Вестник
МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
№ 5 — 1965

УДК 621.374.4

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

В. П. КОМОЛОВ

О СХЕМАХ ПАРАМЕТРОННЫХ ДЕЛИТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ

Из работ, посвященных исследованию систем с переменными параметрами, хорошо известны возможности построения делителей частоты на основе двухконтурного параметрического генератора (см., например, [1—4]). Однако даже в простейшем случае деления частоты в 3 раза существующие схемы двухконтурных параметрических делителей не позволяют получать на выходе «чистых»* колебаний субгармоник накачки. Например, на выходе двухконтурных параметрических генераторов, собранных по небалансной схеме, отношение амплитуд 2-й и 3-й субгармоник к амплитудам накачки и между ними не превышает 15 *дб*, а в существующих балансных схемах — 20 *дб*. В то же время балансные схемы двухконтурных делителей частоты работают в узкой полосе взаимной синхронизации частот ($\Delta\omega_н/\omega_н = 0{,}01$; $\omega_н$ — частота накачки, $\Delta\omega_н$ — полоса взаимной синхронизации по частоте накачки) и не позволяют практически реализовать деление с кратностью выше четырех.

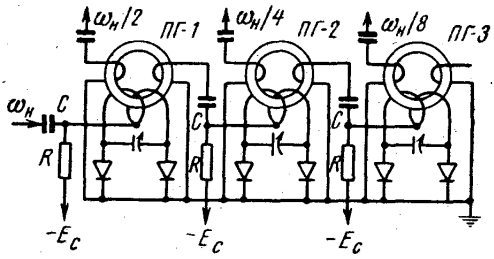

Рис. 1. Принципиальная схема каскадного параметронного делителя частоты

Построение делителей частоты с повышенной фильтрацией накачки на выходах возможно с помощью балансных одноконтурных параметрических генераторов [5], работающих в режиме «последовательного резонанса», когда параметрические колебания предшествующего генератора служат накачкой последующего.

В этом случае эффективно используются следующие свойства и рабочие характеристики балансного одноконтурного параметрического генератора: 1) высокая степень фильтрации (до 30 *дб*) частоты накачки на выходе и частоты параметрических колебаний по тракту накачки; 2) генерирование параметрических колебаний в широкой полосе частоты накачки $\Delta\omega_н/\omega_н \simeq 0{,}1$ и выше в зависимости например от добротности контура параметрона и 3) возможность работы при чрезвычайно низких значениях потребляемой энергии и с высоким к. п. д. (до 90%), поскольку параметрон работает в зоне обратного напряжения диода и поэтому обладает очень большим входным сопротивлением.

В данной работе предлагается экспериментально исследованная конструкция делителя частоты, собранного по каскадной схеме (рис. 1) с последовательным возбуждением балансных одноконтурных емкостных параметронов.

Частота накачки на входе первого каскада деления (ПГ—1) равнялась 4 *мгц* и последовательно делилась в 2^k раз, где $k = 1, 2, 3$ и т. д. — номер каскада. В каждом из каскадов параметрические генераторы имели по 2 выхода: один для связи с последующим параметроном, другой для осциллографического контроля и измерений. Все

* В смысле фильтрации частоты накачки.

параметроны (ПГ-1, 2, 3) конструктивно идентичны (в качестве модулируемой емкости использовались диоды типа Д813) и отличаются только резонансными частотами контуров ($f_{0,1,2,3}$=2, 1, 0,5 *мгц*).

Поскольку учет емкостей связи и монтажа затруднителен, при налаживании схемы балансировка по напряжению накачки осуществлялась с помощью подбора витков в плечах катушек контуров и в подборе витков связи с последующим ПГ. Параметрические колебания в генераторах ПГ-1, 2, 3 возбуждались в полосе накачки, равной 600, 280, 140 *кгц* соответственно, при амплитудах накачки 3 *в* и напряжении смещения на диодах E_c=—3 *в*.

Взаимная синхронизация генераторов ПГ-1, 2, 3 в режиме стационарных колебаний наблюдалась в полосе частоты накачки, равной 80 *кгц*. В режиме деления частоты накачки 4 *мгц* с амплитудой в 6 *в* значения эффективной амплитуды 2-й, 4-й и 8-й субгармоник были соответственно равны 4; 5; 3; 2,5 *в*. При этом на выходах делителя отношение амплитуд измеряемой частоты к частоте накачки или ближайших кратных субгармоник было порядка 25 *дб* для 1-го и 2-го каскадов и 30 *дб* для 3-го каскада деления.

Работа позволяет сделать вывод, что схемы параметронных каскадных делителей частоты не содержат конструктивных сложностей, стабильны и достаточно просты в настройке. Однако попытки увеличить число каскадов до четырех без промежуточного усиления не дали положительных результатов. В то же время с помощью таких каскадных схем с промежуточным усилением (например, включение усилителя между 3 и 4 каскадами) возможно практическое построение делителей частоты с достаточно высокой кратностью деления. Вместе с тем каскадный параметронный делитель является системой со многими устойчивыми состояниями, отличающимися фазой стационарных колебаний, отсчитанной от фазы накачки.

Так, в делителе с числом каскадов, равным k, стационарные фазы субгармоник накачки различаются на интервале $\Delta\varphi=\pi/2^{k-1}$, где k — номер каскада. В режиме модуляции по накачке характер переходных процессов в балансных параметронах, включенных каскадно, практически не отличается от характера переходных процессов в автономном параметрическом генераторе, поэтому времена установления колебаний в параметроне k-го каскада (при включении внешнего смещения) в режиме модуляции первого генератора по накачке имеют порядок величины $\tau\ (2^k-1)$, где τ — время установления колебаний в автономном параметрическом генераторе первого каскада. В режиме покаскадной модуляции (например, модуляция по напряжению смещения E_c) время установления стационарных колебаний в параметроне k-го каскада будет зависеть от номера модулируемого каскада n и определится, как $\tau\ (2^k-2^{n-1})$, где $n \leqslant k$.

Триггерные свойства параметронных каскадных делителей частоты могут быть использованы при построении балансных триггеров для многозначной логики электронно-вычислительных машин и систем автоуправления, в кодирующих устройствах и кодопреобразователях, в регистровых схемах и схемах памяти с покаскадной модуляцией по напряжению смещения на диодах, которая в известном смысле расширяет гибкость управления. В этом приложении триггерные свойства каскадных балансных схем хорошо дополняются высокой степенью фильтрации колебаний накачки и кратных субгармоник на выходах системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильинский Ю. А. «Вестн. Моск. ун-та», сер. физ., астрон., № 2, 60, 1962.
2. Ахманов С. А., Рошаль А. С. «Изв. вузов», радиофизика, 5, № 5, 1017, 1962.
3. Мустель Е. Р., Парыгин В. Н., Соломатин В. С. «Радиотехника и электроника», 8, № 7, 1156, 1963.
4. Медников О. И. «Вестн. Моск. ун-та», сер. физ., астрон., № 5, 67, 1963.
5. Ахманов С. А., Комолов В. П. «Изв. вузов», радиотехника, 5, № 6, 1175, 1962.

Поступила в редакцию
21. 1 1965 г.

Кафедра
радиотехники