

# Лекция 5

- Трехфазные цепи переменного синусоидального тока, практика
- Схема соединения нагрузки «Звезда»

# Задание 1, №129

Режим работы фазы "BC" не изменяется, т.к. напряжение на ее зажимах остается номинальным. При обрыве линии "A"  $I_A = 0$ ; сопротивления фаз "AB" и "BC" соединены последовательно и включены на напряжение  $U_{BC}$ , т.е.  $I_{AB} = I_{CA} = U_{BC} / (r_{AB} + r_{CA})$ ; напряжение  $U_{BC}$  распределяется между ними пропорционально величинам сопротивлений.

Задачи для самостоятельного решения.

*Расчет цепей при соединении нагрузки звездой*

128. Трехфазный асинхронный двигатель, соединенный звездой, включен в сеть с  $U_{л} = 380$  В. Сопротивление каждой фазы двигателя равно  $Z_{\phi} = 5 + j5$  Ом. Привести схему включения двигателя, определить потребляемую им активную мощность и построить векторную диаграмму.

129. В трехфазную сеть с  $U_{л} = 380$  В включен соединенный звездой трехфазный асинхронный двигатель с  $P_N = 3$  кВт,  $I_N = 10$  А,  $\eta_N = 90\%$ . Начертить схему включения двигателя и вычислить параметры его схемы замещения  $r_{\phi}$ ,  $X_{\phi}$ . Построить векторную диаграмму.

130. Три одинаковых резистора  $r_A = r_B = r_C = 10$  Ом соединены звездой и подключены к источнику с  $U_{л} = 220$  В. Найти токи в схеме в исходном режиме и при обрыве провода "A" при работе с нейтральным проводом и без него. Построить векторные диаграммы.

131. К трехфазной сети с  $U_{л} = 380$  В подключен соединенный звездой симметричный приемник мощностью 5,5 кВт, его фазный ток равен 10 А. Определить активное и реактивное сопротивления фазы приемника.

132. Три одинаковые группы ламп соединены звездой и подключены к трехпроводной сети с  $U_{л} = 380$  В. Определить напряжения на фазах приемника для следующих режимов работы:

а) во всех фазах включено одинаковое количество ламп;

# Задание 2, №134(1)

сети с  $U_{л} = 380$  В подключен соединенный звезд-  
 ник мощностью 5,5 кВт, его фазный ток равен  
 ное и реактивное сопротивление фазы приемника.  
 не группы ламп соединены звездой и подключены  
 $U_{л} = 380$  В. Определить напряжения на фазах  
 режимов работы:

включено одинаковое количество ламп;

б) выключены все лампы в фазе "А";  
 в) фаза "А" замкнута накоротко;  
 г) выключены лампы фаз "А" и "В".

133. Каждая из обмоток двигателя  
 (рис. 110) состоит из двух одинаковых  
 секций. Определить показание вольтмет-  
 ра, если  $U_{л} = 380$  В.

134. Освещение (чисто активная на-  
 грузка) питается от четырехпроводной  
 сети с  $U_{л} = 380$  В. Сопротивления по фа-  
 зам даны в табл. 18. Определить линей-

56

Таблица 18

Вариант	1	2	3	4	5	6
$r_A$ , Ом	100	40	50	48	24	-
$r_B$ , Ом	100	80	50	100	48	80
$r_C$ , Ом	200	40	-	48	96	40

ные токи, ток в нейтральном проводе и построить векторную диаграмму.

135. Несимметричная активно-индуктивная нагрузка соединена зве-  
 здой с нейтральным проводом и подключена к сети с  $U_{л} = 660$  В. Исход-  
 ные данные приведены в табл. 19. Начертить электрическую схему, оп-  
 определить все токи и построить векторную диаграмму.

Таблица 19

Вариант	$P_A$ , Вт	$\cos\varphi_A$	$P_B$ , Вт	$\cos\varphi_B$	$P_C$ , Вт	$\cos\varphi_C$
1	100	0,50	100	0,80	100	1,00
2	500	0,71	1000	0,71	500	0,71
3	190	0,87	190	0,50	380	0,60
4	110	0,60	380	0,80	190	0,71
5	500	1,00	300	0,60	300	0,60

136. Несимметричная активно-реактивная нагрузка соединена звез-  
 дой с нейтральным проводом и подключена к четырехпроводной сети  
 $U_{л} = 380$  В. Сопротивления фаз в омах по вариантам даны в табл. 20  
 Начертить электрическую схему, определить линейные токи и ток в не-  
 тральном проводе и построить векторную диаграмму.

Таблица 20

# Задание 3, №136(1)

2	500	0,71	1000	0,71	500	0,71
3	190	0,87	190	0,50	380	0,60
4	110	0,60	380	0,80	190	0,71
5	500	1,00	300	0,60	300	0,60

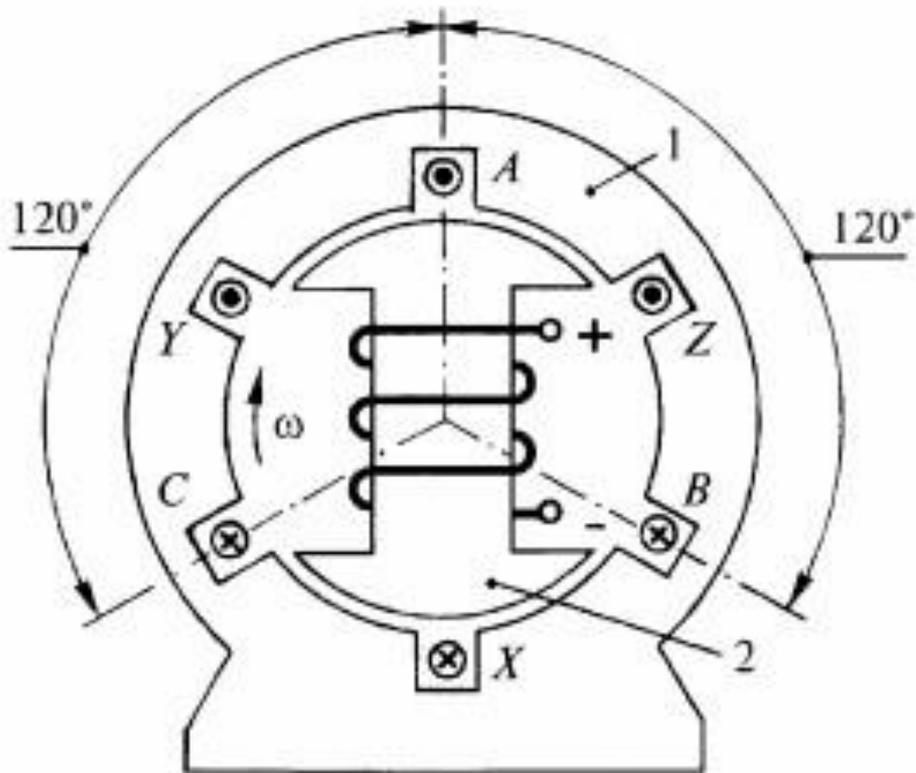
136. Несимметричная активно-реактивная нагрузка соединена звездой с нейтральным проводом и подключена к четырехпроводной сети с  $U_{л} = 380$  В. Сопротивления фаз в омах по вариантам даны в табл. 20. Начертить электрическую схему, определить линейные токи и ток в нейтральном проводе и построить векторную диаграмму.

Таблица 20

Вариант	Фаза А	Фаза В	Фаза С
1	100	$50 - j87$	$50 + j87$
2	$j100$	$60 + j80$	$87 + j50$
3	$-j100$	100	100
4	$50 + j87$	$87 - j50$	$50 + j87$
5	$87 - j50$	$87 + j50$	$-j100$
6	$j100$	$-j100$	100

137. К трехфазной сети с  $U_{л} = 220$  В подключено по схеме звезда три однофазных приемника: печь ( $r_{II} = 10$  Ом), двигатель ( $Z_{дв} = 10$  Ом,  $\cos\varphi_{дв} = 0,7$ ), лампочки ( $P_{л} = 1100$  Вт). Начертить схему

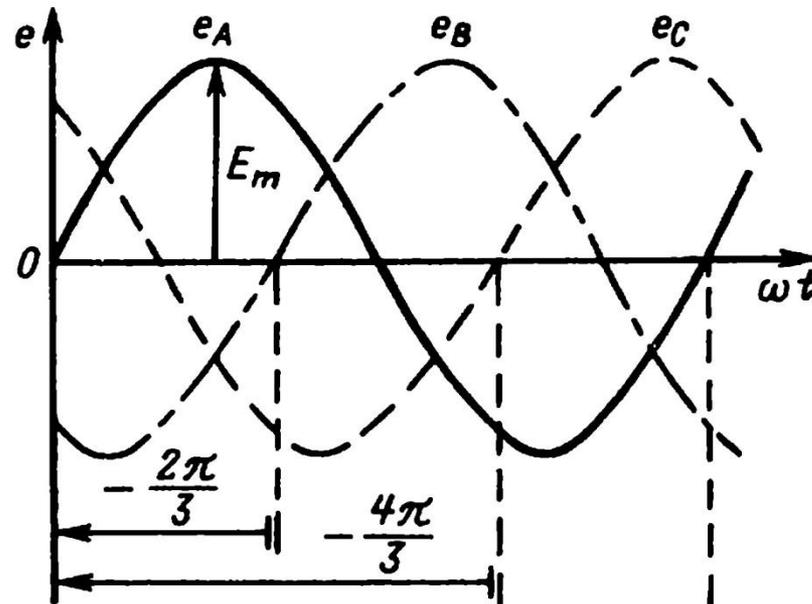
# Устройство трехфазного генератора



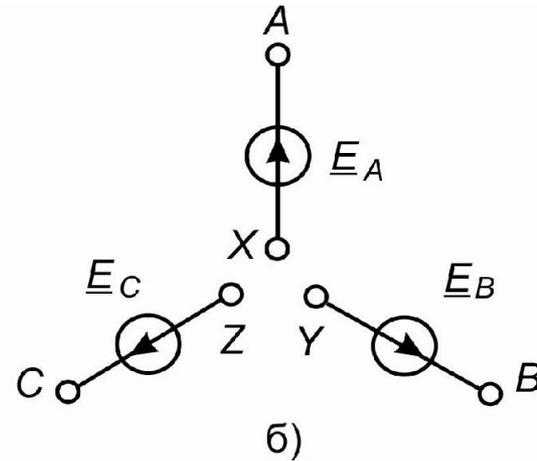
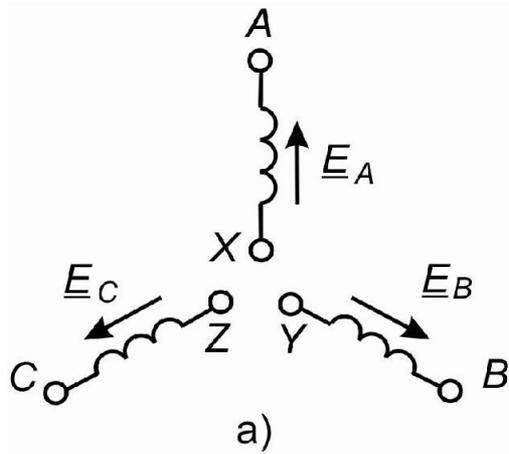
- На статоре 1 генератора размещается обмотка, состоящая из трех частей или, как их принято называть, фаз. Обмотки фаз располагаются на статоре таким образом, чтобы их магнитные оси были сдвинуты в пространстве относительно друг друга на угол  $2\pi/3$ , т.е. на  $120^\circ$ .
- Рис. 1.1. Устройство трехфазного генератора
- На рис. 1.1 каждая фаза обмотки статора условно показана состоящей из одного витка. Начала фаз обозначены буквами A, B и C, а концы – X, Y, Z. Ротор 2 представляет собой электромагнит, возбуждаемый постоянным током обмотки возбуждения, расположенной на роторе.

# Графики мгновенных значений трехфазной симметричной системы ЭДС

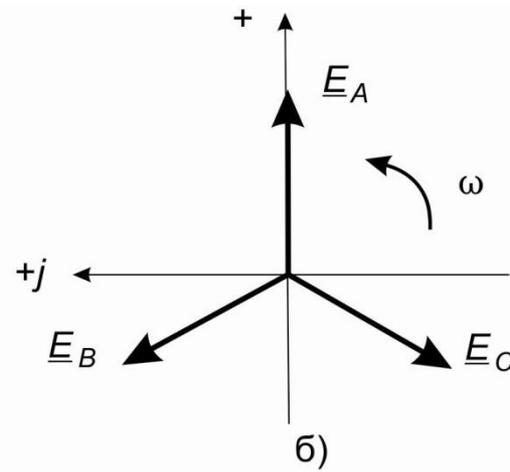
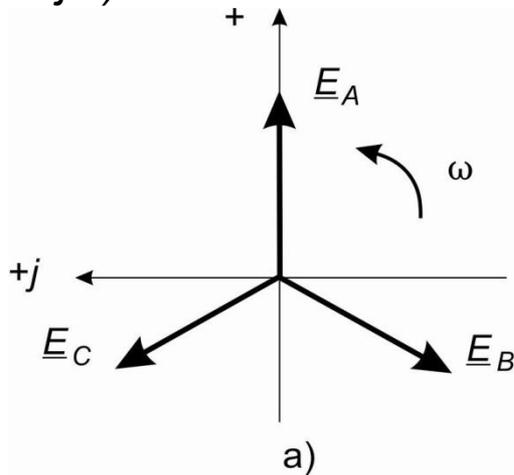
- Если ЭДС одной фазы (например, фазы А) принять за исходную и считать её начальную фазу равной нулю, то выражения мгновенных значений ЭДС можно записать в виде
- $e_A = E_m \sin \omega t$ ,
- $e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$ ,  $e_C = E_m \sin(\omega t - 240^\circ) = E_m \sin(\omega t + 120^\circ)$   
 $\underline{E}_A + \underline{E}_B + \underline{E}_C = 0$ .



Условные изображения обмоток статора трехфазных генераторов и трансформаторов и векторные диаграммы напряжений и ЭДС для прямой (а) и обратной (б) последовательности фаз, Последовательность фаз определяет направление вращения трехфазных двигателей. Для определения последовательности фаз имеются специальные приборы – фазоуказатели.



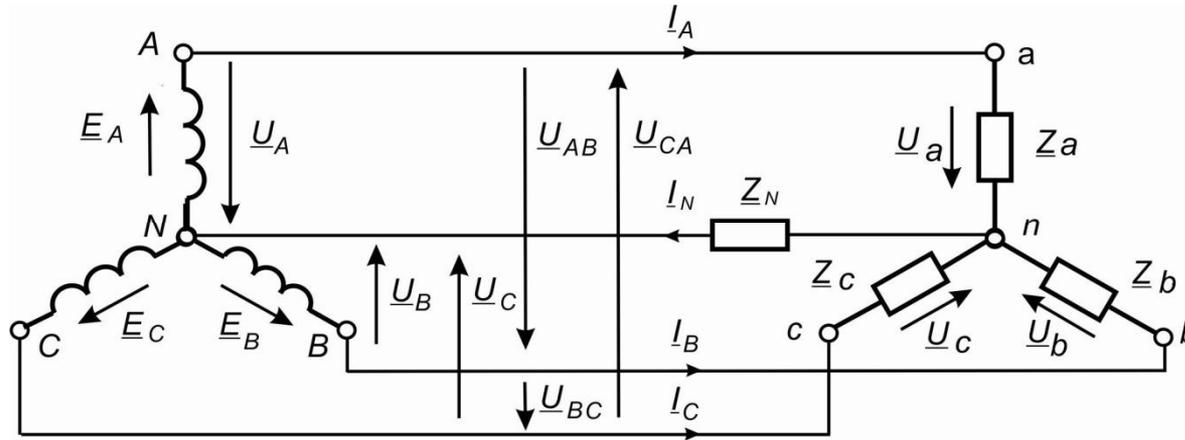
$$\underline{E}_A + \underline{E}_B + \underline{E}_C = 0. \quad e_A + e_B + e_C = 0 \quad \underline{E}_A = E_m e^{j0} = E_m(1 + j0), \quad \underline{E}_B = E_m e^{-j120^\circ} = E_m(-1/2 - j/2), \quad \underline{E}_C = E_m e^{j120^\circ} = E_m(-1/2 + j/2).$$



# Соединение фаз генератора и приемника звездой

- Более совершенными и экономичными являются связанные цепи, в которых фазы обмотки электрически соединены между собой. Существуют различные способы соединения фаз трехфазных источников питания и трехфазных потребителей электроэнергии. Наиболее распространенными являются соединения "звезда" и "треугольник". При этом способ соединения фаз источников и фаз потребителей в трехфазных системах могут быть различными. Фазы источника обычно соединены "звездой", фазы потребителей соединяются либо "звездой", либо "треугольником".
- При соединении фаз обмотки генератора (или трансформатора) звездой их концы  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соединяют в одну общую точку  $N$ , называемую нейтральной точкой (или нейтралью) (рис. 1.6). Концы фаз приемников ( $Z_a$ ,  $Z_b$ ,  $Z_c$ ) также соединяют в одну точку  $n$ . Такое соединение называется соединением «звезда».

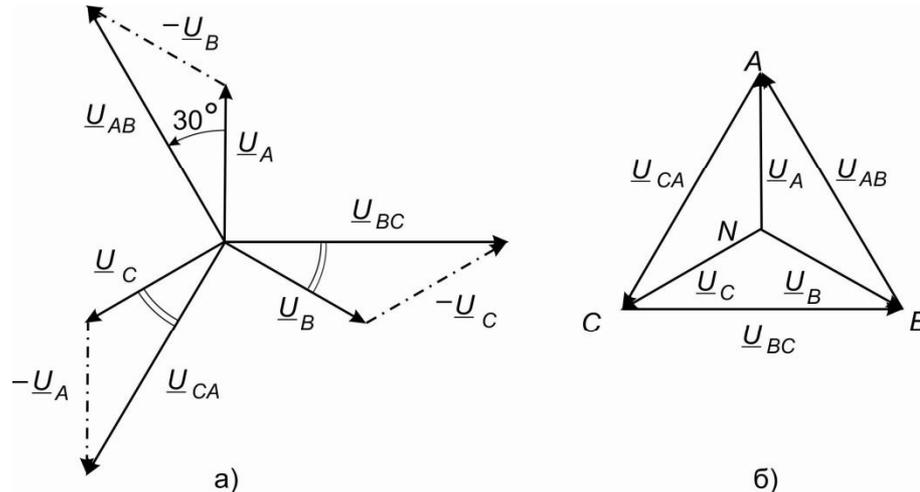
# Схема связанной четырехпроводной трехфазной цепи



- Провода  $A-a$ ,  $B-b$  и  $C-c$ , соединяющие начала фаз генератора и приемника, называются линейными, провод  $N-n$ , соединяющий точку  $N$  генератора с точкой  $n$  приемника, – нейтральным.
- Трехфазная цепь с нейтральным проводом будет четырехпроводной, без нейтрального провода – трехпроводной.
- В трехфазных цепях различают фазные и линейные напряжения. Фазное напряжение  $U_{\Phi}$  – напряжение между началом и концом фазы или между линейным проводом и нейтралью ( $U_A, U_B, U_C$  у источника;  $U_a, U_b, U_c$  у приемника). Если сопротивлением проводов можно пренебречь, то фазное напряжение в приемнике считают таким же, как и в источнике.
- ( $U_A=U_a, U_B=U_b, U_C=U_c$ ). За условно положительные направления фазных напряжений принимают направления от начала к концу фаз.

- Линейное напряжение ( $U_{\text{л}}$ ) – напряжение между линейными проводами или между одноименными выводами разных фаз ( $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$ ). Условно положительные направления линейных напряжений приняты от точек, соответствующих первому индексу, к точкам соответствующим второму индексу. .
- Предусмотренные ГОСТом линейные и фазные напряжения для цепей низкого напряжения связаны между собой соотношениями:
  - $U_{\text{л}}=660\text{В}; U_{\text{ф}}=380\text{В};$
  - $U_{\text{л}}=380\text{В}; U_{\text{ф}}=220\text{В}; U_{\text{л}}=220\text{В}; U_{\text{ф}}=127\text{В}.$
- Векторную диаграмму удобно выполнить топографической, тогда каждой точке цепи соответствует определенная точка на диаграмме. Вектор, проведенный между двумя точками топографической диаграммы, выражает по величине и фазе напряжения между одноименными точками цепи.
- По аналогии с фазными и линейными напряжениями различают также фазные и линейные токи:
  - Фазные ( $I_{\text{ф}}$ ) – это токи в фазах генератора и приемников.
  - Линейные ( $I_{\text{л}}$ ) – токи в линейных проводах.
- При соединении в звезду фазные и линейные токи равны
- $I_{\text{ф}}=I_{\text{л}}.$
- Ток, протекающий в нейтральном проводе, обозначают  $I_{\text{N}}$ .

# Векторные диаграммы фазных и линейных напряжений при соединении источника звездой



- По первому закону Кирхгофа для нейтральной точки  $n$  ( $N$ ) имеем в комплексной форме
- $\underline{I}_N = \underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C$ .
- 
- В соответствии с выбранными условными положительными направлениями фазных и линейных напряжений можно записать уравнения по второму закону Кирхгофа.
- $\underline{U}_{AB} = \underline{U}_A - \underline{U}_B$ ;  $\underline{U}_{BC} = \underline{U}_B - \underline{U}_C$ ;  $\underline{U}_{CA} = \underline{U}_C - \underline{U}_A$ .
- Согласно этим выражениям на рис. а построена векторная диаграмма, из которой видно, что при симметричной системе фазных напряжений система линейных напряжений тоже симметрична:  $\underline{U}_{AB}$ ,  $\underline{U}_{BC}$ ,  $\underline{U}_{CA}$  равны по величине и сдвинуты по фазе относительно друг друга на  $120^\circ$  (общее обозначение  $U_\Delta$ ), и опережают, соответственно, векторы фазных напряжений  $\underline{U}_A$ ,  $\underline{U}_B$ ,  $\underline{U}_C$  ( $U_\phi$ ) на угол  $30^\circ$ .
- Действующие значения линейных напряжений можно определить графически по векторной диаграмме или по формуле, которая следует из треугольника, образованного векторами двух фазных и одного линейного напряжений:
- $U_\Delta = 2U_\phi \cos 30^\circ$

# Классификация приемников в трехфазной цепи

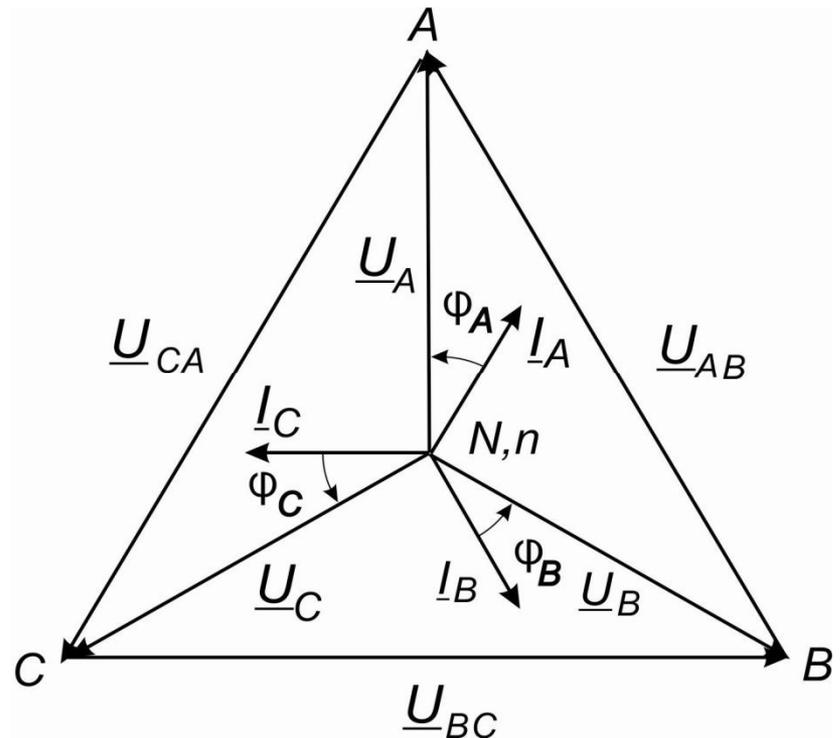
- Приемники, включаемые в трехфазную цепь, могут быть либо однофазными, либо трехфазными. К однофазным приемникам относятся электрические лампы накаливания и другие осветительные приборы, различные бытовые приборы, однофазные двигатели и т.д. К трехфазным приемникам относятся трехфазные асинхронные двигатели и индукционные печи. Обычно комплексные сопротивления фаз трехфазных приемников равны между собой:
- $\underline{Z}_a = \underline{Z}_b = \underline{Z}_c = Z e^{j\varphi}$ .
- Такие приемники называют симметричными. Если это условие не выполняется, то приемники называют несимметричными. При этом, если  $Z_a = Z_b = Z_c$ , то трехфазный приемник называют равномерным, если  $\varphi_a = \varphi_b = \varphi_c$ , то однородным.

# Четырехпроводная цепь

- Для расчета трехфазной цепи применимы все методы, используемые для расчета линейных цепей. Обычно сопротивления проводов и внутреннее сопротивление генератора меньше сопротивлений приемников, поэтому для упрощения расчетов таких цепей (если не требуется большая точность) сопротивления проводов можно не учитывать ( $Z_{\text{л}} = 0$ ,  $Z_N = 0$ ).
- Тогда фазные напряжения приемника  $U_a$ ,  $U_b$  и  $U_c$  будут равны соответственно фазным напряжениям источника электрической энергии (генератора или вторичной обмотки трансформатора), т. е.  $U_a = U_A$ ;  $U_b = U_B$ ;  $U_c = U_C$ . Если полные комплексные сопротивления фаз приемника равны  $\underline{Z}_a = \underline{Z}_b = \underline{Z}_c$ , то токи в каждой фазе можно определить по формулам  $\underline{I}_a = \underline{U}_a / \underline{Z}_a$ ;  $\underline{I}_b = \underline{U}_b / \underline{Z}_b$ ;  $\underline{I}_c = \underline{U}_c / \underline{Z}_c$ .
- В соответствии с первым законом Кирхгофа ток в нейтральном проводе
- $\underline{I}_N = \underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = \underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C$ .

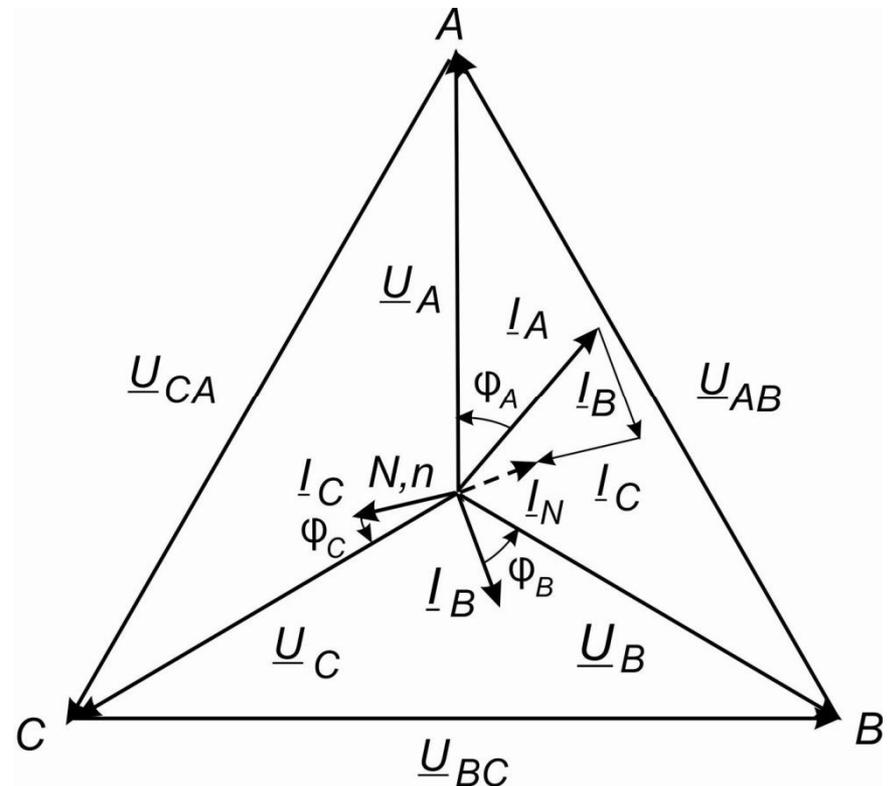
# Симметричная нагрузка приемника

- При симметричной системе напряжений и симметричной нагрузке, когда  $\underline{Z}_a = \underline{Z}_b = \underline{Z}_c$ , т.е. когда  $R_a = R_b = R_c = R_\phi$  и  $X_a = X_b = X_c = X_\phi$ , фазные токи равны по значению и углы сдвига фаз одинаковы
- $I_a = I_b = I_c = I_\phi = U_\phi / Z_\phi$ , (1.12)  $\varphi_a = \varphi_b = \varphi_c = \varphi = \arctg(X_\phi/R_\phi)$ .
- Построив векторную диаграмму токов для симметричного приемника, легко установить, что геометрическая сумма трех векторов тока равна нулю:  $\underline{I}_a + \underline{I}_b + \underline{I}_c = 0$ . Следовательно, в случае симметричной нагрузки ток в нейтральном проводе  $I_N = 0$ , поэтому необходимость в нейтральном проводе отпадает.

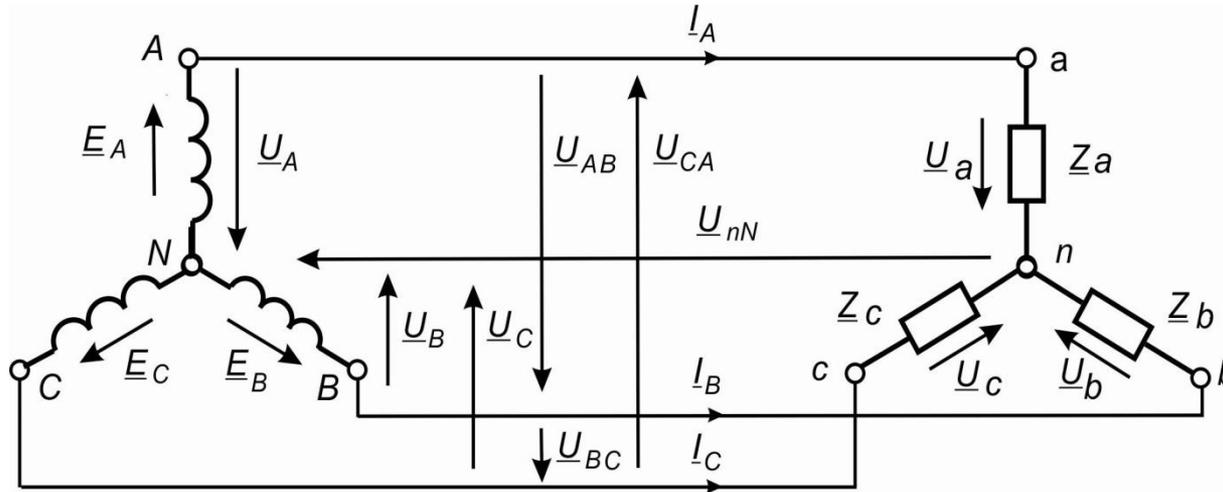


# Несимметричная нагрузка приемника

- При симметричной системе напряжений и несимметричной нагрузке, когда  $Z_a \neq Z_b \neq Z_c$  и  $\varphi_a \neq \varphi_b \neq \varphi_c$  токи в фазах потребителя различны и определяются по закону Ома
- $I_a = U_a / Z_a$ ;  $I_b = U_b / Z_b$ ;  $I_c = U_c / Z_c$ .
- Ток в нейтральном проводе  $I_N$  равен геометрической сумме фазных токов
- $I_N = I_a + I_b + I_c$ .
- Напряжения будут  $U_a = U_{A^0}$ ;  $U_b = U_{B^0}$ ;  $U_c = U_{C^0}$ ,  $\varphi = \pi/3$ , благодаря нейтральному проводу при  $Z_N = 0$ .
- Следовательно, нейтральный провод обеспечивает симметрию фазных напряжений приемника при несимметричной нагрузке.
- Поэтому в четырехпроводную сеть включают однофазные несимметричные нагрузки, например, электрические лампы накаливания. Режим работы каждой фазы нагрузки, находящейся под неизменным фазным напряжением генератора, не будет зависеть от режима работы других фаз.



# Трехпроводная электрическая цепь, симметричная нагрузка(авар.режим)



- При симметричной нагрузке, когда  $\underline{Z}_a = \underline{Z}_b = \underline{Z}_c = Z_\phi$ , напряжение между нейтральной точкой источника  $N$  и нейтральной точкой приемника  $n$  равно нулю,  $U_{nN} = 0$ .
- Соотношение между фазными и линейными напряжениями приемника также равно  $\sqrt{3}$ , т.е.  $U_\phi = U_\Delta / \sqrt{3}$ , а токи в фазах определяются по тем же формулам, что и для четырехпроводной цепи. В случае симметричного приемника достаточно определить ток только в одной из фаз. Сдвиг фаз между током и соответствующим напряжением  $\varphi = \arctg (X / R)$ .

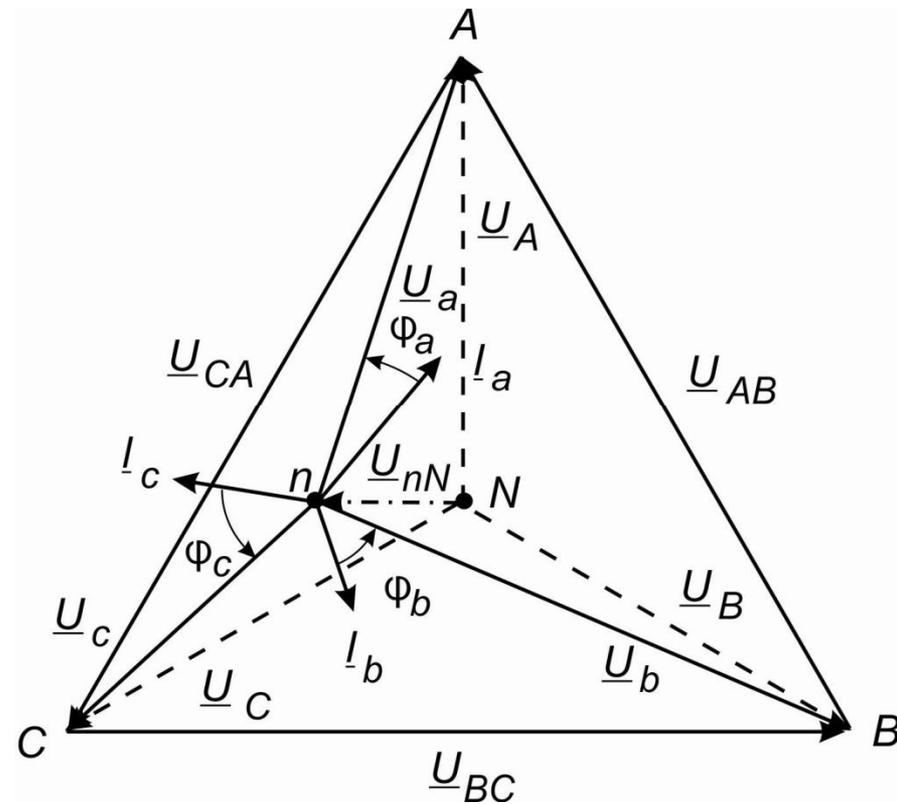
# Несимметричная нагрузка

- При несимметричной нагрузке  $\underline{Z}_a \neq \underline{Z}_b \neq \underline{Z}_c$  между нейтральными точками приемника и источника электроэнергии возникает напряжение смещения нейтрали  $\underline{U}_{nN}$ .
- Для определения напряжения смещения нейтрали можно воспользоваться формулой межузлового напряжения, так как схема рис. представляет собой схему с двумя узлами,
- 
- $$\underline{U}_{nN} = (\underline{Y}_a \underline{U}_a + \underline{Y}_b \underline{U}_b + \underline{Y}_c \underline{U}_c) / (\underline{Y}_a + \underline{Y}_b + \underline{Y}_c)$$
- где:  $\underline{Y}_a = 1 / \underline{Z}_a$ ;  $\underline{Y}_b = 1 / \underline{Z}_b$ ;  $\underline{Y}_c = 1 / \underline{Z}_c$  – комплексы проводимостей фаз нагрузки.
- Очевидно, что теперь напряжения на фазах приемника будут отличаться друг от друга. Из второго закона Кирхгофа следует, что
- $\underline{U}_a = \underline{U}_A - \underline{U}_{nN}$ ;  $\underline{U}_b = \underline{U}_B - \underline{U}_{nN}$ ;  $\underline{U}_c = \underline{U}_C - \underline{U}_{nN}$ . Зная фазные напряжения приемника, можно определить фазные токи:
- $\underline{I}_a = \underline{U}_a / \underline{Z}_a = \underline{Y}_a \underline{U}_a$ ;  $\underline{I}_b = \underline{U}_b / \underline{Z}_b = \underline{Y}_b \underline{U}_b$ ;  $\underline{I}_c = \underline{U}_c / \underline{Z}_c = \underline{Y}_c \underline{U}_c$ .
- Векторы фазных напряжений можно определить графически, построив векторную (топографическую) диаграмму фазных напряжений источника питания и  $\underline{U}_{nN}$ .

- При изменении величины (или характера) фазных сопротивлений напряжение смещений нейтрали  $\underline{U}_{nN}$  может изменяться в широких пределах. При этом нейтральная точка приемника  $n$  на диаграмме может занимать разные положения, а фазные напряжения приемника  $\underline{U}_a$ ,  $\underline{U}_b$  и  $\underline{U}_c$  могут отличаться друг от друга весьма существенно.
- Таким образом, при симметричной нагрузке нейтральный провод можно удалить и это не повлияет на фазные напряжения приемника. При несимметричной нагрузке и отсутствии нейтрального провода фазные напряжения нагрузки уже не связаны жестко с фазными напряжениями генератора, так как на нагрузку воздействуют только линейные напряжения генератора. Несимметричная нагрузка в таких условиях вызывает несимметрию ее фазных напряжений  $\underline{U}_a$ ,  $\underline{U}_b$ ,  $\underline{U}_c$  и смещение ее нейтральной точки  $n$  из центра треугольника напряжений (смещение нейтрали).

# Векторная диаграмма напряжений и токов при соединении несимметричной нагрузки без нейтрального провода

- Направление смещения нейтрали зависит от последовательности фаз системы и характера нагрузки.
- Поэтому нейтральный провод необходим для того, чтобы:
  - выравнивать фазные напряжения приемника при несимметричной нагрузке;
  - подключать к трехфазной цепи однофазные приемники с номинальным напряжением в  $\sqrt{3}$  раз меньше номинального линейного напряжения сети.
- Следует иметь в виду, что в цепь нейтрального провода нельзя ставить предохранитель, так как перегорание предохранителя приведет к разрыву нейтрального провода и появлению значительных перенапряжений на фазах нагрузки.



# Общие замечания к расчету трехфазных цепей

- При расчете трехфазных цепей исходят из предположения, что генератор дает симметричную систему напряжений. На практике несимметрия нагрузки практически не влияет на систему напряжений генератора в том случае, если мощность нагрузки мала по сравнению с мощностью генератора или сети электроснабжения.
- Схема соединения обмоток трехфазного генератора не предопределяет схему соединения нагрузки. Так, при соединении фаз генератора в звезду нагрузка может быть соединена в звезду с нейтральным проводом, в звезду без нейтрального провода или, наконец, в треугольник.

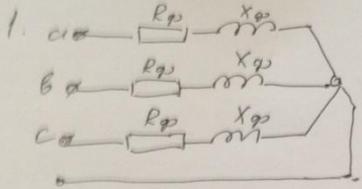
# Мощность трехфазной цепи, ее расчет

- В трехфазных цепях, так же как и в однофазных, пользуются понятиями активной, реактивной и полной мощностей.
- **Соединение потребителей звездой**
- В общем случае несимметричной нагрузки активная мощность трехфазного приемника равна сумме активных мощностей отдельных фаз
- $P = P_a + P_b + P_c$ ,
- Где:  $P_a = U_a I_a \cos \varphi_a$ ;  $P_b = U_b I_b \cos \varphi_b$ ;  $P_c = U_c I_c \cos \varphi_c$ ;
- 
- $U_a, U_b, U_c$ ;  $I_a, I_b, I_c$  – фазные напряжения и токи;  $\varphi_a, \varphi_b, \varphi_c$  – углы сдвига фаз между напряжением и током.
- Реактивная мощность соответственно равна алгебраической сумме реактивных мощностей отдельных фаз:
- $Q = Q_a + Q_b + Q_c$ , где  $Q_a = U_a I_a \sin \varphi_a$ ;  $Q_b = U_b I_b \sin \varphi_b$ ;  $Q_c = U_c I_c \sin \varphi_c$ .
- Полная мощность отдельных фаз  $S_a = U_a I_a$ ;  $S_b = U_b I_b$ ;  $S_c = U_c I_c$ .
- Полная мощность трехфазного приемника будет равна корню квадратному из суммы квадратов активных и реактивных мощностей.

- При симметричной системе напряжений ( $U_a = U_b = U_c = U_\phi$ ) и симметричной нагрузке ( $I_a = I_b = I_c = I_\phi$ ;  $\varphi_a = \varphi_b = \varphi_c = \varphi$ ) фазные мощности равны
- $P_a = P_b = P_c = P_\phi = U_\phi I_\phi \cos \varphi$ ;
- $Q_a = Q_b = Q_c = Q_\phi = U_\phi I_\phi \sin \varphi$ .
- Активная мощность симметричного трехфазного приемника
- $= 3 P_\phi = 3 U_\phi I_\phi \cos \varphi$ .
- Аналогично выражается и реактивная мощность  $Q = 3 Q_\phi = 3 U_\phi I_\phi \sin \varphi$ .
- Полная мощность
- $S = 3 S_\phi = 3 U_\phi I_\phi$ .
- Отсюда следует, что в трехфазной цепи при симметричной системе напряжений и симметричной нагрузке достаточно измерить мощность одной фазы и утроить результат.

# К задаче №129

Работа двигателя



$P_H = 3 \text{ кВт} = 3000 \text{ Вт}$  — полезная мощность (на валу)  
(н) — режим номинальной нагрузки.  
 $\eta_H$  — к.п.д. (режим номинален)

$$\eta_H = \frac{P_H}{P_{H \text{ электр}}}$$

$U_{\text{л}} = U_H = 380 \text{ В}; \quad \therefore U_{\phi} = U_H / \sqrt{3}$

$P_{H \text{ электр}} = 3 P_{\phi \text{ фазных}} = 3 U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \cos \varphi_{\phi}$

$I_H = I_{\text{л}} = I_{\phi} = 10 \text{ А}; \quad \text{т.к. } U_{\phi} = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}}, \quad I_{\text{л}} = I_{\phi}$

$P_{H \text{ электр}} = \sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\text{л}} \cos \varphi_{\phi}$

# Задача №136(1)

Комплексный метод расчета сх.

1. Исходные данные

1.1. Источники

фазные напряжения

$$\begin{cases} \dot{U}_a = U_{\varphi} e^{j0} \\ \dot{U}_b = U_{\varphi} e^{-j120^\circ} \\ \dot{U}_c = U_{\varphi} e^{j120^\circ} \end{cases}$$

линейные напряжения

$$\begin{cases} \dot{U}_{ab} = U_n e^{j30^\circ} \\ \dot{U}_{bc} = U_n e^{-j90^\circ} \\ \dot{U}_{ca} = U_n e^{j150^\circ} \end{cases}$$
$$U_n = \sqrt{3} U_{\varphi}$$
$$U_n = 380 \text{ В}$$
$$U_{\varphi} = 220 \text{ В}$$

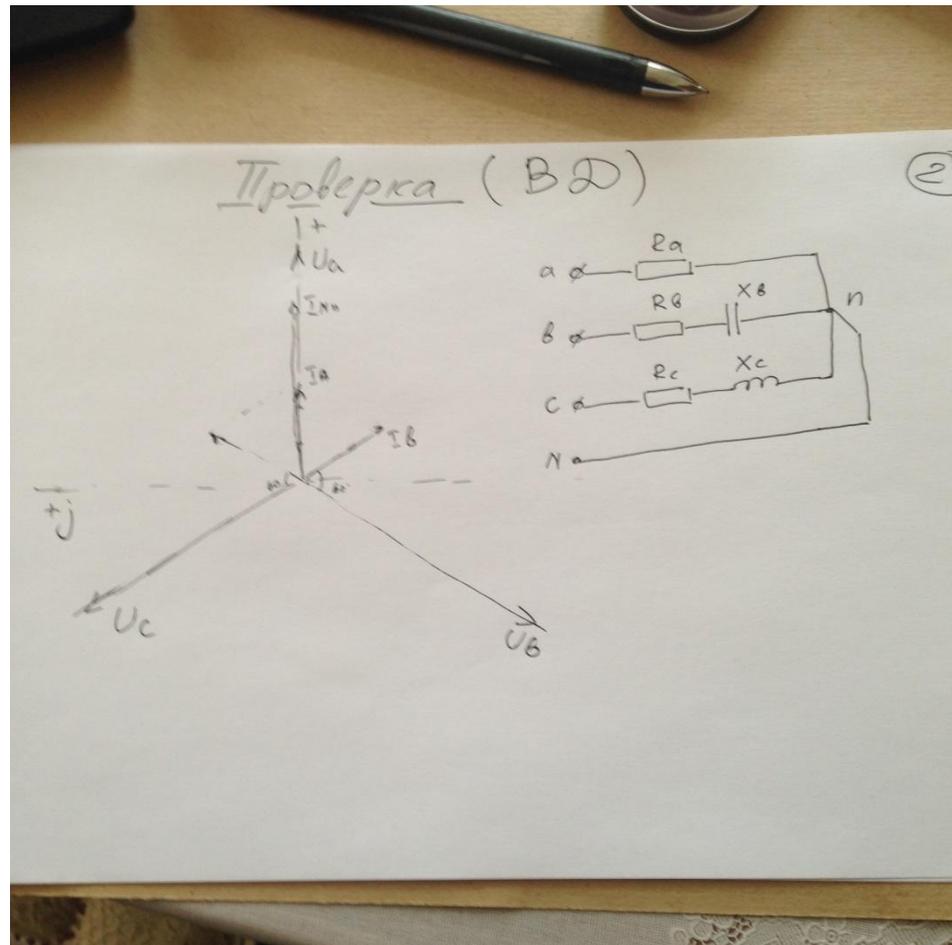
1.2. Нагрузка

$$\begin{aligned} Z_a &= R_a = 100 e^{j0^\circ} \\ Z_b &= 50 - j87 = 100 e^{-j60^\circ} \\ Z_c &= 50 + j87 = 100 e^{j60^\circ} \end{aligned}$$

2. Определим токи

$$\dot{I}_a = \frac{\dot{U}_a}{Z_a}; \quad \dot{I}_b = \frac{\dot{U}_b}{Z_b}$$
$$\dot{I}_c = \frac{\dot{U}_c}{Z_c}$$
$$\dot{I}_{Nn} = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c$$

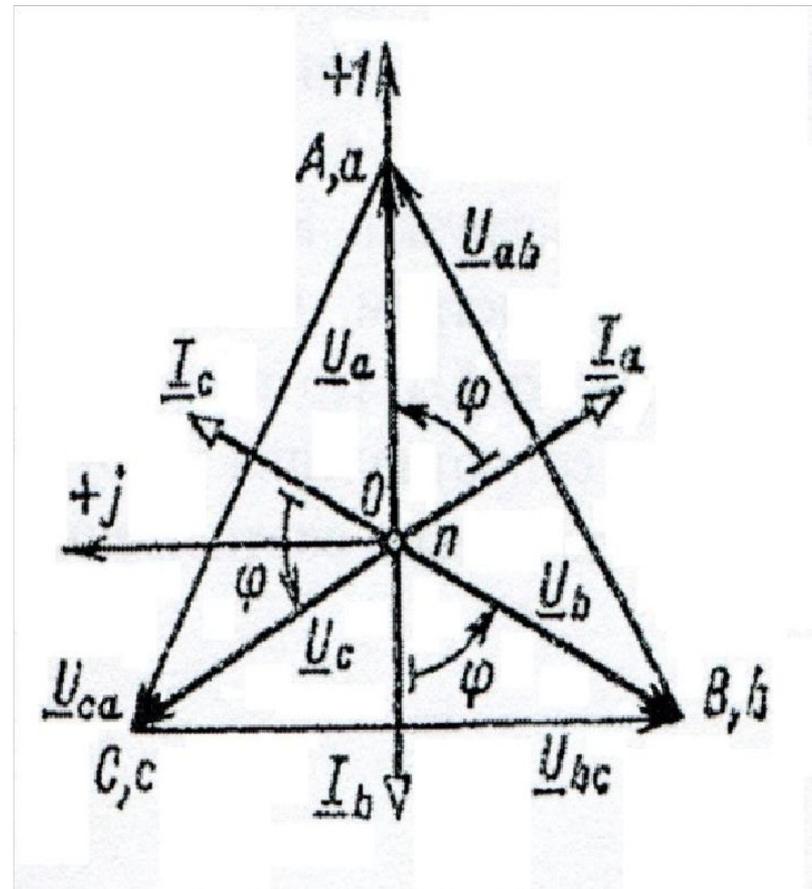
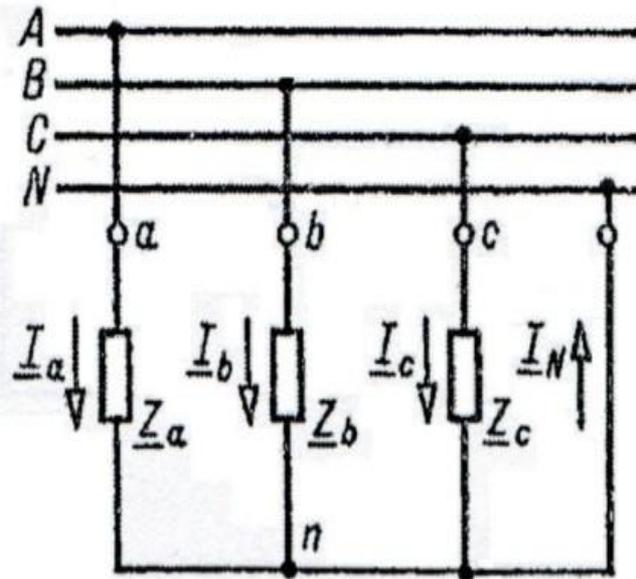
# Схема замещения и ВД



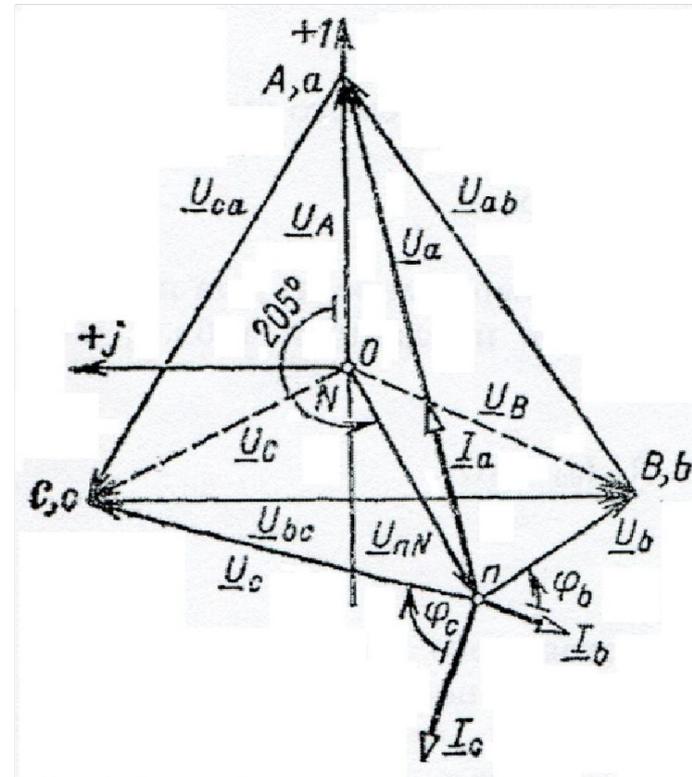
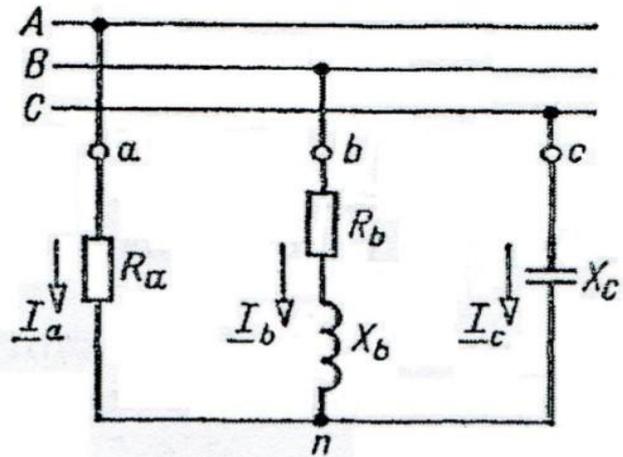
# Домашнее задание

- № 131, 136(2), 138
- Фотографии практики и Д/З отправить мне на почту и в раздел Д/З (контрольная работа) до 15.4

# Пример 1



# Пример 2



# Пример 4

