

и рекомбинации носителей заряда в приповерхностных и приконтактных областях полупроводника или в оксидном слое на его поверхности, происходящими на т. н. медленных центрах рекомбинации. Фликкерный Ш. относится к НЧ-шумам; спектральная плотность тока фликкерного Ш. пропорциональна $I_0 b / \omega^\gamma$, где коэф. $b \approx 2, 0, 6 < \gamma < 3$ (определяются экспериментально). Причины фликкерных Ш. весьма сложны и разнообразны; их общая теория ещё не разработана (1990).

Лит.: Давенпорт В. Б., Рут В. Л., Введение в теорию случайных сигналов и шумов, пер. с англ., М., 1960; Харкевич А. А., Борьба с помехами, 2 изд., М., 1965; Шумы в электронных приборах, пер. с англ., М.—Л., 1964; Ван дер Зил А., Шум, пер. с англ., М., 1973; Суходоев И. В., Шумы электрических цепей. (Расчет), М., 1976; Введение в статистическую радиофизику, ч. 1.—Рытов С. М., Случайные процессы, М., 1976; Робинсон Ф. Н. Х., Шумы и флуктуации в электронных схемах и цепях, пер. с англ., М., 1980; Букингом М., Шумы в электронных приборах в системах, пер. с англ., М., 1986. В. В. Сапрынский.

ШУМ АКУСТИЧЕСКИЙ — см. в ст. Шум.

ШУМА КОЭФФИЦИЕНТ (шум-фактор) (F) — в общем случае вводится как число, показывающее, во сколько раз отношение мощностей сигнала и шума на входе четырёхполосника больше, чем на его выходе, при этом обе мощности шума (на входе и на выходе) определяются в одной и той же полосе частот Δf , в к-рой параметры четырёхполосника остаются примерно постоянными. На практике чаще пользуются принятым в качестве стандартного частным случаем приведённого определения Ш. к.:

$$F = 1 + \frac{P_{\text{сш}}}{P_{\text{шсн}}(T_0)},$$

где $P_{\text{сш}}$ — мощность собств. шума четырёхполосника в полосе частот Δf , приведённая к его входу, к-рая добавляется к мощности шума на входе $P_{\text{шсн}}$; $P_{\text{шсн}}(T_0)$ — мощность теплового шума согласованной нагрузки, находящейся при стандартной темп-ре T_0 [293 К по стандарту России (СССР) или 290 К по международному стандарту] в полосе частот Δf . Приведённое соотношение получается из общего при след. условиях: шумы, характеризующиеся мощностями $P_{\text{шсн}}$ и $P_{\text{сш}}$, статистически независимы; мощность $P_{\text{шсн}}$ принимается равной $P_{\text{шсн}}(T_0)$; коэф. передачи четырёхполосника по мощности для сигнала и шума одинаков, что справедливо для линейных пассивных и активных четырёхполосников, к к-рым в большинстве случаев относятся малошумящие входные цепи: усилители, смесители, преобразователи частоты *радиоприёмных устройств*, систем передачи (обработки) информации, систем связи, радиолокац. систем и т. д.

Приравнивая мощность собств. шума $P_{\text{сш}}$ четырёхполосника к мощности теплового шума воображаемой согласованной нагрузки, находящейся при нек-рой темп-ре $T_{\text{ш}}$, и применяя *Найквиста теорему*, можно получить ещё одно часто используемое выражение для Ш. к.:

$$F = 1 + T_{\text{ш}}/T_0,$$

где $T_{\text{ш}}$ — шумовая темп-ра четырёхполосника. На практике Ш. к. выражают также в дБ, т. е. вместо F используют величину $10 \lg F$. Существует ряд др. определений Ш. к., к-рые по существу сводятся к определениям, приведённым выше.

Лит. см. при ст. Шум.

В. Н. Ештокин.

ШУМАНОВСКИЕ РЕЗОНАНСЫ (резонансы в полости Земля — ионосфера) — резонансное усиление эл.-магн. атм. шумов в сферич. полости между Землёй и ионосферой. Теоретически предсказаны в 1952 В. Шуманом (W. Schumann) и экспериментально обнаружены в 1960 М. Бальсером (M. Balseger) и Ч. Вагнером (C. Wagner). Резонансы возникают на основной моде волны E -типа, имеющей радиальную составляющую электрич. поля и азимутальную — магнитного. Эта волна распространяется вокруг земного шара со скоростью, близкой к скорости света, и с очень малым затуханием ($\sim 0,1 - 0,4$ дБ/1000 км). Собственные частоты резонатора Земля — ионосфера без учёта потерь определяются по ф-ле $f_n \approx (c/2\pi a) \sqrt{n(n+1)}$, где $a = 6370$ км — радиус Земли, c — скорость света, $n = 1, 2, \dots$ — целое число. Осн.

потери связаны с ионосферной стенкой резонатора, и его добротность $Q_n \approx h/\delta_n$, где $h \approx 60$ км — высота ниж. ионосферы, δ_n — глубина скин-слоя на частоте f_n (см. *Скин-эффект*). Значения Q_n составляют неск. единиц и возрастают с ростом n .

Ш. р. обнаруживаются экспериментально по характерным максимумам в энергетич. спектрах атм. шумов. Обычно наблюдается ок. 5 резонансных пиков на частотах $f_{n \text{ макс}} \approx 8, 14, 20, 26, 32, \dots$ Гц. Влияние магн. поля Земли приводит к расщеплению резонансных частот f_n на $(2n+1)$ компонентов, однако из-за низкой добротности резонатора тонкая структура спектра непосредственно не обнаруживается. Осн. источниками возбуждения Ш. р. являются вертикальные молниевые разряды. Кроме того, определ. вклад могут вносить и эл.-магн. колебания, генерируемые в магнитосфере.

Синхронные измерения Ш. р. в далеко разнесённых пунктах и изменчивость спектров в зависимости от времени суток позволяют вести систематич. глобальное наблюдение за грозовой активностью, определять глобальные характеристики ниж. ионосферы и затухание сверхнизкочастотных радиоволн в волноводе Земля — ионосфера.

Лит.: Блюх П. В., Николаенко А. П., Филиппов Ю. Ф., Глобальные электромагнитные резонансы в полости Земля — ионосфера, К., 1977. П. В. Блюх.

ШУМОВАЯ ТЕМПЕРАТУРА (эквивалентная) — эфф. величина, служащая относительной мерой спектральной плотности мощности эл.-магн. излучения источников шумов. Вводится по аналогии с равновесным излучением (тепловым шумом) согласованного сопротивления, спектральная плотность мощности для к-рого определяется ф-лой Найквиста: $S = kT$ (k — постоянная Больцмана, T — абс. темп-ра сопротивления). Т. о., под Ш. т. источника шума $T_{\text{ш}}$ следует понимать такую темп-ру согласованного сопротивления, при к-рой спектральная плотность мощности теплового шума этого сопротивления будет равна спектральной плотности мощности шумов данного источника. Относительной Ш. т. (или шумовым числом) наз. отношение $T_{\text{ш}}$ к «комнатной» темп-ре $T_0 = 290$ К.

Понятием Ш. т. широко пользуются в радиотехнике для оценки шумовых свойств эл.-вакуумных и полупроводниковых приборов, предназначенных для усиления и преобразования электрич. сигналов, и эталонных шумовых генераторов; в *радиоастрономии* — для описания источников космич. радиоизлучения. Понятие Ш. т. используется также для определения шумового вклада, вносимого радиоприёмными устройствами в полезный сигнал в процессе его обработки. В этом случае $T_{\text{ш}}$ и *шума коэффициент* (шум-фактор) F связаны ф-лой

$$T_{\text{ш}} = (F - 1)T_0.$$

Ш. т. реальных объектов определяется обычно сравнением с эталонными шумовыми генераторами.

ШУМЫ в радиоэлектронике — см. в статьях *Шум* и *Флуктуации электрические*.

ЩЕЛЕВЫЕ АНТЕННЫ — антенны, выполненные в виде узких отверстий (щелей) в плоском или криволинейном металлич. экране. Щ. а. обычно конструируются таким образом, что излучение происходит только в одно полупространство относительно экрана. В Щ. а. практически отсутствуют выступающие части, поэтому они не нарушают аэро- или гидродинамику объектов, на к-рых установлены, что обуславливает широкое применение их на самолётах, ракетах и др. подвижных объектах.

В метровом и дециметровом диапазонах волн однонаправленное излучение Щ. а., прорезанных в плоском экране, достигается применением резонаторов, закрывающих щель с одной стороны. Щель имеет обычно форму узкого длинного отверстия длиной $\lambda/2$, где λ — длина волны в свободном пространстве. Для увеличения широкополосности щель может быть выполнена в форме гантели. Коаксиальный фидер, соединяющий Щ. а. (в передающем режиме) с генератором, вводится внутрь резонатора, причём центр. проводник присоединяется к одной стороне