

3. Коновалов Г В, Тарасенко Е. М Импульсные случайные процессы в электросвязи — М.: Связь, 1973.
4. Григулевич В И, Иммореев И Я Радиопульсные преобразователи частоты.— М.: Сов. радио, 1966.
5. Венгер А. З, Ермак А. Н, Якименко А.М — ПТЭ, 1976, 6, с. 98.
6. Тагер А С, Вальд-Перлов В. М. Лавинно-пролетные диоды и их применение в технике СВЧ — М.: Сов. радио, 1968
7. Левинштейн М Е, Пожела Ю К, Шур М С Эффект Ганна — М.: Сов. радио, 1975
8. Thaler H., Ulrich G., Weidman G — IEEE, 1971, ТгМТТ-19, № 18, р. 692.
9. Малахов А. Н. Флуктуации в автоколебательных системах.— М.: Наука, 1968.

Харьковский государственный университет

Поступила в редакцию 1 сентября 1980 г.

УДК 538.56.519.25

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ АВТОКОЛЕБАНИЙ В ГЕНЕРАТОРЕ НА ДИОДЕ ГАННА

Г Н Коростелев, Е П Бочаров, А Н Бочкарев

Интенсивные шумовые колебания в диодах Ганна, возникающие на начальном отрезке падающего участка N -образной вольт-амперной характеристики были впервые обнаружены в [1]. При этом исследования проводились в низкочастотной области (до 30 МГц), а в качестве нагрузки диода использовалось омическое сопротивление. Позднее в [2] было проведено численное решение системы уравнений, описывающих поведение доменов электрического поля в диоде Ганна, результаты которого привели автора к выводу об автостохастической природе данного явления. В работе [3] экспериментально обнаружены шумовые колебания в лабораторных образцах диодов Ганна с S -образной вольт-амперной характеристикой.

В настоящей работе рассматриваются автоколебательные режимы генератора на типовом диоде Ганна, помещенном (в отличие от [1]) в СВЧ колебательную систему, причем внимание уделено вопросам, не затронутым в [1, 3], а именно выявлению типичных для автостохастичности признаков, а также характера бифуркаций, предшествующих возникновению монохроматического режима

Исследовался генератор обычной волноводной конструкции, активным элементом которого являлся типовой диод Ганна, помещенный между широкими стенками. Настройка осуществлялась с помощью подвижного поршня. Вольт-амперная характеристика $I(U)$ и соответствующая зависимость генерируемой в сантиметровом диапазоне мощности от приложенного к диоду статического напряжения приведены на рис 1 (кружки — колебания отсутствуют, треугольники — интенсивные шумовые колебания, крестики — монохроматические колебания). При напряжениях, меньших порогового ($U < U_1 = 4,5$ В), колебания отсутствуют. При $U = U_1$ начинается падающий участок вольт-амперной характеристики (это соответствует, как известно, возникновению отрицательного сопротивления в диоде), ток уменьшается скачком, и возникают колебания мощностью 1,5 мВт Эти колебания характеризуются сплошным шумоподобным спектром, представленным на рис 2 (развертка логарифмическая).

С ростом напряжения мощность шумовых колебаний увеличивается, каких-либо качественных изменений в спектре сигнала при этом не происходит. При $U = U_2 = 8,2$ В наблюдается еще одно скачкообразное уменьшение тока и усиление высокочастотной мощности, сопровождающее возникновение очень неустойчивого режима многочастотных (по всей видимости — автомодуляционных) колебаний, сменяющегося одночастотным при незначительном увеличении напряжения. Частота монохроматических колебаний мало отличается от центральной частоты спектра шумоподобных

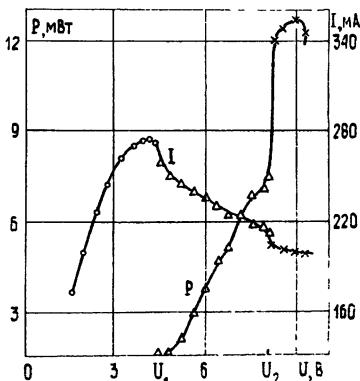


Рис. 1.

колебаний. Описанные бифуркации происходят также и при уменьшении приложенного к диоду напряжения, причем наблюдались характерные для автоколебательных процессов гистерезисные явления.

Колебания со сплошным спектром, наблюдавшиеся при $U_1 < U < U_2$ чувствительны к действию внешнего гармонического сигнала, введение которого переводит генератор в многочастотный режим (соответствующий спектр представлен на рис. 3, мощность синхронизирующего сигнала на 5 дБ меньше мощности автоколебаний, частота близка к центральной частоте спектра). Отметим, что эффективная синхронизация внешним гармоническим сигналом указывает на то, что в рассматриваемом случае имеют место стохастические автоколебания, обусловленные динамикой системы,

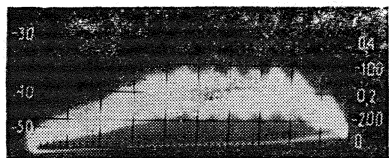


Рис. 2.

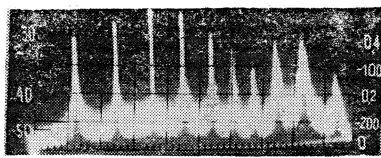


Рис. 3.

а не усилением малых флуктуаций [4]. Об автостохастичности наблюдавшихся процессов свидетельствует также большая интенсивность генерируемой мощности, имеющей тот же порядок, что и мощность в режиме монохроматических автоколебаний.

Таким образом, представленные экспериментальные результаты подтверждают вывод, сделанный в [2], об автостохастическом характере интенсивных шумовых колебаний в диодах Ганна. Отметим, что исследования, проведенные авторами с использованием различных видов СВЧ электродинамических систем и типовых диодов Ганна, показали, что при пониженных относительно номинального напряжениях существуют стохастические режимы и при снижении нагруженной добротности происходит расширение спектра этих автоколебаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Matsuno K. Phys. Lett, 1970, 31A, № 6, p. 335.
2. Nakamura Ki-ichi Supplement of the Progress of Theoretical Phys., 1978, № 64, p. 378.
3. Прохоров Э. Д., Скоробогатова С. Н., Золотарев Е. С.—Радиотехника и электроника, 1976, 21, вып. 8, с. 1732
4. Безручко Б. П., Кузнецов С. П., Трубецков Д. И. Письма в ЖЭТФ, 1979, 29, вып. 3, с. 180

Поступила в редакцию
26 ноября 1980 г.