

УДК 531.767

СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ АВТОДИННОГО СИГНАЛА В ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ВРАЩАЮЩИХСЯ УЗЛОВ ТУРБОАГРЕГАТОВ

© 2014 А.И.Данилин, А.А.Грецков

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)

Предлагаются способы мостового включения активного элемента автодинного преобразователя для получения информационного сигнала при определении параметров перемещений элементов вращающихся узлов турбоагрегатов.

Турбоагрегат, доплеровский первичный преобразователь, автодин, диод Ганна, мостовая схема.

Одним из перспективных направлений для определения параметров перемещений элементов вращающихся узлов турбоагрегатов является применение доплеровских первичных преобразователей. В большинстве случаев предпочтение отдаётся автодинным преобразователям из-за их малых габаритов, стоимости и простоте конструктивного исполнения. Принцип действия автодинов основан на возмущении параметров автоколебаний СВЧ генератора под воздействием отражённого от объекта излучения, что вызывает также изменение постоянной составляющей тока или напряжения активного элемента. Кроме этого при автодинном построении датчиков обеспечиваются одновременно функции передатчика, приёмника отражённого от объекта излучения и преобразователя с усилением полезного сигнала. В силу перечисленных достоинств широкое распространение получили радиоволновые автодинные первичные преобразователи СВЧ диапазона, в частности, реализованные на диодах Ганна, которые обладают малой потребляемой мощностью, высокой точностью и малой инерционностью [1].

Наиболее простую конструкцию и низкую стоимость имеют автодинные преобразователи, регистрирующее автодинный сигнал в цепи питания генератора. Для реализации такого способа выделения сигнала используются специальные схемы регистрации, преобразующие автодинные изменения тока или напряжения диода в выходной сиг-

нал. От выбора схемного решения регистрирующего устройства зависят основные параметры и характеристики автодина.

На рис. 1,а представлены наиболее простые и широко распространённые схемы с резистивным или индуктивным двухполюсником. В этом случае автодинный сигнал снимается непосредственно с вывода диода

Ганна. Амплитуда автодинного сигнала \dot{U}_c для таких схем будет определяться выражением [2]:

$$\dot{U}_c = Z_s \cdot \dot{I}_c,$$

где \dot{I}_c - автодинные изменения среднего значения тока диода Ганна;

Z_s - эквивалентное сопротивление двухполюсника.

Самой распространённой является резистивная схема включения, поскольку она обладает рядом достоинств: низкой стоимостью, широкой полосой пропускания и равномерной амплитудно-частотной характеристикой. К недостаткам данной схемы можно отнести низкий коэффициент полезного действия, что связано с потерями энергии, значительная часть которой выделяется в виде тепла при протекании тока через резистор [2].

Схема, представленная на рис. 1,б, обладает меньшими потерями активной мощ-

ности, однако её недостатком является неравномерность амплитудно-частотной ха-

рактеристики.

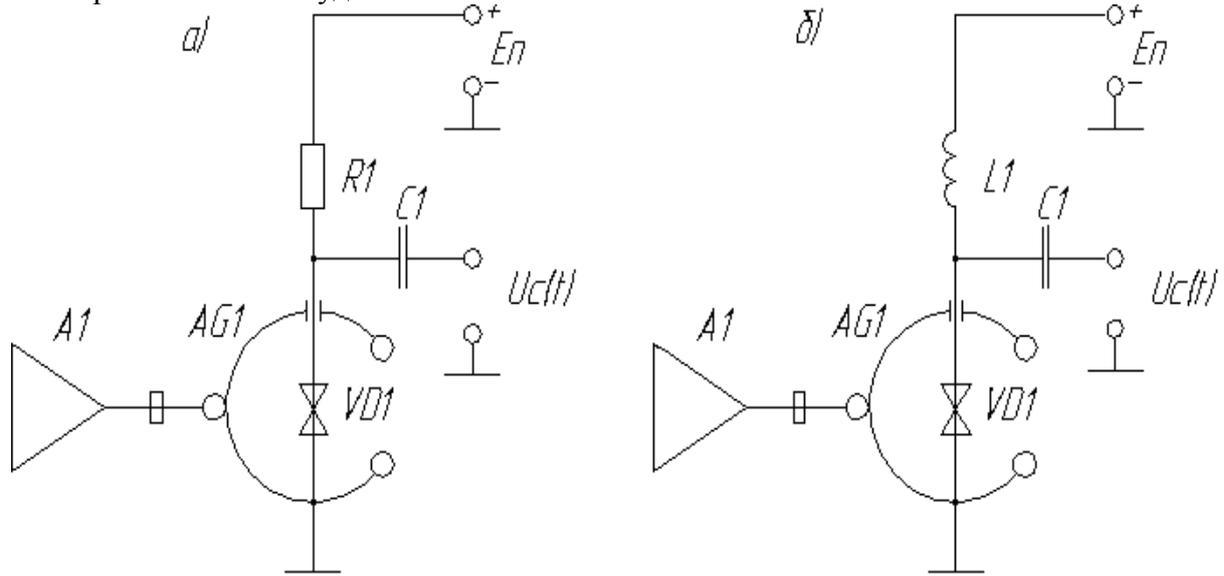


Рис. 1. Схемы выделения автодинного сигнала в цепи питания с помощью резистивного (а) и индуктивного (б) двухполюсников

На рис. 2 представлена схема включения диода Ганна, позволяющая регистрировать автодинный сигнал и одновременно проводить модуляцию сигнала генератора, подавая модулирующий сигнал на базу транзистора.

энергетических параметров и режима работы приёмопередатчика.

Изменение модулирующего тока в цепи базы транзистора вызывает соответствующее изменение напряжения смещения на выводах диода Ганна и амплитуды колебаний на выходе генератора. Таким образом, осуществляется импульсная модуляция сигнала генератора.

Сигнал \dot{U}_c , действующий непосредственно в цепи питания СВЧ-генератора, вызывает ответные реакции в цепи автосмещения в режиме работа автодина, вследствие чего изменяются все его основные параметры и характеристики, что является негативным фактором с точки зрения настройки на определённый режим генерации [2].

Принимаемые антенной A_1 электромагнитные колебания (рис. 2) поступают в резонатор генератора AG_1 и вызывают автодинный отклик, при котором изменяются амплитуда и частота колебаний и среднее значение тока I_c диода Ганна. Эти изменения тока I_c при параллельном соединении выходной дифференциальной проводимости генератора по цепи питания и эквивалентного входного сопротивления $Z_{вх}$ транзистора VT_1 преобразуются в соответствующие автодинные изменения выходного напряжения полезного сигнала U_c [2].

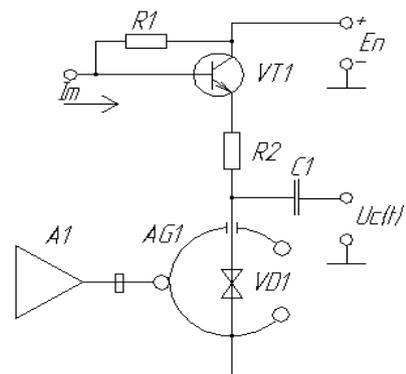


Рис. 2. Схема автодина на диоде Ганна с модулятором на биполярном транзисторе

Главным недостатком вышеперечисленных схем является трудность регулировки

В большинстве случаев при эксплуатации преобразователь подвергается серьёзным температурным воздействиям, поскольку находится в непосредственной близости от энергоагрегата. При этом генераторные модули на основе диода Ганна обладают нелинейной характеристикой зависимости амплитуды выходного сигнала от температуры. Существует ряд температурных областей,

где сохраняется относительное постоянство амплитуды сигнала, в которых желательно эксплуатировать автодинную систему. Для стабилизации амплитуды выходного сигнала необходимо использовать термостабилизацию с регулировкой рабочего режима активного элемента.

Также настройка схемы проводится после замены генераторного диода, поскольку даже внутри одной партии величина тока потребления диода имеет разброс в широких пределах, и схема регистрации после замены активного элемента без дополнительных настроек не будет функционировать в оптимальном режиме.

Для улучшения стабильности режима генерации и компенсации влияния дестабилизирующих факторов предлагается использовать мостовые схемы выделения автодинного сигнала, когда диод Ганна включается в одно из плеч моста. При изменении энергетических параметров генераторного диода на выходе, в диагонали моста происходит изменение амплитуды напряжения. Амплитуда напряжения автодинного сигнала на выходе моста будет определяться выражением:

$$\dot{U}_M = E_n \cdot \left(\frac{Z_1}{Z_1 + Z_{AG1}} - \frac{Z_2}{Z_2 + Z_3} \right),$$

где \dot{U}_M - амплитуда напряжения автодинного сигнала на выходе моста;

E_n - напряжение питания диода Ганна;

$Z_1 \dots Z_3$ - импеданс двухполюсника, включённого в плечи моста;

Z_{AG1} - импеданс диода Ганна.

На рис. 3 изображена схема выделения автодинного сигнала с резистивным мостом.

Балансировка мостовой схемы регистрации автодинного сигнала и регулировка параметров выходного сигнала осуществляется подстроечным резистором R_2 .

На рис. 4 представлена схема выделения автодинного сигнала с индуктивным мостом. Отличием данной схемы, по сравнению с представленной выше, является включение в противоположные плечи моста индуктивно-связанных катушек. Принятые антенной электромагнитные колебания воздействуют на автодин, изменяя его энергетические параметры, в результате чего будут происходить изменения среднего значения тока I_c диода Ганна, которые вызовут увеличение потенциала точки А на величину ΔU .

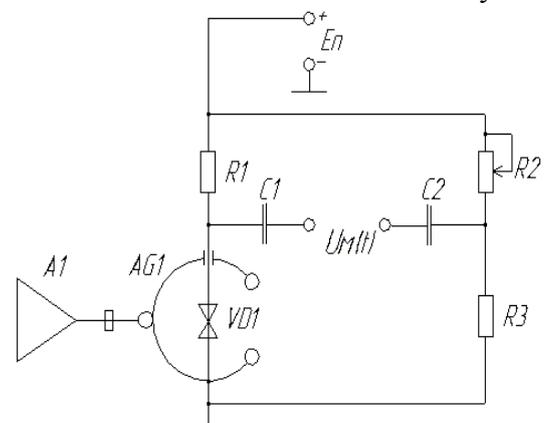


Рис. 3. Схема автодина на диоде Ганна с резистивным мостом

Изменение среднего значения тока I_c вызовет изменение тока, протекающего через катушку L_1 . Поскольку катушки L_1 и L_2 одинаковые, встречно-включённые и индуктивно-связанные, то через катушку L_2 будет протекать ток, который изменит потенциал точки В на величину $-\Delta U$.

При условии, что мост был сбалансирован, величина автодинного сигнала определится по формуле:

$$\dot{U}_M = U_A - U_B = \Delta U - (-\Delta U) = 2 \cdot \Delta U.$$

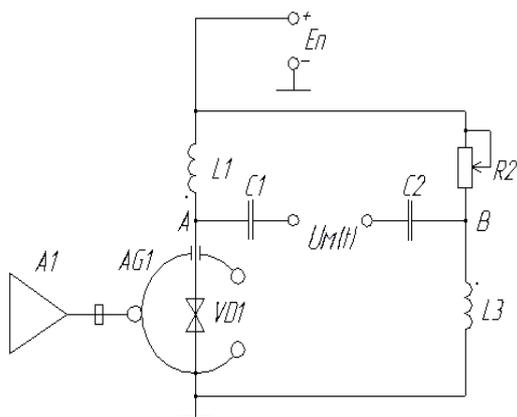


Рис. 4. Схема автодина на диоде Ганна с индуктивным мостом

Таким образом, положительной особенностью схемы включения диода Ганна с индуктивным мостом является большая чувствительность к выделению автодинного сигнала из-за индуктивной связи между катушками. Поэтому информационный разбаланс моста будет увеличиваться в два раза.

Библиографический список

1. Данилин А.И. Бесконтактные измерения деформационных параметров лопаток в системах контроля и управления турбоагрегатами / Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2008. 218 с.
2. Носков, В.Я., Смольский С.М. Регистрация автодинного сигнала в цепи питания генераторов и полупроводниковых диодов СВЧ (обзор). // Техника и приборы СВЧ, 2009. №1. С. 14-16.

Информация об авторах

Данилин Александр Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры радиотехники и медицинских диагностических систем, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: aidan@ssau.ru. Область научных интересов: измерительные системы, разработка методов и электронной аппаратуры для определения параметров эксплуатационного состояния лопаток турбоагрегатов.

Грецков Андрей Александрович, аспирант кафедры радиотехники и медицинских диагностических систем, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: greckov1989@rambler.ru. Область научных интересов: измерительные системы, разработка методов и электронной аппаратуры для определения параметров эксплуатационного состояния лопаток турбоагрегатов.

CIRCUIT DESIGN RECEIPT AUTODYNES SIGNAL TO CONVERTER DISPLACEMENT PARAMETERS ELEMENTS ROTATING PARTS OF TURBINE UNIT

© 2014 A.I. Danilin, A.A. Gretskov

Samara State Aerospace University, Samara, Russian Federation

Suggests ways to bridge the inclusion of the active transducer element autodyne in order to obtain the information signal to determine the parameters of movement of elements of turbine rotating parts.

Turbine, Doppler transducer, autodynes, Gunn diode, bridge circuit.

References

1. Danilin A.I., Contactless measurement of deformation parameters of the blades in the monitoring and control systems turbine units / Samara Univ Samara Scientific Center of RAS, 2008. 218 p.
2. Noskov V.Y., Smolskiy S.M. Register autodyne signal in the food chain the generator and microwave semiconductor diodes (review). // Machinery and appliances microwave, 2009. № 1. P. 14-26. (In Russ.)

About the authors

Danilin Alexander Ivanovich, Doctor of technical sciences, professor of the radio engineering and medical diagnostic systems department, E-mail: aidan@ssau.ru. Area of research: developing methods and designing electronic equipment for determining parameters of turbine-unit blade operating condition.

Gretskov Andrey Aleksandrovich, post-graduate of the radio engineering and medical diagnostic systems department, E-mail: gretskov1989@rambler.ru. Area of research: developing methods and designing electronic equipment for determining parameters of turbine-unit blade operating condition.