

## Лабораторно-практическая работа.

**Тема:** Исследование трехфазной цепи при соединении потребителей «звездой» и «треугольником».

**Цель работы:** Сформировать знания о трехфазной системе переменного тока при соединении потребителей «звездой» и «треугольником», при равномерной и неравномерной нагрузке фаз. Изучить основные соотношения между токами и напряжениями, выяснить роль нулевого провода в четырехпроводной системе трехфазного тока.

### Оборудование:

1. Амперметры переменного тока;
2. Вольтметр переменного тока;
3. Лампы;
4. Соединительные провода.

### Методические рекомендации.

От трехфазного генератора переменного тока обычно отходят четыре провода - три линейных  $A, B, C$  и один нейтральный, или нулевой,  $O$ . (рис. 1).

Напряжения  $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$ , действующие между соответствующими линейными проводами, обычно равны между собой по величине, сдвинуты по фазе относительно друг друга на угол  $\frac{2\pi}{3} = 120^\circ$  и носят название линейных, а напряжения  $U_A, U_B, U_C$ , действующие между соответствующим линейным и нейтральным проводами, называются фазными. Отдельные однофазные приемники перед включением их в сеть распределяются на три группы примерно одинаковой мощности, которые нужно соединить между собой «звездой» или «треугольником».

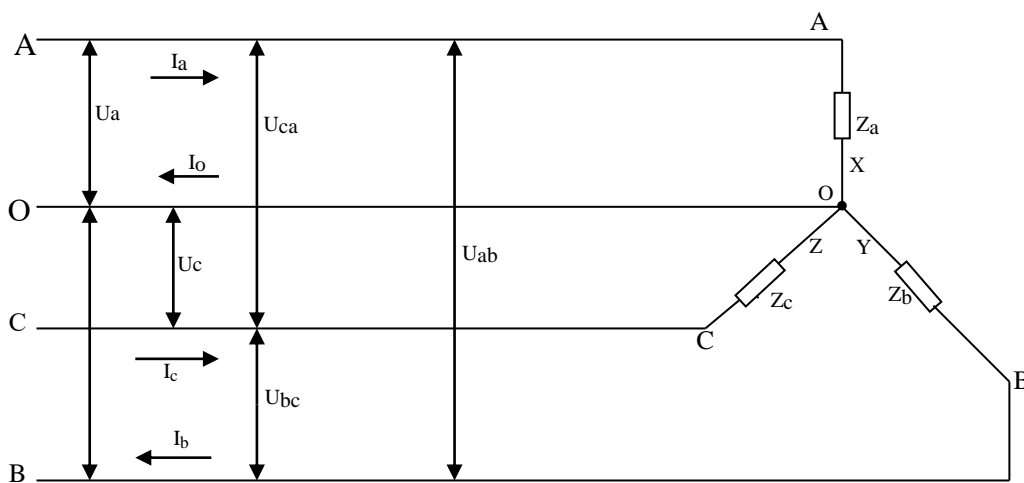


Рис. 1. Схема соединения приемников электроэнергии, включенных в «звезду» по четырехпроводной схеме с нулевым проводом.

Для соединения трех однофазных приемников  $Z_A, Z_B, Z_C$  «звездой» (рис. 1) необходимо их концы  $x, y, z$  соединить в общую нейтральную или нулевую точку, а к оставшимся свободным началам  $A, B, C$  подвести электроэнергию линейными проводами

от трехфазной сети. Нулевую точку присоединяют к четвертому, нейтральному, уравнительному, или нулевому, проводу.

Если полные сопротивления фаз  $Z_A, Z_B, Z_C$  отдельных приемников равны между собой  $Z_A=Z_B=Z_C=Z_\phi$  и углы сдвига фаз между фазными напряжениями и соответствующими им фазными токами одинаковы  $\varphi_A=\varphi_B=\varphi_C=\varphi_\phi$ , то такую нагрузку называют симметричной или равномерной. При симметричной нагрузке ток в нейтральном проводе  $I_0=0$ , что позволяет трехфазную линию выполнить трехпроводной. Если указанные равенства не соблюдаются, т. е. к трехфазной системе присоединены три различных по величине сопротивления или углу сдвига фаз, то такая нагрузка называется несимметричной или неравномерной. При этом в каждой фазе и в каждом линейном проводе потекут различные по величине и углу сдвига фаз токи, симметрия будет нарушена и в нейтральном проводе возникнет ток  $I_0$  равный геометрической сумме токов трех фаз.

При несимметричном режиме и наличии нейтрального провода приемники  $Z_A, Z_B, Z_C$  находятся под одинаковыми по величине фазными напряжениями  $U_A=U_B=U_C=U_\phi$ .

При обрыве нейтрального (нулевого) провода нормальный режим работы трехфазной установки нарушается: фазные токи изменяются и устанавливаются такими, чтобы их сумма стала равной нулю. Это приводит к искажению симметрии фазных напряжений, в результате чего приемники оказываются под напряжениями, отличающимися от номинального значения фазного напряжения.

При соединении приемников «звездой» токи в подводящих проводах - линейные токи  $I_A, I_B, I_C$  - становятся одновременно и токами приемников соответствующих фаз, т. е. фазными токами  $I_\phi$ . Поэтому при соединении приемников «звездой» справедливо равенство  $I_L=I_\phi$ . Между линейными и фазными напряжениями существует зависимость  $U_L=\sqrt{3}U_\phi$ . Это позволяет для трехфазной четырехпроводной системы, например для напряжения 380/220В, присоединять к сети одновременно как трехфазные приемники на 380В, так и однофазные на 220В.

Для соединения трех однофазных приемников  $Z_{AB}, Z_{BC}, Z_{CA}$  «треугольником» (рис. 2) надо конец  $x$  первого приемника соединить с началом  $B$  второго, конец  $y$  второго - с началом  $C$  третьего, конец  $z$  третьего - с началом  $A$  первого приемника, а к узлам полученного треугольника подвести линейными проводами энергию от трехфазной сети.

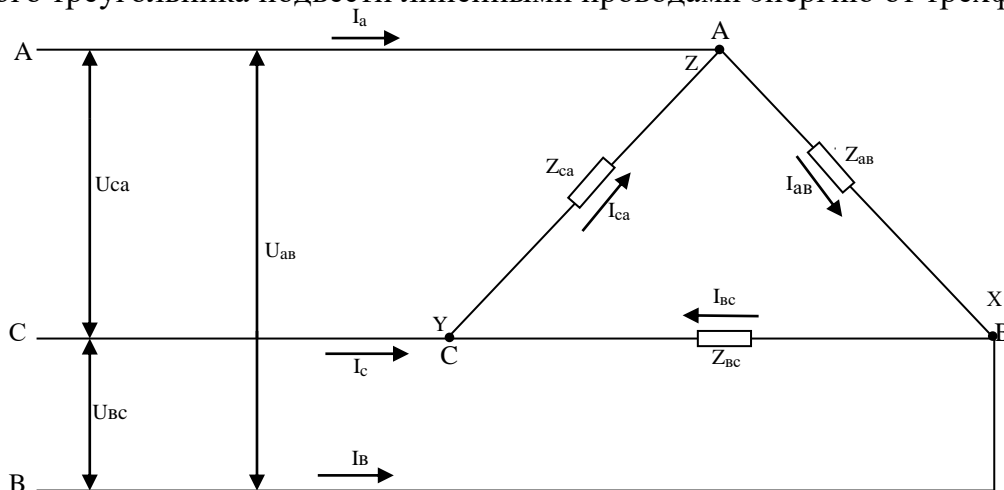


Рис. 2. Схема соединения приемников, включенных в «треугольник».

При соединении «треугольником» каждый приемник включен между подводящими

проводами и находится под линейным напряжением  $U_{\text{л}}$ , которое - является одновременно фазным напряжением  $U_{\text{ф}}$ . Поэтому при соединении «треугольником» справедливо равенство  $U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = U_{\text{ф}} = U_{\text{л}}$ .

При симметричной нагрузке фазные токи всех фаз одинаковы по величине  $I_{AB} = I_{BC} = I_{CA} = I_{\text{ф}}$  и сдвинуты по отношению к своим фазным напряжениям на одинаковые углы:  $\varphi_{AB} = \varphi_{BC} = \varphi_{CA} = \varphi_{\text{ф}}$ .

Все линейные токи равны между собой и превышают значения фазных токов в  $\sqrt{3}$  раз, т. е.  $I_A = I_B = I_C = \sqrt{3} * I_{\text{ф}}$ .

При несимметричном режиме, когда изменяется нагрузка в одной из фаз, происходит одновременное изменение соответствующих фазного и двух линейных токов, но это не влияет на величины фазных напряжений и токов других фаз, а также на величину третьего линейного тока.

### Порядок выполнения работы

1. Собрать схему по рис. 3 (соединение «звездой») и дать проверить ее преподавателю. В каждую фазу включить по три лампы одинаковой мощности.

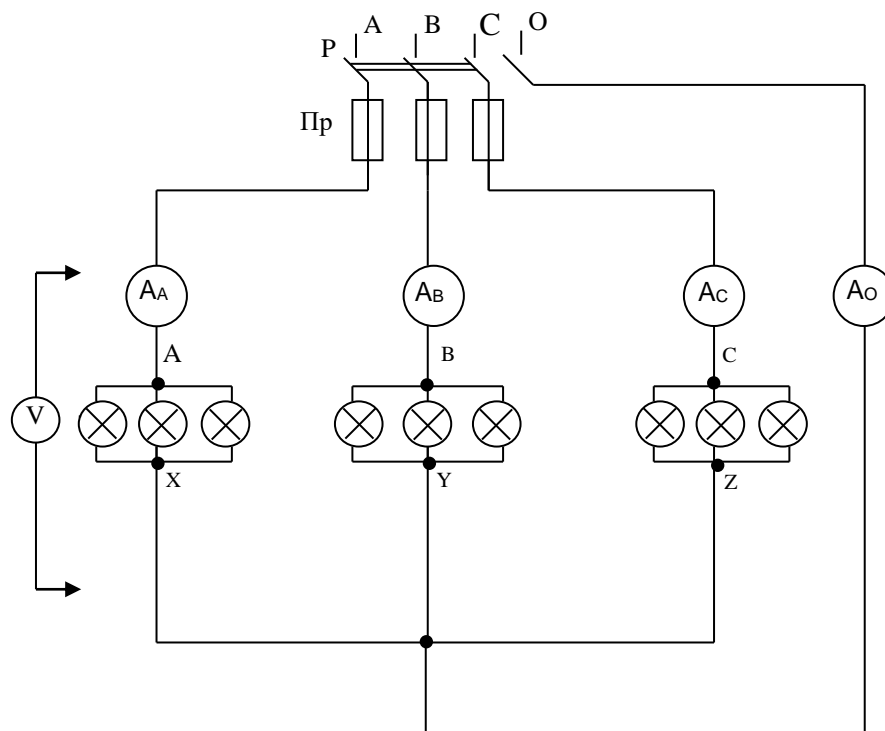


Рис. 3. Схема для исследования цепи трехфазного тока при соединении приемников «звездой» по четырехпроводной схеме с нулевым проводом

2. Включить схему в электрическую цепь.

3. Снять показания приборов при равномерной нагрузке фаз (измерение линейных и фазных напряжений производить одним переносным вольтметром). Записать результаты измерений в табл. 1. Проверить соотношения между линейными и фазными напряжениями и токами.

Режимы нагрузки	Токи нагрузки, А	Напряжение, В
-----------------	------------------	---------------

	$I_A$	$I_B$	$I_C$	$I_O$	фазные			линейные		
					$U_A$	$U_B$	$U_C$	$U_{AB}$	$U_{BC}$	$U_{CA}$
Равномерная без нулевого провода										
Равномерная с нулевым проводом										
Неравномерная без нулевого провода										
Неравномерная с нулевым проводом										

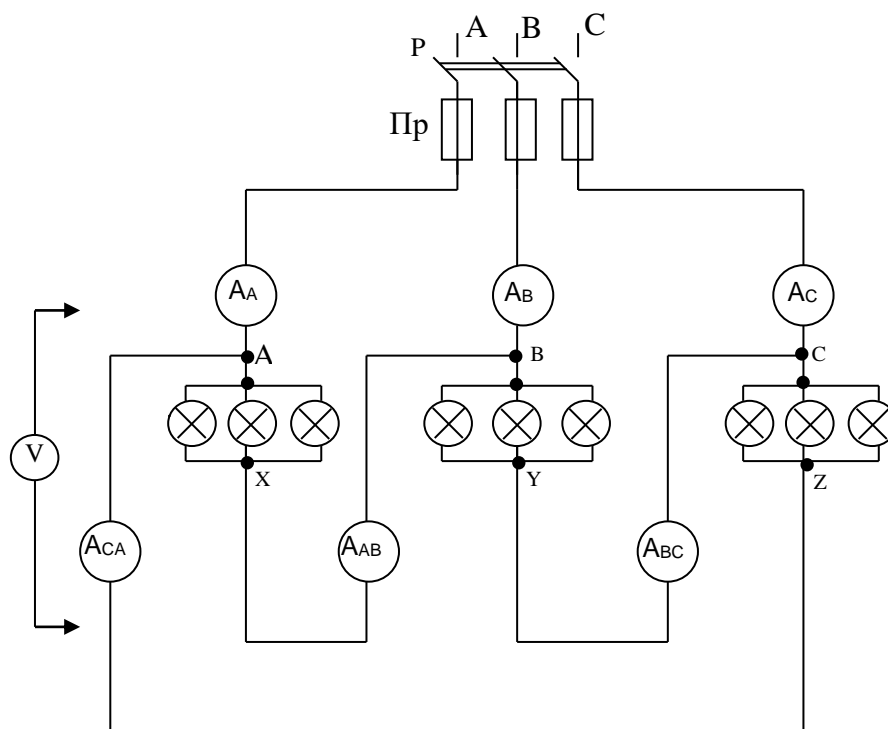
4. Включить в схему рис. 3 четвертый (нулевой) провод и опять показания для случая «Равномерная нагрузка с нулевым проводом» (табл. 1, п. 2).

5. Создать неравномерную нагрузку, отключить нулевой провод, снять показания приборов (табл. 1, п. 3).

6. При неравномерной нагрузке включить нулевой провод и снять показания приборов (табл. 1, п. 4). Неравномерная нагрузка создается равным количеством ламп, включенных в каждую фазу (например, в фазе  $A$  включены три лампы, в фазе  $B$  - две, в фазе  $C$  - одна).

7. Сделать вывод о влиянии нулевого провода на работу трехфазной системы при равномерной и неравномерной нагрузках фаз.

8. Собрать схему по рис. 4 (соединение «треугольником») и дать проверить ее преподавателю.



**Рис. 4.** Схема для исследования цепи трехфазного тока при соединении приемников «треугольником».

9. Включить схему в электрическую цепь.

10. Снять показания приборов при равномерной нагрузке фаз (измерение линейных и фазных напряжений производить одним переносным вольтметром). Записать результаты измерений в табл. 2. Проверить соотношения между линейными и фазными напряжениями и токами.

Режимы нагрузки	Токи нагрузки, А						Напряжение, В		
	фазные			линейные					
	$I_A$	$I_B$	$I_C$	$I_{AB}$	$I_{BC}$	$I_{CA}$	$U_{AB}$	$U_{BC}$	$U_{CA}$
Равномерная									
Неравномерная									

11. Изменить нагрузку фаз и снять показания приборов при неравномерной нагрузке фаз. Результаты измерений записать в п.2 табл. 2.

12. Сравнить схемы включения в «звезду» и «треугольник» при равномерной и неравномерной нагрузках.

13. Сделать отчет.

### Контрольные вопросы

1. Как соединить три однофазных приемника «звездой»?
2. Для чего применяют нулевой провод и в каких случаях можно обойтись без него?
3. Какой режим работы трехфазной цепи называют равномерным или симметричным?
4. Как соединить три однофазных приемника «треугольником»?
5. Какие существуют зависимости между линейными и фазными токами и напряжениями при соединении приемников «звездой» и «треугольником»?
6. Какой должна быть схема соединений, чтобы в одну трехфазную сеть включить лампы накаливания и трехфазный электродвигатель?