

ПРЕИМУЩЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ УМНОЖИТЕЛЕЙ ПЕРЕД ФОТОЭЛЕМЕНТАМИ

Зворыкиным, Мортонем и Молтером было показано¹, что использование электронных умножителей вместо фотоэлементов позволяет увеличить отношение сигнала к шуму. Однако до сих пор отсутствовало общее рассмотрение этого вопроса. Оно было дано недавно Ф. Прейзахом².

Автор рассматривает работу фотоэлемента и электронного умножителя в усилительной схеме, показанной на рис. 1, где P — фотоэлемент

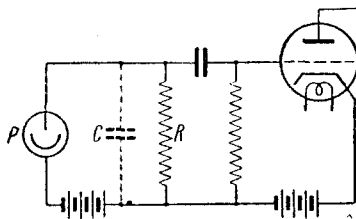


Рис. 1

мент (или электронный умножитель), R — входное сопротивление усилительной лампы, а показанная пунктиром емкость C изображает шунтирующую фотоэлемент емкость проводящих проводов, в сумме с внутренней емкостью фотоэлемента и лампы. Таким образом C определяет собой верхний предел полосы частот усилителя; она при вычислениях принимается равной 20 μF .

В качестве основных причин возникновения шумов рассматриваются (а) шум, создаваемый самим фотокатодом вследствие шрот-эффекта в фотоэмиссии, и (б) шум, вызываемый Джонсон-эффектом сопротивления R .

Беря отношение среднего квадрата разности потенциалов на сопротивлении R от шума шрот-эффекта к той же величине для теплового шума сопротивления R , автор получает выражение

$$\frac{I_a R}{\frac{2kT}{e}},$$

где I_a — фототок, R — величина входного сопротивления, T — абсолютная температура, k — постоянная Больцмана и e — заряд электрона. Для комнатной температуры ($T = 300^\circ \text{K}$) это отношение дает

$$\frac{I_a R}{50},$$

причем $I_a R$ должно быть выражено в милливольт-амперах.

Из этого отношения уже ясно, что в случае слабых световых потоков, когда как раз вопрос об уровне шумов является существенным, определяющим является джонсоновский шум входного сопротивления, а шум шрот-эффекта фотокатода практически не играет роли. Так обстоит дело в случае простого фотоэлемента.

Применение электронного умножения ведет, очевидным образом, к тому, что ток от фотоэлемента (электронного умножителя в данном случае), поступающий на входное сопротивление усилительной лампы, увеличивается. В соответствии с этим джонсоновский шум утрачивает свою доминирующую роль и при достаточно большом числе каскадов

умножения определяющим становится шум шрот-эффекта. Для того чтобы это имело место, полный коэффициент усиления электронного умножителя должен составлять около 10 000.

Таким образом использование электронных умножителей позволяет снизить нижний предел чувствительности фотоэлектрических схем за счет устранения мешающего действия шума Джонсон-эффекта. В этом выигрыше в пороговой чувствительности, который автор оценивает как 200-кратный, и заключается основное преимущество электронных умножителей перед простыми фотоэлементами, которое в настоящее время уже реализуется на практике, например в телевидении. Значение же статьи Прейзаха состоит в том, что она дает общий анализ работы обеих систем усиления и тем самым кладет конец дезориентирующим утверждениям, что замена фотоэлементов электронными умножителями не представляет преимуществ в смысле повышения чувствительности.

Н. Хлебников, Москва

ЛИТЕРАТУРА

1. K. Zvorykin, G. A. Morton and L. Malter, Proc. Inst. Radio Eng., **24**, 351, 1936.
 2. F. Preisach, Wireless Eng., **16**, 169, 1939.
-