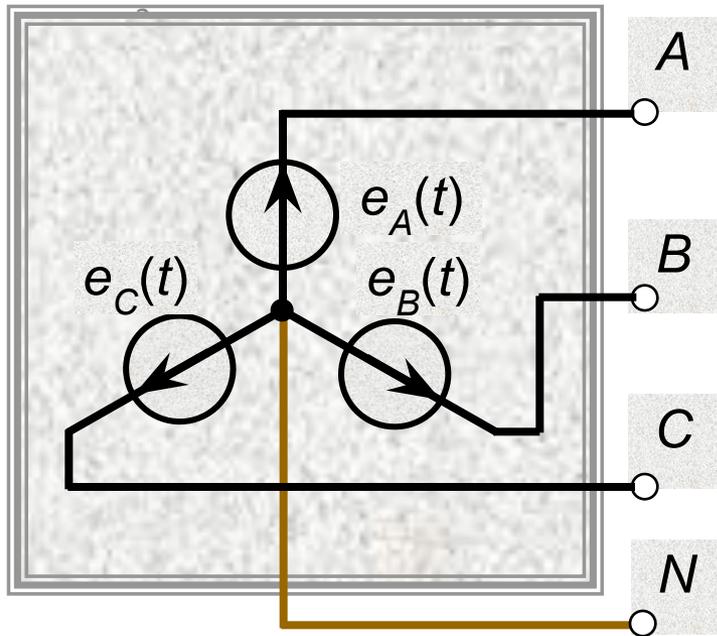


# Лекция №6

## Соединение трёхфазной цепи по схеме «треугольник»

1. Соединение трёхфазной цепи по схеме «треугольник»
2. Симметричные и несимметричные режимы
3. Мощности трёхфазных цепей

# 1. Соединение трёхфазной цепи по схеме «треугольник»



$$e_A(t) = U_\phi \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t)$$

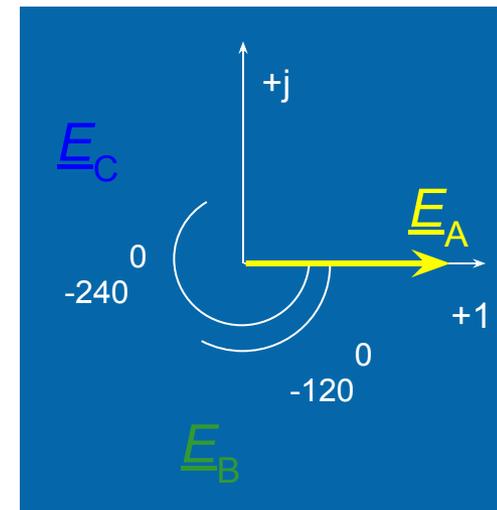
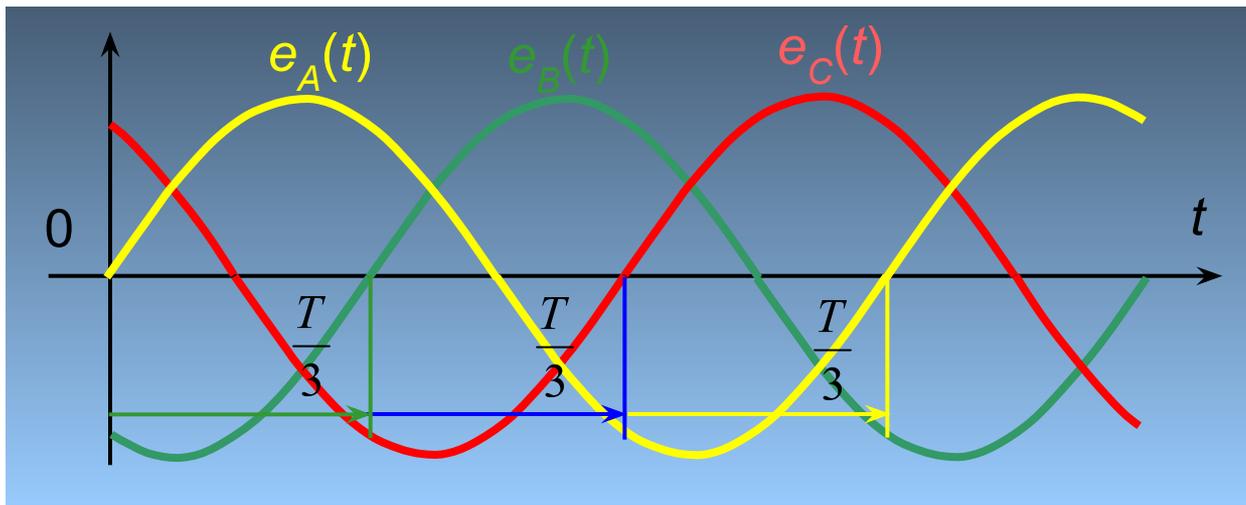
$$e_B(t) = U_\phi \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{2}{3}\pi\right)$$

$$e_C(t) = U_\phi \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{4}{3}\pi\right)$$

$$\underline{E}_A = U_\phi$$

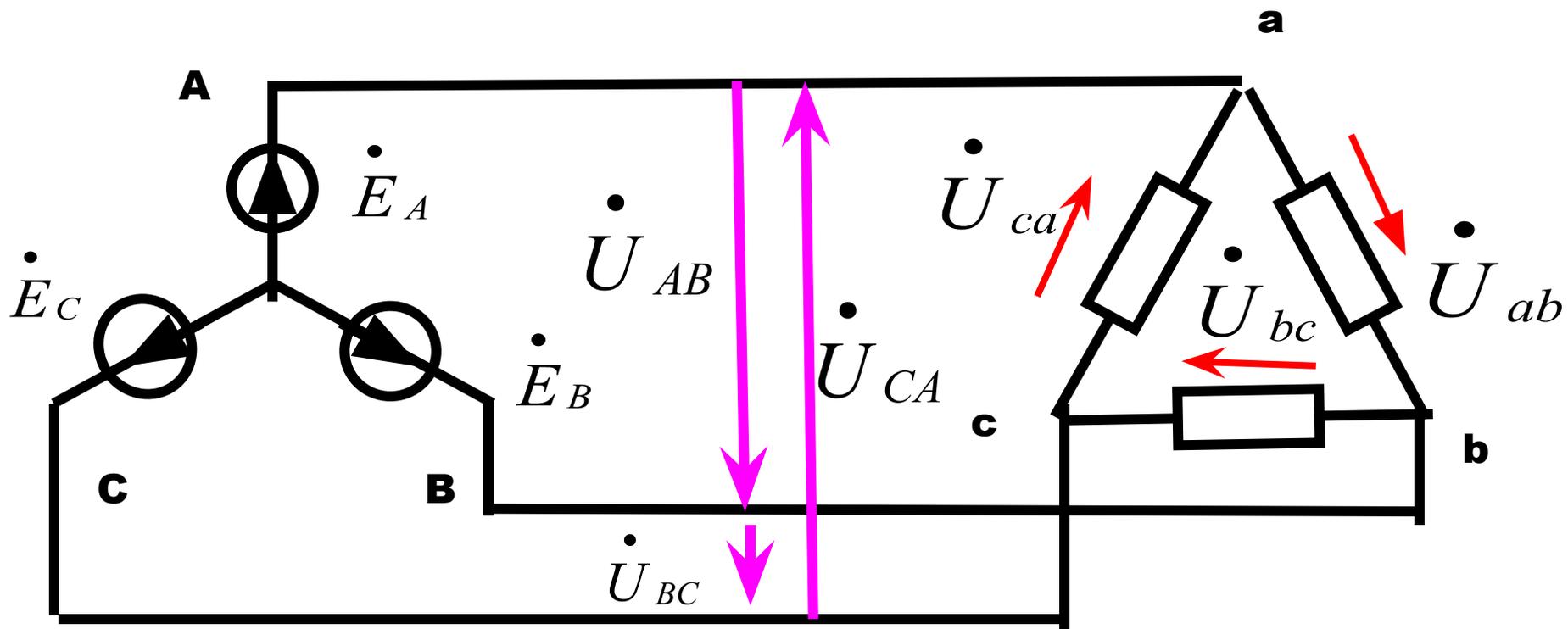
$$\underline{E}_B = U_\phi e^{-j \cdot \frac{2}{3} \pi}$$

$$\underline{E}_C = U_\phi e^{-j \cdot \frac{4}{3} \pi}$$



# Фазные напряжения приемника:

$$\dot{U}_{ab} \quad \dot{U}_{bc} \quad \dot{U}_{ca}$$

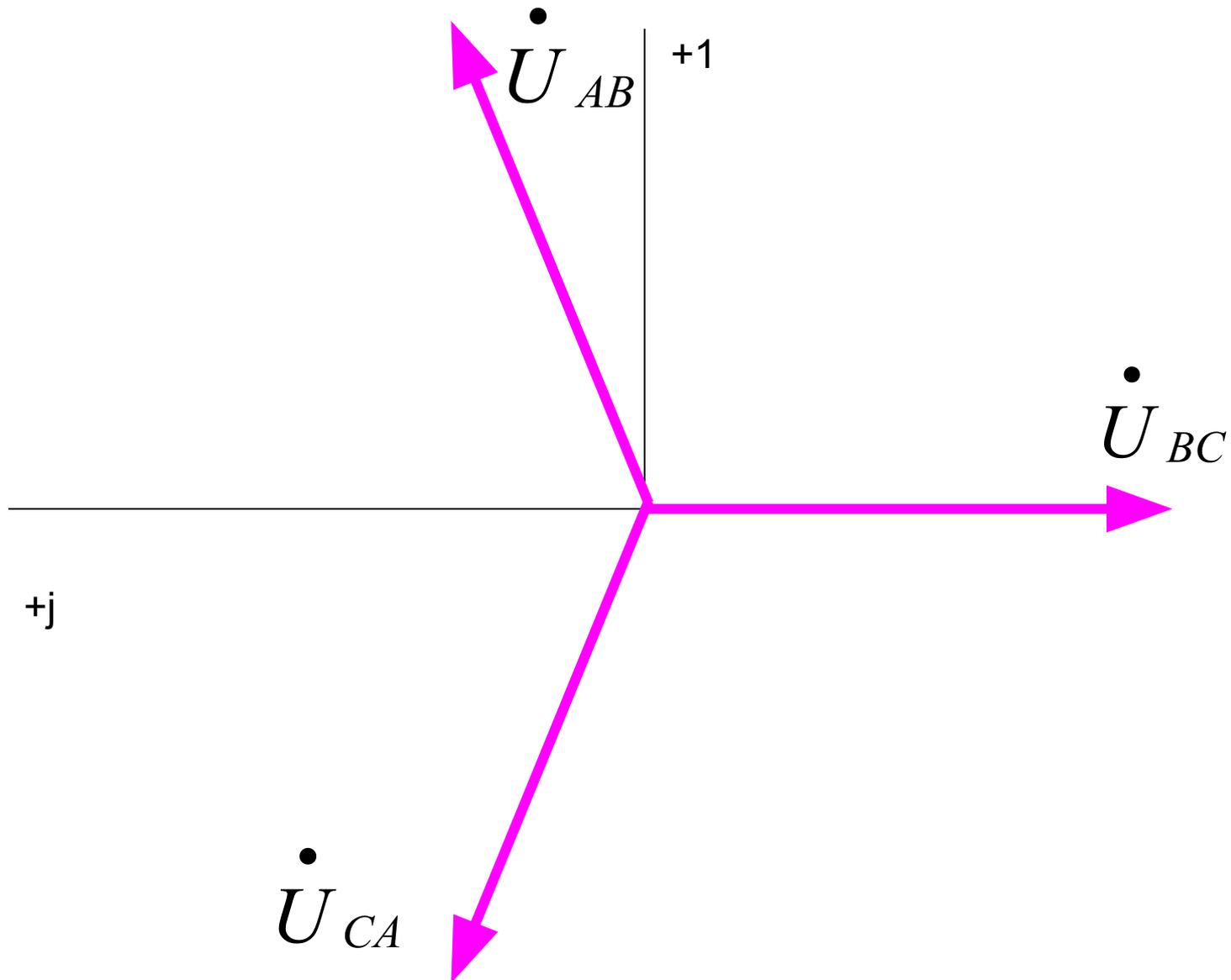


- Каково соотношение между линейными и фазными напряжениями в схеме «Треугольник», если пренебречь сопротивлениями проводов?

$$U_{Л} = U_{Ф}$$

- линейные и фазные напряжения совпадают

Представим линейные напряжения на векторной диаграмме

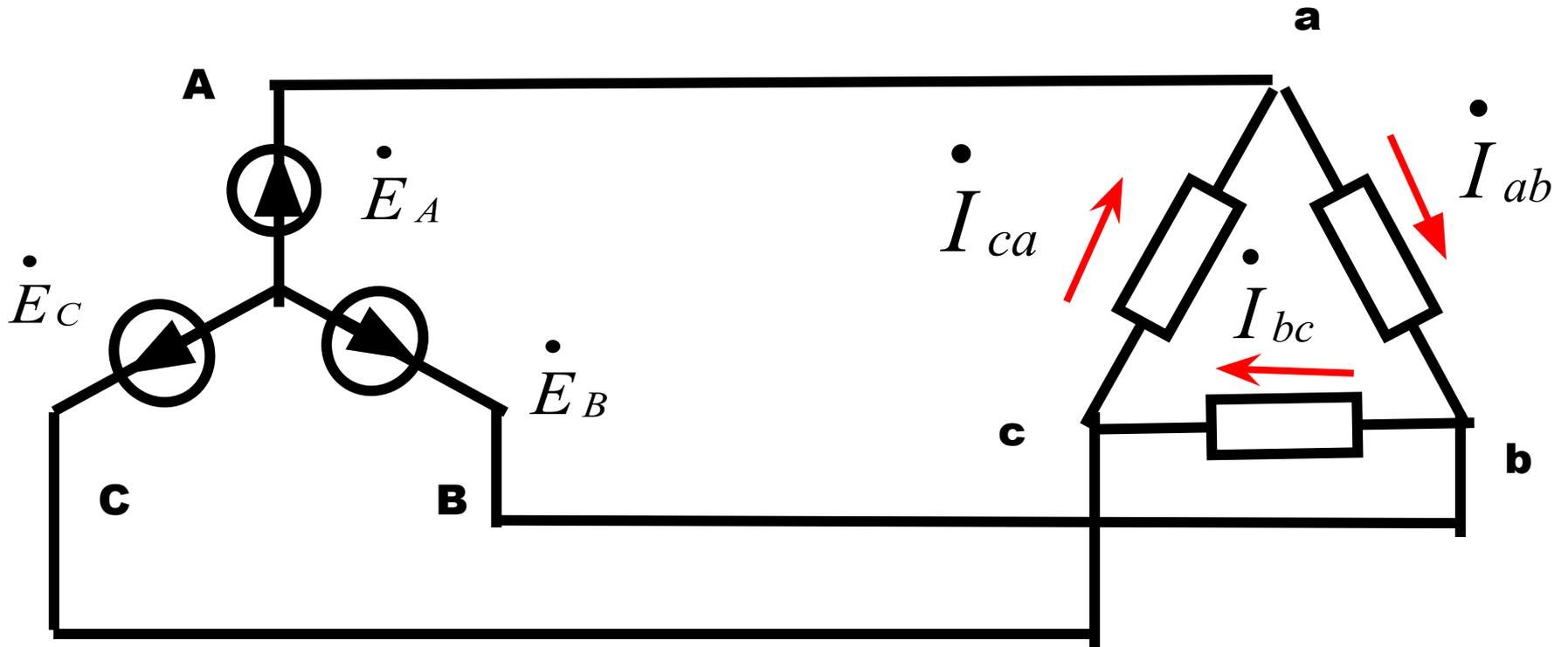


Фазные токи:

$$\dot{I}_{ab}$$

$$\dot{I}_{bc}$$

$$\dot{I}_{ca}$$



- по закону Ома фазные токи

$$\dot{I}_{ab} = \frac{\dot{U}_{ab}}{\underline{Z}_{ab}}$$

$$\dot{I}_{bc} = \frac{\dot{U}_{bc}}{\underline{Z}_{bc}}$$

$$\dot{I}_{ca} = \frac{\dot{U}_{ca}}{\underline{Z}_{ca}}$$

# фазные токи на векторной диаграмме

$\dot{I}_{ab}$  под углом  $\varphi_{ab}$  по отношению к  $\dot{U}_{ab}$

$\dot{I}_{bc}$  под углом  $\varphi_{bc}$  по отношению к  $\dot{U}_{bc}$

$\dot{I}_{ca}$  под углом  $\varphi_{ca}$  по отношению к  $\dot{U}_{ca}$

## 2. Симметричные и несимметричные режимы

При несимметричном приемнике:

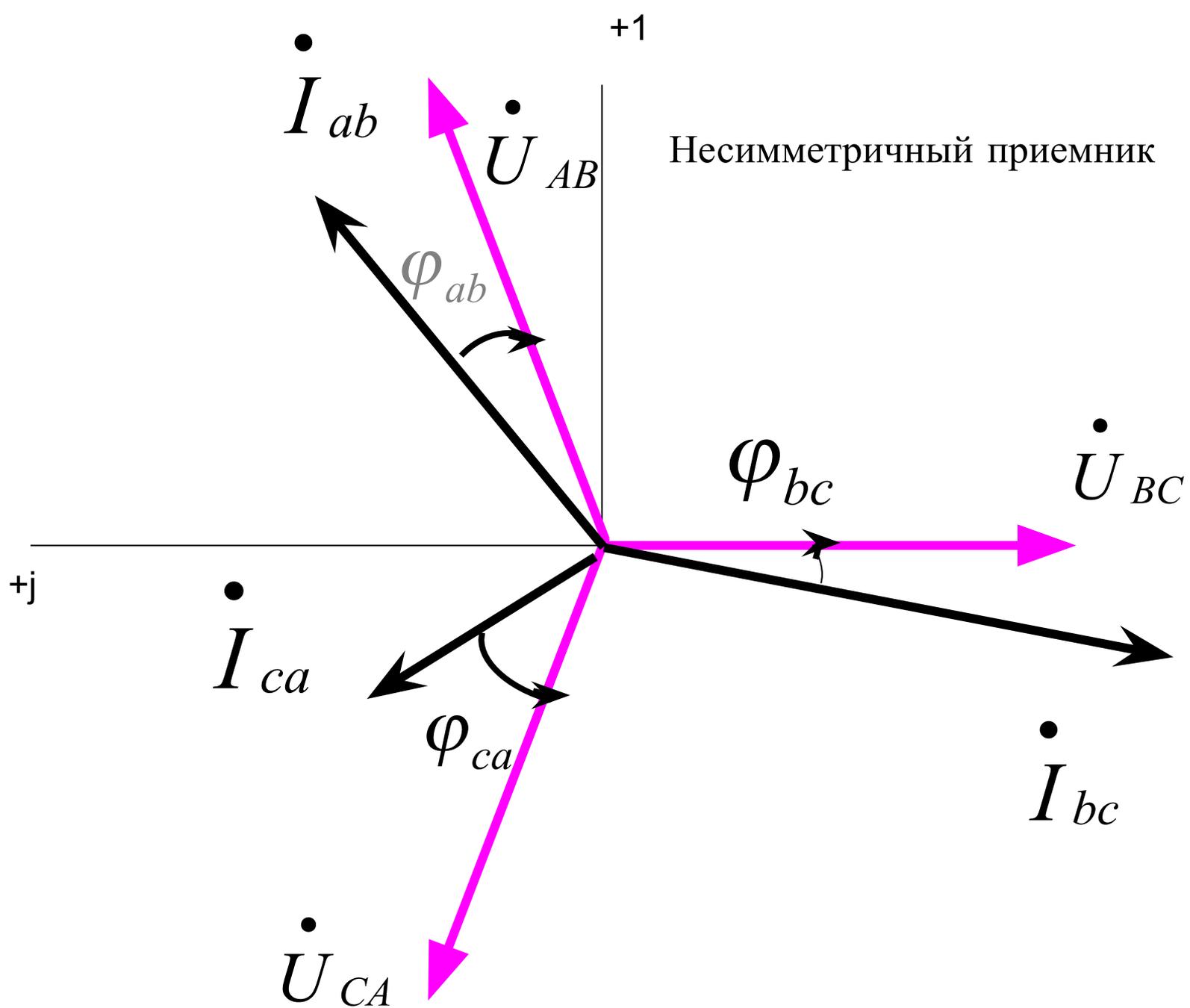
$$\underline{Z}_{ab} \neq \underline{Z}_{bc} \neq \underline{Z}_{ca}$$

Тогда, в общем случае, модули (длины) векторов фазных токов различны:

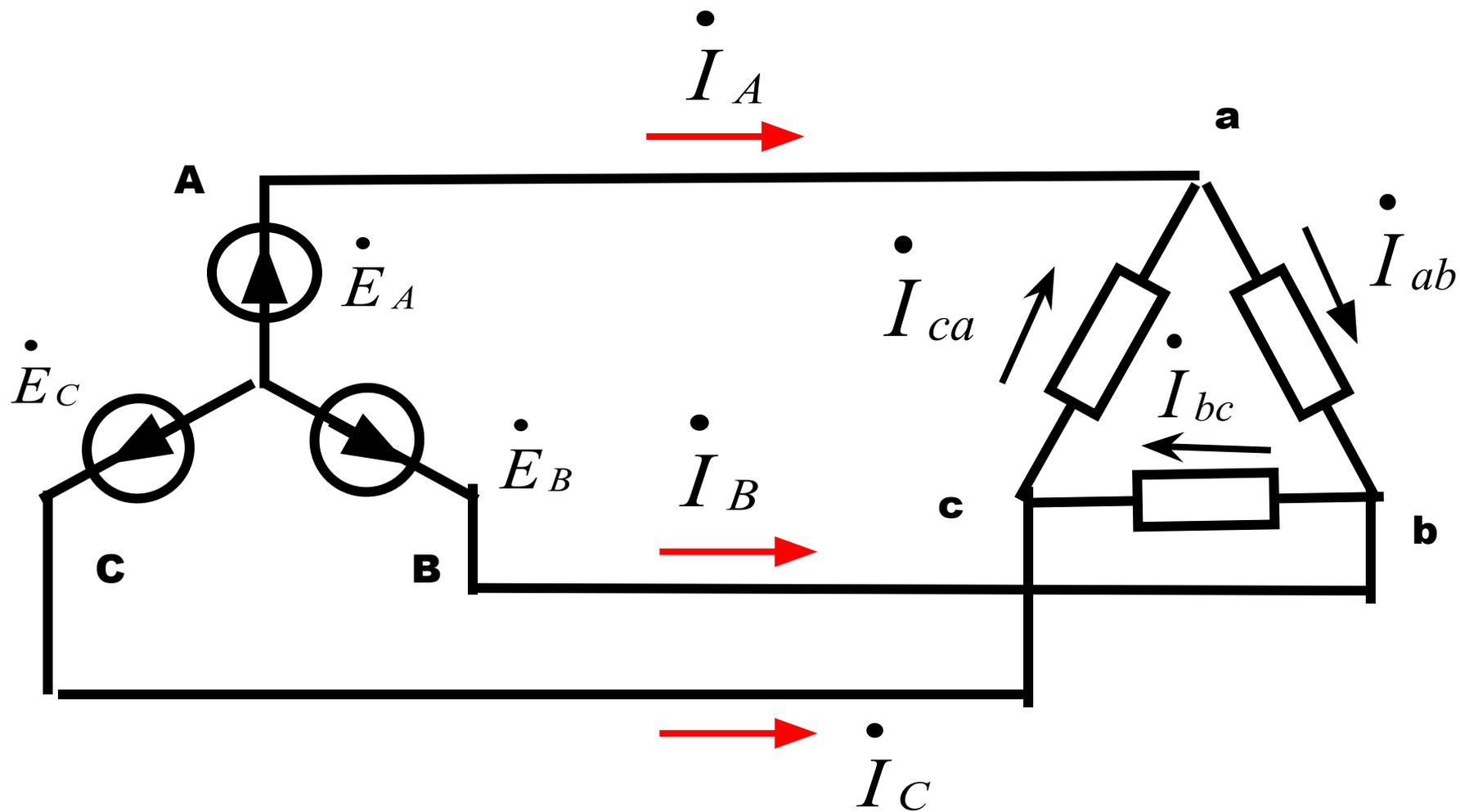
$$I_{ab} \neq I_{bc} \neq I_{ca}$$

Отличаются и углы:

$$\varphi_{ab} \neq \varphi_{bc} \neq \varphi_{ca}$$



Обозначим на схеме линейные токи (токи в линейных проводах):  $\dot{I}_A$   $\dot{I}_B$   $\dot{I}_C$



## **можно рассчитать линейные токи**

Составим уравнения по первому закону Кирхгофа:

Для узла «а»

$$\dot{I}_A + \dot{I}_{ca} = \dot{I}_{ab}$$

Для узла «b»

$$\dot{I}_B + \dot{I}_{ab} = \dot{I}_{bc}$$

Для узла «с»

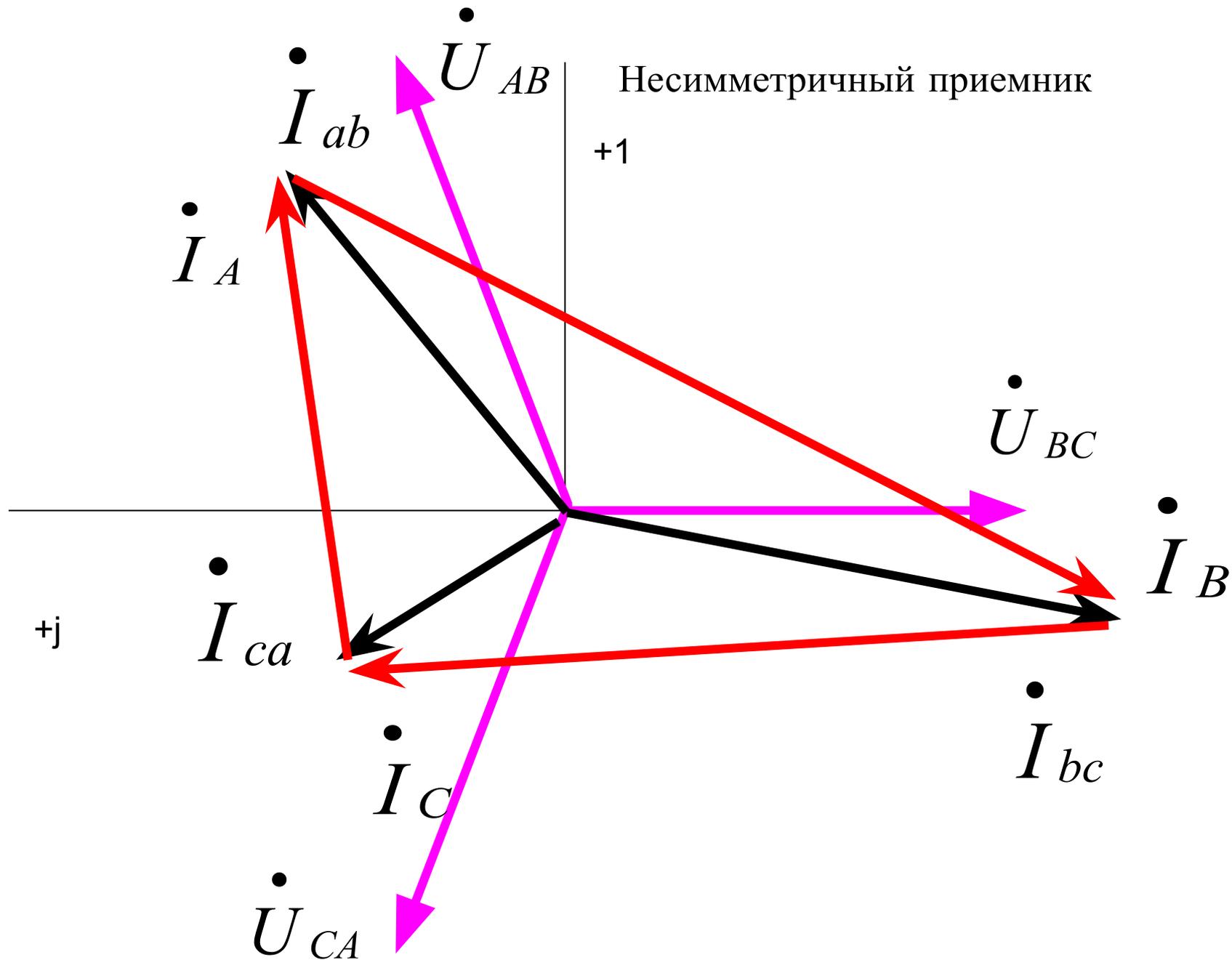
$$\dot{I}_C + \dot{I}_{bc} = \dot{I}_{ca}$$

## Линейные токи:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca}$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ab}$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_{ca} - \dot{I}_{bc}$$

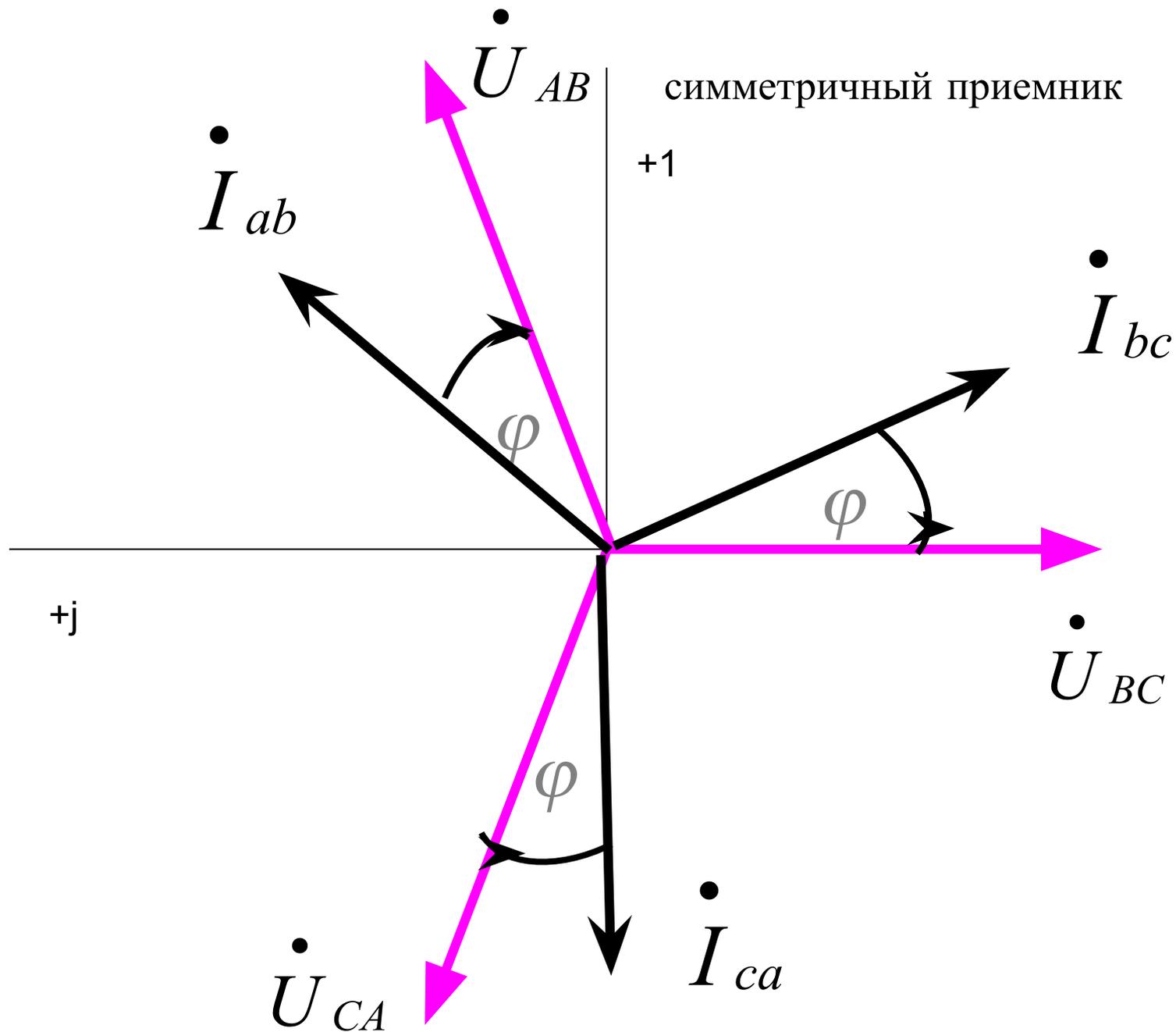


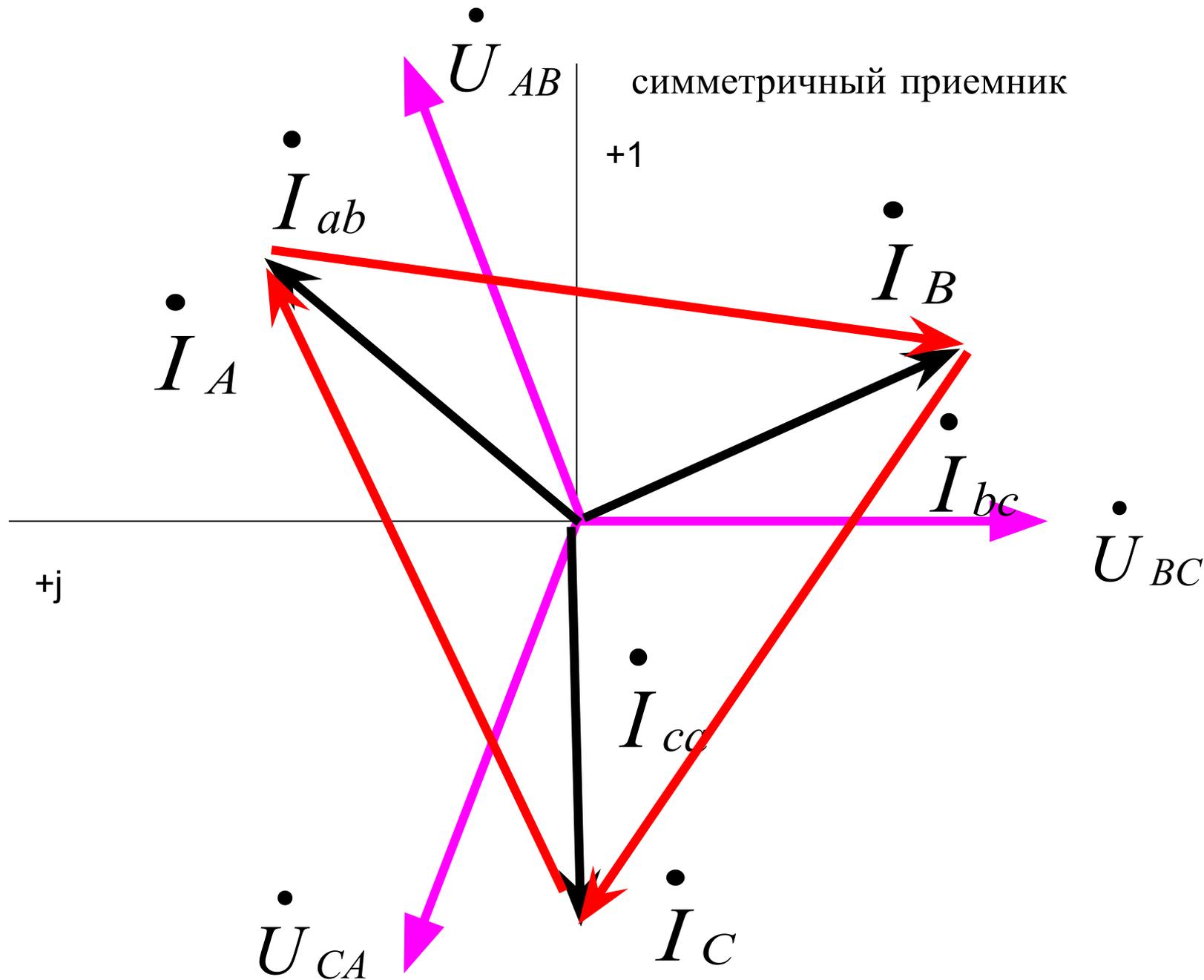
## Симметричный приемник

$$\underline{Z}_{ab} = \underline{Z}_{bc} = \underline{Z}_{ca} = Z_{\phi} e^{j\varphi}$$

Модули фазных токов становятся  
одинаковыми

$$I_{ab} = I_{bc} = I_{ca} = I_{\phi}$$





При симметричном приемнике модули линейных токов равны друг другу:

$$I_A = I_B = I_C = I_L$$

Анализ векторной диаграммы показывает, что при симметричном приемнике:

$$I_L = \sqrt{3}I_\Phi$$

**Расчет трехфазной цепи при соединении  
приемника «треугольником»  
в случае симметричного приемника**

$$U_{\text{л}} = U_{\text{ф}}$$

$$I_{\text{ф}} = \frac{U_{\text{ф}}}{Z_{\text{ф}}}$$

$$I_{\text{л}} = \sqrt{3} I_{\text{ф}}$$

## **Достоинство «треугольника»:**

При любом приемнике (симметричный или несимметричный приемник) фазные напряжения совпадают с линейными.

Следовательно, фазные напряжения имеют номинальные значения при любой нагрузке.

### 3. Мощность трехфазной цепи

Активная  
мощность

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Реактивная  
мощность

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Полная  
мощность

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

В случае симметричного приемника:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_\Phi$$

$$P_\Phi = U_\Phi I_\Phi \cos \varphi$$

$$P = 3P_\Phi = 3U_\Phi I_\Phi \cos \varphi$$

При включении приемника «звездой»:

$$U_{\Phi} = U_{Л} / \sqrt{3} \qquad I_{Л} = I_{\Phi}$$

Следовательно:

$$P = 3U_{\Phi}I_{\Phi} \cos \varphi = \sqrt{3}U_{Л}I_{Л} \cos \varphi$$

При включении приемника «треугольником»:

Также:  $U_{Л} = U_{\Phi} \qquad I_{\Phi} = I_{Л} / \sqrt{3}$

$$P = 3U_{\Phi}I_{\Phi} \cos \varphi = \sqrt{3}U_{Л}I_{Л} \cos \varphi$$

При включении приемника «звездой»:

$$U_{\Phi} = U_{Л} / \sqrt{3} \qquad I_{Л} = I_{\Phi}$$

Следовательно:

$$P = 3U_{\Phi}I_{\Phi} \cos \varphi = \sqrt{3}U_{Л}I_{Л} \cos \varphi$$

При включении приемника «треугольником»:

также:  $U_{Л} = U_{\Phi} \qquad I_{\Phi} = I_{Л} / \sqrt{3}$

$$P = 3U_{\Phi}I_{\Phi} \cos \varphi = \sqrt{3}U_{Л}I_{Л} \cos \varphi$$

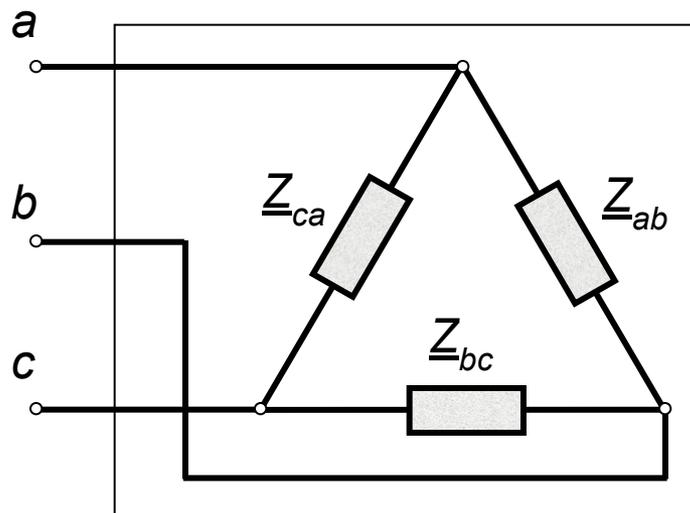
## Полная мощность симметричного приемника

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S = 3U_{\Phi} I_{\Phi}$$

$$S = \sqrt{3} U_{Л} I_{Л}$$

## Соединение фаз приемника треугольником



$$\underline{Z}_{ab} = \underline{Z}_{bc} = \underline{Z}_{ca}$$

$$R_{ab} = 3R$$

$$X_{ab} = 3X$$