

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технической эксплуатации и ремонта автомобилей

*А.В. Пузаков*

# **АНАЛИЗ ТРЕХФАЗНОЙ ЦЕПИ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ ПРИЁМНИКА ЗВЕЗДОЙ**

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов и специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Оренбург  
2020

УДК 629.33(075.8)

ББК 39.33-04я73

П 88

Рецензент – доцент, кандидат технических наук Р.Х. Хасанов

**Пузаков, А.В.**

П 88 Анализ трехфазной цепи при включении приёмника звездой: методические указания / А.В. Пузаков; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2020. – 16 с.

Методические указания содержат описание лабораторной работы и методику ее выполнения.

Методические указания предназначены для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов при изучении дисциплины «Электротехника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования»; по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства при изучении дисциплины и «Электротехника и электрооборудование автомобилей».

УДК 629.33(075.8)

ББК 39.33-04я73

© Пузаков А.В., 2020

© ОГУ, 2020

## Содержание

1 Цель работы .....	4
2 Содержание работы.....	4
3 Оборудование .....	4
4 Порядок выполнения работы .....	5
4.1 Анализ трехфазной цепи при симметричном приемнике.....	5
4.2 Анализ трехфазной цепи при несимметричном приемнике.....	7
5 Контрольные вопросы .....	10
Список использованных источников .....	12
Приложение А Бланк лабораторной работы .....	13

## **1 Цель работы**

Приобрести практические навыки исследования параметров трехфазной цепи при подключении приемника звездой. Построить векторные диаграммы симметричного и несимметричного включения приемников. Убедиться в недопустимости отключения нейтрального приемника.

## **2 Содержание работы**

1. Собрать схему, включающую трехфазный источник переменного тока, активные или реактивные приемники, подключенные к каждой фазе, выключатель нейтрального провода и контрольно-измерительные приборы.

2. Провести испытания симметричного приёмника при включенном и выключенном нейтральном проводе.

3. Записать показания приборов и произвести расчеты недостающих параметров. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

4. Выполнить пункты 1-3 для несимметричного приемника.

5. Сделать вывод.

## **3 Оборудование**

Лабораторный стенд ЛЭС-5, электроизмерительные приборы (амперметры, вольтметры, ваттметры), соединительные провода.

## 4 Порядок выполнения работы

### 4.1 Анализ трехфазной цепи при симметричном приемнике

Каждая из фаз симметричного приемника включает в себя активную нагрузку, роль которой выполняют лампы накаливания. Помимо этого, в каждую фазу трёхфазной цепи включен амперметр и ваттметр. Нулевая точка со стороны приёмника подключена к нулевой точке источника последовательно через амперметр и выключатель, параллельно которому подключен вольтметр.

Таким образом при включенном состоянии выключателя цепь становится четырехпроводной и амперметр показывает силу тока в нейтральном проводе ( $I_{Nn}$ ). Если выключатель разомкнут, то вольтметр показывает напряжение смещения нейтрали ( $U_{Nn}$ ). Схема трехфазной цепи при включении приемника звездой показана на рисунке 1.

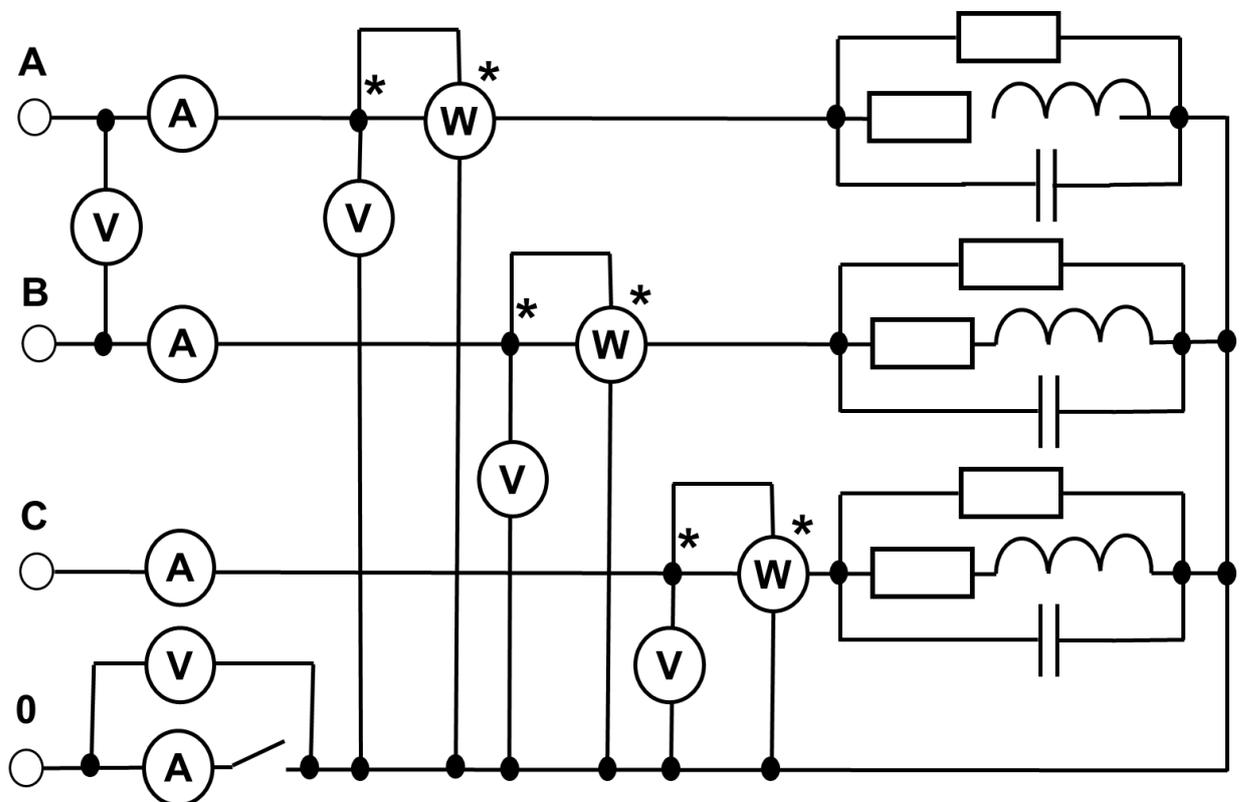


Рисунок 1 – Схема трехфазной цепи при включении приемника звездой

Показания приборов заносят в таблицу по форме таблицы 1 (верхняя строка  $Y_0$  – при замкнутом выключателе, нижняя строка  $Y$  – при разомкнутом).

Таблица 1 – Результаты измерения параметров трехфазной цепи при симметричном приемнике

Схема	Токи в фазах приемника, А			Напряжения на фазах приемника, В			Мощности фаз приемника, Вт			Ток в нейтральном проводе, А	Напряжение смещения нейтрали, В
	$I_A$	$I_B$	$I_C$	$U_A$	$U_B$	$U_C$	$P_A$	$P_B$	$P_C$		
$Y_0$											
$Y$											

На основании данных таблицы 1 выполняются вычисления угла сдвига фаз и сопротивлений фаз приемника. Данные расчета заносят в таблицу по форме таблицы 2.

Таблица 3.2 – Результаты вычисления параметров трехфазной цепи при симметричном приемнике

Схема	Углы сдвига фаз приемника, град.			Сопротивления фаз приемника, Ом		
	$\varphi_A$	$\varphi_B$	$\varphi_C$	$Z_A$	$Z_B$	$Z_C$
$Y_0$						
$Y$						

В выбранном масштабе строится векторная диаграмма токов и напряжений симметричного приёмника, включенного звездой. Вначале откладываются векторы фазных напряжений (с учетом сдвига между фазами в  $120^\circ$ ). Затем, откладывают векторы фазных токов, учитывая расчетные сдвиги фаз (таблица 2). Пример построения векторной диаграммы для симметричного приёмника приведен на рисунке 2.

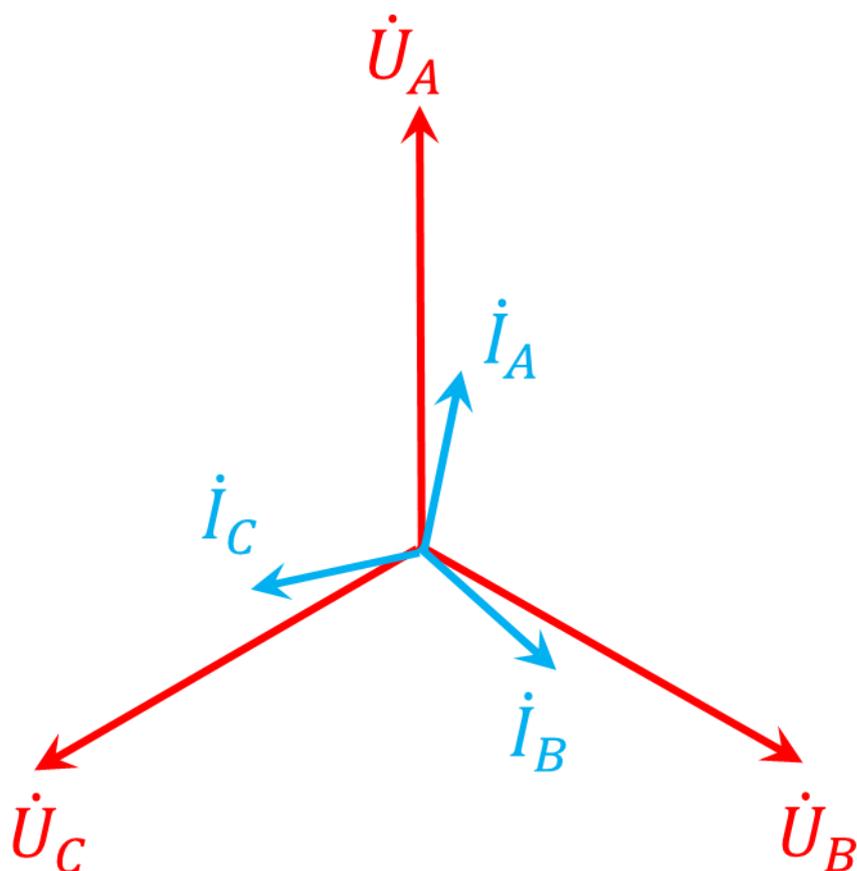


Рисунок 2 – Векторная диаграмма токов и напряжений трехфазного симметричного приемника, включённого звездой

#### 4.2 Анализ трехфазной цепи при несимметричном приемнике

В одну из фаз несимметричного приемника включена активную нагрузку, роль которой выполняют лампы накаливания. Во вторую фазу несимметричного приемника включена катушка индуктивности, роль которой выполняет одна из фаз трансформатора. В третью фазу несимметричного приемника включен конденсатор. Помимо этого, в каждую фазу трёхфазной цепи включен амперметр и ваттметр. Нулевая точка со стороны приёмника подключена к нулевой точке источника последовательно через амперметр и выключатель, параллельно которому подключен вольтметр. Схема трехфазной цепи при несимметричном приемнике также показана на рисунке 1.

Показания приборов заносят в таблицу по форме таблицы 1.

На основании данных таблицы 1 выполняются вычисления угла сдвига фаз и сопротивлений фаз приемника. Данные расчета заносят в таблицу по форме таблицы 2.

В выбранном масштабе строится векторная диаграмма токов и напряжений несимметричного приёмника, включенного звездой при включенном нейтральном проводе. Вначале откладываются векторы фазных напряжений (с учетом сдвига между фазами в  $120^\circ$ ). Затем, откладывают векторы фазных токов, учитывая расчетные сдвиги фаз (таблица 2). Пример построения векторной диаграммы для несимметричного приёмника при включенном нейтральном проводе приведен на рисунке 3.

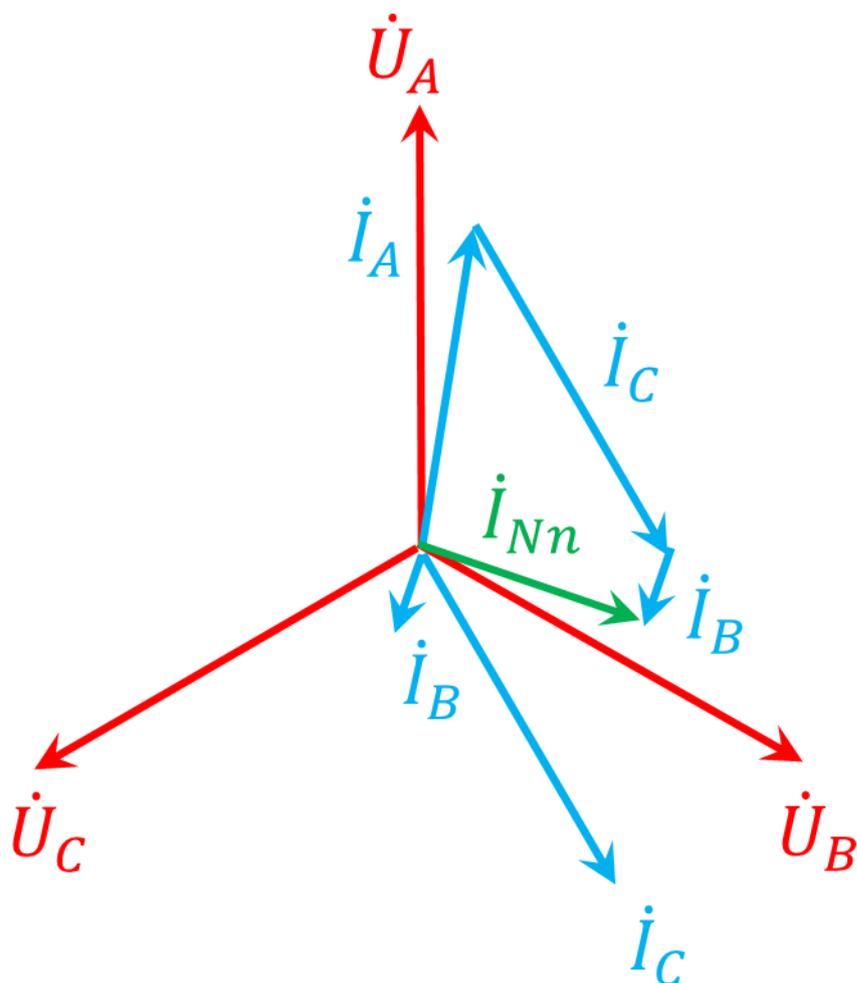


Рисунок 3 – Векторная диаграмма токов и напряжений трехфазного несимметричного приёмника, включённого звездой с нейтральным проводом

В выбранном масштабе строится векторная диаграмма токов и напряжений несимметричного приёмника, включенного звездой без нейтрального провода. Вначале откладываются векторы фазных напряжений симметричного приемника (с учетом сдвига между фазами в  $120^\circ$ ). Затем из начала координат чертят окружности, радиус которых соответствует векторам фазных напряжений несимметричного приемника, включенного звездой без нейтрального провода.

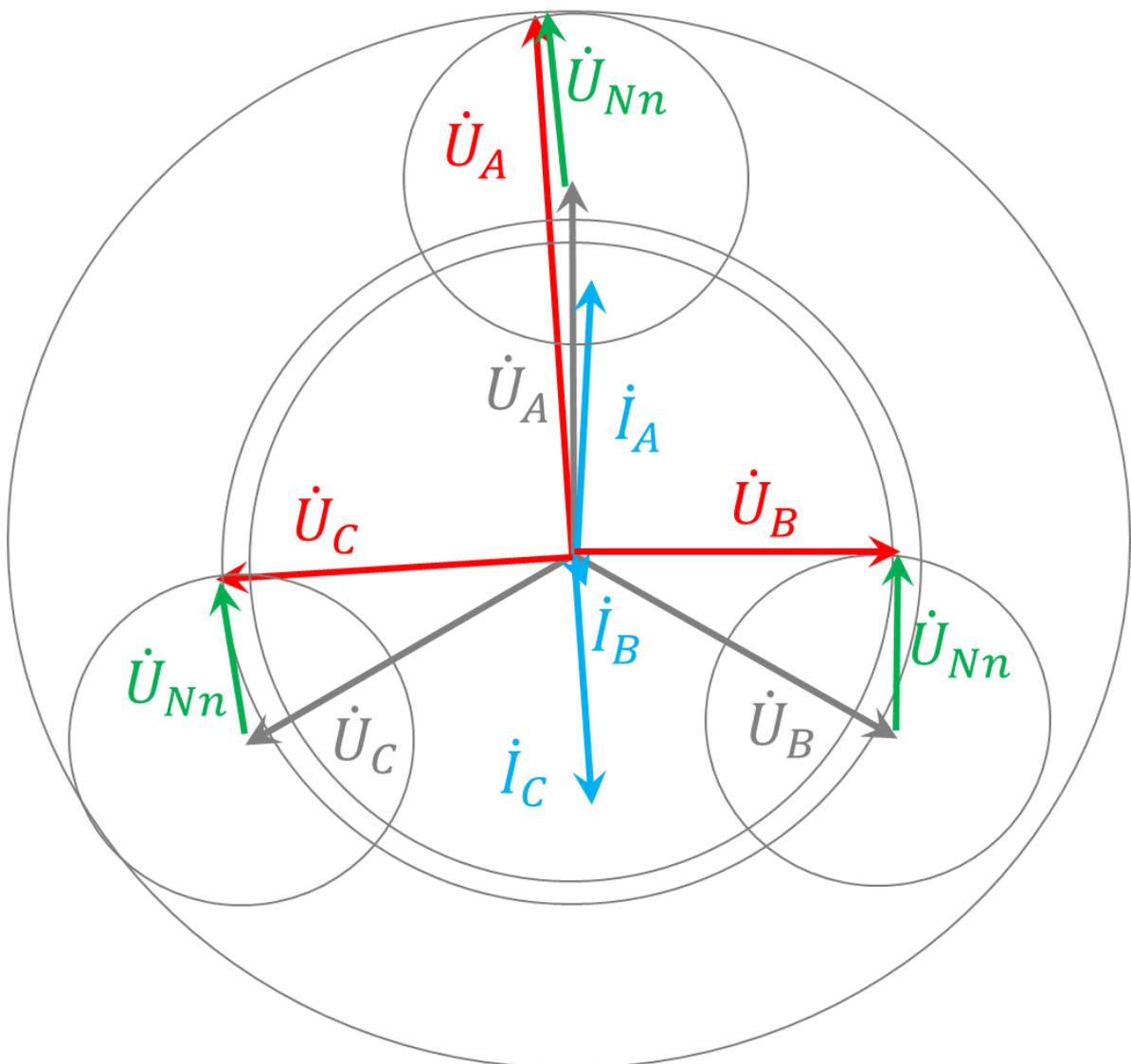


Рисунок 4 – Векторная диаграмма токов и напряжений трехфазного несимметричного приемника, включённого звездой без нейтрального провода

Далее из конца векторов фазных напряжений симметричного приемника чертят окружности, радиус которых соответствует вектору напряжения смещения нейтрали. Пересечение этих окружностей с ранее построенными дает расположение векторов фазных напряжений несимметричного приемника, включенного звездой без нейтрального провода, а также расположение вектора напряжения смещения нейтрали.

Затем, откладывают векторы фазных токов, учитывая расчетные сдвиги фаз. Пример построения векторной диаграммы для несимметричного приёмника, включенного звездой без нейтрального провода приведен на рисунке 4.

## **5 Контрольные вопросы**

1. Дайте определение трёхфазной системы синусоидального тока.
2. Поясните преимущества трёхфазной системы синусоидального тока в сравнении с одной системой.
3. Укажите способы соединения потребителей электроэнергии в трёхфазной системе.
4. Какая трёхфазная система называется симметричной?
5. Как соединить электроприёмники однофазного тока звездой и треугольником?
6. Какие существуют соотношения между линейными и фазными электрическими величинами при соединении нагрузки звездой и треугольником?
7. В каких случаях можно обойтись без нейтрального провода?
8. Какие существуют способы измерения мощности трёхфазного тока?
9. Почему измерение мощности двумя ваттметрами допускается только при отсутствии нейтрального провода?

10. Как называются провода, отходящие от трёхфазного генератора?

11. Как экспериментально определить линейные и нейтральные провода?

12. Как сказывается обрыв линейного провода на работу трёхфазной установки?

13. Как влияет короткое замыкание одной фазы на работу трёхфазной сети:

а) при наличии нейтрального провода?

б) при отсутствии нейтрального провода?

14. Как сказывается обрыв нейтрального провода на работу трёхфазного приёмника?

15. Как построить векторные диаграммы токов и напряжений при несимметричной нагрузке при:

а) нормальном режиме работы приёмника;

б) при обрыве линейного провода;

в) при коротком замыкании одной фазы.

## **Список использованных источников**

1. Касаткин, А.С. Электротехника: учеб. для студентов неэлектротехн. специальностей вузов / А.С. Касаткин, М.В. Немцов. – 11-е изд., стер. – М.: Академия, 2008. – 544 с.
2. Хернер, А. Автомобильная электрика и электроника /А. Хернер, Х-Ю. Риль; перевод с нем. ЧМП РИА «GMM-пресс». – М.: ООО «Издательство «За рулём», 2013. – 624 с.
3. Wyatt, D. Aircraft Electrical and Electronic Systems / D. Wyatt, M. Tooley. – Second Edition – NY, Routledge, 2018. – 439 p.
4. Bell, J.A. Modern Diesel Technology: Electricity & Electronics / J.A. Bell - Second Edition – NY, Delmar, 2014. – 546 p.

# Приложение А (рекомендуемое)

## Бланк лабораторной работы

### Анализ трехфазной цепи при включении приемника звездой

А.1 Цель работы: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### А.2 Анализ трехфазной цепи при симметричном приемнике

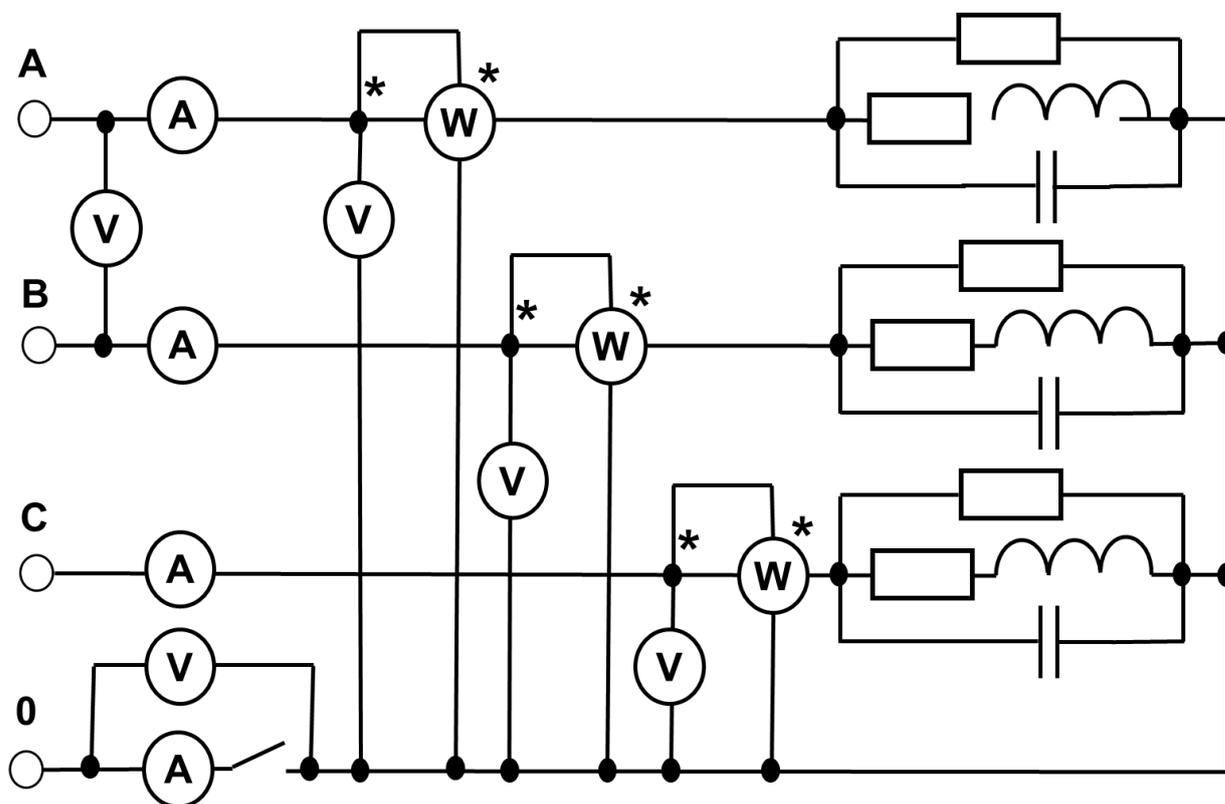


Рисунок А.1 – Схема трехфазной цепи при включении приемника звездой

Таблица А.1 – Результаты измерения параметров трехфазной цепи при симметричном приемнике

Схема	Токи в фазах приемника, А			Напряжения на фазах приемника, В			Мощности фаз приемника, Вт			Ток в нейтральном проводе, А	Напряжение смещения нейтрали, В
	$I_A$	$I_B$	$I_C$	$U_A$	$U_B$	$U_C$	$P_A$	$P_B$	$P_C$	$I_{Nn}$	$U_{Nn}$
<b>Y<sub>0</sub></b>											
<b>Y</b>											

Таблица А.2 – Результаты вычисления параметров трехфазной цепи при симметричном приемнике

Схема	Углы сдвига фаз приемника, град.			Сопротивления фаз приемника, Ом		
	$\varphi_A$	$\varphi_B$	$\varphi_C$	$Z_A$	$Z_B$	$Z_C$
<b>Y<sub>0</sub></b>						
<b>Y</b>						

Рисунок А.2 – Векторная диаграмма трехфазной цепи при симметричном приемнике

### А.3 Анализ трехфазной цепи при несимметричном приемнике

Таблица А.3 – Результаты измерения параметров трехфазной цепи при несимметричном приемнике

Схема	Токи в фазах приемника, А			Напряжения на фазах приемника, В			Мощности фаз приемника, Вт			Ток в нейтральном проводе, А	Напряжение смещения нейтрали, В
	$I_A$	$I_B$	$I_C$	$U_A$	$U_B$	$U_C$	$P_A$	$P_B$	$P_C$		
$Y_0$											
$Y$											

Таблица А.4 – Результаты вычисления параметров трехфазной цепи при несимметричном приемнике

Схема	Углы сдвига фаз приемника, град.			Сопротивления фаз приемника, Ом		
	$\varphi_A$	$\varphi_B$	$\varphi_C$	$Z_A$	$Z_B$	$Z_C$
$Y_0$						
$Y$						

Рисунок А.3 – Векторная диаграмма трехфазной цепи при несимметричном приемнике с нейтральным проводом

Рисунок А.4 – Векторная диаграмма трехфазной цепи при несимметричном приемнике без нейтрального провода

**А.4 Выводы и анализ полученных результатов**

---

---

---

---

---

---

---