

Изв. вузов «ПНД», т. 7, № 2,3, 1999

УДК 537.311.33

ГЕНЕРАТОР С МАГНИТОЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ ИНЕРЦИОННОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ

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

Показано, что введение в генераторную схему цепи обратной связи, включающей в себя магнитодиод, расположенный в зазоре управляемого электромагнита, позволяет реализовать в таких генераторах сложные динамические режимы работы. Представлены результаты экспериментального исследования динамики режимов работы в зависимости от напряжения питания активного элемента и величины индукции магнитного поля.

Для экспериментальной реализации сложной динамики поведения нелинейных систем широко используются радиотехнические устройства, в частности, генераторы с инерционной нелинейностью [1]. В известных генераторах специально вводимая инерционная нелинейность определяется процессами разогрева термосопротивления под действием протекающего по нему тока или зарядом и разрядом емкостей в диодных цепях, а нелинейность преобразования сигнала обуславливается либо экспоненциальной зависимостью сопротивления полупроводникового материала от температуры, либо нелинейностью вольт-амперных характеристик диодных структур. Параметры цепей, ответственных за инерционную нелинейность в таких генераторах, могут регулироваться внешним электрическим полем. Представляет интерес исследование возможностей реализации новых типов инерционной нелинейности, в частности, управляемых магнитным полем. Это позволяет расширить круг исследуемых систем, в которых могут наблюдаться сложные динамические процессы.

Исследуемая схема (рис. 1) представляла собой низкочастотный генератор на составном транзисторе I, собранном на транзисторах КТ315 и К361 ($VT1$ и $VT2$), обладающем S-образной вольт-амперной характеристикой, принцип работы которого аналогичен работе p-n-p-n-структуры с отрицательной обратной связью по напряжению [2]. Генераторная схема содержала цепь обратной связи, включающую в себя усилитель II, делитель частоты $D1$, электромагнит TP1 со схемой управления III, между полюсами которого включен кремниевый магнитодиод КД301Г (МД). В такой цепи происходит инерционное преобразование электрического сигнала в магнитный, и обратное преобразование магнитного сигнала в электрический, которое благодаря особенностям явлений, происходящих в магнитодиоде при воздействии на него магнитного поля, является существенно нелинейным [3]. Усилитель и делитель частоты включены в цепь обратной связи для обеспечения необходимых значений уровня сигнала для управления

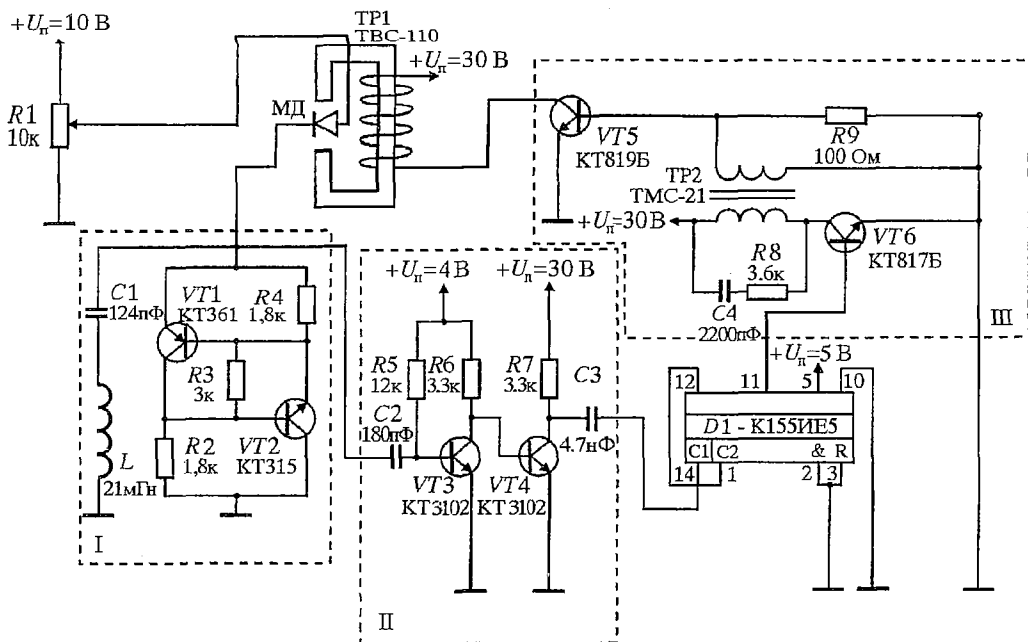


Рис. 1. Электрическая принципиальная схема генератора

источником магнитного поля и времени переключения магнитного поля, соответствующего времени переключения магнитодиода.

Как показали результаты исследований, при соответствующем подборе значений элементов генераторной схемы, а именно емкости $C2$, типов транзисторов $VT3$ и $VT4$, коэффициента усиления усилителя III, в отсутствие сигнала в цепи обратной связи с управляемым источником магнитного поля в ней возможно возбуждение как квазигармонических колебаний, так более сложного периодического режима колебаний, представляющих собой периодическую последовательность треугольных импульсов, на которую накладываются более высокочастотные квазигармонические колебания.

При работе генератора в режиме квазигармонических колебаний в интервале напряжений на активном элементе $0.95 \div 1.3$ В включение сигнала обратной связи приводит к возникновению хаотических колебаний. Экспериментально наблюдалось, как с ростом напряжения питания на активном элементе периодические квазигармонические колебания скачкообразно переходят в хаотические. На рис. 2 представлены временная зависимость амплитуды и проекция фазового портрета наблюдаемых хаотических колебаний. При дальнейшем увеличении напряжения питания происходит обратный переход «хаос – периодические колебания». В рассматриваемом интервале напряжений питания

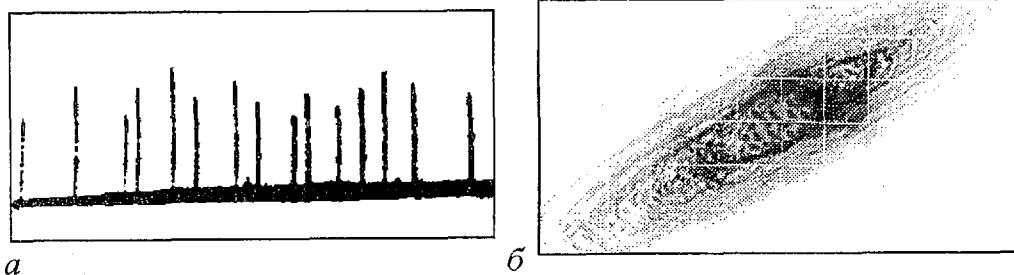


Рис. 2. Временная зависимость амплитуды колебаний (а) и проекция фазового портрета (б) выходного сигнала генератора в режиме хаотических колебаний

наблюдалось несколько подобных бифуркаций режимов работы генераторного устройства. Изменение величины индукции магнитного поля от 0 до 90 мТл качественно не изменяло картины бифуркаций исследуемой системы.

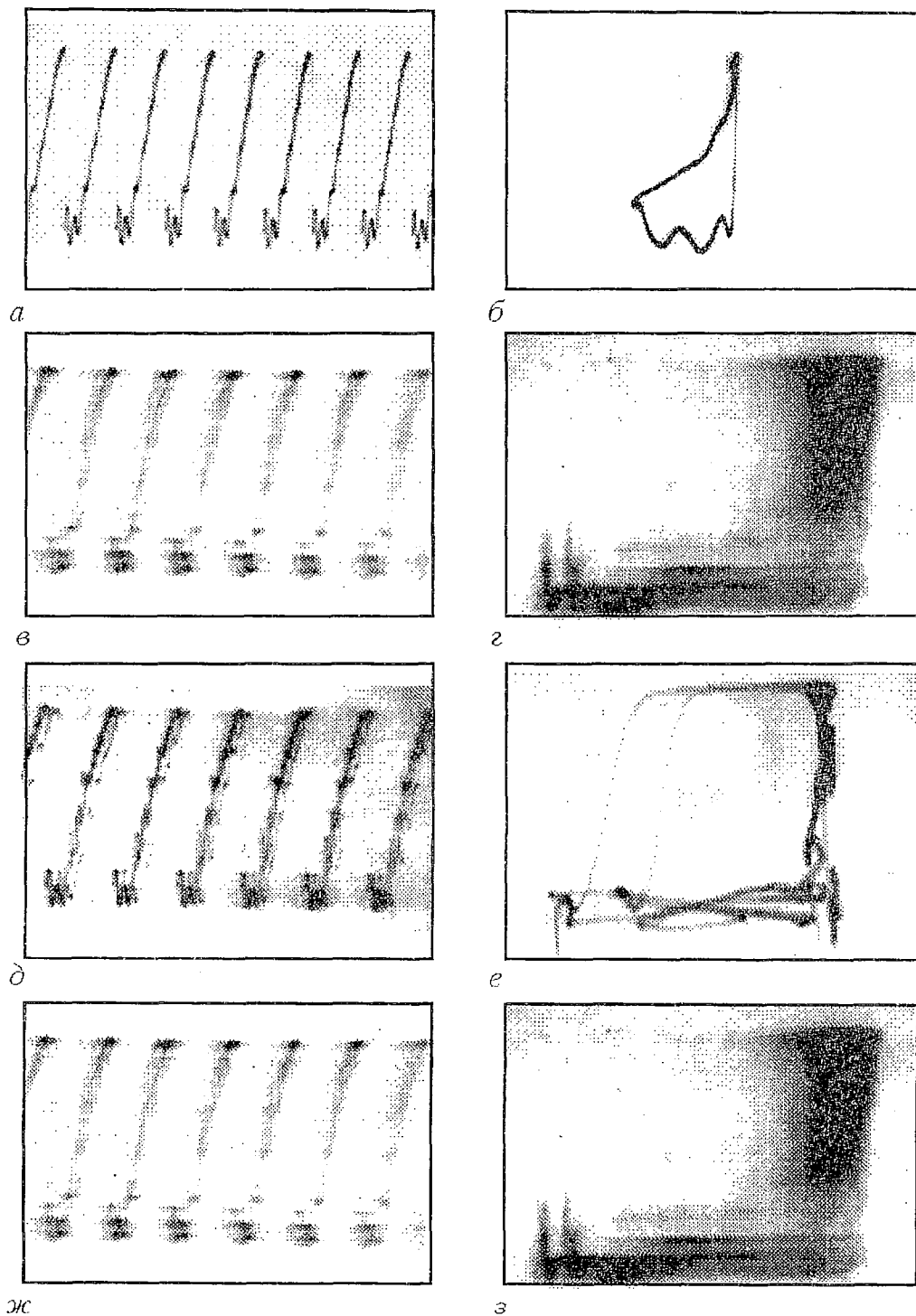


Рис. 3. Временные зависимости амплитуды (а, в, д, ж) и проекции фазовых портретов (б, г, е, з) колебаний в генераторе при фиксированном напряжении смещения 1 В в зависимости от величины индукции магнитного поля: а, б – 5 мТл; в, г – 20 мТл; д, е – 56.2 мТл; ж, з – 70 мТл

В режиме возбуждения в генераторе периодических колебаний сложной формы изменения напряжения питания активного элемента и величины индукции магнитного поля по-разному влияют на сценарий перехода от периодических к хаотическим режимам. При фиксированной величине магнитного поля в пределах 0-90 мТл периодические колебания в генераторной схеме возбуждаются при величине напряжения питания на активном элементе, превышающей 0.95 В. Увеличение напряжения питания приводит к незначительным изменениям частоты колебаний (в пределах 10%), а при достижении значения 1.1 В происходит жесткий переход от периодических к хаотическим колебаниям, которые представляют собой случайные последовательности импульсов. При напряжении на активном элементе свыше 1.3 В рабочая точка на вольт-амперной характеристике составного транзистора покидает падающий участок, и происходит срыв колебаний.

Если зафиксировать напряжение питания на активном элементе и изменять величину магнитного поля, то сценарий изменения режимов работы существенно изменяется. Например, для напряжения на активном элементе 1 В, при изменении индукции магнитного поля от 0 до 8.8 мТл в генераторе существуют устойчивые периодические колебания, временная реализация и проекция фазового портрета которых представлены на рис. 3, а, б. Увеличение магнитного поля приводит к срыву низкочастотной составляющей периодических колебаний и возникновению хаотических колебаний (рис. 3, в, г). При достижении значения индукции магнитного поля 54 мТл колебания становятся снова периодическими, но при этом высокочастотная составляющая сигнала существенно искажается и имеет сложный спектральный состав (рис. 3, д, е). При величине индукции магнитного поля, превышающей 58 мТл, происходит срыв высокочастотных колебаний и возникновение хаотического режима, временная реализация которого представляет собой случайные последовательности импульсов (рис. 3, ж, з).

Таким образом, введение в генераторную схему цепи обратной связи, включающей в себя магнитодиод и управляемый источник магнитного поля, позволяет реализовать в таких генераторах сложные динамические режимы работы. Анализ полученных экспериментальных результатов позволяет предположить, что наблюдаемые в генераторной схеме переходы от периодических к хаотическим колебаниям происходят через разрушение квазипериодических колебаний. При этом возникновение чередующихся режимов периодических и хаотических колебаний возможно как при фиксированных значениях величины магнитного поля вследствие изменения напряжения смещения на активном элементе, так и при фиксированном напряжении питания в результате изменения величины индукции магнитного поля.

Авторы выражают благодарность А.П. Кузнецову и В.В. Астахову за полезные советы при обсуждении работы.

Библиографический список

1. Анищенко В.С. Сложные колебания в простых системах. М.: Наука, Гл.ред. физ.-мат. лит., 1990. 312 с.
2. Арефьев А.А., Серьезнов А.Н., Степанова Л.Н. Эквиваленты приборов с отрицательным дифференциальным сопротивлением. М.: Знание, 1987. 87 с.
3. Егизарян Г.А., Стафеев В.И. Магнитодиоды, магнитотранзисторы и их применение. М.: Радио и связь, 1986. 72 с.

*Саратовский государственный
университет*

Поступила в редакцию 17.05.99

THE GENERATOR WITH MAGNETOSENSITIVE INERTIAL NONLINEARITY

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

Is shown, that introduction in the generating scheme of a feedback circuit including magnetodiode, located in a clearance of a controlled electromagnet, allows to realize in such generators complicated dynamic operational modes. The experimental investigation results of operational modes dynamics depending on power supply voltage of an active element and magnitude of a magnetic field induction are presented.



Усанов Дмитрий Александрович родился в 1943 году в Менделеевске (Татария). Окончил Саратовский госуниверситет (1965). Кандидат физико-математических наук (1972), доктор физико-математических наук (с 1989), с 1990 – профессор кафедры физики твердого тела, с 1985 по настоящее время – заведующий кафедрой физики твердого тела, с 1989 – проректор по НИР СГУ. Автор большого числа статей и изобретений по твердотельной электронике и радиофизике. Заслуженный деятель науки РФ, академик МАН ВШ, член IEEE.



Вениг Сергей Борисович – родился в 1957 году в Саратове, окончил Саратовский государственный университет (1979). После окончания работал инженером ОКБ ПО «Тантал». С 1981 года работает в СГУ. Защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук (1988) по специальности «радиофизика, включая квантовую радиофизику», доцент кафедры физики твердого тела СГУ. Область научных интересов, по направлениям которой опубликовано более 50 научных работ, – физика полупроводников, твердотельная электроника и радиофизика.



Скворцов Сергей Игоревич – родился в 1974 году в Саратове, окончил Саратовский государственный университет (1996). После окончания СГУ учится в очной аспирантуре на кафедре физики твердого тела. Опубликована статья в центральной печати и получено положительное решение о выдаче свидетельства на полезную модель. Область научных интересов: твердотельная электроника, схемотехника, прикладная нелинейная динамика.