

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).

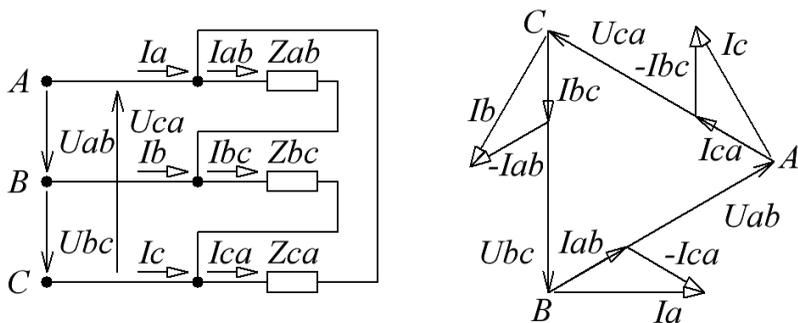


Рисунок 1 – Схема соединения треугольник и векторная диаграмма

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

$$I_{ab} = U_{ab} / Z_{ab}; \quad I_{bc} = U_{bc} / Z_{bc}; \quad I_{ca} = U_{ca} / Z_{ca} .$$

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

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

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).

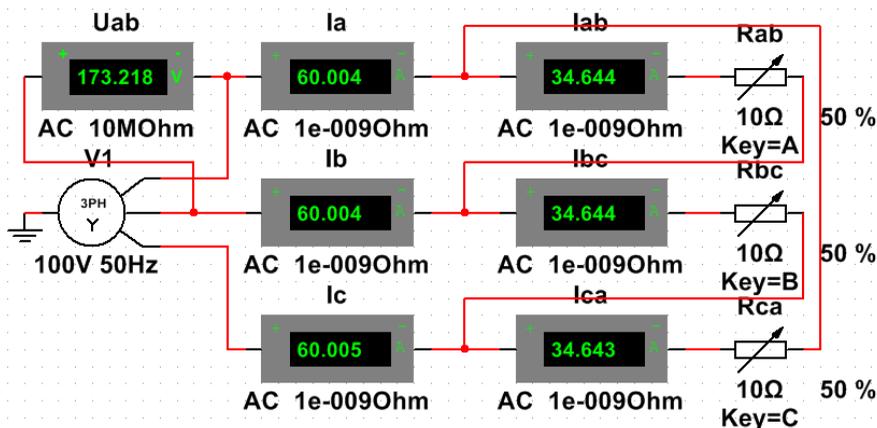


Рисунок 2 – Схема соединения трёхфазных потребителей треугольником

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 *Ia*. Средний сделать *AC*, назвать *Ib*. Нижний – *AC* и *Ic*. 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 треугольником

Вид нагрузки	<i>Uab</i> ,В	<i>Ia</i> ,А	<i>Ib</i> ,А	<i>Ic</i> ,А	<i>Iab</i> ,А	<i>Ibc</i> ,А	<i>Ica</i> ,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?