

Задача 11-2 Фотоэлемент.

Фотоэлемент – устройство, преобразующее энергию электромагнитного излучения в электрическую энергию. Простейший фотоэлемент представляет собой полупроводниковый прибор с р-п-переходом. При поглощении оптического излучения в результате внутреннего фотоэффекта увеличивается число свободных носителей заряда, которые разделяются полем перехода. В результате этого по обе стороны от перехода создается разность потенциалов – фото-ЭДС.

Часть 1. Идеальный фотоэлемент

Идеальный фотоэлемент можно представить в виде источника тока и диода, соединенных параллельно (рис.1). Величина фототока I_{Φ} , генерируемого источником, определяется только интенсивностью и спектральным составом света и не зависит от сопротивления нагрузки. Диод D является нелинейным элементом. Ток диода I_D и напряжение U_D на нем связаны соотношением:

$$I_D = C U_D^2,$$

где C – некоторая известная постоянная величина.

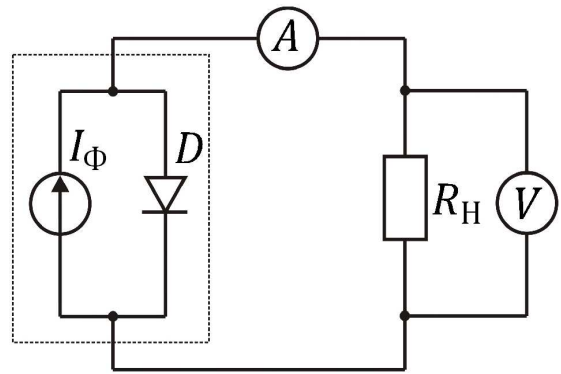


Рис. 1

1.1 К фотоэлементу подключен резистор с сопротивлением R_H . Считая известной величину фототока I_{Φ} , определите показания амперметра и вольтметра.

1.2 Сопротивление нагрузки R_H изменяют от нуля до очень большого значения. Как при этом зависит ток в нагрузке от напряжения $I_H(U_H)$?

1.3 Чему равен ток короткого замыкания $I_{кз}$ ($R_H = 0$) и напряжение холостого хода $U_{хх}$ ($R_H \rightarrow \infty$)?

1.4 Изобразите график зависимости $I_H(U_H)$.

1.5 Определите, при каком значении сопротивления нагрузки R_{Pmax} в ней выделяется максимальная мощность и чему она равна (P_{max}). Чему при этом равны ток и напряжение на резисторе I_{Pmax} и U_{Pmax} ?

1.6 Пусть $I_{\Phi} = 1,0 \text{ мА}$, $C = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ А/В}^2$. Приведите численные значения $I_{кз}$, $U_{хх}$, I_{Pmax} , U_{Pmax} , R_{Pmax} и P_{max} .

Часть 2. Потери энергии в фотоэлементе.

Более приближенная к реальности модель фотоэлемента должна учитывать омические потери внутри него (сопротивление пластины полупроводника, контактов и т.д.). При этом эквивалентная схема усложняется. В ней появляются сопротивление, подключенное параллельно источнику тока $R_{\text{ПАР}}$, и последовательное сопротивление $R_{\text{ПОС}}$ (рис.2.), значения которых считайте известными.

2.1 К фотоэлементу подключен резистор с сопротивлением $R_{\text{Н}}$. Считая известными величину фототока $I_{\text{Ф}}$, а также значения сопротивлений $R_{\text{ПОС}}$ и $R_{\text{ПАР}}$, определите показания амперметра и вольтметра.

2.2 Сопротивление нагрузки $R_{\text{Н}}$ изменяют от нуля до очень большого значения. Составьте уравнение, связывающее ток и напряжение на нагрузке.

2.3 Выразите величины тока короткого замыкания и напряжения холостого хода. Пусть (как и в первой части задачи) $I_{\text{Ф}} = 1,0 \text{ мА}$, $C = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ А/В}^2$, а сопротивления равны: $R_{\text{ПОС}} = 1,0 \cdot 10^2 \text{ Ом}$, $R_{\text{ПАР}} = 1,0 \cdot 10^3$.

2.4 Определите численные значения $I_{\text{КЗ}}$, $U_{\text{ХХ}}$.

2.5 Используя численные значения, изобразите график зависимости $I_{\text{Н}}(U_{\text{Н}})$.

2.6 Определите, при каком напряжении на нагрузке в ней выделяется максимальная мощность. Чему она равна?

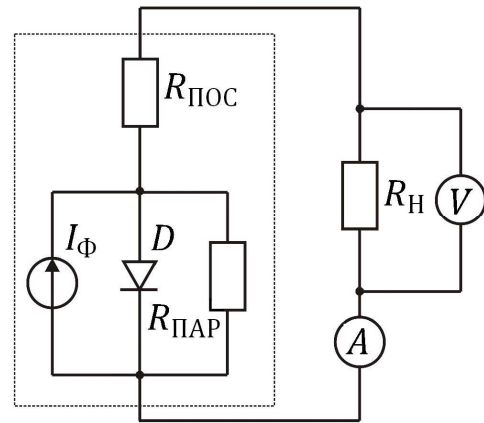


Рис. 2