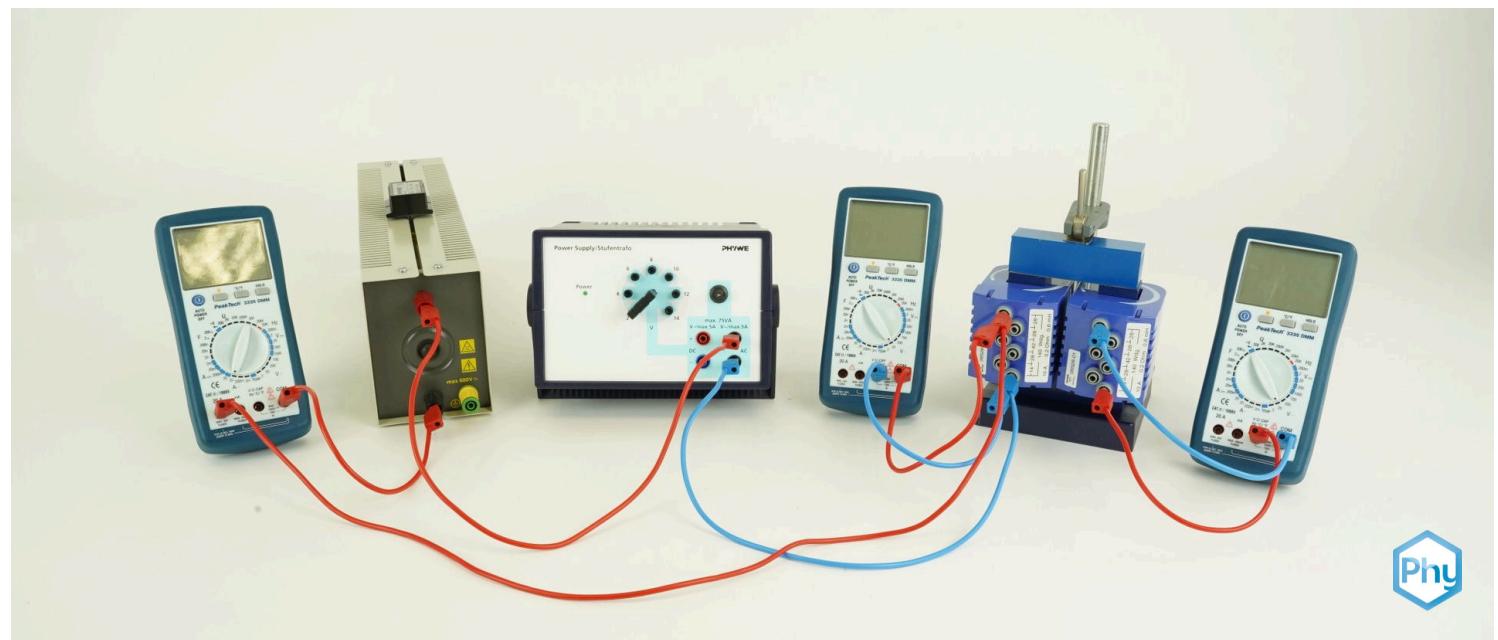


Трансформатор



Физика

Электричество и магнетизм

Электромагнетизм и индукция



Уровень сложности



Кол-во учеников



Время подготовки



Время выполнения

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/605249296cb02000034e0c87>



Общая информация

Описание



Рис.1: Экспериментальная установка

Трансформатор представляет собой замкнутый магнитопровод, на котором расположены две или несколько обмоток. Эти устройства предназначены для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения.

Этот эксперимент помогает получить первое представление о трансформаторах.

Дополнительная информация (1/2)



Предварительные знания, необходимые для этого эксперимента, можно найти в разделе теории.

Предварительные



Главный
принцип

Переменное напряжение подается на одну из двух катушек (первичную обмотку), расположенных на общем железном сердечнике. Напряжение, наведенное во второй катушке (вторичной обмотке), и протекающий в ней ток исследуются в зависимости от количества витков в катушках и тока, протекающего в первичной обмотке.

Дополнительная информация (2/2)



Задачи

1. Напряжение вторичной обмотки трансформатора с разомкнутым контуром определяется в зависимости от числа витков первичной обмотки, числа витков вторичной обмотки и напряжения первичной обмотки.

2. Ток короткого замыкания на вторичной обмотке определяется в зависимости от числа витков первичной обмотки, числа витков вторичной обмотки и тока первичной обмотки

3. При нагруженном трансформаторе первичный ток определяется в зависимости от тока на вторичной обмотке, числа витков вторичной обмотки и числа витков первичной обмотки.

Теория



Если из-за приложенного переменного напряжения в катушке течет ток I , то согласно 2-му уравнению Максвелла индуцированное напряжение в катушке равно

$$U_{\text{ind}} = -n_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

где n_1 – количество витков в катушке, а Φ – плотность магнитного потока.

Это напряжение противоположно полярности U_1 и, следовательно,

$$U_1 = n_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

Если на том же железном сердечнике есть вторая катушка (вторичная обмотка), и через нее проходит та же плотность потока Φ , то индуцированное напряжение U_2 равно

$$U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1 \quad (3) \quad \text{или, из (2)} \quad U_2 = -n_2 \frac{d\Phi}{dt} \quad (4)$$

Оборудование

Позиция	Материал	Пункт №.	Количество
1	PHYWE Многоступенчатый трансформатор пост. ток: 2/4/6/8/10/12 В, 5 А / перемен. ток: 2/4/6/8/10/12/	13533-93	1
2	Реостат, 10 Ом , 5,7 А	06110-02	1
3	Катушка, 140 витков	06526-01	2
4	Зажимное устройство	06506-00	1
5	Железный сердечник, U-образный, пластинчатый	06501-00	1
6	Железный сердечник, короткий, пластинчатый	06500-00	1
7	Цифровой мультиметр, 3 1/2 разрядный дисплей с NiCr-Ni термопарой	07122-00	3
8	Соединительный проводник, 500 мм, красный	07361-01	1
9	Соединительный проводник, 500 мм, синий	07361-04	1
10	Соединительный проводник, 250 мм, красный	07360-01	3
11	Соединительный проводник, 250 мм, синий	07360-04	3



Подготовка и выполнение работы

Подготовка и

Экспериментальная установка показана на рис. 1. Многодиапазонные приборы должны быть подключены, как показано на рис. 2, в то время как вольтметр можно использовать через двухполюсный двухпозиционный переключатель для первичной и вторичной цепи. Железное ярмо следует открывать только при выключенном питании, т.к. в нем могут протекать большие токи. При загрузке реостата нельзя превышать максимально допустимую нагрузку 6,2 А в течение 8 минут. Источник питания не заземлен, поэтому соотношение фаз тока и напряжения можно отобразить с помощью двухканального осциллографа, если таковой имеется.

При постоянном напряжении питания первичный ток регулируется с помощью реостата в первичной цепи при коротком замыкании вторичной обмотки. Когда трансформатор нагружен, реостат используется в качестве нагрузочного резистора во вторичной цепи.

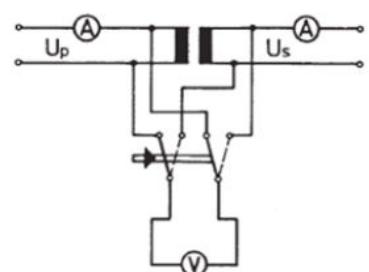


Рис. 2: Подключение многодиапазонных приборов



Оценка

Результаты (1/5)

Из линии регрессии измеренных значений на рис. 3 и экспоненциальному выражению получаем:

$$Y = A \cdot X^B$$

где $B = 1.020 \pm 0.002$ - показатель экспоненты.

Из линии регрессии измеренных значений на рис. 4 и экспоненциальному выражению получаем:

$$Y = A \cdot X^B$$

где $B_1 = 1.002 \pm 0.001$; $B_2 = -0.993 \pm 0.002$

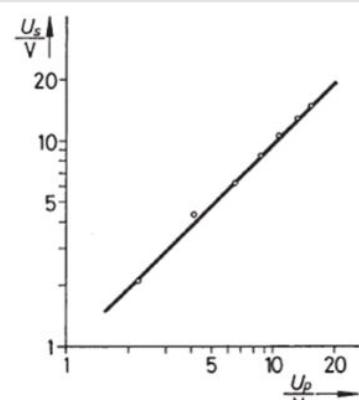


Рис. 3: Вторичное напряжение на незагруженном трансформаторе в зависимости от первичного напряжения.

Результаты (2/5)

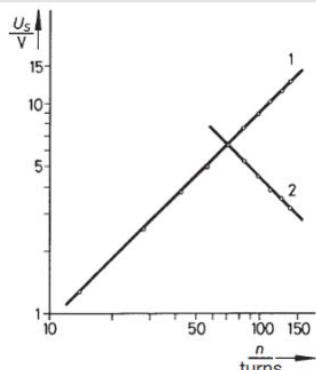


Рис. 4: Вторичное напряжение ненагруженного трансформатора как функция: от числа оборотов во вторичной обмотке (1), от числа оборотов в первичной обмотке (2).

Если во вторичной цепи протекает ток I_2 , то результирующий магнитный поток накладывается на плотность потока в первичной катушке: переменный ток в результате уменьшает сопротивление первичной обмотки. Следовательно, ток в первичной катушке увеличивается при постоянном напряжении U .

Поскольку поток, создаваемый I_2 во вторичной обмотке равен потоку, производимому дополнительным током I_1 в первичной катушке, то

$$I_2 = -\frac{n_1}{n_2} I_1 \quad (5)$$

Отношение n_1/n_2 называется коэффициентом трансформации.

Результаты (3/5)

Если нагрузка на вторичной обмотке является чисто резистивной и если ток, протекающий в первичной обмотке при разгрузке трансформатора, мал по сравнению с I_1 , то тогда I_1 - это суммарный ток, протекающий на первичной обмотке.

Из линии регрессии измеренных значений на рис. 5 и экспоненциальному выражению получаем:

$$Y = A \cdot X^B$$

где $B = 1.02 \pm 0.01$ - показатель степени.

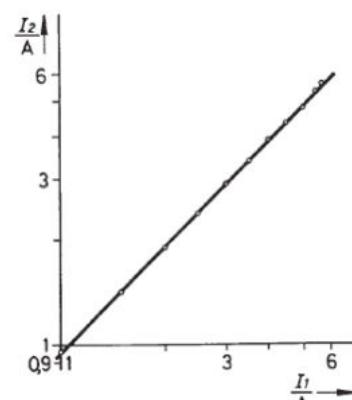


Рис. 5: Вторичный ток короткого замыкания как функция первичного тока в трансформаторе.

Результаты (4/5)

Из линии регрессии измеренных значений на рис. 6 и экспоненциальному выражению получаем:

$$Y = A \cdot X^B ,$$

где показатели экспоненты равны

$$B_1 = -0.982 \pm 0.003; \quad B_2 = 1.025 \pm 0.002$$

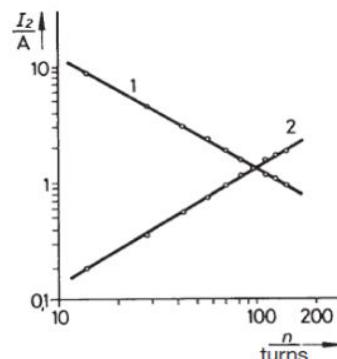


Рис. 6: Вторичный ток короткого замыкания трансформатора в зависимости от числа витков вторичной обмотки (1), числа витков в первичной обмотке (2).

Результаты (5/5)

Потери трансформатора в основном определяются омическим сопротивлением катушки, потерями на намагничивание и гистерезисом железного сердечника, а также потерями из-за полей рассеяния, возникающих потому, что полный первичный магнитный поток не проходит через вторичную катушку, и наоборот. Вследствие этого меняются индуктивные и омические сопротивления первичной и вторичной обмоток

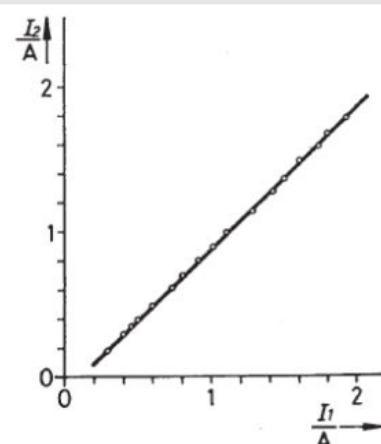


Рис. 7: Вторичный ток как функция первичного тока при загруженном трансформаторе.