

Лабораторная работа № 9

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЁХФАЗНОЙ ЦЕПИ ПРИ СОЕДИНЕНИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ТРЕУГОЛЬНИКОМ

Цель работы: исследование трёхфазной цепи при соединении потребителей треугольником при симметричной и несимметричной нагрузке. Определение соотношения между фазными и линейными токами.

Краткие сведения из теории

Трёхфазный потребитель может быть подключён по схеме звезда и по схеме треугольник. В последнем случае фазы потребителя подключаются к линейным напряжениям. По фазам текут фазные токи, по проводам линии – линейные, которые являются векторной разностью фазных (рисунок 1).

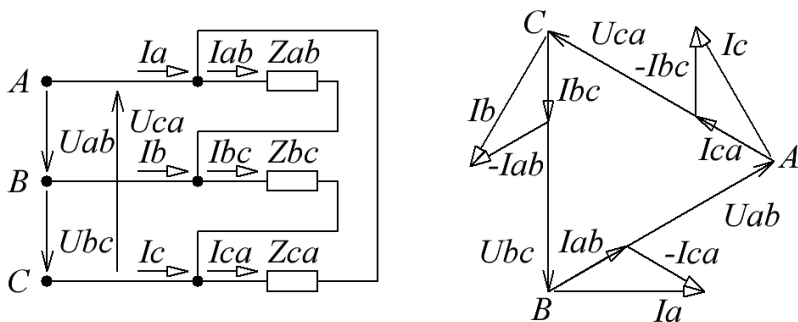


Рисунок 1 – Схема соединения треугольник и векторная диаграмма

Из принципиальной схемы видно, что фазы нагрузки включены между линейными проводами A, B и C. Напряжение на каждой фазе нагрузки равно соответствующему линейному напряжению источника питания. Векторы этих напряжений расположены треугольником. Это позволяет легко найти фазные токи

$$\underline{I}_{ab} = \underline{U}_{ab} / \underline{Z}_{ab}; \quad \underline{I}_{bc} = \underline{U}_{bc} / \underline{Z}_{bc}; \quad \underline{I}_{ca} = \underline{U}_{ca} / \underline{Z}_{ca} .$$

При активной нагрузке векторы токов имеют то же направление что и напряжения, если нагрузка равномерная они имеют одинаковую длину.

По первому закону Кирхгофа линейные токи равны разности фазных

$$\underline{I_a} = \underline{I_{ab}} - \underline{I_{ca}}; \underline{I_b} = \underline{I_{bc}} - \underline{I_{ab}}; \underline{I_c} = \underline{I_{ca}} - \underline{I_{bc}}.$$

Эта разность не арифметическая, а векторная. Поэтому к концам векторов фазных токов добавляем взятые с обратным знаком, т. е. встречно направленные векторы. Получаем векторы линейных токов, их сумма должна быть равна нулю. Из диаграммы видно, что при симметричной нагрузке линейные токи равны между собой и больше фазных в $\sqrt{3}$ раза.

При переключении потребителей со звезды на треугольник напряжения на фазах увеличиваются в $\sqrt{3}$ раза, фазные токи увеличиваются в $\sqrt{3}$ раза, линейные токи увеличиваются в 3 раза, мощность увеличивается в 3 раза.

Порядок выполнения работы

1 Открыть программу **Multisim**. Из группы элементов **[Источники]** (в левом верхнем углу, щёлкнуть два раза левой клавишей мыши, откроется окно [Выбор компонента]) из базы данных **[POWER_SOURCES]** в рабочую зону перенести трёхфазный источник переменного тока **[THRE_PHASE_WYE]**, ОК, (если открывается окно Параметры элемента – закрыть) и элемент заземления **[GROUND]**. Из группы **[Пассивные компоненты]** выбрать 3 регулируемых резистора **[VARIABLE_RESISTOR]**. Из группы **[Индикаторы]** выбрать вольтметр **[VOLTMETER_H]** и шесть амперметров **[AMMETER_H]**.

2 Расположить элементы в соответствии с рисунком 2. Собрать схему электрической цепи, соединяя выводы элементов курсором, щёлкнув левой клавишей мыши на одном выводе, довести до второго или до линии и щёлкнуть (если после соединения выводов линия продолжает тянуться за курсором, отсечь её нажатием правой клавиши мыши).

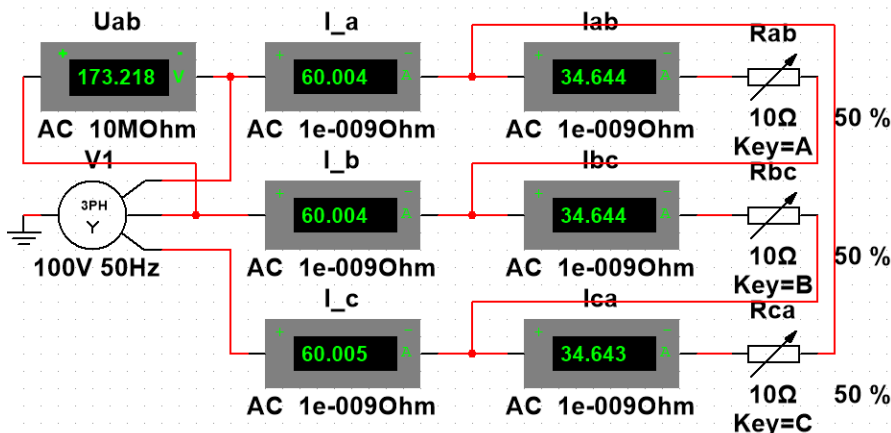


Рисунок 2 – Схема соединения трёхфазных потребителей треугольником

3 Двойным щелчком левой клавиши мыши открыть окно источника и сделать его 100 В, 50 Гц, ОК. Открыть верхний резистор и переименовать его в **Rab**, (смотри лейбл в левом верхнем углу окошка), установить сопротивление 10 Ом и **Key=A**. Средний резистор назвать **Rbc**, сопротивление 10 Ом и **Key=B**. Нижний резистор – **Rca**, 10 Ом и **Key=C**. Вольтметр сделать переменного тока **AC**, назвать **Uab**. Посередине верхний амперметр сделать **AC**, назвать **I_a**. Средний сделать **AC**, назвать **I_b**. Нижний – **AC** и **I_c**. Справа верхний амперметр сделать – **AC** и назвать **Iab**. Средний – **AC** и **Ibc**, нижний – **AC** и **Ica**.

4 При одинаковых сопротивлениях нагрузки (50 %) запустить моделирование, нажимая [▶]. На вольтметре и амперметрах появятся показания, занести их в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты измерений токов в трёхфазной цепи треугольник

Вид нагрузки	$U_{ab}, \text{В}$	$I_a, \text{А}$	$I_b, \text{А}$	$I_c, \text{А}$	$I_{ab}, \text{А}$	$I_{bc}, \text{А}$	$I_{ca}, \text{А}$
Симметричная 50%							
Несимметричная							
Обрыв лин.провода							

Убедиться в том, что фазные токи одинаковые, линейные токи тоже одинаковые и больше фазных в $\sqrt{3}$ раз. Построить векторную

диаграмму токов и напряжений. В масштабе напряжений $m_U = 20$ В/см построить равносторонний треугольник линейных напряжений, по напряжениям в масштабе токов $m_I = 10$ А/см отложить векторы фазных токов. К их концам приложить векторы смежных токов, взятые с минусом, то есть направленные встречно и соединить начала одних векторов с концами других. Получим векторные разности фазных токов, это линейные токи.

5 Установить несимметричную нагрузку фаз R_{ab} 30 %, R_{bc} 50%, R_{ca} 100 %. Результаты измерений занести в таблицу 1. Убедиться, что фазные токи разные и линейные тоже разные. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

6 Остановить моделирование нажатием [■], сделать симметричную нагрузку фаз (одинаковые резисторы 50 %) и оборвать линейный провод C (выделить его щелчком и удалить). Запустить моделирование нажатием [▶] и измерить линейные и фазные токи, занести их в таблицу 1. Построить векторную диаграмму токов и напряжений. Оборванный узел C «упадёт» на середину противоположной стороны треугольника AB и все векторы напряжений и токов расположатся на одной линии.

Содержание отчета

Наименование и цель работы; схема исследования; таблица результатов измерений; векторные диаграммы токов и напряжений; заключение.

Контрольные вопросы

1 По каким схемам может быть подключён трёхфазный потребитель?

2 На какое напряжение включаются фазы потребителя при схеме треугольник?

3 Почему линейные токи равны разности фазных?

4 Во сколько раз линейный ток больше фазного при симметричной нагрузке?

5 Как выглядит векторная диаграмма токов и напряжений при симметричной нагрузке?

6 Как выглядит векторная диаграмма токов и напряжений при несимметричной нагрузке?

7 Как выглядит векторная диаграмма токов и напряжений при симметричной нагрузке и обрыве линейного провода?

8 Во сколько раз возрастает при переключении симметричного потребителя со звезды на треугольник ток в фазах? Ток в проводах линии? Мощность?