



РЕЖИМ МАГНИТОУПРАВЛЯЕМОЙ ГЕНЕРАЦИИ С ДОБАВЛЕНИЕМ ПЕРИОДА И ХАОСОМ В СХЕМЕ С МАГНИТОТРАНЗИСТОРОМ

Д.А. Усанов, С.Б. Вениг, С.И. Скворцов

Представлены результаты экспериментальных исследований режимов работы релаксационного генератора, в котором в качестве одного из транзисторов использован биполярный магнитотранзистор. Показана возможность возникновения в таком генераторе магнитоуправляемой последовательности добавления периода, причем дискретное изменение периода колебаний происходит с постоянным шагом для дискретных значений индукции магнитного поля с одинаковым интервалом его изменения. Обнаружен режим работы генератора, при котором переход от периодических колебаний через последовательность добавления периода в режим хаотических колебаний характеризуется высокой инерционностью.

Изменение параметров колебательного контура генератора на туннельном диоде позволило наблюдать чередование режимов периодических и хаотических колебаний [1]. В качестве такого регулируемого параметра использовалась емкость р-п-перехода, которая зависит от приложенного к нему напряжения питания. При этом переход от хаотических колебаний к периодическим происходил с добавлением периода. В работе [2] нами была показана возможность реализации сложных динамических режимов полупроводниковых генераторов, в схему которых включен магнитодиод.

В настоящей работе приведены результаты исследований режимов работы генератора релаксационных колебаний на биполярных транзисторах, в качестве одного из которых использовался магнитотранзистор, в качестве другого – транзистор КТ361, при изменении параметров магнитотранзистора, связанных с воздействием на него магнитного поля. Магнитотранзистор был размещен между полюсами электромагнита. Управление характеристиками генератора осуществлялось изменением величин индукции магнитного поля и напряжения питания. Схема генератора приведена на рис. 1.

В отсутствие внешнего магнитного поля изменение режимов работы

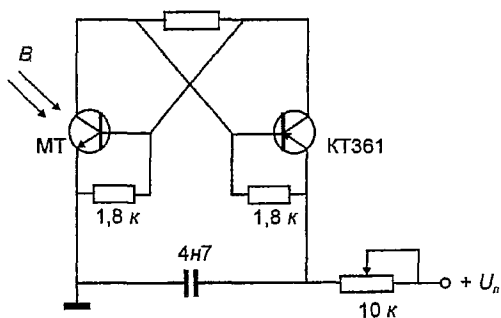


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная генератора релаксационных колебаний

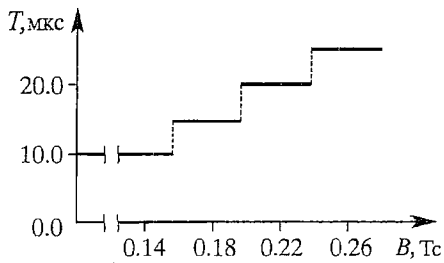


Рис. 2. Зависимость периода колебаний генератора от индукции внешнего постоянного магнитного поля

льного значения 144.7 кГц при напряжении питания 3.2 В. При напряжениях свыше 3.5 В исследуемая генераторная схема работала в режиме хаотических колебаний, а при напряжениях свыше 3.8 В происходил срыв колебаний.

При работе генератора в режиме периодических колебаний с периодом T_0 изменение индукции приложенного внешнего магнитного поля приводит к реализации последовательности бифуркаций добавления периода. Величина периода колебаний для каждого шага последовательности увеличивалась на $T_0/2$ мкс и составляла $T_n = T_0 + (n-1)T_0/2$ мкс, где $n=1,2,3,\dots$, при этом вершины импульсов оказывались как бы модулированными сигналом с периодом $T_0/2$ мкс. На рис. 2 представлена зависимость периода колебаний от величины магнитного поля при напряжении питания генератора 2.65 В и частоте генерации 100 кГц. Как следует из представленной зависимости, с ростом величины индукции магнитного поля добавление периода происходит дискретно через равные интервалы значений индукции магнитного поля. На рис. 3 представлены осциллограммы временных

генераторной схемы в зависимости от напряжения питания происходит следующим образом. Для напряжений питания, не превышающих по величине 2 В, генерация в схеме отсутствует. Дальнейшее увеличение напряжения питания приводит к возникновению хаотических колебаний, а затем, в интервале значений напряжения 2.5÷3.5 В, к возникновению периодических релаксационных колебаний, частота которых изменяется немонотонно от 93.6 кГц до 86.6 кГц, достигая максима-

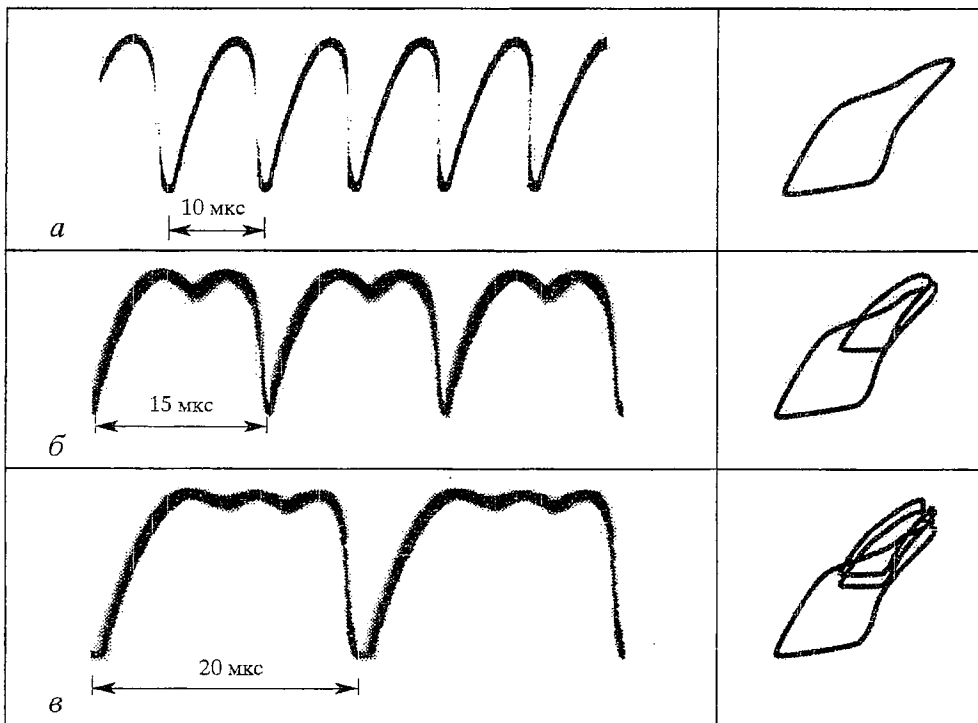


Рис. 3. Осциллограммы временных реализаций и виды проекций фазовых портретов таких колебаний: а – колебания в отсутствие магнитного поля; б – $B=0.16$ Тл; в – $B=0.2$ Тл

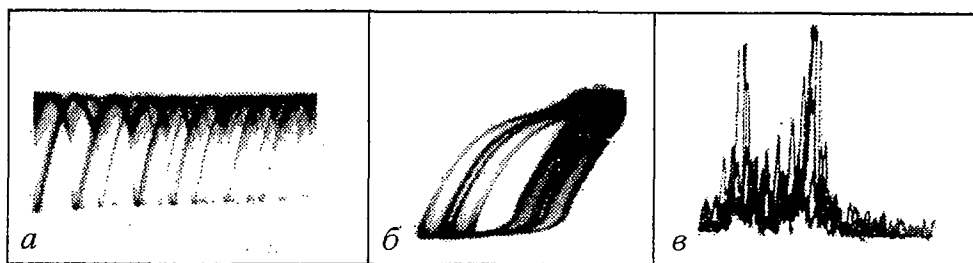


Рис. 4. Временная развертка, проекции фазовых портретов и спектр хаотической генерации

реализаций и виды проекций фазовых портретов таких колебаний при различных значениях индукции магнитного поля.

При значениях индукции магнитного поля, превышающих 0.28 Тл, генератор переходит в режим хаотических колебаний. Временная развертка, проекции фазовых портретов и спектр хаотической генерации представлены на рис. 4.

Полученные результаты эксперимента можно трактовать как последовательное возбуждение во внутреннем контуре транзистора субгармоник f_0/n , где f_0 – частота основной генерации, $n \in \mathbb{N}$. При этом процесс добавления периода происходит через области неустойчивости (например, временная реализация неустойчивой генерации при возникновении колебаний с периодом $T_2 = T_0 + 5$ мкс показана на рис. 5). Характер зависимости, приведенной на рис. 2, аналогичен зависимости, называемой «чертовой лестницей» [3].

В случае работы генератора в режиме хаотических колебаний при напряжениях менее 2.5 В включение магнитного поля переключает генератор из режима хаотических в режим периодических колебаний, при этом индукция магнитного поля в зависимости от напряжения питания должна превышать значение 0.1 Тл. Отключение магнитного поля приводит к возврату режима хаотических колебаний в генераторе. При этом переключения между режимами работы происходят скачкообразно, и последовательность бифуркаций добавления периода не наблюдается. Было обнаружено, что при напряжении питания 2.32 В поведение генераторной схемы при мгновенном отключении магнитного поля существенно отличается от характерного для других напряжений питания. В этом случае в генераторной схеме наблюдается инерционный процесс перехода к хаотической генерации через все стадии последовательности добавления периода, причем длительность такого процесса может составлять до 8 мин. Такое поведение схемы можно объяснить перебросом рабочей точки за счет возникающей при мгновенном отключении магнитного поля ЭДС самоиндукции в эквивалентных индуктивных элементах в область значений напряжения, при которых возможно возникновение последовательности добавления периода.

Таким образом, показано, что при использовании в качестве нелинейного элемента магнитотранзисторов в генераторных схемах на их основе возможна реализация сложных динамических режимов работы, управление которыми осуществляется при изменении величины индукции магнитного поля. Обнаружена возможность возникновения в таком генераторе последовательности добавления

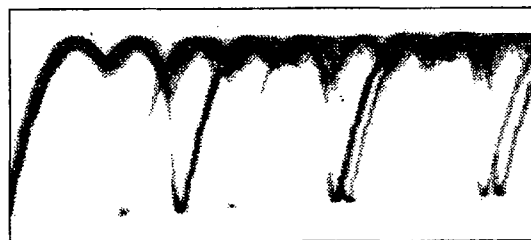


Рис. 5. Временная реализация неустойчивой генерации при возникновении колебаний с периодом $T_2 = T_0 + 5$ мкс

периода, причем дискретное изменение периода колебаний происходит с постоянным шагом для дискретных значений индукции магнитного поля с одинаковым интервалом его изменения. Процесс перехода генератора из режима периодических колебаний в режим хаотических при мгновенном выключении магнитного поля характеризуется высокой инерционностью.

Авторы выражают благодарность профессору Безручко Б.П. и профессору Астахову В.В. за полезные советы при обсуждении работы.

Библиографический список

1. Андрушкевич А.В., Кипчатов А.А. Хаос и периодичность в генераторе на туннельном диоде // Изв. вузов. Радиофизика. 1990. Т. 33, № 4. С. 43.
2. Усанов Д.А., Вениг С.Б., Скворцов С.И. Генератор с магниточувствительной инерционной нелинейностью // Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика. 1999. Т. 7, № 2,3. С. 12.
3. Мацумото Т. Хаос в электронных схемах // ТИИЭР. 1987. Т. 75, № 8. С. 66.

Саратовский государственный
университет

Поступила в редакцию 19.05.2000
после доработки 11.10.2000

MAGNETOCONTROLLED GENERATION WITH PERIOD-ADDING SEQUENCE AND CHAOS IN THE CIRCUIT WITH MAGNETOTRANSISTOR

D.A. Usanov, S.B. Wenig, S.I. Skvortsov

Experimental investigation results of relaxation oscillator operation are presented, in which bipolar magnetotransistor is used as one of transistors. Possibility of magnetocontrolled period-adding sequence initiation in such oscillator is shown, and the discrete variation of an oscillation period takes place with constant step for discrete values of magnetic field induction with an equal interval of its change. Mode of the oscillator operation is found, at which the transition from periodic oscillation through period-adding sequence to chaotic oscillation is characterized by high sluggishness.



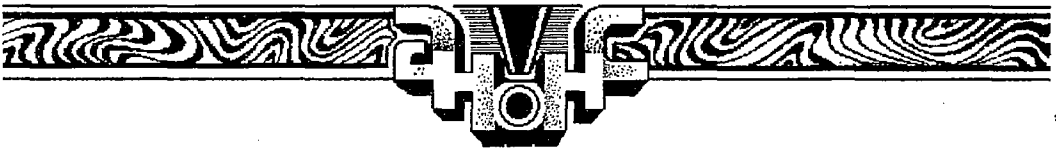
Усанов Дмитрий Александрович – родился в Менделеевске (1943), окончил Саратовский государственный университет (1965), куда после нескольких лет службы на предприятии электронной промышленности поступил на работу и где работает заведующим кафедры физики твердого тела по настоящее время. Защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в области физики полупроводников и диэлектриков (1972) и доктора физико-математических наук в области радиофизика, включая квантовую радиофизику (1989). Профессор СГУ, академик МАН ВШ, заслуженный деятель науки РФ. Область научных интересов – твердотельная СВЧ электроника, радиоволновые и оптические методы контроля, применение нелинейной динамики в полупроводниковой электронике СВЧ. Автор многих статей, патентов и изобретений по указанным выше направлениям.



Вениг Сергей Борисович – родился в Саратове (1957), окончил Саратовский государственный университет (1979). После окончания работал инженером ОКБ ПО «Тантал». С 1981 года, после перевода в очную аспирантуру, работает в СГУ. Защитил диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук (1988) по специальности «радиофизика, включая квантовую радиофизику» и доктора физико-математических наук по специальностям «радиофизика» и «физика полупроводников и диэлектриков», доцент кафедры физики твердого тела СГУ. Область научных интересов, по направлениям которой опубликовано более 60 научных работ, – физика полупроводников, твердотельная электроника и радиофизика.



Скворцов Сергей Игоревич – родился в Саратове (1974), окончил Саратовский государственный университет (1996). После окончания СГУ учится в очной аспирантуре на кафедре физики твердого тела. Опубликовал ряд статей в центральной печати, имеет свидетельство на полезную модель. Область научных интересов – твердотельная электроника, схемотехника, прикладная нелинейная динамика.



*В издательстве ГосУНЦ «Колледж»
вышло в свет учебное пособие*

Анищенко В.С. Знакомство с нелинейной динамикой: Лекции соросовского профессора: Учебное пособие. Саратов: Изд-во ГосУНЦ «Колледж», 2000.180 с.: ил. ISBN 5-900641-93-7

В учебном пособии приведены тексты девяти лекций, написанных автором по программе «Соросовские профессора». Лекции посвящены фундаментальным основам нелинейной динамики систем с конечным числом степеней свободы. Рассматриваются и анализируются понятия динамической системы, устойчивости и бифуркаций, детерминированного хаоса, синхронизации, стохастического резонанса. Обсуждаются проблемы диагностики и реконструкции динамических систем по экспериментальным данным.

Пособие ориентировано на студентов, дипломников и аспирантов естественно-научных специальностей университетов.

Более развернутая информация об издании будет дана в следующем номере.

*Заинтересованный читатель может
заказать пособие наложенным платежом (60 руб.)
по электронной почте или телефону*

E-mail: and@cas.ssu.runnet.ru
Тел.: (8-845)52-38-64

