



LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



Chương 6: Mạng một cửa Kirchhoff tuyến tính.

- I. Khái niệm mạng một cửa Kirchhoff.
- II. Phương trình - Sơ đồ tương đương mạng một cửa có nguồn.
- III. Điều kiện đưa công suất cực đại ra khỏi mạng một cửa.

Bài tập: 1 - 7, bài thêm



Chương 6: Mạng một cửa Kirchhoff tuyến tính



I.1. Khái niệm.

- Thực tế có những thiết bị điện làm nhiệm vụ **trao đổi năng lượng, tín hiệu điện từ ra/vào ở một cửa ngõ**.

Ví dụ: Máy phát điện; một máy thu; một đường dây truyền tin; vôn mét, ampe mét, đồng hồ đo công suất ...

- Các thiết bị có cấu trúc bên trong khác nhau, nhưng hệ thống được coi như một vùng năng lượng và được quan sát dựa trên quá trình phản ứng và hành vi trên cửa ngõ, và không quan tâm đến kết cấu và tính năng các vùng bên trong của hệ.
- Để mô tả quá trình ấy ta định nghĩa phần tử phức hợp **mạng một cửa Kirchhoff**.

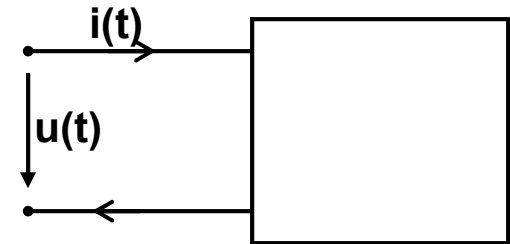


Chương 6: Mạng một cửa Kirchhoff tuyến tính



I.1. Khái niệm.

- **Định nghĩa:** *Mạng một cửa Kirchhoff là kết cấu mạch có một cửa ngõ để trao đổi năng lượng, tín hiệu điện với những phần khác của mạch.*
- Biến trạng thái trên cửa: $i(t)$, $u(t)$.
- Điều kiện mạng một cửa: *Dòng điện chảy vào cực này bằng dòng điện chảy ra ở cực kia.*
- Mô hình toán học:
 - ❖ Quá trình năng lượng tín hiệu thể hiện ở quan hệ giữa $u(t)$ và $i(t)$.
 - ❖ Mạch Kirchhoff: Phương trình vi tích phân thường trong miền thời gian.



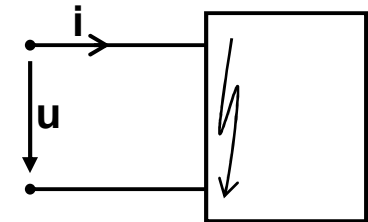
$$f(u, u', u'', \dots, i, i', i'', \dots, t) = 0$$

I.2. Phân loại.

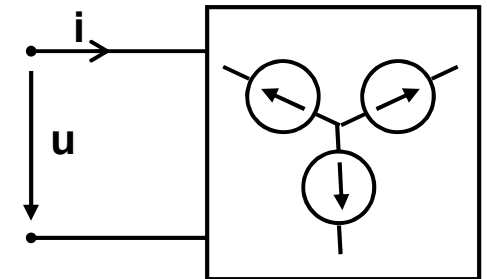
- Theo phương trình trạng thái:
 - ➔ **Mạng 1 cửa tuyến tính.**
 - ➔ ~~Mạng 1 cửa phi tuyến.~~
- Theo khả năng trao đổi năng lượng:

❖ **Mạng 1 cửa không nguồn:** Không thể đưa năng lượng ra cửa ngõ.

Chú ý: Kết cấu bên trong mạng 1 cửa có thể chứa nguồn $e(t)$, $j(t)$ nhưng nếu chúng không có khả năng trao đổi năng lượng ra bên ngoài thì coi là mạng một cửa không nguồn.



❖ **Mạng 1 cửa có nguồn:** Có thể đưa năng lượng ra cửa ngõ.



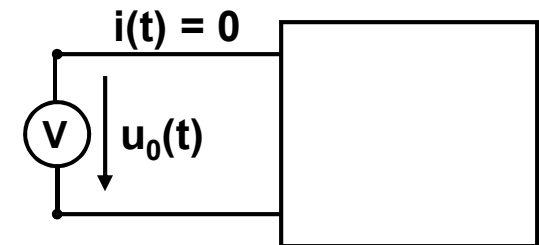
I.2. Phân loại.

➤ Cách xác định mạng 1 cửa có nguồn/không nguồn:

❖ *Hở mạch cửa ($i = 0$) → đo điện áp trên cửa $u_0(t)$:*

✓ Nếu $u_0(t) = 0 \rightarrow$ mạng một cửa không nguồn.

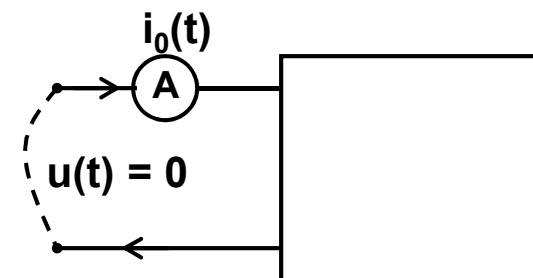
✓ Nếu $u_0(t) \neq 0 \rightarrow$ mạng một cửa có nguồn.



❖ *Ngắn mạch cửa ($u = 0$) → đo dòng điện trên cửa $i_0(t)$:*

✓ Nếu $i_0(t) = 0 \rightarrow$ mạng một cửa không nguồn.

✓ Nếu $i_0(t) \neq 0 \rightarrow$ mạng một cửa có nguồn.





LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1



Chương 6: Mạng một cửa Kirchhoff tuyến tính.

I. Khái niệm mạng một cửa Kirchhoff.

II. Phương trình - Sơ đồ tương đương mạng một cửa có nguồn.

II.1. Phương trình trạng thái mạng 1 cửa Kirchhoff tuyến tính.

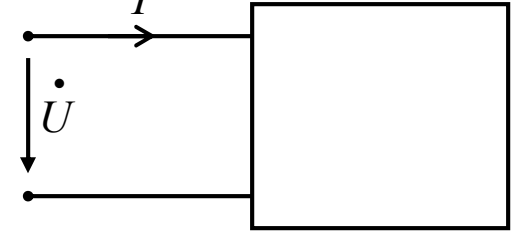
II.2. Sơ đồ tương đương mạng 1 cửa có nguồn.

III. Điều kiện đưa công suất cực đại ra khỏi mạng một cửa.

II.1. Phương trình trạng thái mạng 1 cửa Kirchhoff tuyến tính.

➤ Xét mạng 1 cửa tuyến tính làm việc ở chế độ xác lập điều hòa. \dot{I}

➤ Theo tính chất tuyến tính, quan hệ dòng - áp trên cửa có dạng:



$$\begin{cases} \dot{U} = A.\dot{I} + B & (1) \\ \dot{I} = C.\dot{U} + D & (2) \end{cases}$$

➤ Xét phương trình (1):

Khi $\dot{I} = 0$ (hở mạch cửa) $\rightarrow B = \dot{U}_h$ [V]

B [V]: điện áp hở mạch trên cửa

$$B = \dot{U}_h = \begin{cases} = 0 & \text{Mạng 1 cửa không nguồn} \\ \neq 0 & \text{Mạng 1 cửa có nguồn} \end{cases}$$

$$(1) \Leftrightarrow [V] = A.[A] + [V]$$

A [Ω]: tổng trở vào

➤ Xét phương trình (2):

Khi $\dot{U} = 0$ (ngắn mạch cửa) $\rightarrow D = \dot{I}_N$ [A]

D [A]: dòng điện ngắn mạch trên cửa.

$$D = \dot{I}_N = \begin{cases} = 0 & \text{Mạng 1 cửa không nguồn} \\ \neq 0 & \text{Mạng 1 cửa có nguồn} \end{cases}$$

$$(2) \Leftrightarrow [A] = C.[V] + [A]$$

C [S]: tổng dẫn vào



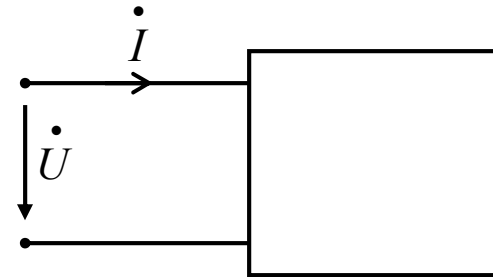
Chương 6: Mạng một cửa Kirchhoff tuyến tính



II.1. Phương trình trạng thái mạng 1 cửa Kirchhoff tuyến tính.

- Mô hình toán học của mạng 1 cửa Kirchhoff tuyến tính:

$$\begin{cases} \dot{U} = Z_{vao} \cdot \dot{I} + \dot{U}_h \\ \dot{I} = Y_{vao} \cdot \dot{U} + \dot{I}_N \end{cases}$$



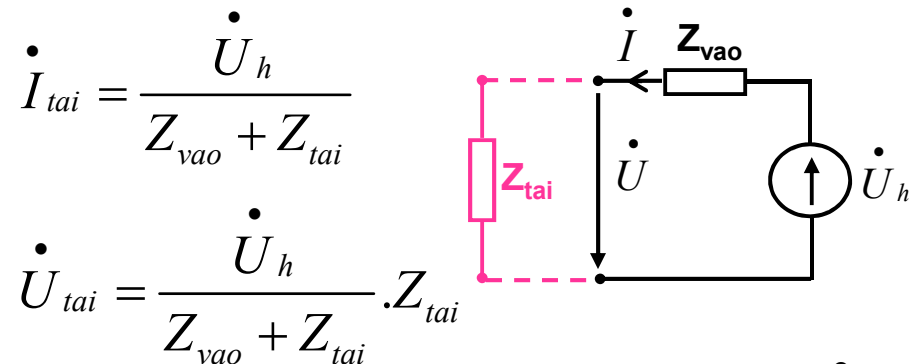
- Mạng 1 cửa tuyến tính có nguồn có thể **đặc trưng bởi một cặp thông số**

$$(Z_{vao} , \dot{U}_h) \text{ hoặc } (Y_{vao} , \dot{I}_N)$$

II.2. Sơ đồ tương đương mạng 1 cửa có nguồn.

a. Định lý Thévenin.

- Xét phương trình: $\dot{U} = Z_{vao} \cdot \dot{I} + \dot{U}_h$
- Phương trình có dạng luật K2, ứng với sơ đồ gồm:
 - ❖ Tổng trở Z_{vao} (tổng trở vào của mạng một cửa) mắc nối tiếp với,
 - ❖ Nguồn áp \dot{U}_h (điện áp hở tại cửa)
- **Phát biểu:** Có thể thay thế mạng 1 cửa tuyến tính bằng một nguồn áp (có suất điện động bằng điện áp trên cửa khi hở mạch) mắc nối tiếp với một tổng trở (có giá trị bằng tổng trở vào của mạng một cửa.)
- **Cách tính Z_{vao} :**
 - ❖ Triệt tiêu nguồn độc lập: Ngắn mạch nguồn áp, hở mạch nguồn dòng.
 - ❖ Tính tổng trở tương đương.



II.2. Sơ đồ tương đương mạng 1 cửa có nguồn.

b. Định lý Norton.

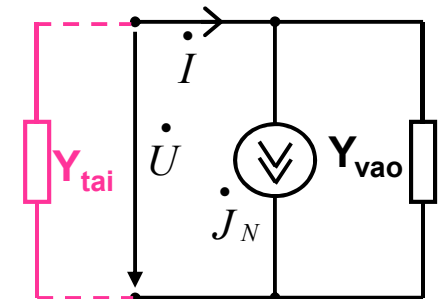
- Xét phương trình: $\dot{I} = Y_{vao} \cdot \dot{U} + \dot{I}_N$
- Phương trình có dạng luật K1, ứng với sơ đồ gồm:
 - ❖ Tổng dẫn Y_{vao} (tổng dẫn vào của mạng một cửa), mắc song song với,
 - ❖ Nguồn dòng J_N (dòng điện ngắn mạch trên cửa)
- **Phát biểu:** Có thể thay thế mạng 1 cửa tuyến tính bằng một nguồn dòng (có giá trị bằng giá trị dòng điện ngắn mạch trên cửa) mắc song song với một tổng dẫn (có giá trị bằng tổng dẫn vào của mạng một cửa).

➤ Cách tính Y_{vao} :

- ❖ Triệt tiêu nguồn độc lập: Ngắn mạch nguồn áp, hở mạch nguồn dòng.
- ❖ Tính tổng dẫn tương đương.

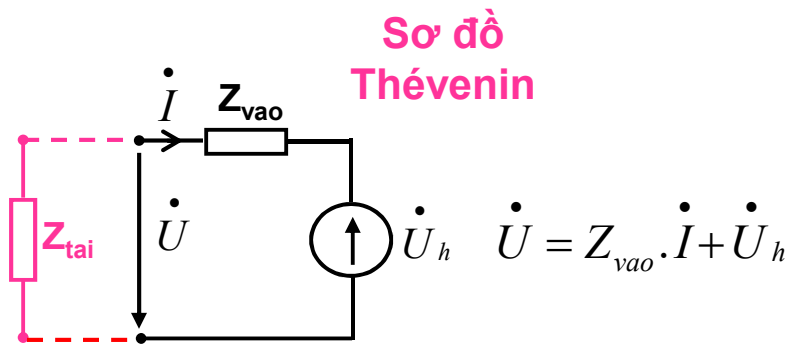
$$\dot{U}_{tai} = \frac{\dot{I}_N}{Y_{vao} + Y_{tai}}$$

$$\dot{I}_{tai} = \frac{\dot{I}_N}{Y_{vao} + Y_{tai}} \cdot Y_{tai}$$

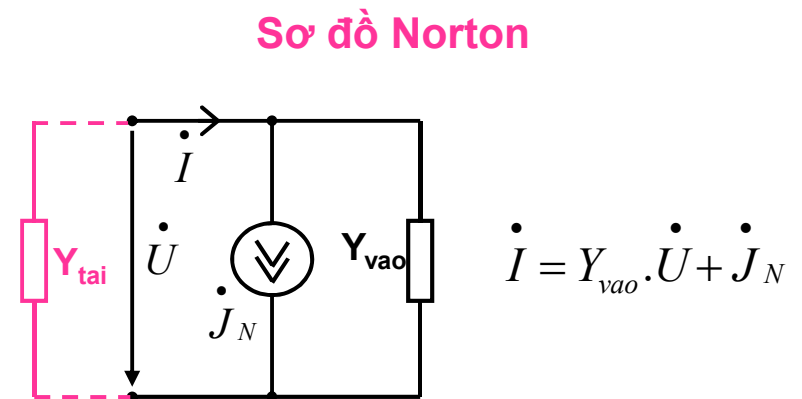


II.2. Sơ đồ tương đương mạng 1 cửa có nguồn.

c. Quan hệ giữa sơ đồ Thévenin và Norton.



$$\dot{I}_{tai} = \frac{\dot{U}_h}{Z_{vao} + Z_{tai}} \quad \dot{U}_{tai} = \frac{\dot{U}_h}{Z_{vao} + Z_{tai}} \cdot Z_{tai}$$



$$\dot{I}_{tai} = \frac{\dot{I}_N}{Y_{vao} + Y_{tai}} \cdot Y_{tai} \quad \dot{U}_{tai} = \frac{\dot{I}_N}{Y_{vao} + Y_{tai}}$$

$$\begin{cases} Y_{vao} = \frac{1}{Z_{vao}} \\ \dot{I}_N = \frac{\dot{U}_h}{Z_{vao}} \end{cases}$$

Công thức liên hệ

$$\begin{cases} Z_{vao} = \frac{1}{Y_{vao}} \\ \dot{U}_h = \frac{\dot{I}_N}{Y_{vao}} \end{cases}$$

II.2. Sơ đồ tương đương mạng 1 cửa có nguồn.

Ví dụ: Tính dòng điện và điện áp trên Z_3

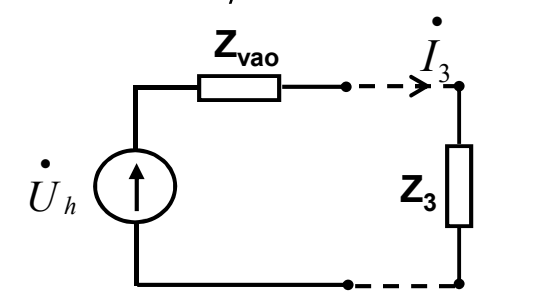
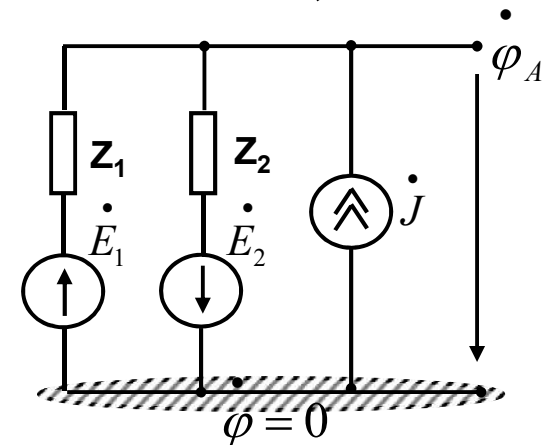
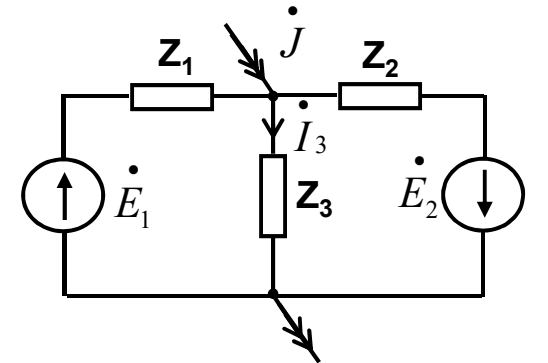
- Cắt nhánh 3:
- Tính \dot{U}_h theo phương pháp thế nút.

$$\dot{U}_h = \varphi_A = \frac{\dot{E}_1 \cdot Y_1 - \dot{E}_2 \cdot Y_2 + \dot{J}}{Y_1 + Y_2} \text{ trong đó: } Y_1 = \frac{1}{Z_1} ; Y_2 = \frac{1}{Z_2}$$

- Tính tổng trở vào: $Z_{vao} = Z_1 // Z_2 = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2}$
- Thay mạng 1 cửa bằng sơ đồ Thévenin:

$$\text{➤ Suy ra: } \dot{I}_3 = \frac{\dot{U}_h}{Z_{vao} + Z_3} = \frac{\dot{E}_1 \cdot Y_1 - \dot{E}_2 \cdot Y_2 + \dot{J}}{(Y_1 + Y_2) \cdot (Z_{vao} + Z_3)}$$

$$\dot{U}_3 = Z_3 \cdot \dot{I}_3 = \frac{\dot{E}_1 \cdot Y_1 - \dot{E}_2 \cdot Y_2 + \dot{J}}{(Y_1 + Y_2) \cdot (Z_{vao} + Z_3)} \cdot Z_3$$



II.2. Sơ đồ tương đương mạng 1 cửa có nguồn.

Ví dụ: Tính dòng điện và điện áp trên Z_3

➤ Cắt nhánh 3:

➤ Tính \dot{I}_N

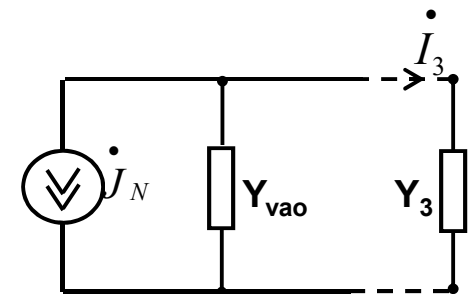
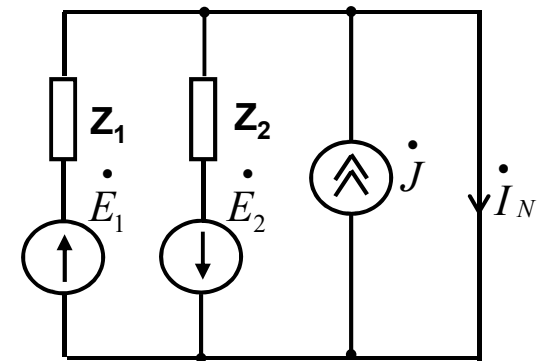
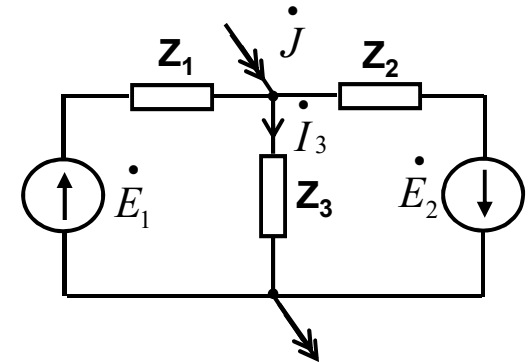
$$\dot{I}_N = \dot{J} + Y_1 \cdot \dot{E}_1 - Y_2 \cdot \dot{E}_2 \quad \text{trong đó: } Y_1 = \frac{1}{Z_1} ; Y_2 = \frac{1}{Z_2}$$

➤ Tính tổng dẫn vào: $Y_{vao} = Y_1 // Y_2 = Y_1 + Y_2$

➤ Thay mạng 1 cửa bằng sơ đồ Norton:

➤ Suy ra:

$$\dot{I}_3 = \frac{\dot{I}_N}{Y_3 + Y_{vao}} \cdot Y_3 ; \quad \dot{U}_3 = \frac{\dot{I}_3}{Y_3} = \frac{\dot{I}_N}{Y_3 + Y_{vao}}$$





LÝ THUYẾT MẠCH ĐIỆN 1

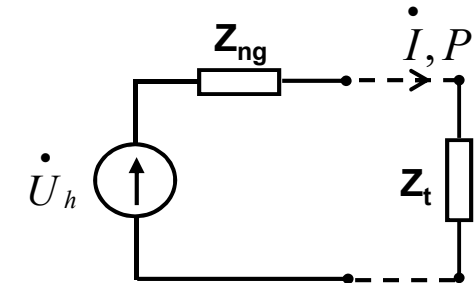
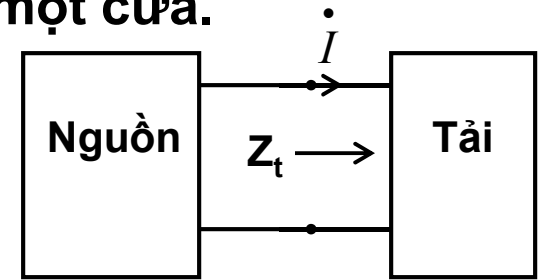


Chương 6: Mạng một cửa Kirchhoff tuyến tính.

- I. Khái niệm mạng một cửa Kirchhoff.
- II. Phương trình - Sơ đồ tương đương mạng một cửa có nguồn.
- III. Điều kiện đưa công suất cực đại ra khỏi mạng một cửa.

III. Điều kiện đưa công suất cực đại ra khỏi mạng một cửa.

- Mạng 1 cửa có nguồn cung cấp cho tải Z_t biến động.
- Theo định lý Thévenin: Thay thế mạng 1 cửa bằng một nguồn tương đương (\dot{U}_h, Z_{ng}) .
- Khi đó công suất đưa đến tải:



$$P = R_t \cdot I_t^2 = R_t \cdot \frac{U_h^2}{Z^2} = U_h^2 \cdot \frac{R_t}{(R_{ng} + R_t)^2 + (X_{ng} + X_t)^2}$$

- Để công suất đến tải đạt cực đại:

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{ng} + X_t = 0 \\ \frac{R_t}{(R_{ng} + R_t)^2} \rightarrow \max \end{array} \right\} \xleftrightarrow{R_{ng} = \text{const}} \left\{ \begin{array}{l} X_{ng} + X_t = 0 \\ \frac{d}{dR_t} \left(\frac{R_t}{(R_{ng} + R_t)^2} \right) = 0 \end{array} \right\} \longleftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} X_{ng} = -X_t \\ R_{ng} = R_t \end{array} \right.$$

Chương 6: Mạng một cửa Kirchhoff tuyến tính

III. Điều kiện đưa công suất cực đại ra khỏi mạng một cửa.

➤ Điều kiện đưa công suất cực đại ra mạng 1 cửa là:

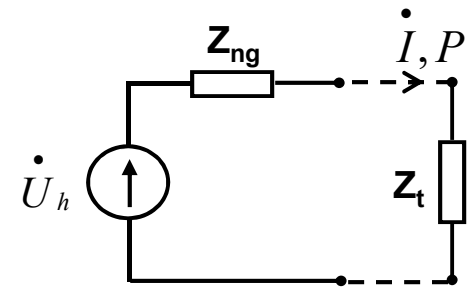
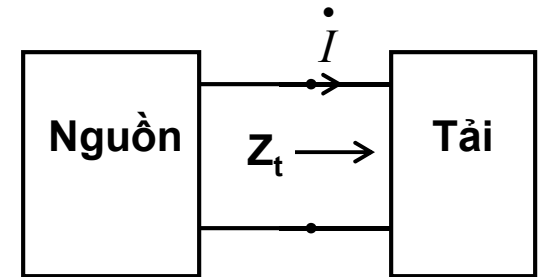
$$Z_{ng} = Z_t^*$$

❖ Công suất cực đại đưa ra tải là:

$$P_t = \frac{U_h^2 \cdot R_t}{(R_{ng} + R_t)^2} = \frac{U_h^2 \cdot R_{ng}}{(2 \cdot R_{ng})^2} = \frac{U_h^2}{4 \cdot R_{ng}}$$

❖ Hiệu suất truyền năng lượng đến tải:

$$\eta = \frac{P_t}{P_{ng}} = \frac{R_t \cdot I^2}{(R_{ng} + R_t) \cdot I^2} = 50\%$$



➤ Thực tế Z_{ng} & R_t không thỏa mãn điều kiện trên → cần nối thêm một bộ phận trung gian có thông số thích hợp giữa nguồn & tải (*hòa hợp nguồn với tải*).