của các nút trong mạch, sử dụng luật K1**.
- Nội dung phương pháp:
 - ❖ **Giữ lại nguồn dòng**, (nguồn áp → đổi thành nguồn dòng tương đương):
 - ✓ Nguồn dòng tương đương **cùng chiều với nguồn áp**.
 - ✓ Độ lớn: $J_{TD} = \frac{E}{Z}$
 - ❖ Coi **một đỉnh bất kỳ có điện thế bằng 0** (ground).
 - ❖ Lập phương trình mạch với **biến là điện thế của (d-1) đỉnh còn lại** trong mạch, **sử dụng luật K1** ((d-1) phương trình)

Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

II. Phương pháp thế nút.

Ví dụ 3.2: Lập phương trình theo phương pháp thế nút.

➤ Biến đổi nguồn áp:

$$\dot{J}_1 = \frac{\dot{E}_1}{Z_1} = \dot{E}_1 \cdot Y_1 \quad ; \quad \dot{J}_5 = \frac{\dot{E}_5}{Z_5} = \dot{E}_5 \cdot Y_5$$

➤ Chọn đỉnh C là đất

➤ Áp dụng luật K1:

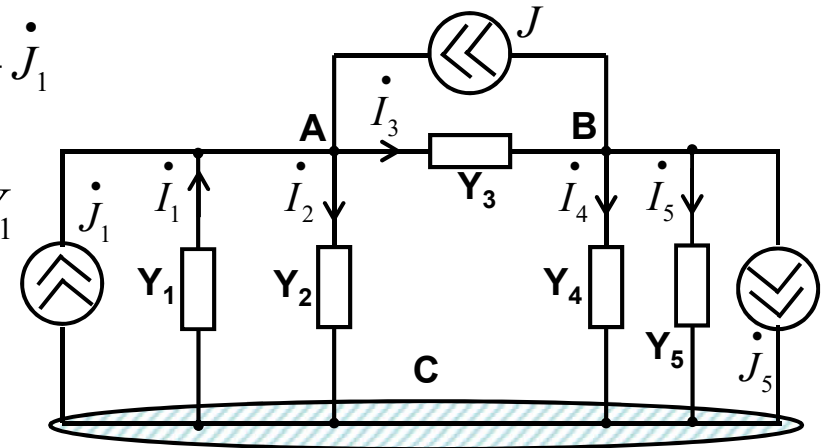
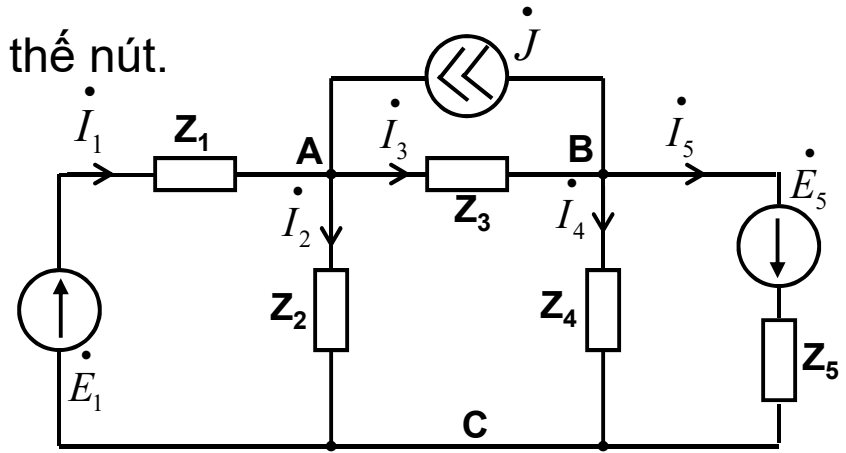
$$\text{❖ Nút A: } \sum_{nut} \dot{I}_k = \sum_{nut} \dot{J}_k \Leftrightarrow -\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 = \dot{J} + \dot{J}_1$$

$$-(\varphi_C - \varphi_A) \cdot Y_1 + (\varphi_A - \varphi_C) \cdot Y_2 + (\varphi_A - \varphi_B) \cdot Y_3 = \dot{J} + \dot{E}_1 \cdot Y_1$$

$$(Y_1 + Y_2 + Y_3) \cdot \varphi_A - Y_3 \cdot \varphi_B = \dot{J} + \dot{E}_1 \cdot Y_1$$

❖ Nút B:

$$-Y_3 \cdot \varphi_A + (Y_3 + Y_4 + Y_5) \cdot \varphi_B = -\dot{J} - \dot{E}_5 \cdot Y_5$$



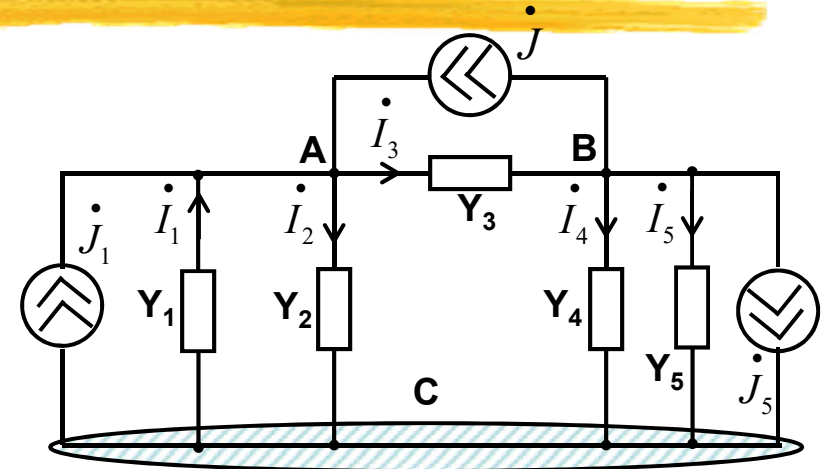
$$Y_1 = \frac{1}{Z_1}; \quad Y_2 = \frac{1}{Z_2}; \quad Y_3 = \frac{1}{Z_3};$$

$$Y_4 = \frac{1}{Z_4}; \quad Y_5 = \frac{1}{Z_5};$$

Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

II. Phương pháp thế nút.

$$\begin{pmatrix} Y_1 + Y_2 + Y_3 & -Y_3 \\ -Y_3 & Y_3 + Y_4 + Y_5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{\varphi}_A \\ \dot{\varphi}_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dot{J} + \dot{J}_1 \\ -\dot{J} - \dot{J}_5 \end{pmatrix}$$



➤ Nhận xét:

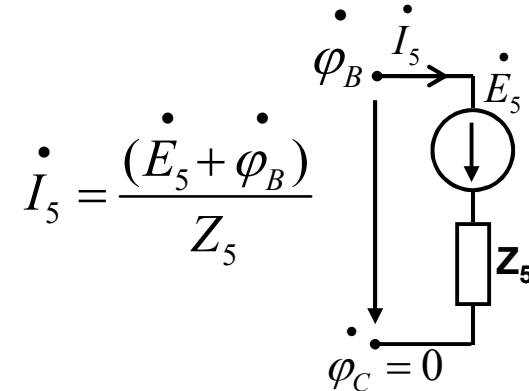
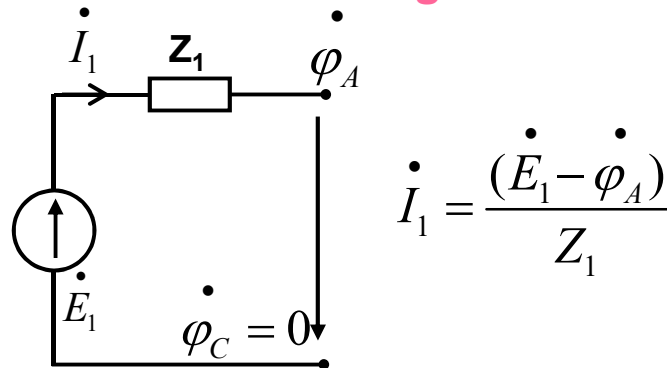
❖ Giải hệ phương trình tính được: $\dot{\varphi}_A, \dot{\varphi}_B$

→ Cần tìm dòng điện trong các nhánh:

✓ **Nhánh không biến đổi nguồn:**

$$\dot{I}_2 = \dot{\varphi}_A \cdot Y_2 \quad \dot{I}_4 = \dot{\varphi}_B \cdot Y_4$$

✓ **Nhánh có biến đổi nguồn:**



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

II. Phương pháp thế nút

$$\begin{pmatrix} Y_1 + Y_2 + Y_3 & -Y_3 \\ -Y_3 & Y_3 + Y_4 + Y_5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{\varphi}_A \\ \dot{\varphi}_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dot{J} + \dot{J}_1 \\ -\dot{J} - \dot{J}_5 \end{pmatrix}$$

➤ Nhận xét:

❖ Ma trận tổng dẫn:

✓ $Y_{kk} = \Sigma$ các tổng dẫn nối với đỉnh k .

✓ $Y_{kl} = \Sigma$ các tổng dẫn nối đỉnh k với đỉnh l (luôn âm).

❖ Ma trận nguồn dòng:

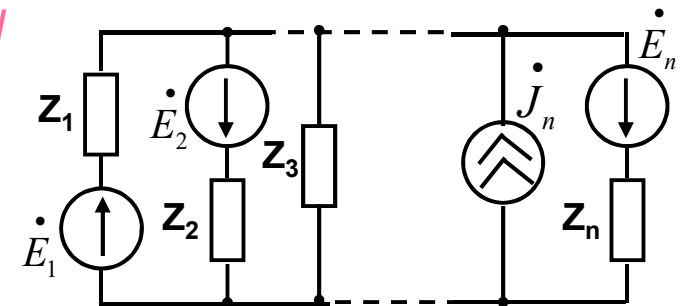
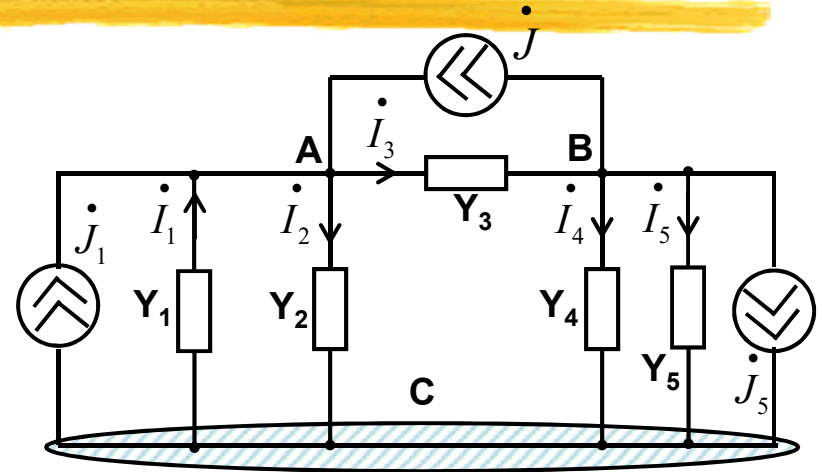
$J_{kk} = \Sigma$ các nguồn dòng nối với đỉnh k .

✓ Đi vào đỉnh \rightarrow dương.

✓ Đi ra đỉnh \rightarrow âm.

❖ Số phương trình: $(d-1) \rightarrow$ phù hợp với mạch có số đỉnh ít.

❖ Phương pháp thế nút ít sử dụng khi mạch có hồ cảm.





LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

I. Phương pháp dòng nhánh

II. Phương pháp thế nút

III. Phương pháp dòng vòng

IV. Khái niệm về graph Kirchhoff

V. Các định lý về lập phương trình Kirchhoff

VI. Ma trận cấu trúc A, B

VII. Lập phương trình bằng ma trận cấu trúc



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



III. Phương pháp dòng vòng

- Phương pháp dòng vòng là phương pháp lập phương trình mạch với **biến là dòng điện vòng quy ước chảy trong các vòng kín, sử dụng luật K2**.
- Nội dung phương pháp:
 - ❖ **Giữ lại nguồn áp**. (nguồn dòng \rightarrow biến đổi thành nguồn áp tương đương)
 - ✓ Nguồn áp tương đương **cùng chiều với nguồn dòng**.
 - ✓ Độ lớn: $\dot{E}_{td} = \dot{J}_{nh} \cdot Z_{nh}$
 - ❖ Chọn **$(n-d+1)$ vòng** và **chọn chiều dòng điện trong các vòng tương ứng**.
 - ❖ Lập phương trình mạch với **biến là dòng điện vòng** đã chọn, **sử dụng luật K2 $(n-d+1)$ phương trình**.

Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

III. Phương pháp dòng vòng

Ví dụ 3.3: Lập phương trình mạch theo phương pháp dòng vòng

- Biến đổi nguồn dòng: $\dot{E}_3 = Z_3 \cdot \dot{J}$
- Chọn $(n-d+1)$ dòng điện vòng:
- Áp dụng luật K2:

❖ Vòng 1: $\sum_{\text{vòng}} \dot{U}_k = \sum_{\text{vòng}} \dot{E}_k \Leftrightarrow \dot{U}_{Z_1} + \dot{U}_{Z_2} = \dot{E}_1$

$$\dot{I}_{V1} \cdot Z_1 + \dot{I}_{V1} \cdot Z_2 + \dot{I}_{V2} \cdot Z_2 = \dot{E}_1$$

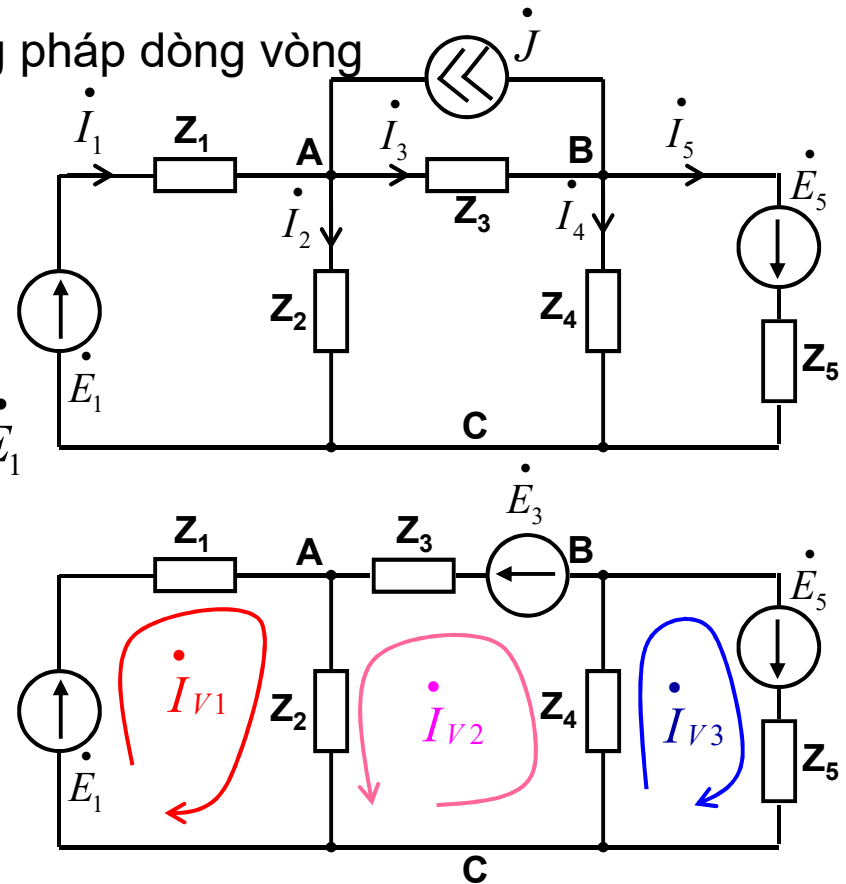
$$(Z_1 + Z_2) \cdot \dot{I}_{V1} + Z_2 \cdot \dot{I}_{V2} = \dot{E}_1$$

❖ Vòng 2:

$$Z_2 \cdot \dot{I}_{V1} + (Z_2 + Z_3 + Z_4) \cdot \dot{I}_{V2} + Z_4 \cdot \dot{I}_{V3} = \dot{E}_3$$

❖ Vòng 3:

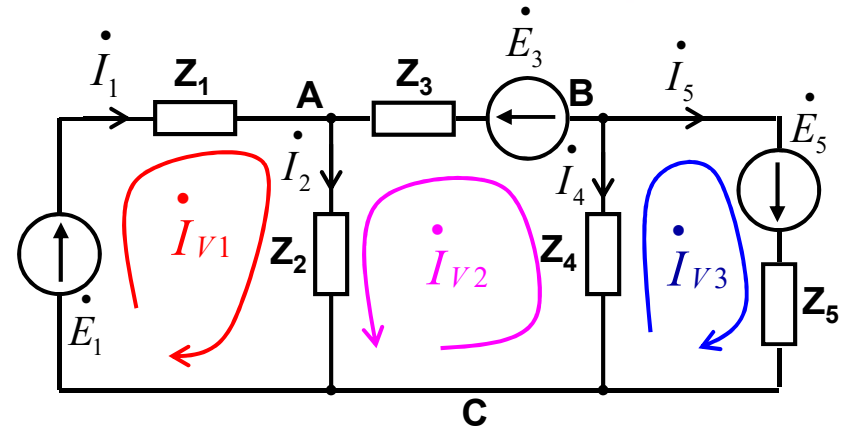
$$Z_4 \cdot \dot{I}_{V2} + (Z_4 + Z_5) \cdot \dot{I}_{V3} = \dot{E}_5$$



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

III. Phương pháp dòng vòng

$$\begin{pmatrix} Z_1 + Z_2 & Z_2 & 0 \\ Z_2 & Z_2 + Z_3 + Z_4 & Z_4 \\ 0 & Z_4 & Z_4 + Z_5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{I}_{V1} \\ \dot{I}_{V2} \\ \dot{I}_{V3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{E}_3 \\ \dot{E}_5 \end{pmatrix}$$



➤ Nhận xét:

❖ Giải hệ phương trình tính được nghiệm: $\dot{I}_{V1}, \dot{I}_{V2}, \dot{I}_{V3}$

→ Cần tìm dòng điện trong các nhánh.

$$\dot{I}_4 = -(\dot{I}_{V2} + \dot{I}_{V3})$$

✓ **Nhánh không biến đổi nguồn:** $\dot{I}_1 = \dot{I}_{V1}$ $\dot{I}_2 = \dot{I}_{V1} + \dot{I}_{V2}$ $\dot{I}_5 = \dot{I}_{V3}$

✓ **Nhánh có biến đổi nguồn:**

Nút A: $-\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 - \dot{J} = 0$

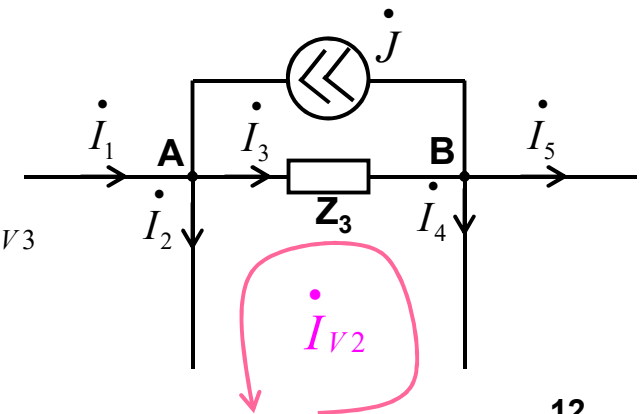
$$\dot{I}_3 = \dot{J} + \dot{I}_{V1} - \dot{I}_{V1} - \dot{I}_{V2} \quad \text{hoặc}$$

$$\dot{I}_3 = \dot{J} - \dot{I}_{V2}$$

Nút B: $-\dot{I}_3 + \dot{I}_4 + \dot{I}_5 + \dot{J} = 0$

$$\dot{I}_3 = \dot{J} - \dot{I}_{V2} - \dot{I}_{V3} + \dot{I}_{V3}$$

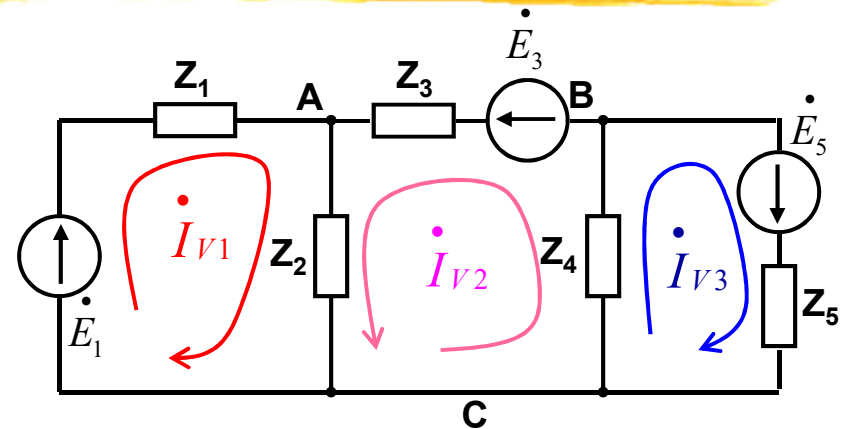
$$\dot{I}_3 = \dot{J} - \dot{I}_{V2}$$



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

III. Phương pháp dòng vòng

$$\begin{pmatrix} Z_1 + Z_2 & Z_2 & 0 \\ Z_2 & Z_2 + Z_3 + Z_4 & Z_4 \\ 0 & Z_4 & Z_4 + Z_5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{I}_{V1} \\ \dot{I}_{V2} \\ \dot{I}_{V3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dot{E}_1 \\ \dot{E}_3 \\ \dot{E}_5 \end{pmatrix}$$



➤ Nhận xét:

❖ Ma trận tổng trở vòng Z_{vong} :

✓ $Z_{kk} = \Sigma$ tổng trở có trong vòng thứ k .

✓ $Z_{kl} = \Sigma$ tổng trở chung (hỗ cảm) giữa vòng k và vòng l .

▪ Dương: $I_{\text{vong } k}$ và $I_{\text{vong } l}$ cùng chiều.

▪ Âm: $I_{\text{vong } k}$ và $I_{\text{vong } l}$ ngược chiều.

❖ Ma trận nguồn áp vòng:

$E_{kk} = \Sigma$ nguồn áp có trong vòng k

✓ Dương: nguồn áp cùng chiều vòng

✓ Âm: nguồn áp ngược chiều vòng

❖ Số phương trình: $(n-d+1) \rightarrow$ phù hợp với mạch có số vòng ít



LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

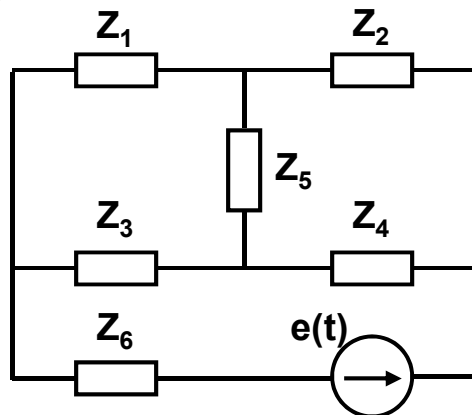
- I. Phương pháp dòng nhánh.
- II. Phương pháp thế nút.
- III. Phương pháp dòng vòng.
- IV. Khái niệm về graph Kirchhoff.**
- V. Các định lý về lập phương trình Kirchhoff.
- VI. Ma trận cấu trúc A, B.
- VII. Lập phương trình bằng ma trận cấu trúc.

Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

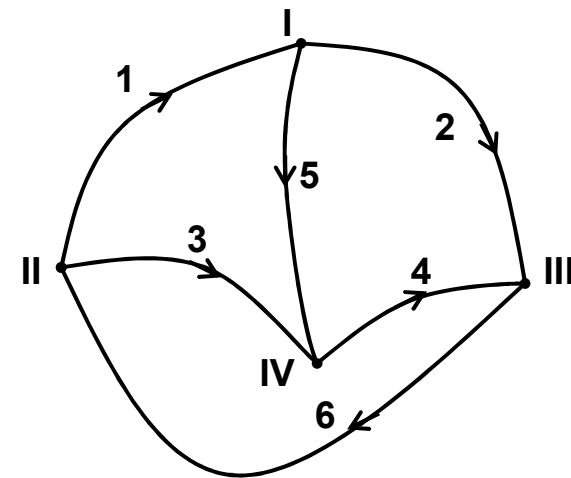
IV. Khái niệm về Graph Kirchhoff.

- Graph là tập (d) đỉnh, (n) nhánh (cung) nối giữa các đỉnh đó.
- **Graph Kirchhoff** là graph mô tả *ghép nối gavanic giữa các vật dẫn*, sự *phân bố các vùng năng lượng* & sự *phân bố các cặp biến dòng, áp nhánh* của hệ.

Ví dụ 3.4:

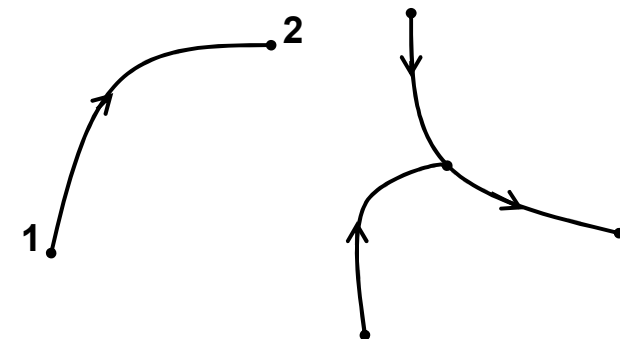


Sơ đồ mạch Kirchhoff = Cấu trúc + thông số



Graph Kirchhoff = Cấu trúc

- **Nhánh:**
 - ❖ Vật lý: Đặc trưng cho một vùng năng lượng.
 - ❖ Hình học: *Cung nối giữa 2 đỉnh, có định chiều.*
- **Đỉnh:** Là chỗ chấp nối của 3 nhánh trở lên.

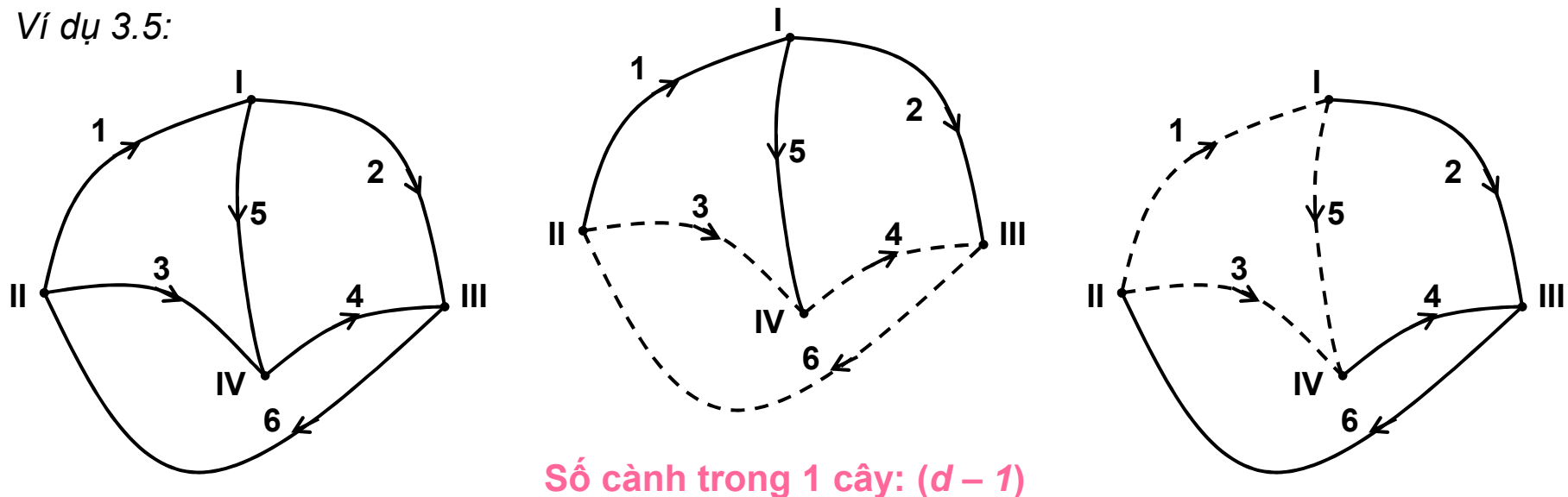


Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

IV. Khái niệm về Graph Kirchhoff.

- Cây: Tập hợp các nhánh của graph, *nối đủ các đỉnh, không tạo thành vòng kín*.
- Cành: Tập hợp các *nhánh của cây*. Một graph có thể có nhiều cây khác nhau.

Ví dụ 3.5:



- Bù cây: Tập các *nhánh cùng với cây tạo thành graph* đã cho.
- Bù cành: Tập hợp *các nhánh tạo nên bù cây*. Mỗi bù cành + cành = vòng kín.

Số bù cành trong 1 graph: $(n - d + 1)$



LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

- I. Phương pháp dòng nhánh
- II. Phương pháp thế nút
- III. Phương pháp dòng vòng
- IV. Khái niệm về graph Kirchhoff
- V. Các định lý về lập phương trình Kirchhoff
 - V.1. Định lý về lập phương trình Kirchhoff 2
 - V.2. Định lý về lập phương trình Kirchhoff 1
- VI. Ma trận cấu trúc A, B
- VII. Lập phương trình bằng ma trận cấu trúc



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



V.1. Định lý về lập phương trình Kirchhoff 2.

- **Định lý 1:** *Các áp cành trên một cây làm thành 1 tập đủ áp nhánh độc lập.*

Chứng minh:

- ❖ Các áp cành trên 1 cây không tạo thành vòng kín \rightarrow độc lập tuyến tính
- ❖ Các áp bù cành + áp cành = vòng kín \rightarrow phụ thuộc vào áp cành theo luật K2
- ❖ Số phương trình độc lập viết theo luật K2 là: $(n-d+1)$

- **Định lý 2:** *Các hệ phương trình cân bằng áp trên các vòng kín khép bởi mỗi bù cành làm thành một hệ đủ phương trình độc lập*

Chứng minh:

- ❖ Mỗi vòng chứa duy nhất một áp bù cành, phụ thuộc vào các áp cành \rightarrow độc lập tuyến tính.
- ❖ Các phương trình cân bằng áp trên các vòng kín tạo thành hệ đủ và độc lập.



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



V.2. Định lý về lập phương trình Kirchhoff 1.

- **Định lý 1:** *Các dòng bù cạnh trên một bù cây tạo thành một tập dòng nhánh độc lập.*

Chứng minh:

- ❖ Bù cạnh không chứa tập cắt đỉnh \rightarrow không bị ràng buộc bởi luật K1 \rightarrow độc lập tuyến tính
- ❖ Số phương trình độc lập viết theo luật K1: $(d-1)$.

- **Định lý 2:** *Phương trình cân bằng dòng trên các tập cắt ứng với mỗi cạnh làm thành hệ đủ và độc lập.*

Chứng minh:

- ❖ Do mỗi tập cắt chứa riêng một dòng nhánh.



LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

- I. Phương pháp dòng nhánh
- II. Phương pháp thế nút
- III. Phương pháp dòng vòng
- IV. Khái niệm về graph Kirchhoff
- V. Các định lý về lập phương trình Kirchhoff
- VI. Ma trận cấu trúc A, B**
 - VI.1. Ma trận đỉnh - nhánh A**
 - VI.2. Ma trận bù - nhánh B**
- VII. Lập phương trình bằng ma trận cấu trúc

Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

VI. Ma trận cấu trúc A.

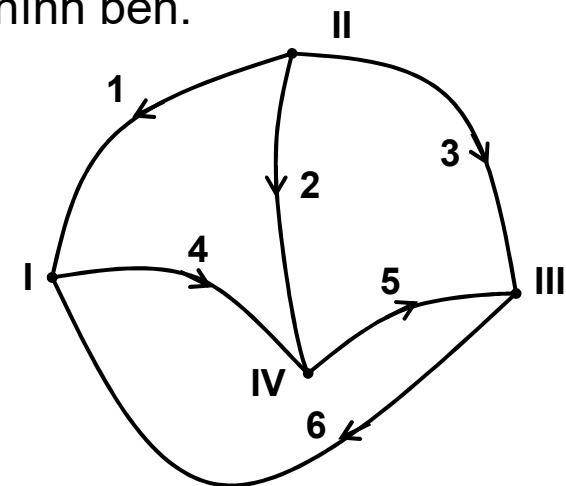


VI.1. Ma trận đỉnh - nhánh A.

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{nếu nhánh } j \text{ đi ra nút } i \\ 0 & \text{nếu nhánh } j \text{ không dính với nút } i \\ -1 & \text{nếu nhánh } j \text{ đi vào nút } i \end{cases}$$

Ví dụ 3.5: Lập ma trận đỉnh - nhánh A của graph cho bởi hình bên.

Nhánh Đỉnh	1	2	3	4	5	6
I	-1	0	0	1	0	-1
II	1	1	1	0	0	0
III	0	0	-1	0	-1	1
IV	0	-1	0	-1	1	0



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

VI.1. Ma trận đỉnh - nhánh A

➤ Tính chất:

Ma trận $A_{du} = \text{Ma trận } A_{thừa} - 1 \text{ hàng}$

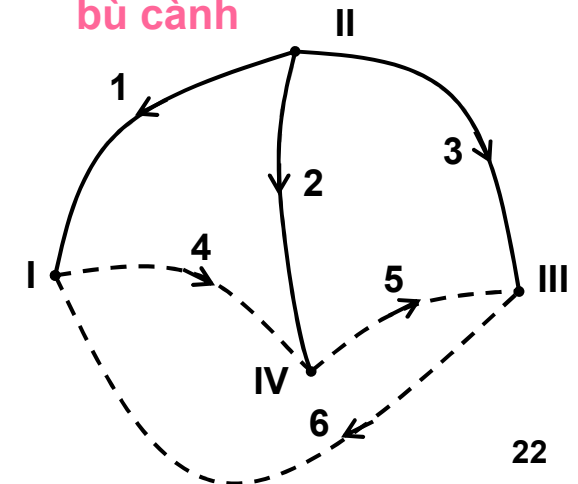
- ❖ Cột: Nhánh thứ i nối 2 đỉnh nào với nhau, và chiều dương của nhánh.
- ❖ Hàng: Đỉnh thứ j có những nhánh nào và chiều của mỗi nhánh tại đỉnh đó.
- ❖ Mỗi hàng của A là tổ hợp tuyến tính của các hàng còn lại $\rightarrow A_{thừa}$

Ví dụ 3.6:

Nhánh Đỉnh	1	2	3	4	5	6
I	-1	0	0	1	0	-1
II	1	1	1	0	0	0
III	0	0	-1	0	-1	1
IV	0	-1	0	-1	1	0

$$\rightarrow A_{du} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & 1 \end{pmatrix}$$

cây
bù cành





Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



VI.1. Ma trận đỉnh - nhánh A.

➤ Ứng dụng:

❖ Lập phương trình theo luật Kirchhoff 1:

$$A \cdot \dot{I}_{nh} = 0 \quad \text{trong đó} \quad \dot{I}_{nh} = \begin{pmatrix} \dot{I}_1 \\ \dots \\ \dot{I}_n \end{pmatrix}_{1 \times n}$$

❖ Lập phương trình quan hệ giữa điện áp các nhánh và điện thế nút:

$$\dot{U}_{nh} = A^t \cdot \dot{\varphi}_{nut} \quad \text{trong đó} \quad \dot{\varphi}_{nut} = \begin{pmatrix} \dot{\varphi}_1 \\ \dots \\ \dot{\varphi}_{d-1} \end{pmatrix}_{1 \times (d-1)} \quad ; \quad \dot{U}_{nh} = \begin{pmatrix} \dot{U}_1 \\ \dots \\ \dot{U}_n \end{pmatrix}_{1 \times n}$$

bỏ đi đỉnh có
thế bằng 0



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



VI.1. Ma trận đỉnh - nhánh A.

➤ Chú ý:

Từ ma trận $A_{đủ}$ có thể khôi phục lại được cấu trúc của graph bằng cách:

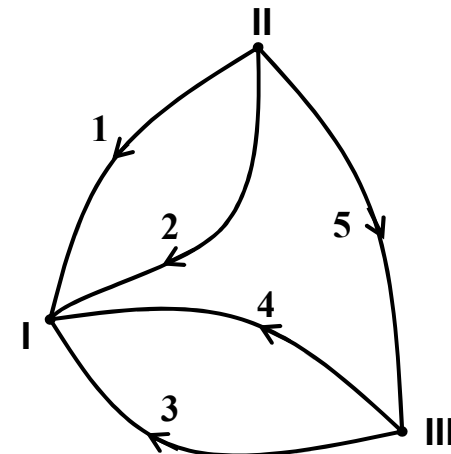
- ❖ Khôi phục lại ma trận $A_{thừa}$
- ❖ Số hàng của ma trận bằng số đỉnh của graph
- ❖ Số cột của ma trận bằng số nhánh của graph.

Ví dụ 3.7: Cho ma trận $A_{đủ}$. Vẽ lại graph.

$$A_{đủ} = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\rightarrow A_{thừa} = \left(\begin{array}{ccccc|l} -1 & -1 & -1 & -1 & 0 & I \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & II \\ 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & III \end{array} \right)$$

1 2 3 4 5



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

VI.2. Ma trận bù - nhánh B.

- Một graph hoàn toàn xác định nếu chỉ rõ tập các nhánh có định chiều & tập các bù cạnh khép kín qua một cây & chỉ rõ mỗi vòng kín gồm các nhánh nào.

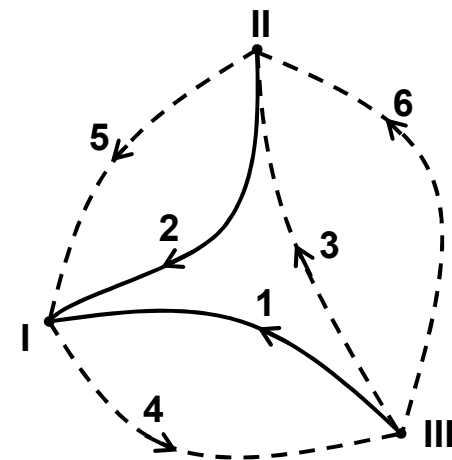
$$b_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{nếu nhánh } i \text{ tham gia vòng \& cùng chiều bù cạnh } j \\ 0 & \text{nếu nhánh } i \text{ không tham gia vòng với bù cạnh } j \\ -1 & \text{nếu nhánh } i \text{ tham gia vòng \& ngược chiều với bù cạnh } j \end{cases}$$

Ví dụ 3.8: Lập ma trận bù - nhánh B của graph cho bởi hình bên.

Nhánh Bù	1	2	3	4	5	6
3	-1	1	1	0	0	0
4	1	0	0	1	0	0
5	0	-1	0	0	1	0
6	-1	1	0	0	0	1

Cạnh

Bù cạnh





Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



VI.2. Ma trận bù - nhánh B.

➤ Tính chất:

- ❖ Cột: *Nhánh j tham gia vòng nào, chiều của j so với chiều vòng (quy ước chiều vòng là chiều của bù cạnh).*
- ❖ *Bù cạnh chỉ tham gia vào vòng của mình*, không tham gia vào vòng khác.
- ❖ Hàng: *Số vòng của graph, số nhánh và chiều của nhánh* trong mỗi vòng.

$$\mathbf{B} = (\mathbf{B}_{\text{cạnh}} \mid \mathbf{B}_{\text{bù}}) = (\mathbf{B}_{\text{cạnh}} \mid \mathbf{I})$$

➤ Ứng dụng:

- ❖ **Phương trình theo luật K1:** $\mathbf{B} \cdot \dot{\mathbf{U}}_{nh} = 0$ trong đó: $\dot{\mathbf{U}}_{nh} = \begin{pmatrix} \dot{U}_1 \\ \dots \\ \dot{U}_n \end{pmatrix}_{1 \times n}$
- ❖ **Phương trình quan hệ giữa dòng điện nhánh & dòng điện bù:**

$$\dot{\mathbf{I}}_{nh} = \mathbf{B}^t \cdot \dot{\mathbf{I}}_{bu} \quad \text{trong đó:} \quad \dot{\mathbf{I}}_{nh} = \begin{pmatrix} \dot{I}_1 \\ \dots \\ \dot{I}_n \end{pmatrix}_{1 \times n} \quad ; \quad \dot{\mathbf{I}}_{bu} = \begin{pmatrix} \dot{I}_{bu_1} \\ \dots \\ \dot{I}_{bu_k} \end{pmatrix}_{1 \times k}$$



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



VI.2. Ma trận bù - nhánh B.

➤ **Chú ý:** Từ ma trận B, có thể vẽ lại được graph đã cho.

Ví dụ 3.9:

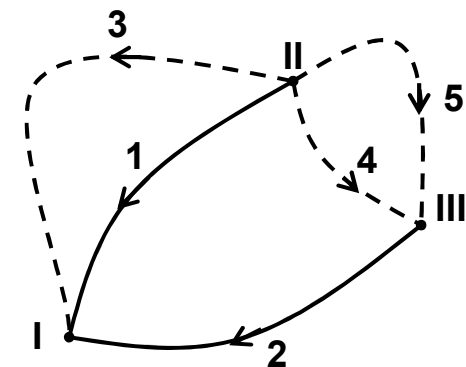
$$B = \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{matrix} 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix}$$

$\underbrace{1 \quad 2}_{\text{cành}} \quad \underbrace{3 \quad 4 \quad 5}_{\text{bù cành}}$

Số nhánh: 5 (1, 2, 3, 4, 5).

Số bù cành: 3 (4, 5, 6)

Số cành: $5 - 3 = 2 \rightarrow$ Số đỉnh:
3





LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

- I. Phương pháp dòng nhánh
- II. Phương pháp thế nút
- III. Phương pháp dòng vòng
- IV. Khái niệm về graph Kirchhoff
- V. Các định lý về lập phương trình Kirchhoff
- VI. Ma trận cấu trúc A, B
- VII. Lập phương trình bằng ma trận cấu trúc
 - VII.1. Luật Ohm theo nghĩa rộng
 - VII.2. Lập phương trình

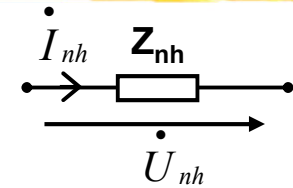
Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff

VII.1. Luật Ohm theo nghĩa rộng.

➤ Nhánh không nguồn:

$$\dot{U}_{nh} = Z_{nh} \cdot \dot{I}_{nh} \quad Z_{nh} = Y_{nh}^{-1}$$

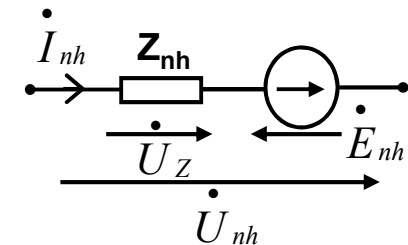
$$\dot{I}_{nh} = Y_{nh} \cdot \dot{U}_{nh}$$



➤ Nhánh có nguồn áp:

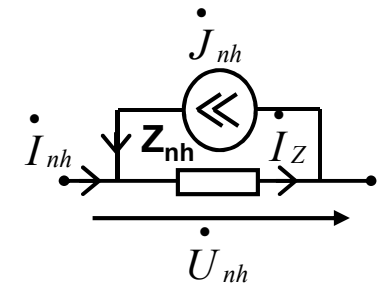
$$\dot{U}_{nh} = \dot{U}_Z - \dot{E}_{nh} \rightarrow \boxed{\dot{U}_{nh} = \dot{I}_{nh} \cdot Z_{nh} - \dot{E}_{nh}}$$

$$\dot{I}_{nh} = \frac{\dot{U}_{nh} + \dot{E}_{nh}}{Z_{nh}} \rightarrow \boxed{\dot{I}_{nh} = Y_{nh} \cdot (\dot{U}_{nh} + \dot{E}_{nh})}$$



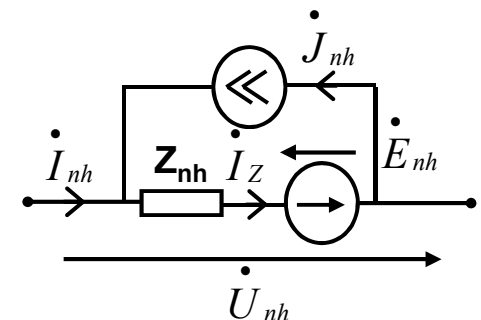
➤ Nhánh có nguồn dòng:

$$\dot{I}_Z = \dot{I}_{nh} + \dot{J}_{nh} \rightarrow \dot{I}_{nh} = \dot{I}_Z - \dot{J}_{nh} \rightarrow \boxed{\begin{aligned} \dot{I}_{nh} &= Y_{nh} \cdot \dot{U}_{nh} - \dot{J}_{nh} \\ \dot{U}_{nh} &= Z_{nh} (\dot{I}_{nh} + \dot{J}_{nh}) \end{aligned}}$$



➤ Nhánh có nguồn dòng - nguồn áp:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{nh} = \dot{U}_Z - \dot{E}_{nh} &\rightarrow \boxed{\begin{aligned} \dot{U}_{nh} &= (\dot{I}_{nh} + \dot{J}_{nh}) \cdot Z_{nh} - \dot{E}_{nh} \\ \dot{I}_{nh} &= Y_{nh} \cdot (\dot{U}_{nh} + \dot{E}_{nh}) - \dot{J}_{nh} \end{aligned}} \end{aligned}$$





Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



VII.2. Lập phương trình.

Ma trận thông số.

➤ *Ma trận tổng trở nhánh:*

$$Z_{nh} = \begin{pmatrix} Z_{11} & \dots & Z_{1n} \\ \dots & Z_{kk} & \dots \\ Z_{n1} & \dots & Z_{nn} \end{pmatrix}_{n \times n}$$

Z_{kk} : Tổng trở nhánh k
 Z_{kl} : Tổng trở tương hỗ nhánh k & l

➤ *Ma trận nguồn áp nhánh:* $\dot{E}_{nh} = \begin{pmatrix} \dot{E}_1 \\ \dots \\ \dot{E}_n \end{pmatrix}_{1 \times n}$ \dot{E}_i : là giá trị nguồn áp nhánh i

➤ *Ma trận nguồn dòng nhánh:* $\dot{J}_{nh} = \begin{pmatrix} \dot{J}_1 \\ \dots \\ \dot{J}_n \end{pmatrix}_{1 \times n}$ \dot{J}_i : là giá trị nguồn dòng nhánh i



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



VII.2. Lập phương trình.

a. Lập phương trình với ma trận A .

Từ phương trình: $A \cdot \dot{I}_{nh} = 0$

Mặt khác có: $\dot{I}_{nh} = Y_{nh} \cdot (\dot{U}_{nh} + \dot{E}_{nh}) - \dot{J}_{nh}$

Suy ra: $A \cdot Y_{nh} \cdot \dot{U}_{nh} + A \cdot Y_{nh} \cdot \dot{E}_{nh} - A \cdot \dot{J}_{nh} = 0$
 $\rightarrow A \cdot Y_{nh} \cdot A^t \cdot \dot{\varphi}_{nut} = A \cdot (\dot{J}_{nh} - Y_{nh} \cdot \dot{E}_{nh})$

Đặt: $Y_{nut} = A \cdot Y_{nh} \cdot A^t$.

$\dot{J}_{nut} = A \cdot (\dot{J}_{nh} - Y_{nh} \cdot \dot{E}_{nh})$

Mà: $\dot{J}_{nut} = Y_{nut} \cdot \dot{\varphi}_{nut} \rightarrow \dot{\varphi}_{nut} = \frac{\dot{J}_{nut}}{Y_{nut}}$

Tính được: $\dot{U}_{nh} = A^t \cdot \dot{\varphi}_{nut}$

$\dot{I}_{nh} = Y_{nh} \cdot (\dot{U}_{nh} + \dot{E}_{nh}) - \dot{J}_{nh}$

Trình tự tính toán bằng Matlab:

➤ Vào số liệu: $A, Z_{nh}, \dot{E}_{nh}, \dot{J}_{nh}$.

➤ Tính các ma trận:

$$Y_{nh} = \text{inv}(Z_{nh}) \quad Y_{nut} = A \cdot Y_{nh} \cdot A^t$$

$$\dot{J}_{nut} = A \cdot (\dot{J}_{nh} - Y_{nh} \cdot \dot{E}_{nh})$$

$$\dot{\varphi}_{nut} = \dot{J}_{nut} \setminus Y_{nut}$$

➤ Kết quả:

$$\dot{U}_{nh} = A^t \cdot \dot{\varphi}_{nut}$$

$$\dot{I}_{nh} = Y_{nh} \cdot (\dot{U}_{nh} + \dot{E}_{nh}) - \dot{J}_{nh}$$



Chương 3: Phương pháp cơ bản tính mạch tuyến tính ở chế độ xác lập điều hòa - Graph Kirchhoff



VII.2. Lập phương trình.

b. Lập phương trình với ma trận B.

Từ phương trình: $B \cdot \dot{U}_{nh} = 0$

Mặt khác có: $\dot{U}_{nh} = (\dot{I}_{nh} + \dot{J}_{nh}) \cdot Z_{nh} - \dot{E}_{nh}$

Suy ra: $B \cdot Z_{nh} \cdot \dot{I}_{nh} + B \cdot Z_{nh} \cdot \dot{J}_{nh} - B \cdot \dot{E}_{nh} = 0$

$$\rightarrow B \cdot Z_{nh} \cdot B^t \cdot \dot{I}_{bu} = B \cdot (\dot{E}_{nh} - Z_{nh} \cdot \dot{J}_{nh})$$

Đặt: $Z_{vong} = B \cdot Z_{nh} \cdot B^t$.

$$\dot{E}_{vong} = B \cdot (\dot{E}_{nh} - Z_{nh} \cdot \dot{J}_{nh})$$

Vậy ta có: $Z_{vong} \cdot \dot{I}_{bu} = \dot{E}_{vong} \rightarrow \dot{I}_{bu} = \frac{\dot{E}_{vong}}{Z_{vong}}$

Như vậy tính được: $\dot{I}_{nh} = B^t \cdot \dot{I}_{bu}$

$$\dot{U}_{nh} = Z_{nh} \cdot (\dot{I}_{nh} + \dot{J}_{nh}) - \dot{E}_{nh}$$

Trình tự tính toán bằng Matlab:

➤ Vào số liệu: $B, Z_{nh}, \dot{E}_{nh}, \dot{J}_{nh}$.

➤ Tính các ma trận:

$$Z_{vong} = B \cdot Z_{nh} \cdot B^t$$

$$\dot{E}_{vong} = B \cdot (\dot{E}_{nh} - Z_{nh} \cdot \dot{J}_{nh})$$

$$\dot{I}_{bu} = \dot{E}_{vong} \setminus Z_{vong}$$

➤ Kết quả:

$$\dot{I}_{nh} = B^t \cdot \dot{I}_{bu}$$

$$\dot{U}_{nh} = Z_{nh} \cdot (\dot{I}_{nh} + \dot{J}_{nh}) - \dot{E}_{nh}$$