



Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Теоретические основы электротехники»

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
по одноименному курсу для студентов
специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение»
и 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы»**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2007

УДК 621.317(075.8)
ББК 31.221я73
И74

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 6 от 24.08.2006 г.)*

Авторы-составители: *С. А. Грачев, Я. О. Шабловский*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Электроснабжение» ГГТУ им. П. О. Сухого
А. В. Сычѐв

Информационно-измерительная техника : лаб. практикум по одноим. курсу для
И74 студентов специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение» и 1-53 01 05 «Автоматизиро-
ванные электроприводы» / авт.-сост.: С. А. Грачев, Я. О. Шабловский. – Гомель : ГГТУ
им. П. О. Сухого, 2007. – 19 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ;
32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat
Reader. – Режим доступа: <http://gstu.local/lib>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-420-593-9.

Представлены теоретические сведения и задания по выполнению трех лабораторных работ курса «Информационно-измерительная техника». Каждая лабораторная работа содержит краткие сведения из теории, порядок выполнения работы, схемы, задания на теоретические расчеты и экспериментальные исследования, а также контрольные вопросы.

Для студентов специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение» и 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы».

УДК 621.317(075.8)
ББК 31.221я73

ISBN 978-985-420-593-9

© Грачев С. А., Шабловский Я. О.,
составление, 2007
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2007

Введение

Настоящий лабораторный практикум является продолжением цикла лабораторных работ. Он содержит описание лабораторных работ по измерению мощности в цепях постоянного и однофазного переменного тока и в трехфазных цепях с симметричной и несимметричной нагрузкой.

Главный элемент лабораторного практикума – универсальный стенд УИЛС-1. Как показал опыт постановки лабораторно-практических занятий с использованием стендов и соответствующего методического обеспечения, удастся успешно решить вопросы фронтального проведения лабораторных работ без увеличения имеющихся площадей, повышения методического уровня и культуры занятий, уменьшения энергопотребления, более полного обеспечения требований правил техники безопасности и др. Стенд открывает возможность успешно внедрять новую перспективную форму обучения, предусматривающую чередование расчетов электрических схем с проводимыми экспериментами и ориентированную, в основном, на самостоятельную работу студента под контролем преподавателя.

Правила техники безопасности в лабораториях кафедры ТОЭ

Лабораторные стенды УИЛС-1 являются действующими электроустановками и при определенных условиях могут стать источником опасности поражения электрическим током. Тело человека обладает свойством электропроводности и при соприкосновении с токоведущими частями установки, находящейся под напряжением, оно становится звеном электрической цепи. Возникающий в теле человека электрический ток может вызвать ожог кожи (электрическую травму) или нанести тяжелые поражения нервной, сердечной и дыхательной системам организма (электрический удар).

Установлено, что как постоянный, так и переменный электрические токи, при определенных условиях и величине 0,05 А являются опасными, а при величине 0,1 А – смертельными. Поэтому следует всегда помнить о возможности поражения электрическим током и выполнять следующие правила:

1. Сборку электрической цепи следует производить только при *отключенных* источниках питания.

2. Перед включением электрических цепей под напряжение переключатели пределов измерительных приборов необходимо *установить* на значения, *превышающие* расчетные электрические величины.

3. Включение источников энергии разрешается лишь после *проверки* преподавателем правильности собранных электрических цепей.

4. При сборке электрических цепей необходимо обеспечить высокую *плотность* контактов всех разъемных соединений. Неиспользованные провода следует *убрать* со стола в отведенное для них место.

5. Убедитесь в *исправности* изоляции и *целостности* соединительных проводов. Не пользуйтесь проводами без штырей.

6. Все *переключения*, выполняемые по ходу работы (переключение или отключение отдельных элементов цепи, изменение пределов измерения и т. п.), или *разборка* цепи под напряжением категорически *запрещаются*.

7. Помните, что отключенный конденсатор может сохранять *опасный* остаточный заряд и не забывайте разрядить его до включения в цепь.

8. *Не прикасайтесь* к неизолированным элементам соединительных и коммутационных устройств, находящихся под напряжением.

9. Особую *осторожность* соблюдайте при исследовании участков цепей с *последовательным* соединением катушек индуктивности и конденсаторов.

Обнаружив любую неисправность в стенде (нагрев резисторов, катушек; отклонение стрелок за пределы шкалы), находящемся под напряжением, немедленно *отключайте* сеть и *сообщите* об этом преподавателю.

В случае *поражения* электрическим током следует немедленно *отключить* установку от сети, *освободить* пострадавшего от действия электрического тока и *поставить* в известность о случившемся преподавателя.

К проведению лабораторных работ допускаются студенты, знающие правила техники безопасности и расписавшиеся в специальном журнале. Инструктаж по технике безопасности проводит преподаватель.

Ответственность за соблюдение правил техники безопасности возлагается на *студентов*, работающих в лаборатории, а *контроль* за их выполнением ведется *преподавателями* и сотрудниками кафедры, участвующими в проведении лабораторных занятий.

Лабораторная работа № 6

Измерение мощности в цепях постоянного и однофазного переменного тока

Цель работы: получение первичных навыков измерения мощности в простейших электрических цепях.

Программа работы

1. Измерить мощность цепи постоянного тока и ее отдельного участка, заполнить табл. 6.1.
2. Измерить активную мощность цепи однофазного переменного тока и ее участков, заполнить табл. 6.2.

Краткие сведения из теории

1. При измерении мощности какого-либо участка электрической цепи он рассматривается как двухполюсник. Прибор для измерения мощности – ваттметр – имеет две измерительные цепи. Одна из них включается последовательно с изучаемым двухполюсником (ток в этой цепи совпадает с током двухполюсника), а вторая – параллельно с этим двухполюсником (напряжение на зажимах этой цепи совпадает с напряжением на выводах двухполюсника). При этом положительные направления тока и напряжения двухполюсника должны быть одинаково ориентированы относительно одноименных зажимов измерительных цепей ваттметра. Эти зажимы обозначают знаком * или • и называют генераторными зажимами, т. к. они присоединяются со стороны источника питания.

2. Способ включения ваттметра для измерения мощности в цепи постоянного тока показан на рис. 6.1, а ваттметр измеряет мощность, потребляемую всей нагрузкой, а на рис. 6.1, б – мощность, потребляемую сопротивлением R_1 .

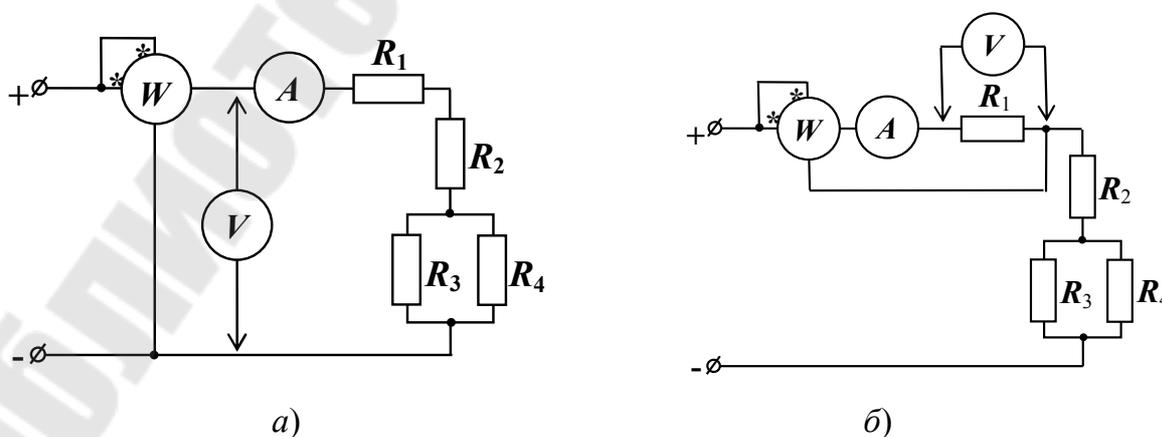


Рис. 6.1

Включение ваттметра для измерения активной мощности в цепях переменного тока производится аналогично (рис. 6.2).

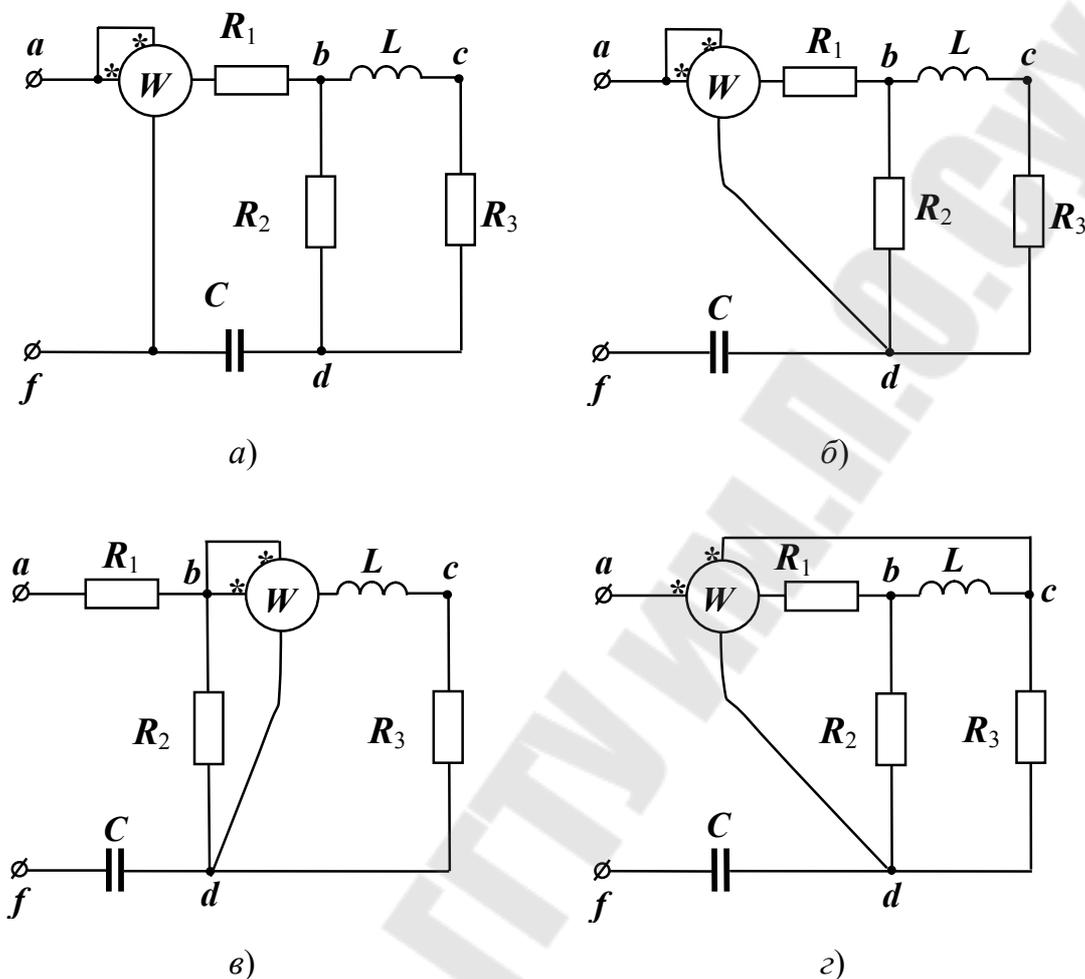


Рис. 6.2

Следует учитывать, что показание ваттметра не всегда имеет физический смысл. Например, лишены смысла будут показания ваттметра, включенного по схеме рис. 6.2, г: в этом случае участок цепи, на котором присоединен ваттметр, не может рассматриваться как двухполюсник.

3. Ваттметр Д506 имеет шкалу в 150 делений, 2 предела измерения по току (2,5 А и 5 А) и 6 пределов измерения по напряжению (30 В, 75 В, 150 В, 300 В, 450 В и 600 В). Чтобы определить значение мощности, измеренное ваттметром, необходимо умножить число делений, указываемое стрелкой, на цену деления шкалы C , определяемую по формуле

$$C = \frac{[\text{предел измерения по току}] \cdot [\text{предел измерения по напряжению}]}{150}.$$

Порядок выполнения работы

1. Собрать электрическую цепь по схеме рис. 6.1, *а*. Произвести измерение мощности P_W , результат измерений занести в табл. 6.1 и сравнить с значением $P = U_V I_A$, рассчитанным по показаниям вольтметра и амперметра.

2. Собрать электрическую цепь по схеме рис. 6.1, *б* и проделать то же, что и в п. 1.

3. Произвести измерение мощности в цепях, изображенных на рис. 6.2, *а–в*. Результаты измерений занести в табл. 6.2. По известным номинальным значениям R_1, R_2, R_3, L и C рассчитать активную мощность при включениях ваттметра по схемам 6.2, *а–в* и сравнить с результатами соответствующих измерений.

Таблица 6.1

Измерение мощности в цепи постоянного тока

Схема включения ваттметра	$U_V, В$	$I_A, В$	$P, Вт$	$P_W, Вт$
Рис. 6.1, <i>а</i>				
Рис. 6.1, <i>б</i>				
Исходные данные: входное напряжение ... В, $R_1 = \dots, R_2 = \dots, R_3 = \dots, R_4 = \dots$				

Таблица 6.2

Измерение мощности в цепи однофазного переменного тока

Схема включения ваттметра	Мощность	
	измеренное значение	расчетное значение
Рис. 1.1, <i>а</i>		
Рис. 1.1, <i>б</i>		
Рис. 1.1, <i>в</i>		
Исходные данные: входное напряжение ... В, $R_1 = \dots, R_2 = \dots, R_3 = \dots, L = \dots, C = \dots$		

Контрольные вопросы

1. Какой фрагмент электрической цепи называется двухполюсником?
2. Как определить мощность косвенным путем? В чем недостаток косвенного измерения мощности?
3. Как определить цену деления шкалы ваттметра?
4. Начертите схему включения ваттметра для измерения мощности, потребляемой резистором R_2 в цепи рис. 6.1.
5. Почему показание ваттметра не всегда имеет физический смысл?

Лабораторная работа № 7

Измерение мощности в трехфазных цепях с симметричной нагрузкой

Цель работы: 1. Приобретение навыков измерения мощности в трехфазных цепях с симметричной нагрузкой.

2. Проверка эквивалентности измерений мощности в трехфазных цепях с искусственной нейтральной точкой и без нее.

Программа работы

1. Измерить мощность симметричной трехфазной цепи методом одного ваттметра.

2. Измерив сопротивление параллельной измерительной цепи ваттметра, создать в исследуемой цепи искусственную нейтральную точку.

3. Измерить мощность в цепи с искусственной нейтральной точкой и проверить эквивалентность этого измерения результатам п. 1.

4. По результатам измерений заполнить табл. 7.2.

Краткие сведения из теории

В симметричных трехфазных цепях мощности, выделяемые в каждой фазе нагрузки, одинаковы: при соединении приемников звездой $P_A = P_B = P_C = P_\phi$, а при соединении приемников треугольником $P_{AB} = P_{BC} = P_{CA} = P_\phi$. Поэтому для определения активной мощности симметричного приемника достаточно утроить показания ваттметра, включенного в любую из фаз нагрузки (*метод одного ваттметра* – рис. 7.1):

$$P_{\text{нагр}} = 3 P_\phi. \quad (7.1)$$

При измерении мощности этим методом в цепях с нагрузкой, соединенной звездой, параллельная измерительная цепь ваттметра включается между зажимом трехфазного источника и нейтральной точкой звезды нагрузки.

Если же эта точка недоступна, то она создается искусственно (*включение ваттметра с искусственной нейтральной точкой*; рис. 7.2, а). Для создания искусственной нейтральной точки используются два активных сопротивления R_2 и R_3 , удовлетворяющих требованию

$$R_2 = R_3 = R_{||}, \quad (7.2)$$

где $R_{||}$ – активное сопротивление параллельной измерительной цепи ваттметра.

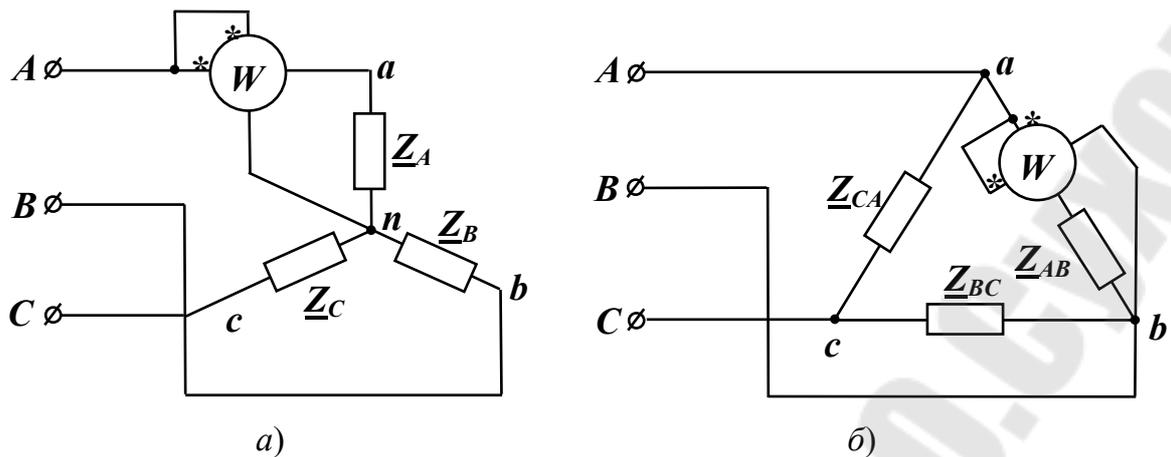


Рис. 7.1

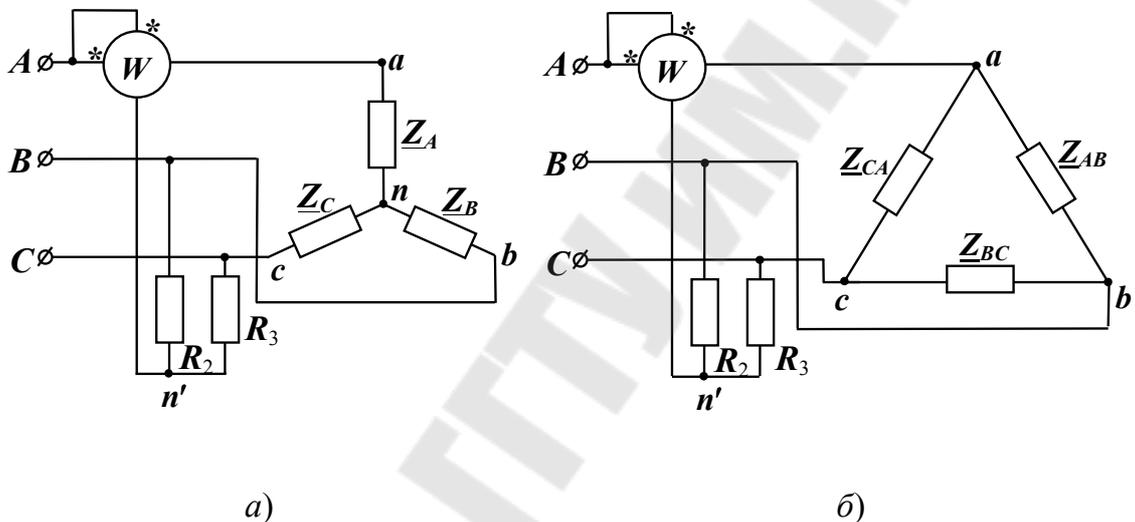


Рис. 7.2

Включение ваттметра с искусственной нейтральной точкой также может применяться при соединении симметричной нагрузки треугольником (рис. 7.2, б).

Порядок выполнения работы

1. Собрать электрическую цепь по схеме рис. 7.1, а, используя в качестве симметричной нагрузки активные сопротивления $R_A = R_B = R_C = R_{\phi Y}$ (значение R_{ϕ} выбрать по указанию преподавателя). Установить по указанию преподавателя фазные ЭДС $E_{\phi Y}$ трехфазного источника питания и занести значения $R_{\phi Y}$ и $E_{\phi Y}$ в табл. 7.1. Произвести измерение мощности P_{ϕ} . По формуле (7.1) определить экспериментальное значение мощности нагрузки и занести его в табл. 7.2.

Таблица 7.1

Исходные данные

Способ соединения нагрузки	Фазная ЭДС источника	Сопротивление фазы приемника
Звезда		
Треугольник		

Таблица 7.2

Результаты измерения мощности

Способ соединения нагрузки	Способ включения ваттметра	
	Метод одного ваттметра	Включение ваттметра с искусственной нейтральной точкой ($R_{\parallel} = \dots$)
Звезда		
Треугольник		

2. Собрать электрическую цепь по схеме рис. 7.1, б, используя в качестве симметричной нагрузки активные сопротивления $R_{AB} = R_{BC} = R_{CA} = R_{\phi\Delta}$. Установить по указанию преподавателя фазные ЭДС $R_{\phi\Delta}$ и $E_{\phi\Delta}$ и занести значения $R_{\phi\Delta}$ и $E_{\phi\Delta}$ в табл. 7.1. Произвести измерение мощности P_{ϕ} , по формуле (7.1) определить экспериментальное значение мощности нагрузки и занести его в табл. 7.2.

3. Измерить активное сопротивление R_{\parallel} параллельной измерительной цепи ваттметра (например, методом амперметра и вольтметра) и подобрать активные сопротивления R_2 и R_3 в соответствии с требованием (7.2).

4. Собрать электрическую цепь по схеме рис. 7.2, а, используя те же значения $R_{\phi\Delta}$ и $E_{\phi\Delta}$, что и в п. 1. Произвести измерение мощности нагрузки, занести полученное значение в табл. 7.2 и сравнить с результатами измерений в п. 1.

5. Собрать электрическую цепь по схеме рис. 7.2, б, используя те же значения $R_{\phi\Delta}$ и $E_{\phi\Delta}$, что и в п. 2. Произвести измерение мощности нагрузки, занести полученное значение в табл. 7.2 и сравнить с результатами измерений в п. 2.

Контрольные вопросы

1. Как определить мощность симметричной трехфазной нагрузки косвенным путем?
2. Запишите выражение для мгновенной фазной мощности симметричной нагрузки.
3. Запишите выражение для среднего значения активной мощности симметричной нагрузки.
4. Как влияет способ соединения трехфазной нагрузки на величину мгновенного значения ее активной мощности?
5. Для чего в трехфазной цепи создают искусственную нейтральную точку? Как она создается?

Лабораторная работа № 8

Измерение мощности в трехфазных цепях с несимметричной нагрузкой

Цель работы: 1. Приобретение навыков измерения активной мощности четырехпроводной трехфазной цепи методом трех ваттметров; 2. Овладение методом двух ваттметров при измерении мощности в трехпроводных трехфазных цепях; 3. Приобретение навыков измерения реактивной мощности в трехпроводных трехфазных цепях.

Программа работы

1. Измерить активную мощность четырехпроводной трехфазной цепи методом трех ваттметров.
2. Измерить активную и реактивную мощности симметричной трехпроводной цепи.
3. Измерить реактивную мощность несимметричной трехпроводной цепи.
4. По результатам измерений заполнить табл. 8.3.

Краткие сведения из теории

В 4-проводных трехфазных цепях измеряется мощность каждой фазы (*метод трех ваттметров* (рис. 8.1)). Активная мощность нагрузки определяется арифметической суммой показаний ваттметров

$$P_{\text{нагр}} = P_A + P_B + P_C. \quad (8.1)$$

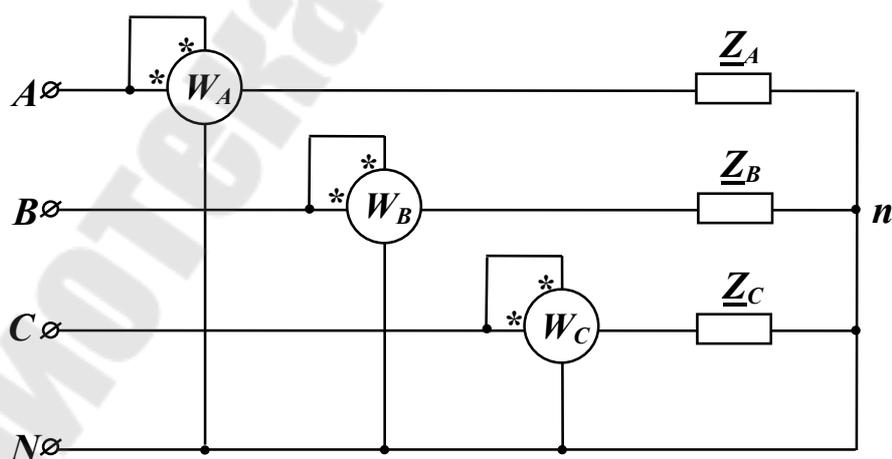


Рис. 8.1

В трехпроводных трехфазных цепях с несимметричной нагрузкой измерение мощности производится методом двух ваттметров. Активная мощность такой цепи выражается алгебраической суммой показаний обоих приборов

$$P_{\text{нагр}} = P_{W1} + P_{W2}. \quad (8.2)$$

При этом приборы могут быть включены в трехпроводную цепь тремя равноценными способами, показанными на рис. 8.2, а–в.

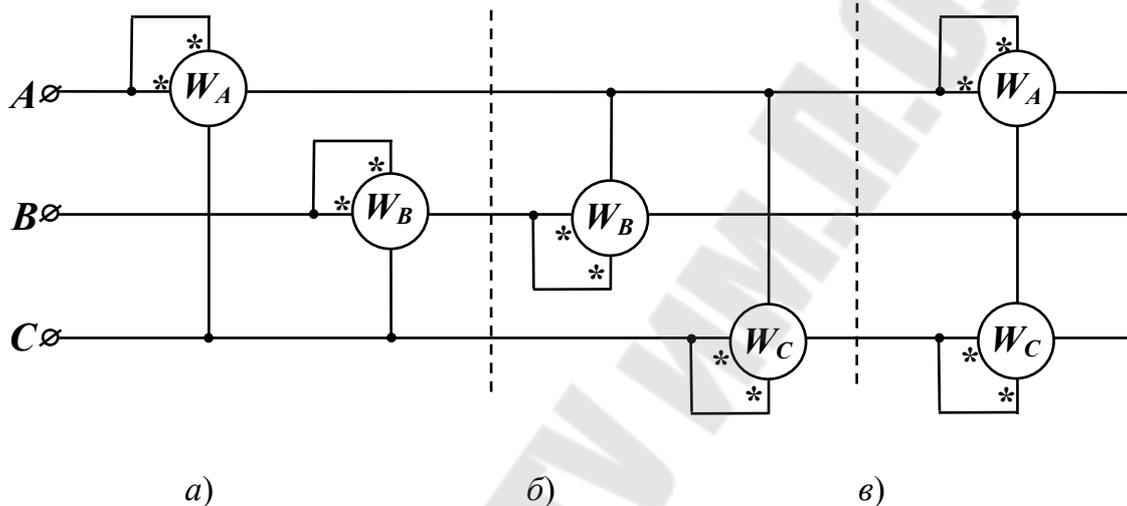


Рис. 8.2

Нумерация ваттметров определяется порядком включения токовых цепей в линейные провода с учетом прямой последовательности фаз, что удобно представить в виде табл. 8.1:

Таблица 8.1

Способ включения пары ваттметров в трехпроводную цепь	A →	B →	C →	A → ...
а)	№ 1	№ 2		№ 1
б)		№ 1	№ 2	
в)	№ 2		№ 1	№ 2

Метод двух ваттметров применяется также в цепях с симметричной нагрузкой, в особенности в тех случаях, когда необходимо измерить не только активную, но и реактивную мощность. Реактивная мощность симметричной нагрузки, измеряемая методом двух ваттметров, равна

$$Q = \sqrt{3} (P_{W1} - P_{W2}). \quad (8.3)$$

Реактивную мощность симметричной нагрузки можно измерить и одним ваттметром. Три равноценных способа включения ваттметра в трехпроводную цепь для измерения реактивной мощности симметричной нагрузки показаны на рис. 8.3.

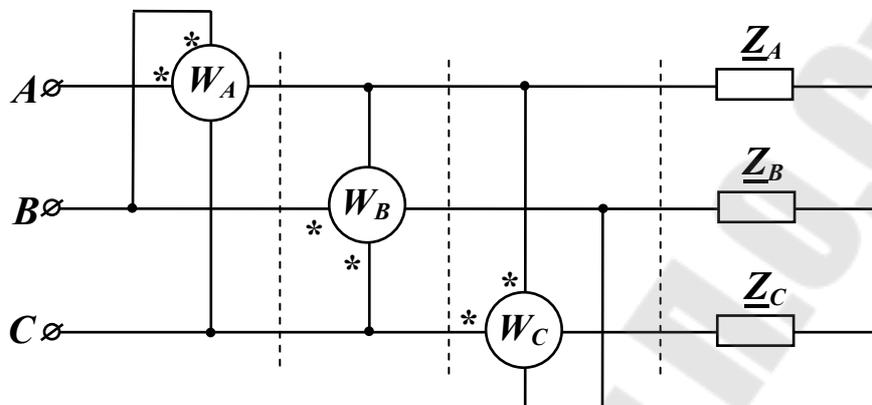


Рис. 8.3

При этом

$$Q_A = Q_B = Q_C = \sqrt{3} P_W. \quad (8.4)$$

Если же нагрузка несимметрична, то для измерения ее реактивной мощности применяются все три показанных на рис. 8.3 включения ваттметра. Реактивная мощность несимметричной нагрузки равна сумме показаний этих трех ваттметров, деленной на $\sqrt{3}$:

$$Q = \frac{Q_A + Q_B + Q_C}{\sqrt{3}}. \quad (8.5)$$

Порядок выполнения работы

1. Собрать цепь по схеме рис. 8.1, взяв Z_A , Z_B и Z_C по указанию преподавателя. Установить по указанию преподавателя значения E_ϕ фазных ЭДС источника трехфазного питания и занести исходные величины Z_A , Z_B , Z_C и E_ϕ в табл. 8.2. Измерить мощности P_A , P_B , P_C , определить мощность нагрузки по формуле (8.1) и занести полученное значение в табл. 8.3.

Таблица 8.2

Исходные данные

ЭДС фазы источника питания E_ϕ	Нагрузка			
	несимметричная			симметричная
	\underline{Z}_A	\underline{Z}_B	\underline{Z}_C	$\underline{Z}_A = \underline{Z}_B = \underline{Z}_C = \underline{Z}_\phi$

Таблица 8.3

Результаты измерений

Активная мощность (несимметричная нагрузка)		Реактивная мощность		
четырёхпроводная цепь	трехпроводная цепь	Симметричная нагрузка		Несимметричная нагрузка
		Метод одного ваттметра	Метод двух ваттметров	

2. Собрать цепь по схеме рис. 8.2, взяв то же значение E_ϕ и ту же нагрузку, что и в п. 1. Произвести измерение мощности трехпроводной цепи методом двух ваттметров (одним из трех способов) и занести результат измерений в табл. 8.3, воспользовавшись формулой (8.2).

3. В цепи, собранной в п. 2, изменить нагрузку, обеспечив ее симметричность. Определить значения P_{W1} , P_{W2} и по формулам (8.2), (8.3) рассчитать активную и реактивную мощности симметричной нагрузки. Результат занести в табл. 8.3.

4. В цепь с нагрузкой, использованной в п. 3, включить ваттметр одним из способов, показанных на рис. 8.3. Определить реактивную мощность нагрузки с помощью формулы (8.4), результат занести в табл. 8.3 и сравнить с результатом выполнения п. 3.

5. Собрать трехпроводную цепь по схеме рис. 8.3, используя нагрузку, применявшуюся в п. 1. Определить реактивную мощность методом трех ваттметров, используя формулу (8.5). Результат занести в табл. 8.3.

Контрольные вопросы

1. Запишите выражение для мгновенного значения активной мощности несимметричной нагрузки.

2. Обоснуйте аналитически возможность измерения активной мощности трехпроводной трехфазной цепи.

3. Поясните порядок нумерации ваттметров при измерении мощности методом двух ваттметров.
4. Как измерить реактивную мощность симметричной нагрузки?
5. Начертите схему включения ваттметров для измерения реактивной мощности несимметричной нагрузки.

Литература

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники / Л. А. Бессонов. – Москва : Высш. шк., 1978.
2. Нейман, Л. Р. Теоретические основы электротехники / Л. Р. Нейман, К. С. Демирчян. – Ленинград : Энергоиздат, 1981. – Ч. 1.
3. Основы теории цепей / Г. В. Зевеке [и др.]. – Москва : Энергоиздат, 1989.
4. Шебес, М. Р. Задачник по теории линейных электрических цепей / М. Р. Шебес. – Москва : Энергия, 1982; 1990.
5. Добротворский, И. Н. Лабораторный практикум по основам теории цепей / И. Н. Добротворский. – Москва : Высш. шк., 1986.

Содержание

Введение	3
Правила техники безопасности в лабораториях кафедры ТОЭ	4
<i>Лабораторная работа № 6. Измерение мощности в цепях постоянного и однофазного переменного тока</i>	<i>6</i>
<i>Лабораторная работа № 7. Измерение мощности в трехфазных цепях с симметричной нагрузкой</i>	<i>9</i>
<i>Лабораторная работа № 8. Измерение мощности в трехфазных цепях с несимметричной нагрузкой</i>	<i>13</i>
Литература.....	18

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

**Лабораторный практикум
по одноименному курсу для студентов
специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение»
и 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы»**

Электронный аналог печатного издания

Авторы-составители: **Грачев** Станислав Анатольевич
Шабловский Ярослав Олегович

Редактор *Н. В. Гладкова*
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 23.07.07.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Цифровая печать. Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,2.

Изд. № 75.

E-mail: ic@gstu.gomel.by

<http://www.gstu.gomel.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:
Издательский центр учреждения образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0131916 от 30.04.2004 г.

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.