

$$\theta_2(D/4a)/\theta_1(D/4a) = \operatorname{ctg}(\pi D/4a); \quad (3)$$

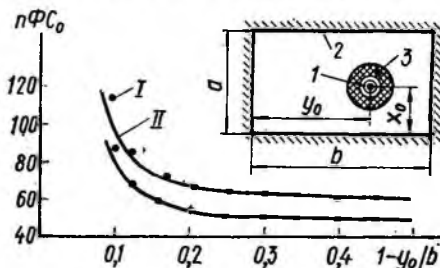
$$\theta_1(jy_0/a)/\theta_2(jy_0/a) = j \operatorname{th}(\pi y_0/a) \operatorname{th}[\pi(b - y_0)/a].$$

Величина емкости C_{02} будет определяться соотношением

$$C_{02} = 4\pi\epsilon_0 q / Re \{ F \} = 2\pi\epsilon_0 / \ln \{ (4a/\pi D) \operatorname{th}(\pi y_0/a) \operatorname{th}[\pi(b - y_0)/a] / \sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2(\pi x_0/a) \operatorname{th}^2(\pi y_0/a) \operatorname{th}^2[\pi(b - y_0)/a]} \}. \quad (4)$$

Для определения области применения выражения (4) использовались табличные значения волновых сопротивлений линий в прямоугольном экране для случая, когда

$y_0 = b/2$, $x_0 = a/2$. Результаты, получаемые по выражению (4), отличались от табличных [1] не более чем на 2 % при $D/a \leq 0,6$ и не более чем на 10 % при $D/a \leq 0,8$, что вполне достаточно для практических расчетов. Для общего случая, когда линия смещена относительно геометрического центра экрана,



значения емкости C_0 проверялись экспериментально. Результаты эксперимента (I), расчета (II), приведенные на рисунке, показывают, что при $0,28 \leq x_0/a \leq 0,5$ и $0,17 \leq (b - y_0)/b \leq 0,5$ расчетные и измеренные значения емкости C_0 практически полностью совпадают. Эксперимент проводился с помощью макета, который представлял собой прямоугольный металлический корпус размером $38 \times 18 \times 149$ мм, внутри которого параллельно боковым стенкам располагался проводник диаметром $d_{пр} = 1,9$ мм, окруженный ферритовым магнитопроводом, состоящим из ферритовых колец 200 ВНП и 1500 НМЗ размером $88 \times 2 \times 4$.

1. Ганстон М. А. Р. Справочник по волновым сопротивлениям фидерных линий СВЧ. М.: Связь, 1976. 152 с. 2. Морс Ф., Фешбах Г. Методы теоретической физики. М.: Изд-во иностр. лит., 1960. 560 с. 3. Янке К., Эмде Ф., Леш Ф. Специальные функции. М.: Наука, 1968. 344 с.

Поступила в редколлегия 14.09.84

УДК 621.376.4

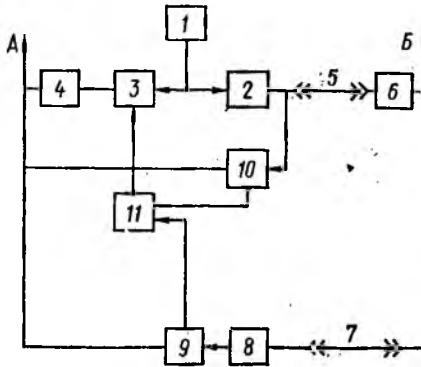
В. Г. ТРИЛИС, канд. техн. наук

СИСТЕМА ИМПУЛЬСНОГО ФАЗИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНО РАЗНЕСЕННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

Запуск территориально разнесенных генераторов импульсным напряжением [1] дает определенный выигрыш в точности по сравнению с запуском гармоническими колебаниями. Однако это не позволяет

сделать однозначного вывода о преимуществе импульсной системы фазирования перед гармонической, поскольку эти системы имеют и другие различия. Рассмотрим работу импульсной системы, схема которой представлена на рисунке.

Гармонические колебания задающего генератора 1 в пункте А запускают импульсный генератор (ИГ) 2 и через фазовращатель 3 ИГ 4. Через линию связи (ЛС) 5 импульсы ИГ 2 запускают ИГ 6 в удаленном пункте Б; выходные импульсы ИГ 6 через ЛС 7 поступают на запуск ИГ 8 в пункте А. На выходах ИГ 4 и 6 получаются периодические последовательности импульсов с частотой задающего генератора. Назначение системы — обеспечить строгую синхронность этих последовательностей, а тем самым и синфазность всех одноименных спектральных компонентов сигналов А и Б. Эта задача выполняется системой авторегулирования, состоящей из двух измерителей временных интервалов 9 и 10 и схемы сравнения 11, выходной



сигнал которой управляет фазовращателем 3. Как видно из схемы, интервал, измеряемый элементом 10, равен задержке в фазовращателе T_3 (задержки во всех ИГ невелики и практически одинаковы); интервал, измеряемый элементом 9, равен $T_5 + T_6 + T_7 + T_8 - T_3$. Управляющий сигнал, пропорциональный разности указанных интервалов, можно записать в виде $K(T_5 + T_6 + T_7 + T_8 - 2T_3)$.

Для нормальной работы системы необходима предварительная калибровка ЛС и ИГ так, чтобы $T_5 + T_6 = T_7 + T_8$; при этом условии равенство управляющего сигнала нулю, т. е. равновесие системы, достигается при $T_5 + T_6 = T_3$, что как раз и означает искомую синхронность импульсов в пунктах А и Б.

Крутизна рабочих (запускающих) фронтов на выходах всех ИГ достаточно высока для точного запуска местных устройств, поэтому собственные шумы и дрейфы системы авторегулирования практически не влияют на точность фазирования. Основными источниками ошибок являются ограниченная полоса пропускания, дисперсия и нестабильность ЛС. Из-за дисперсии и ограниченной полосы импульсы на выходе ЛС искажаются, теряя крутизну фронта; нестабильность же коэффициента передачи приводит к изменениям уровня этих импульсов, что обуславливает нестабильность запуска ИГ 6 и 8 во времени. К этому же результату приводят нестабильности уровня выходного импульса и порога срабатывания всех ИГ. Таким образом, для оценки ошибок фазирования необходимо знать, с одной стороны, нестабильность порогов срабатывания ИГ (для пороговых элементов на туннельных диодах — сотни микровольт) и нестабильность уровня

запускающего сигнала; с другой стороны, должна быть известна крутизна S этого сигнала в момент запуска. Указанные нестабильности, а также шумы и наводки в ЛС могут быть приведены к эквивалентному шуму δU на входе порогового элемента в ИГ, и тогда временная нестабильность будет равна отношению $\delta U/S$.

При равноценных пороговых элементах и ЛС эквивалентный шум в импульсной и гармонической системах фазирования получается практически одинаковым (уровень полезного сигнала на выходе ЛС также одинаков, поскольку диктуется режимом порогового элемента). Поэтому выигрыш в импульсной системе получается только за счет крутизны. Очевиден он на низких частотах (единицы — десятки кГц), когда крутизна гармонического колебания данного уровня значительно ниже крутизны фронта импульса. С повышением частоты эта разница уменьшается из-за затухания высших гармоник и дисперсии. Последняя может даже привести к ухудшению условий запуска по сравнению с гармонической системой. В таких случаях необходимо использовать другие ЛС либо вводить в систему элементы фазовой коррекции. С помощью фазовых корректоров можно не только оптимизировать условия запуска, но и снизить требования и идентичности ЛС и ИГ.

Существенным недостатком импульсной системы фазирования является влияние нестабильности задержек в ИГ, в первую очередь δ и δ (ИГ 2 и 4 находятся в одинаковых условиях, притом их можно часто калибровать). Разница задержек T_6 и T_8 , если она возникает после вышеупомянутой калибровки, входит в ошибку фазирования и данной системой авторегулирования не компенсируется. Эта ошибка также более заметна на высоких рабочих частотах. В гармонической системе она исключена благодаря введению фазометров в систему авторегулирования, так что задержки (фазовые набеги) в генераторе и связанных с ним цепях отслеживаются. В импульсную систему также можно ввести фазометры, например фиксирующие определенный фазовый сдвиг между одноименными гармониками на входе и выходе ИГ 6 и 8. Однако это заметно усложнит не только аппаратуру, но и ее эксплуатацию, поэтому целесообразно сначала использовать все резервы уменьшения и стабилизации задержек в ИГ (термостатирование, стабилизация источников питания и т. п.).

1. Трилис В. Г. Погрешности импульсного фазирования пространственно разнесенных генераторов гармоник // Вестн. Киев. политехн. ин-та. Радиотехника. 1983. Вып. 20. С. 74—75.

Поступила в редколлегию 10.10.84