

# ТОЭ – часть 1

## практическое занятие 13

**Несимметричный режим  
трехфазных цепей с местной  
несимметрией и со взаимной  
индуктивностью фаз**

**Метод симметричных составляющих** основан на **разложении** трехфазной **несимметричной** системы  **$\underline{A}$ ,  $\underline{B}$ ,  $\underline{C}$**  на **симметричные** составляющие **прямой** ( **$\underline{A}_1$ ,  $\underline{B}_1$ ,  $\underline{C}_1$** ), **обратной** ( **$\underline{A}_2$ ,  $\underline{B}_2$ ,  $\underline{C}_2$** ) и **нулевой** ( **$\underline{A}_0$ ,  $\underline{B}_0$ ,  $\underline{C}_0$** ) последовательности.

Рассмотрим применение этого **метода** для расчета **аварийного** режима трехфазных цепей со **взаимной индуктивностью фаз**, которые в **нормальном** режиме **симметричны**.

# Задача 1

Дано:

ЭДС симметричны

$$\underline{E}_A = 400 \text{ (В)};$$

$$\underline{Z}_{\Gamma 1,2,0} = j10 \text{ (Ом)};$$

$$\underline{Z}_{\text{Д}1,2,0} = j40 \text{ (Ом)};$$

$$\underline{Z}_N = -j5 \text{ (Ом)};$$

$$\underline{Z}_n = -j10 \text{ (Ом)}.$$

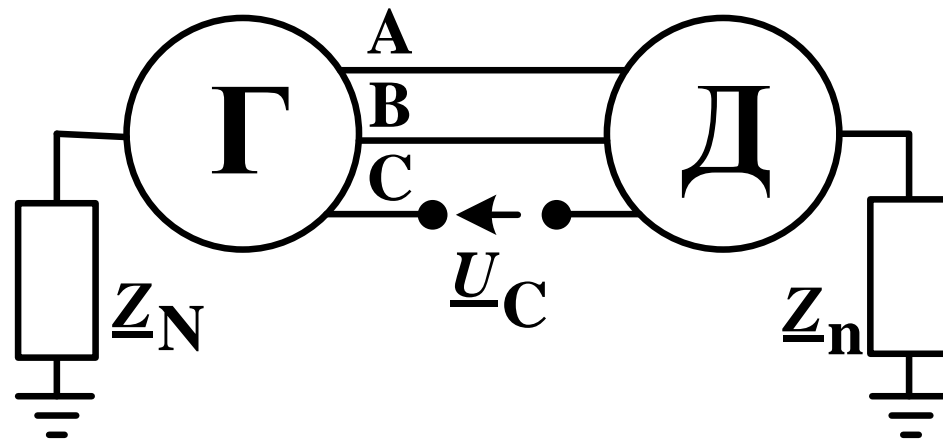
-----

Найти:  $\underline{U}_C = ? \text{ (В)}$

Фазные ЭДС источника:

$$\underline{E}_A, \underline{E}_B = a^2 \underline{E}_A, \underline{E}_C = a \underline{E}_A$$

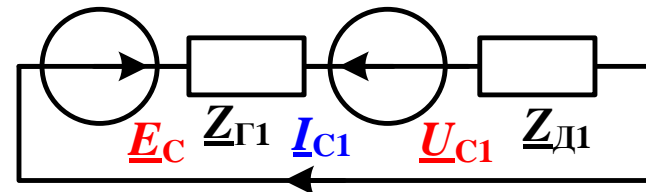
$$\text{Особая фаза } C: \underline{E}_C = 400 e^{j120^\circ} \text{ (В)}.$$



Обрыв фазы C

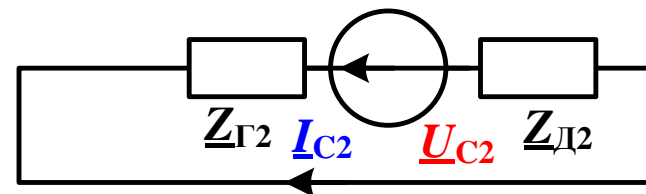
## 1. Прямая последовательность:

$$\underline{Z}_1 = \underline{Z}_{\Gamma 1} + \underline{Z}_{Д1} = j50 \text{ (Ом)}$$



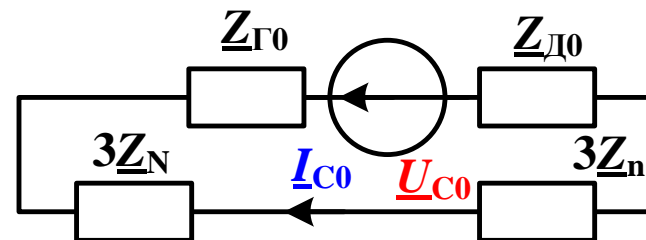
## 2. Обратная последовательность:

$$\underline{Z}_2 = \underline{Z}_{\Gamma 2} + \underline{Z}_{Д2} = j50 \text{ (Ом)}$$



## 3. Нулевая последовательность:

$$\underline{Z}_0 = \underline{Z}_{\Gamma 0} + \underline{Z}_{Д0} + 3\underline{Z}_N + 3\underline{Z}_n = j5 \text{ (Ом)}$$



## 4. Результат:

$$\underline{U}_C = \frac{3\underline{E}_C \underline{Z}_2 \underline{Z}_0}{\underline{Z}_1 \underline{Z}_2 + \underline{Z}_1 \underline{Z}_0 + \underline{Z}_2 \underline{Z}_0} = 100e^{j120^\circ} \text{ (В)}$$

## Задача 2

Дано:

ЭДС симметричны

$$\underline{E}_A = 400 \text{ (В)};$$

$$\underline{Z}_{\Gamma 1,2,0} = j10 \text{ (ОМ)};$$

$$\underline{Z}_{\text{Д} 1,2,0} = j40 \text{ (ОМ)};$$

$$\underline{Z}_N = \infty \text{ (ОМ)};$$

$$\underline{Z}_n = -j10 \text{ (ОМ)}.$$

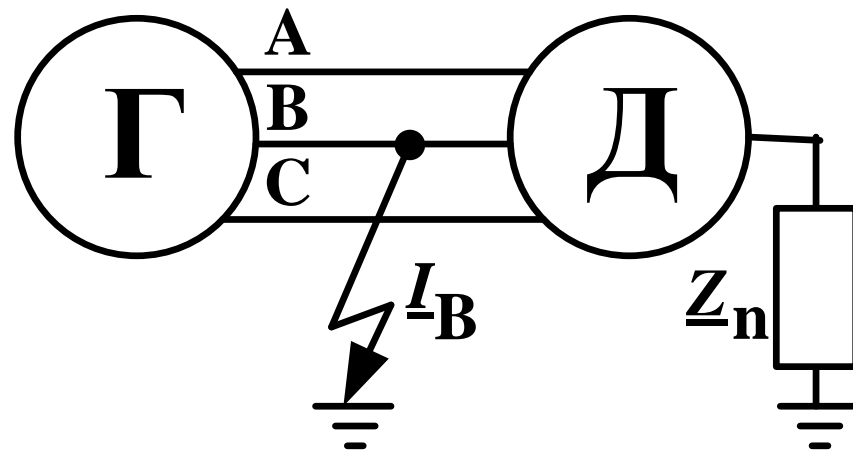
-----

Найти:  $\underline{I}_B = ?$  (А)

Фазные ЭДС источника:

$$\underline{E}_A, \underline{E}_B = a^2 \underline{E}_A, \underline{E}_C = a \underline{E}_A$$

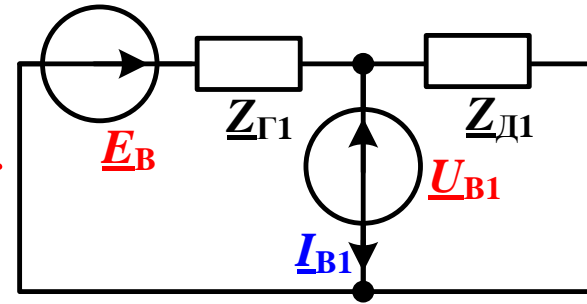
Особая фаза **В**:  $\underline{E}_B = 400 e^{-j120^\circ} \text{ (В)}.$



Короткое замыкание  
фазы **В** на «землю»

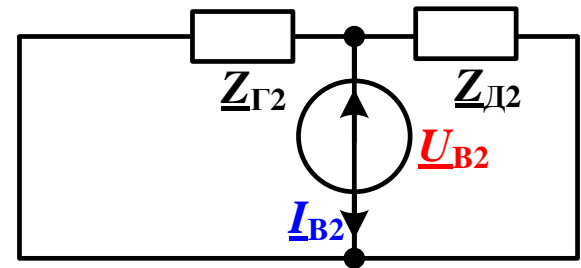
## 1. Прямая последовательность:

$$\underline{Z}_1 = \frac{\underline{Z}_{\Gamma 1} \underline{Z}_{Д1}}{\underline{Z}_{\Gamma 1} + \underline{Z}_{Д1}} = j8(\text{Ом}); \underline{E}_{ВЭ} = \frac{\underline{E}_B}{\underline{Z}_{\Gamma 1}} \underline{Z}_1 = 320e^{-j120^\circ}(\text{В}).$$



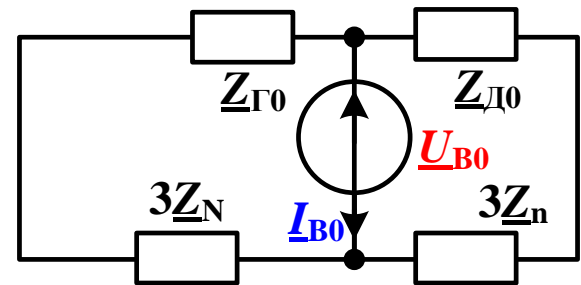
## 2. Обратная последовательность:

$$\underline{Z}_2 = \frac{\underline{Z}_{\Gamma 2} \underline{Z}_{Д2}}{\underline{Z}_{\Gamma 2} + \underline{Z}_{Д2}} = j8(\text{Ом})$$



## 3. Нулевая последовательность:

$$\underline{Z}_0 = \frac{(\underline{Z}_{\Gamma 0} + 3\underline{Z}_N)(\underline{Z}_{Д0} + 3\underline{Z}_n)}{\underline{Z}_{\Gamma 0} + 3\underline{Z}_N + \underline{Z}_{Д0} + 3\underline{Z}_n} = j10(\text{Ом})$$



## 4. Результат:

$$\underline{I}_B = \frac{3\underline{E}_{ВЭ}}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \underline{Z}_0} \approx 36,9e^{j150^\circ}(\text{А})$$

# Задача 3

Дано:

ЭДС симметричны

$$\underline{E}_A = 400 \text{ (В)};$$

$$\underline{Z}_{\Gamma 1,2,0} = j10 \text{ (ОМ)};$$

$$\underline{Z}_{\text{Д} 1,2,0} = j40 \text{ (ОМ)};$$

$$\underline{Z}_N = -j5 \text{ (ОМ)};$$

$$\underline{Z}_n = 0 \text{ (ОМ)}.$$

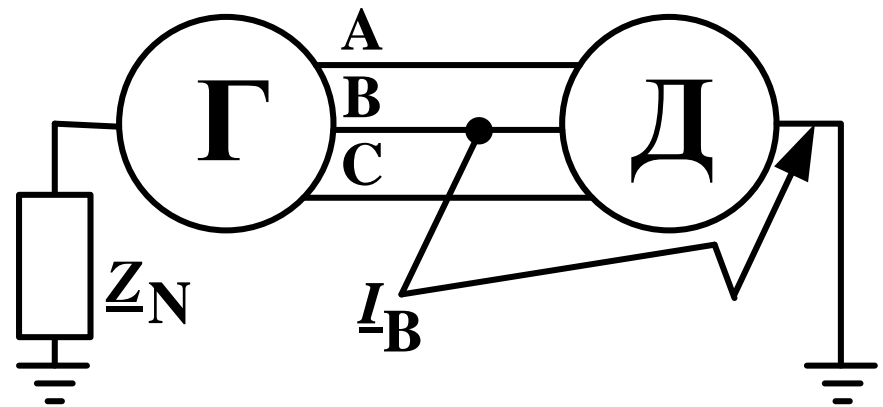
-----

Найти:  $\underline{I}_B = ?$  (А)

Фазные ЭДС источника:

$$\underline{E}_A, \underline{E}_B = a^2 \underline{E}_A, \underline{E}_C = a \underline{E}_A$$

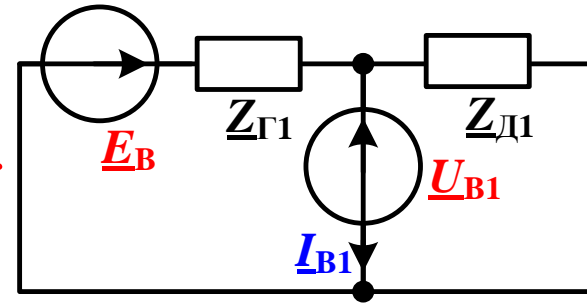
Особая фаза **В**:  $\underline{E}_B = 400 e^{-j120^\circ}$  (В).



Короткое замыкание  
фазы **В** на  
«нейтраль двигателя»

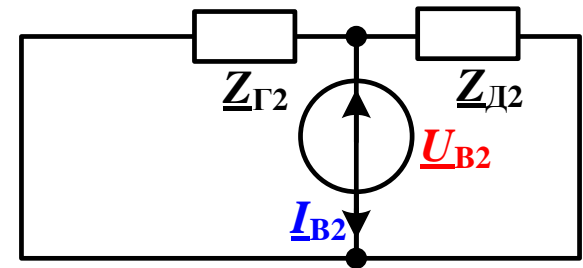
## 1. Прямая последовательность:

$$\underline{Z}_1 = \frac{\underline{Z}_{\Gamma 1} \underline{Z}_{\Delta 1}}{\underline{Z}_{\Gamma 1} + \underline{Z}_{\Delta 1}} = j8 (\text{Ом}); \underline{E}_{\text{ВЭ}} = \frac{\underline{E}_{\text{В}}}{\underline{Z}_{\Gamma 1}} \underline{Z}_1 = 320 e^{-j120^\circ} (\text{В}).$$



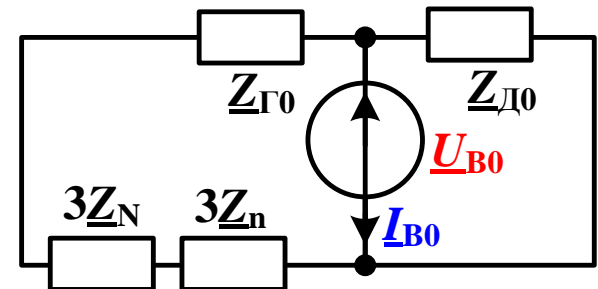
## 2. Обратная последовательность:

$$\underline{Z}_2 = \frac{\underline{Z}_{\Gamma 2} \underline{Z}_{\Delta 2}}{\underline{Z}_{\Gamma 2} + \underline{Z}_{\Delta 2}} = j8 (\text{Ом})$$



## 3. Нулевая последовательность:

$$\underline{Z}_0 = \frac{(\underline{Z}_{\Gamma 0} + 3\underline{Z}_{\text{N}} + 3\underline{Z}_{\text{n}}) \underline{Z}_{\Delta 0}}{\underline{Z}_{\Gamma 0} + 3\underline{Z}_{\text{N}} + 3\underline{Z}_{\text{n}} + \underline{Z}_{\Delta 0}} \approx -j5,71 (\text{Ом})$$



## 4. Результат:

$$\underline{I}_{\text{В}} = \frac{3\underline{E}_{\text{ВЭ}}}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 + \underline{Z}_0} \approx 93,3 e^{j150^\circ} (\text{А})$$



# Задача 4

Дано:

ЭДС симметричны

$$\underline{E}_A = 400 \text{ (В)};$$

$$\underline{Z}_{\Gamma 1,2,0} = j10 \text{ (Ом)};$$

$$\underline{Z}_{\text{Д}1,2,0} = j40 \text{ (Ом)};$$

$$\underline{Z}_N = -j5 \text{ (Ом)};$$

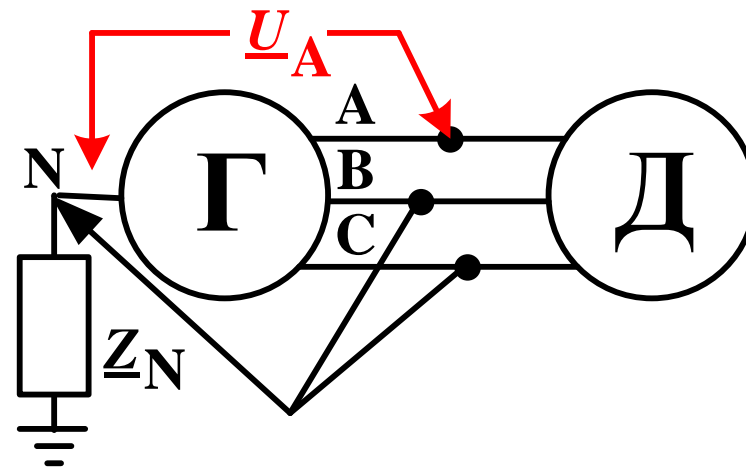
$$\underline{Z}_n = \infty \text{ (Ом)}.$$

-----  
Найти:  $\underline{U}_A = ? \text{ (В)}$

Фазные ЭДС источника:

$$\underline{E}_A, \underline{E}_B = a^2 \underline{E}_A, \underline{E}_C = a \underline{E}_A$$

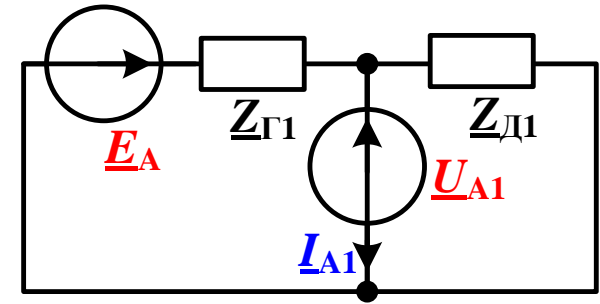
Особая фаза А:  $\underline{E}_A = 400 e^{j0^\circ} \text{ (В)}.$



**Короткое замыкание  
фаз В и С на  
«нейтраль генератора»**

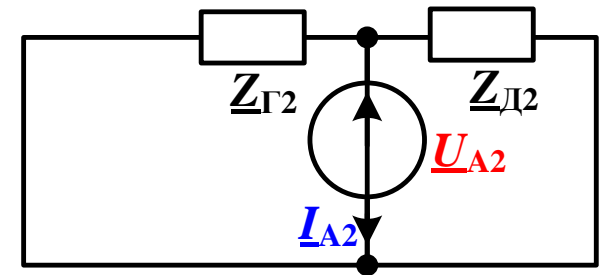
## 1. Прямая последовательность:

$$\underline{Z}_1 = \frac{\underline{Z}_{\Gamma 1} \underline{Z}_{\Delta 1}}{\underline{Z}_{\Gamma 1} + \underline{Z}_{\Delta 1}} = j8(\text{Ом}); \underline{E}_{A\Delta} = \frac{\underline{E}_A}{\underline{Z}_{\Gamma 1}} \underline{Z}_1 = 320e^{j0^\circ}(\text{В}).$$



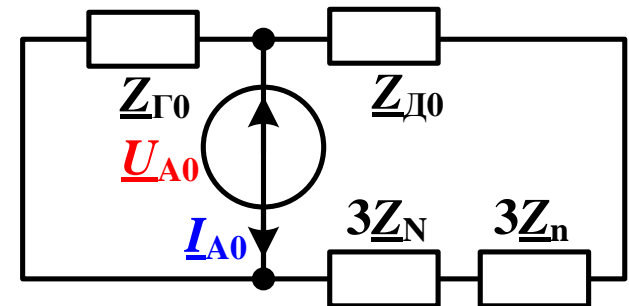
## 2. Обратная последовательность:

$$\underline{Z}_2 = \frac{\underline{Z}_{\Gamma 2} \underline{Z}_{\Delta 2}}{\underline{Z}_{\Gamma 2} + \underline{Z}_{\Delta 2}} = j8(\text{Ом})$$



## 3. Нулевая последовательность:

$$\underline{Z}_0 = \frac{\underline{Z}_{\Gamma 0} (\underline{Z}_{\Delta 0} + 3\underline{Z}_N + 3\underline{Z}_n)}{\underline{Z}_{\Gamma 0} + \underline{Z}_{\Delta 0} + 3\underline{Z}_N + 3\underline{Z}_n} = j10(\text{Ом})$$



## 4. Результат:

$$\underline{U}_A = \frac{3\underline{E}_{A\Delta} \underline{Z}_2 \underline{Z}_0}{\underline{Z}_1 \underline{Z}_2 + \underline{Z}_1 \underline{Z}_0 + \underline{Z}_2 \underline{Z}_0} \approx 343e^{j0^\circ}(\text{В})$$