

выходного сигнала  $n\omega$ , – только  $n$ -ю гармонику. В результате напряжение, приложенное к варактору, имеет вид:

$$u = U_0 + U_1 \sin(\omega t + \varphi_1) + U_n \cos(n\omega t + \varphi_n). \quad (6.7)$$

где  $U_0$  – постоянное напряжение смещения на варакторе.

Поскольку емкость варактора есть нелинейная функция, то при напряжении (6.7) ток, протекающий через варактор, отличается от синусоидальной формы и содержит гармоники. Одна из этих гармоник, на которую настроен второй контур, проходит в нагрузку. Таким образом, с помощью нелинейной емкости в схеме происходит преобразование мощности сигнала с частотой  $\omega$  в сигнал с частотой  $n\omega$ , то есть умножение частоты.

Варакторные умножители частоты в диапазоне 100...500 МГц при  $n = 2$  и 3 имеют высокий коэффициент преобразования  $K_{np} = P_n/P_1 = 0,6...0,7$ . При больших величинах  $n$  в СВЧ диапазоне значение  $K_{np}$  уменьшается до 0,1 и ниже.

### Контрольные вопросы и задания

1. Зачем в РПДУ применяют умножители частоты? Каким образом осуществляется умножение частоты колебаний?
2. Нарисуйте схему транзисторного умножителя частоты. Поясните принцип ее работы.
3. Поясните, почему с помощью нелинейной емкости можно производить умножение частоты колебаний.
4. Нарисуйте схемы диодного умножителя частоты последовательного и параллельного типа. В чем состоят различия между ними?
5. Чем вызвана необходимость сложения мощностей отдельных генераторных приборов в РПДУ? Перечислите способы суммирования мощностей однотипных усилителей.

6. Приведите типовую схему мостового сложения мощностей двух отдельных усилителей. Поясните принцип ее работы. Какая мощность установится на выходе схемы в случае отказа одного из усилителей?

7. Что представляет собой фазированная антенная решетка? Почему с ее помощью можно суммировать в пространстве мощности отдельных усилителей?

8. С какой целью фазированные антенные решетки делают активными?

### **Список литературы**

1. Генераторы высоких и сверхвысоких частот: учебное пособие / О.В. Алексеев, А.А. Головков, А.В. Митрофанов и др. – М.: Высшая школа, 2003. – 326 с.

2. Радиопередающие устройства: учебник для вузов / С.И. Дингес, В.В. Шахгильдян, М.С. Шумилин и др.; под ред. Р.Ю. Иванюшкина. – М.: Горячая линия-Телеком, 2019. – 1200 с.