Лабораторная работа 2.04

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОЛЕЗНОЙ МОЩНОСТИ ИСТОЧНИКА ТОКА ОТ НАГРУЗКИ

Е.В. Козис

Цель работы: изучение законов постоянного тока.

Задание: исследовать зависимости мощности и КПД источника тока от нагрузки.

Подготовка к выполнению лабораторной работы: изучить законы постоянного тока по предлагаемому списку литературы. Ответить на контрольные вопросы.

Библиографический список

1. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3-х томах. Том 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. - СПб.: Издательство «Лань», 2018, гл. 5, §§ 33-38.
2. Трофимова Т.И. Курс физики. – М.: Издательский центр «Академия», 2016, гл. 12, §§ 97-101.

Контрольные вопросы

1. Нарисуйте график, качественно отражающий зависимость тока I в полной цепи от нагрузочного сопротивления R.
2. Нарисуйте график, качественно отражающий функцию $U=f(R)$, где R – сопротивление нагрузки в полной цепи; U – падение напряжения на ней.
3. Сравните величины тока короткого замыкания $I_{к.з.}$ и тока в цепи, работающей в режиме максимальной полезной мощности I.
4. Сравните величины максимальных полной P_1 и полезной P мощностей в цепи.
5. Каков КПД источника тока, работающего в режиме максимальной полезной мощности?
6. Нарисуйте график, качественно отражающий зависимость полезной мощности от нагрузки R.
7. Нарисуйте график, качественно отражающий зависимость коэффициента полезного действия от нагрузки $\eta=\eta(R)$.
8. Можно ли, присоединяя поочерёдно к одному и тому же источнику тока разные нагрузочные сопротивления, получить на них одинаковую мощность? Почему?

9. Как рассчитать, при каких значениях R на них выделяется одинаковая мощность P?
10. Определите, при каком сопротивлении нагрузки на ней выделяется максимальная мощность.

Теоретическое введение

Если замкнуть источник постоянного тока с известной электродвижущей силой (ЭДС) - E и внутренним сопротивлением r на внешнюю цепь с сопротивлением R, то по цепи пойдёт ток I. Согласно закону Ома для замкнутой цепи, величина этого тока равна

$$I = \frac{E}{R+r} \tag{1}$$

Количество тепла, выделяющегося в нагрузке за промежуток времени dt, определяется законом Джоуля-Ленца

$$dQ = I^2 R dt. \tag{2}$$

Соответственно, мощность, выделяемая на нагрузке, будет равна

$$P = I^2 R, \tag{3}$$

а мощность, выделяемая внутри источника, равна $P_r = I^2 r$. Таким образом, *полная мощность* источника равна

$$P_1 = I^2(R+r) = E \cdot I. \tag{4}$$

Потребитель может использовать лишь мощность, выделяющуюся на нагрузке, её называют *полезной мощностью*. Если падение напряжения на нагрузке U, то

$$P = IU \tag{5}$$

Учитывая выражение (1) полезную мощность можно записать в виде

$$P = \frac{E^2 R}{(R+r)^2}. \tag{6}$$

Проанализируем характер последней зависимости, учитывая постоянство величин E и r. Если $R = 0$, то $P = 0$. При этом ток в цепи достигает максимального значения, называемого *током короткого замыкания* $I_{к.з.} = E/r$.

При увеличении нагрузочного сопротивления полезная мощность растёт и при некотором $R = R_0$ достигает максимального значения P_{max}. Определим величину R_0. Для этого исследуем на экстремум функцию (6). Приравняем нулю первую производную от P по R

$$\frac{(R+r)^2 - 2(R+r)R}{(R+r)^4} = 0,$$

откуда $R = R_0 = r$. Таким образом, при равенстве внешнего и внутреннего сопротивлений полезная мощность максимальна и равна

$$P_{\max} = \frac{E^2}{4r}. \qquad (7)$$

С дальнейшим ростом R ($R \to \infty$) полезная мощность стремится к нулю. Коэффициент полезного действия (КПД) источника тока η есть отношение полезной мощности ко всей мощности, выделяемой в цепи

$$\eta = \frac{P}{P_1} = \frac{U}{E} = \frac{R}{R+r}. \qquad (8)$$

При токе короткого замыкания КПД равен нулю и приближается к единице при $R \to \infty$. Последний случай, казалось бы, очень выигрышный, на практике мало пригоден по той причине, что величина полезной мощности при этом, согласно (6), стремится к нулю. Поэтому в реальных цепях η существенно меньше единицы.

Описание аппаратуры и метода измерений

Принципиальная схема установки, используемой в данной лабораторной работе, представлена на рис. 1.

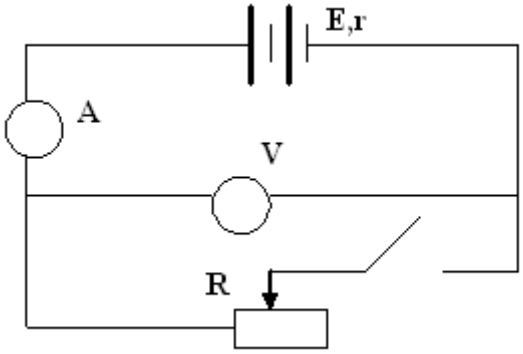

Рис 1.

Установка содержит источник питания E, сопротивление нагрузки R и два стрелочных прибора, позволяющих измерять ток в цепи и напряжение на нагрузке U. Сопротивление нагрузки можно изменять двумя ручками, расположенными на передней панели установки (грубая регулировка и плавная регулировка). Там же находится кнопка, при нажатии на которую на вольтметре отображается значение ЭДС источника.

Порядок выполнения работы

1. Составить спецификацию электроизмерительных приборов.
2. Включить установку тумблером «сеть».
3. Измерить значение ЭДС источника.
4. Произвести измерения силы тока I и напряжения U для различных значений сопротивления нагрузки R (получить не менее 15 значений величин I и U).
5. Результаты измерений занести в таблицу 1

Таблица 1. E=.... (В)

№	U, В	I, мА	R, Ом	P, мВт	P_1, мВт	η
1						
2						
3						
4						
…						

Обработка результатов измерений

1. Используя закон Ома для участка цепи рассчитать для каждого опыта значение R (если эти значения не указаны на экспериментальной установке).
2. Вычислить для каждого опыта значения P_1, P и η, используя формулы (4), (5) и (8).
3. Результаты всех расчетов занести в таблицу 1.
4. На миллиметровой бумаге построить графики зависимостей полезной и полной мощности, а также КПД источника от величины сопротивления нагрузки R.
5. Используя график $P(R)$ определить внутреннее сопротивление источника.
6. Определить по тому же графику максимальную полезную мощность, выделяемую в цепи.
7. Используя измеренное значение ЭДС, рассчитать максимальную полезную мощность по формуле (7) и сравнить полученный результат с величиной P_{max}, полученной из графика.