

Анализ полученных экспериментальных и теоретически рассчитанных на основе предложенной модели зависимостей коэффициента усиления транзистора с трехкаскадным усилением показывает удовлетворительное совпадение полученных результатов. Это свидетельствует о приемлемости принятых допущений и достоверности предложенной модели для расчета коэффициента усиления по току многокаскадных транзисторных ключей, которую можно рекомендовать для использования на практике при расчете и конструировании силовых транзисторов данного класса.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Haxter P. L. Optimum Design of Power Transistor Switches. IEEE Transactions on Electron Devices. — 1973. — V. ED-20 № 4 — P. 426—435.
2. Биштер А. Физика силовых биполярных и полевых транзисторов. — Л.: Энергоатомиздат, 1986. — 421 с.
3. Варданян А. А., Татевосян Р. Г., Шабоян А. С. Силовые биполярные транзисторы и транзисторные модули // Электротехника. — 1988. — № 5. — С. 30—33.
4. Аветян Р. В., Варданян А. А., Маминская Л. Н. Исследование влияния глубины залегания эмиттерного перехода на коэффициент инжекции эмиттера силовых транзисторов серии ТК // Сб.: Технология быстродействующих силовых полупроводниковых приборов. — Таллин: Изд-во Валтус, 1984. — С. 112—116.
5. Варданян А. А., Гукасян М. А., Татевосян Р. Г., Шабоян А. С. Особенности протекания тока и сопротивления насыщения в силовых кремниевых транзисторах с высокоомным коллектором // Электротехническая промышленность. Сер. Производство электрической техники. — М.: Информэлектро, 1984. — Вып. 5 (163) — С.

НПО «Транзистор»

20. VI. 1989

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIII, № 5, 1990, с. 225—228.

ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА

УДК 621.373

Р. А. КАЗАРЯН, А. Л. КАЗАРЯН

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ РЕАЛИЗАЦИЙ КОГЕРЕНТНО-РАЗНОСТНОГО МЕТОДА ПРИЕМА ОПТИЧЕСКОГО СИГНАЛА

Приведено аналитическое сравнение (по критерию сигнал/шум) разнородности когерентно-разностного способа приема оптического сигнала в случайно-неоднородных каналах. Показано, что в случае применения ОКУ с последующим обращением фазового фронта принятого с задержкой оптического сигнала когерентно-разностной способ приема становится конкурентно способным с обычным гетеродинным методом без недостатков последнего (необходимость в наличии стабильного гетеродина).

Ил. 2. Библиогр.: 4 назв.

Հովիթի կերպով բերված է պատասխան անձամասեր կապուղիներում օպտիկական ազդանշանի բնդունման կոնկրենտ-տարրերակային հղանակի տարրերակների վերլուծական նախնամատրիցներ, ազդանշան ազմուկ չափանիշով Ցույց է տրված, որ չբնկուկ աղացած օպտիկական ազդանշանի արթային ճակատը և իրականացնելով ՈՐՈՒ, օպտիկական ազդանշանի բնդունման կոնկրենտ-տարրերակային հղանակը կարող է մրցակցել բնդունման Շեռերդի-Նարին հղանակի հետ:

Как известно [1], когерентный или гетеродинамный способ приема модулированного оптического сигнала по сравнению с непосредственным (прямым) фотодетектированием обладает двумя существенными преимуществами: а) обеспечивает за счет энергии опорного генератора более высокую чувствительность; б) позволяет осуществить помехоустойчивую угловую (ФМ, ЧМ) модуляцию, поскольку при гетеродинамировании (смешании принятого и опорного сигналов) имеет место обычное транспонирование спектра, сохраняющее информацию о фазе оптического сигнала. Известны и основные недостатки гетеродинамного приема, осложняющие его применение — необходимость в опорном излучателе с жесткими требованиями к его когерентности с принимаемым сигналом и совмещению их волновых фронтов. Поэтому эффективный гетеродинамный прием серьезно затруднен, а подчас и невозможен в каналах, разрушающих когерентность (атмосфера, многомодовое световолокно). Компромиссным является когерентно-разностный способ приема, в котором опорным служит задержанное по времени значение принятого сигнала. Как показывают теоретические исследования [2], эффективность такого приема на основе информационного (шенноновского) критерия предпочтительна перед гомодинамным (частоты опорного и принятого сигналов совпадают) в каналах с глубокими, но медленными флуктуациями фазы. Но при этом теряется одно из достоинств гетеродинамного способа — его высокая чувствительность, т. к. опорным служит задержанное значение сигнала, мощность которого меньше или равна мощности текущего значения.

Можно поднять чувствительность когерентно-разностного приема, введя оптический квантовый усилитель (ОКУ), усиливающий задержанное опорное излучение. В этом случае для исключения искажений, вносимых ОКУ, желательно прибегнуть к обращению волнового фронта (ОВФ), осуществляемого в кювете с нитробензолом или в отрезке световолокна. Возможные структуры реализации показаны на рис. 1 и 2. Оптическая несущая, излученная ОКГ 1, модулируется в модуляторе 2 сигналом от источника информации 3. После прохождения канала 4 сигнал поступает в интерферометр Майкельсона 5, 6, 8, одно из зеркал 8 которого осуществляет ОВФ. Дважды усиленная в ОКУ 7, обращенная и задержанная часть оптического сигнала с помощью светоделительной пластинки 5, подается на фотодетектор 9, куда поступает также текущее значение сигнала от зеркала 6. Необходимая задержка  $M$  опорного луча осуществляется заданием разницы  $M$  плеч интерферометра  $l_1, l_2$  так, чтобы

$$2t = 2(l_2 - l_1)/c \ll \tau_{\text{ког}} = 1/\Delta\nu,$$

где  $\nu$  — скорость распространения света,  $\Delta\nu$  — ширина линии излучения источника, а  $\tau_{\text{ког}}$  — время когерентности излучения.

На рис. 2 функции ОКУ и ОВФ зеркала выполняет отрезок активного оптоволокна 10, подкачиваемого источником 11.

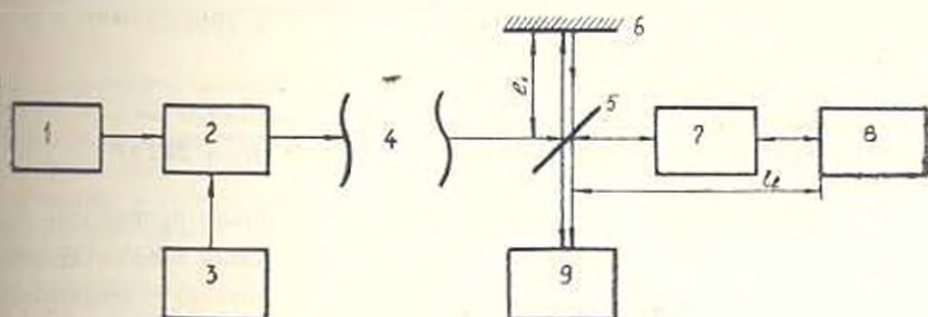


Рис. 1.

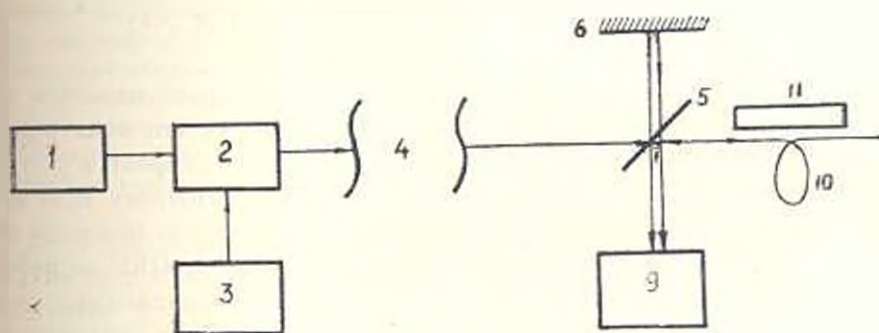


Рис. 2.

Сравним отношения сигнала к шуму (С/Ш) для случаев с ОКУ и без него, взяв за исходное — выражение для гетеродинного приема. В случае пренебрежения влиянием разъюстировки и мультипликативных помех в канале имеем [3]

$$(C/Ш)_1 = \frac{(G\eta e h\nu)^2 P_{\text{св}} P_{\text{с}} R_{\text{н}}}{G^2 e \Delta F (\eta e h\nu_c) (P_{\text{с}} - P_{\text{оп}} - P_{\text{ф}} + I_{\text{т}}) R_{\text{н}} + 2kT\Delta F}, \quad (1)$$

где  $e$  — заряд электрона,  $\eta$  — квантовая эффективность фотокатода,  $G$  — усиление фотоприемника,  $I_{\text{т}}$  — средний темновой ток,  $R_{\text{н}}$  — сопротивление нагрузки фотоприемника,  $\Delta F$  — ширина полосы по разностной частоте,  $h$ ,  $k$  — постоянные Планка и Больцмана,  $T$  — абсолютная температура,  $\nu$  — оптическая частота сигнала.

В случае приема без ОКУ из (1) имеем

$$(C/Ш)_2 = \frac{(G\alpha)^2 P_{\text{с}}^2 R_{\text{н}}}{G^2 e \Delta F [\alpha (2P_{\text{с}} - P_{\text{ф}}) + I_{\text{т}}] R_{\text{н}} + 2kT\Delta F}, \quad (2)$$

где  $\alpha = e\eta h\nu_c$  и принятого, что  $P_{\text{оп}} = I_{\text{т}}$ .

При наличии ОКУ

$$(CШ)_2 = \frac{(Gh)^2 K P_c^2 R_n}{G^2 e \Delta F [2(P_c + K P_{\phi}) + I_1] R_n + 2kT \Delta F} \quad (3)$$

здесь  $K$  — усиление ОКУ. Поскольку полоса ОКУ на несколько порядков уже полосы фотодетектора, в (3) пренебрегли спонтанными и фоновыми шумами ОКУ, следовательно

$$\frac{(CШ)_2}{(CШ)_1} = K \frac{G^2 e \Delta F [2P_c + P_{\phi}] + I_1 R_n + 2kT \Delta F}{G^2 e \Delta F [2(P_c(1+K) + P_{\phi}) + I_1 R_n + 2kT \Delta F]} \quad (4)$$

В оптическом диапазоне  $h\nu \gg kT$ , кроме того, можно пренебречь  $P_{\phi}$  по сравнению с  $P_c(1+K)$  и с этой целью выедем ОКУ. Обычно темновые шумы  $I_1$  также пренебрежимы по сравнению с дробовыми шумами опорного и сигнального излучений, следовательно

$$\frac{(CШ)_2}{(CШ)_1} \approx \frac{K(2P_c + P_{\phi})}{P_c(1+K)} > 1, \quad \text{если } K > 1.$$

Таким образом, применение ОКУ с ОВФ позволяет повысить чувствительность когерентно-разностного приема, делая его конкурентно-способным с гетеродинным. Но ОВФ — нелинейный эффект и для его возбуждения требуется значительная мощность. Поэтому если речь идет о приеме слабых импульсов (при сильных — задача решается технически простым прямым фотодетектированием), то от ОКУ потребуются значительное (многоступенчатое) усиление. По-видимому, более перспективным является именно такой способ приема в световолоконном канале. Ввиду неизменности (во времени) его неоднородностей в качестве ОВФ-зеркала можно применить голограмму, реализующую обращение и слабого сигнала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Казарян Р. А. Гетеродинный прием оптического сигнала и его применение // Итоги Науки и Техники. Радиотехника. 1984. — Т. 33. — С. 176–200.
2. Держин Н. А. и др. Квантовый прием дискретных фазомодулированных сигналов в оптическом диапазоне // Радиотехника и электроника. 1980. — 24, № 10 — С. 2088–2098.
3. Пратт В. К. Лазерные системы связи. — М.: Связь, 1972 — 226 с.