Лабораторная работа

«Исследование трехфазных электрических цепей

Выполнил		МГТУ им. Н.Э. Баумана	Группа
Проверил			Стенд №

2. ЗАДАНИЯ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Измерение напряжений трехфазного источника питания

Электрическая схема трехфазного источника питания приведена на рис. 2.1, монтажная – на рис. 2.2.

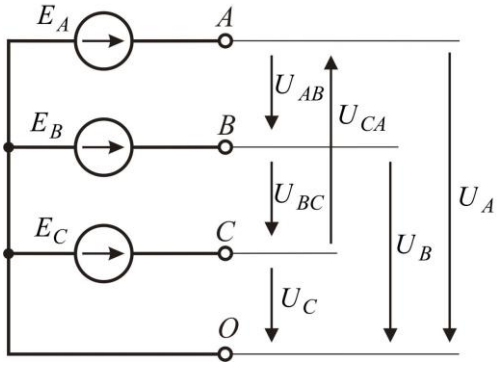

Рис. 2.1. Электрическая схема трехфазного источника питания

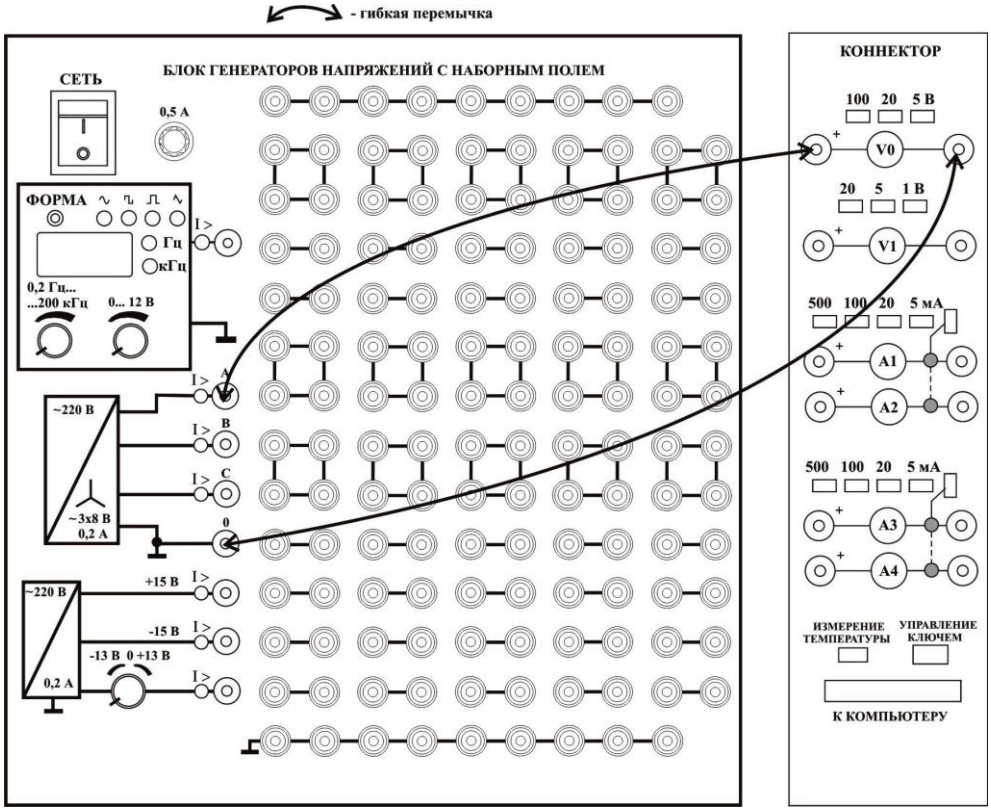

Рис. 2.2. Монтажная схема трехфазного источника питания

Для проведения измерений включите общее питание стенда, тумблер питания однофазного источника и тумблер СЕТЬ БЛОКА ГЕНЕРАТОРОВ. Соедините проводами (см. рис. 2.2) виртуальный вольтметр V0 коннектора с выходами А и 0 трехфазного источника.

Активируйте левой кнопкой мыши иконку «ВП ТОЭ» на рабочем столе компьютера. В открывшейся вкладке **Приборы I (**рис. 2.3, *а*), установите приборы V0, V1, A1 для измерения действующих значений напряжения и тока. В окне **Приборы I** указателем мыши выберите вкладку **Меню**, в раскрывшемся списке активируйте вкладку **Приборы II (**рис. 2.3, *б*). Установите во второй паре виртуальных приборов V0-A1 вкладку **Активная мощность P**.

Измерьте фазное напряжение U_A, результат занесите в табл. 2.1. Перенося измерительные провода вольтметра V0 на другие выводы трехфазного источника питания, измерьте остальные фазные и линейные напряжения. Результаты отобразите в таблице 1. Убедитесь в симметрии источника питания и выполнении соотношения $U_{\text{л}} = \sqrt{3}U_{\text{ф}}$. По окончании измерений выключите тумблер СЕТЬ БЛОКА ГЕНЕРАТОРОВ.

Таблица 2.1

Результаты измерений

Фазные напряжения			Линейные напряжения		
U_A, В	U_B, В	U_C, В	U_{AB}, В	U_{BC}, В	U_{CA}, В

а *б*

Рис. 2.3. Активация виртуальных приборов I (*а*) и приборов II (*б*)

2.2. Измерение напряжений и токов при соединении трехфазного потребителя звездой

Электрическая схема при соединении трехфазного источника и потребителя звездой приведена на рис. 2.4.

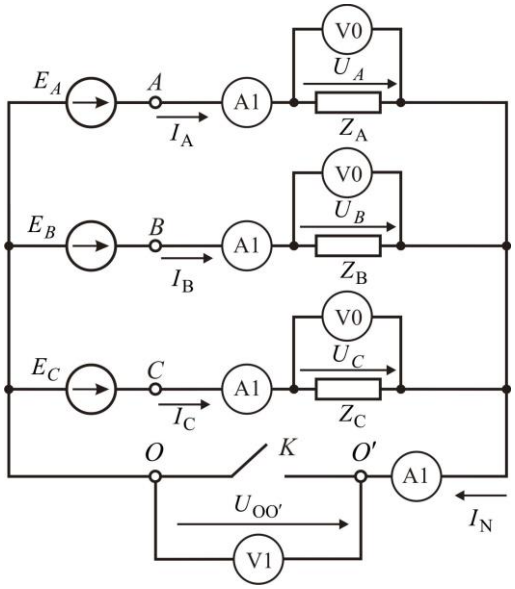

Рис. 2.4. Электрическая схема при соединении звездой

Здесь Z_A, Z_B, Z_C - нагрузка в фазах A, B и C соответственно. Фазные токи I_A, I_B, I_C и ток в нейтральном проводе I_N измеряются поочередно, подключением виртуального амперметра A1. Фазные напряжения U_A, U_B, U_C измеряются поочередно, подключением виртуального вольтметра V0. Напряжение смещения нейтрали $U_{OO'}$ (ключ K разомкнут, нейтральный провод отсутствует) измеряется виртуальным вольтметром V1. Соберите монтажную схему, рис. 2.5.

2.2.1. Симметричная резистивная нагрузка

Замкните ключ (см. рис. 2.4, 2.5), соединяющий нейтральную точку источника O, с нейтральной точкой O' нагрузки. Включите тумблер СЕТЬ БЛОКА ГЕНЕРАТОРОВ. Измерьте фазное напряжение U_A (виртуальный вольтметр V0), фазный ток I_A (виртуальный амперметр A1) и активную мощность фазы P_A (вкладка **Приборы II**). Занесите показания в табл. 2.2 (графа «С нейтральным проводом»).

Разомкните ключ, проведите аналогичные измерения и занесите показания в табл. 2.2 (графа «Без нейтрального провода»).

Удалите жесткую перемычку $П_B$ (см. рис. 2.5). Отсоедините измерительные провода виртуального амперметра A1 от фазы A и присоедините их в той же полярности к клеммам, где ранее находилась жесткая перемычка $П_B$. Установите жесткую перемычку в фазу A (на место, где прежде были присоединены провода виртуального амперметра).

Замкните ключ, измерьте фазное напряжение U_B, фазный ток I_B и активную мощность фазы P_B. Занесите показания в табл. 2.2 (графа «С нейтральным проводом»).

Разомкните ключ, проведите аналогичные измерения и занесите показания в табл. 2.2 (графа «Без нейтрального провода»).

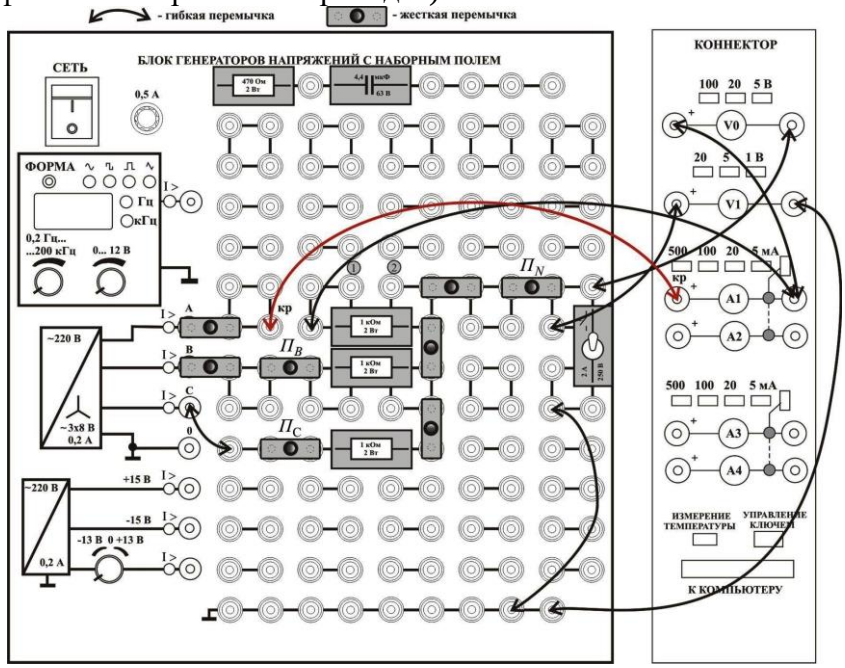

Рис. 2.5. Монтажная схема

Удалите жесткую перемычку $П_C$ (см. рис. 2.5). Отсоедините измерительные провода виртуального амперметра A1 от фазы B и присоедините их в той же полярности к клеммам, где ранее находилась жесткая перемычка $П_C$. Установите жесткую перемычку в фазу B (на место, где прежде были присоединены провода виртуального амперметра).

Таблица 2.2

Измеряемые величины	Нагрузка при соединении фаз звездой					
	симметричная активная $Z_A = Z_B = Z_C = R = 1$ кОм		несимметричная активная $Z_B = Z_C = R = 1$ кОм; $Z_A = R = 320$ Ом		несимметричная смешанная $Z_B = Z_C = R = 1$ кОм; $Z_A = 1$ кОм параллельно с конденсатором емкостью $C = 4{,}4$ мкФ	
	С нейтральным проводом	Без нейтрального провода	С нейтральным проводом	Без нейтрального провода	С нейтральным проводом	Без нейтрального провода
Фазные токи, мА						
I_A						
I_B						
I_C						
Ток нейтрали I_N, мА		0		0		0
Фазные напряжения, В						
U_A						
U_B						
U_C						
Напряжение смещения $U_{OO'}$, В	0		0		0	

Окончание табл.2.2

Измеряемые величины	Нагрузка при соединении фаз звездой					
	симметричная активная $Z_A = Z_B = Z_C = R = 1$ кОм		несимметричная активная $Z_B = Z_C = R = 1$ кОм; $Z_A = R = 320$ Ом		несимметричная смешанная $Z_B = Z_C = R = 1$ кОм; $Z_A = 1$ кОм параллельно с конденсатором емкостью $C = 4{,}4$ мкФ	
	С нейтральным проводом	Без нейтрального провода	С нейтральным проводом	Без нейтрального провода	С нейтральным проводом	Без нейтрального провода
Измеренные мощности, мВт						
P_A						
P_B						
P_C						
$\sum P_{\text{изм}}$						
Рассчитанные мощности, мВт						
P_A						
P_B						
P_C						
$\sum P_{\text{расч}}$						

Замкните ключ, измерьте фазное напряжение U_C, фазный ток I_C и активную мощность фазы P_C. Занесите показания в табл. 2.2 (графа «С нейтральным проводом»).

Разомкните ключ, проведите аналогичные измерения и занесите показания в табл. 2.2 (графа «Без нейтрального провода»).

По результатам измерений, рассчитайте мощность трехфазного потребителя $\sum P_{\text{изм}} = P_{\text{A}} + P_{\text{B}} + P_{\text{C}}$ с нейтральным проводом и без него.

Удалите жесткую перемычку нейтрального провода $П_N$ (см. рис. 2.5). Отсоедините измерительные провода виртуального амперметра A1 от фазы *C* и присоедините их в той же полярности к клеммам, где ранее находилась жесткая перемычка $П_N$. Установите жесткую перемычку в фазу *C* (на место, где прежде были присоединены провода виртуального амперметра).

Замкните ключ, измерьте ток нейтрального провода I_N. Занесите показания в табл. 2.2 (графа «С нейтральным проводом»).

Разомкните ключ, измерьте вольтметром V1 напряжение смещения нейтрали $U_{OO'}$ и занесите показания в табл. 2.2 (графа «Без нейтрального провода»).

Установите все соединения в соответствии с первоначальной монтажной схемой (см. рис. 2.5).

2.2.2. Несимметричная резистивная нагрузка

Вставьте мини блок 470 Ом в гнезда ① и ② (см. рис. 2.5). Таким образом, в фазе *A* оказываются включенными параллельно резисторы с сопротивлениями 1 кОм и 470 Ом, а активное сопротивление фазы *A* становится равным $Z_{\text{A}} = R \approx 320\,\text{Ом}$.

Выполните те же измерения, что и в пункте 2.2.1, занося результаты в табл. 2.2.

Установите все соединения в соответствии с первоначальной монтажной схемой (см. рис. 2.5).

2.2.3. Несимметричная смешанная нагрузка

Вставьте мини блок конденсатора емкостью *C*=4,4 мкФ в гнезда ① и ②. Таким образом, в фазе *A* оказываются включенными параллельно резистор с сопротивлением 1 кОм и конденсатор емкостью 4,4 мкФ.

Выполните те же измерения, что и в пункте 2.2.1, занося результаты в табл. 2.2.

Рассчитайте мощности фаз и мощность трехфазной нагрузки.

Для всех случаев рассчитайте мощности фаз и мощность трехфазной нагрузки по формулам соответственно

$$P_A = \frac{U_A^2}{R_A};\ P_B = \frac{U_B^2}{R_B};\ P_C = \frac{U_C^2}{R_C},\ \sum P_{\text{расч}} = P_A + P_B + P_C,,$$

где U_A, U_B, U_C – измеренные фазные напряжения.

2.3. Измерение мощности трехфазной нагрузки «методом двух ваттметров»

Измерения проводятся для несимметричной смешанной нагрузки без нейтрального провода.

Соедините правый вывод виртуального вольтметра V0 с выводом B трехфазного источника (рис. 2.6). Проконтролируйте, чтобы ключ в нейтральном проводе был разомкнут.

Важно! При таком способе соединения на виртуальный вольтметр V0 подается напряжение U_{AB}, а на виртуальный амперметр A1 – ток I_{A}.

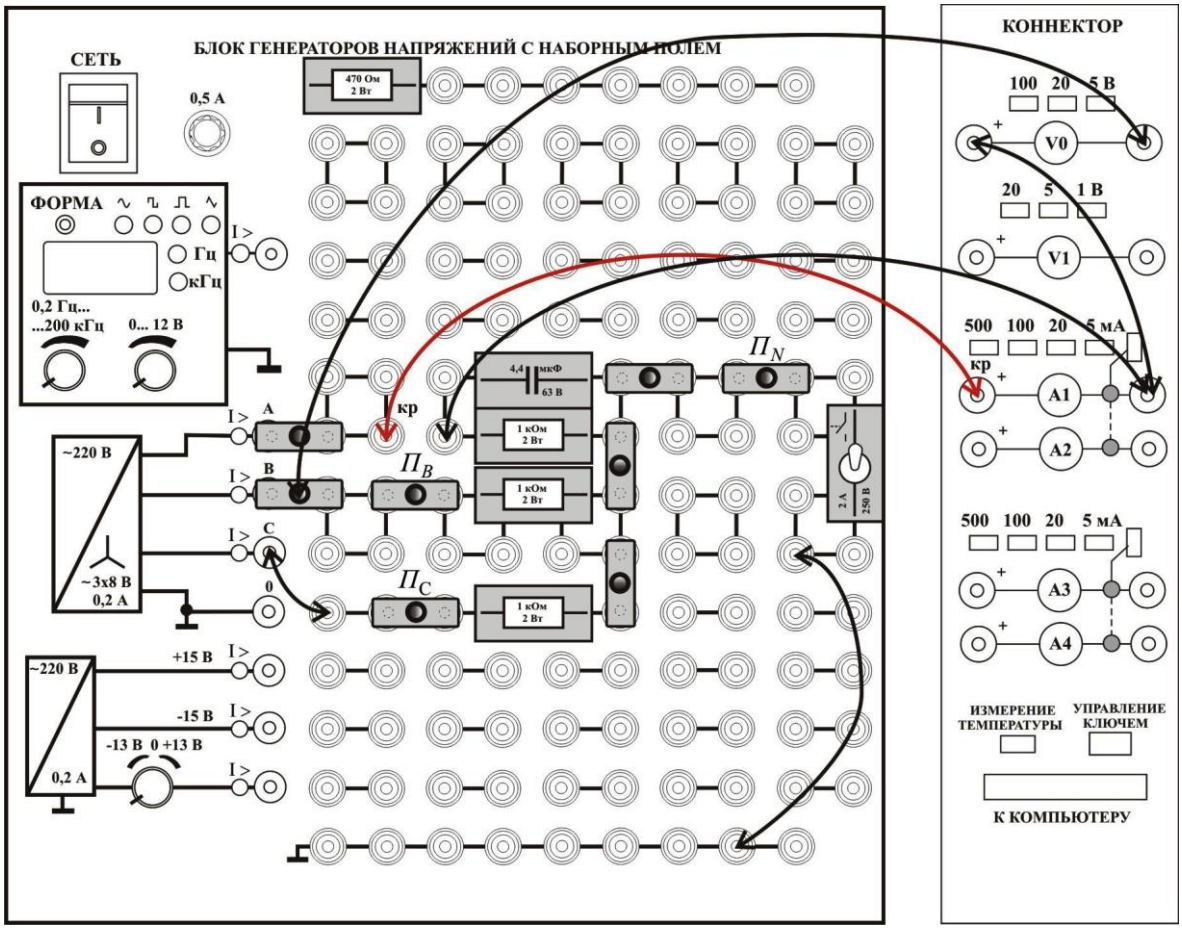

Рис. 2.6. Монтажная схема при измерении мощности «методом двух ваттметров»

Измерьте, используя вкладку **Приборы II**, мощность первого ваттметра $P_1 = _____$.

Удалите жесткую перемычку $П_C$ (см. рис. 2.6). Отсоедините измерительные провода виртуального амперметра A1 от фазы B и присоедините их в той же полярности, где ранее находилась жесткая перемычка $П_C$. Установите жесткую перемычку в фазу B.

Важно! При таком способе соединения на виртуальный вольтметр V0 подается напряжение U_{CB}, а на виртуальный амперметр A1 – ток I_C.

Измерьте, используя вкладку **Приборы II**, мощность второго ваттметра $P_2 = _____$.

Рассчитайте мощность трехфазного потребителя при измерении методом «двух ваттметров» $\sum P_{\text{дв. вольтм.}} = P_1 + P_2$, и сравните полученное значение с измеренным $\sum P_{\text{изм}}$. Объясните, почему при проведенных измерениях $\sum P_{\text{дв. вольтм.}}$ равна мощности трехфазного потребителя.

2.4. Построение векторных диаграмм

Постройте по результатам измерений векторные диаграммы для всех шести случаев нагрузки. Используйте координатную сетку или миллиметровую бумагу. Построения проводите в выбранном масштабе, с использованием линейки и циркуля.

На каждой диаграмме отобразите векторы линейных напряжений $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$ (В), векторы фазных напряжений $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$ (В), векторы фазных токов $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ (мА), вектор тока в нейтральном проводе $\dot{I}_N$ (мА) при нагрузке с

нейтральным проводом и вектор напряжения смещения нейтрального провода $\dot{U}_{OO'}$ (В) при несимметричной нагрузке без нейтрального провода.

После выполнения всех расчетов результаты показать преподавателю и, получив его разрешение, выключить питание стенда.

ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ

Форма отчета или предоставляется студентам в электронном виде лектором потока, или распечатывается с сайта кафедры http://fn.bmstu.ru/learning-work-fs-7/laboratory-works-fs-7 (дата обращения 09.01.2023).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какая трехфазная цепь называется симметричной?
2. Поясните, что называется фазными и линейными напряжениями и токами.
3. Докажите теоретически, что при симметричной нагрузке ток в нулевом проводе отсутствует.
4. Как измерить мощность симметричной цепи?
5. Как измерить мощность несимметричной цепи с нейтральным проводом?
6. Как измерить мощность несимметричной цепи без нейтрального провода?
7. Поясните теоретически метод «двух ваттметров».
8. Объясните, почему при соединении звездой $U_{\text{л}} = \sqrt{3}U_{\text{ф}}$.
9. Какие способы соединения трехфазного источника и нагрузки вы знаете?

ЛИТЕРАТУРА

Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники: учебник для вузов. В 3 ч. Ч. 1. М.: Энергия, 1970. 592 с.

Борисов Ю.М., Липатов Д.Н., Зорин Ю.Н. Электротехника. СПб.: БХВ-Петербург, 2012. 551 с.

Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. М.: Изд. центр «Академия», 2010. 544 с.