

84 / 2-77

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

K-238



10/1-77

11 - 10153

А.А.Карлов, С.П.Перельгин

НОВЫЙ СПОСОБ ЦИФРОВОЙ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ

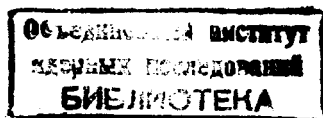
1976

11 - 10153

А.А.Карлов, С.П.Перельгин

НОВЫЙ СПОСОБ ЦИФРОВОЙ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ

Направлено в ПТЭ



Карлов А.А., Перельгин С.П.

11 - 10153

Новый способ цифровой магнитной записи

Рассмотрен способ самосинхронизирующейся цифровой магнитной записи, который обеспечивает высокую ее плотность и позволяет в значительной степени уменьшить погрешность восстановления информации.

Представлены варианты схем, с помощью которых можно осуществить цифровую запись предложенным способом и восстановить записанную информацию. Приведены экспериментальные данные.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1976

1. Введение

В настоящее время для хранения больших объемов информации, получаемой в процессе физического эксперимента, применяются запоминающие устройства на магнитных носителях /НМЛ, магнитные барабаны, диски/. При разработке этих устройств используются самые разнообразные способы кодирования цифровой информации. Выбор их в каждом конкретном случае зависит от ряда факторов: допустимой сложности кодирующей и декодирующей аппаратуры, допустимой вероятности ошибки, скорости записи, ее плотности и т.д.

Повышение плотности записи в общем случае приводит к увеличению вероятности ошибки восстановления. Некоторые новые способы кодирования информации, которые используют предварительную манипуляцию какого-либо параметра несущего колебания, обеспечивают более высокую плотность магнитной записи, чем старые. Это происходит потому, что новые способы позволяют лучше согласовывать спектр записываемого сигнала с полосой пропускания, как записывающей, так в значительной мере и воспроизводящей аппаратуры^{/1/}.

При теоретическом пределе плотности цифровой магнитной записи без насыщения 9800 имп/мм^2 / современная аппаратура позволяет осуществлять одностороннюю запись с плотностью лишь порядка 800 бит/мм^3 . Поэтому актуальной остается проблема улучшения параметров цифровой магнитной записи.

В данной работе рассмотрен новый способ цифровой магнитной записи в сравнении с известными, а также приведены некоторые экспериментальные данные.

2. Сравнение способов записи

Рассмотрим три известных способа самосинхронизирующейся цифровой магнитной записи, в которых для кодирования используется прямоугольная несущая: способ фазо-кодированной записи, известный также под названием Манчестерского, способ двухчастотной записи, предложенный Габором^{/4/}, и способ узкополосной фазо-кодированной /УФК/ записи^{/3/}. На рис. 1 показаны соответствующие этим способам сигналы при записи конкретной кодовой последовательности.

При способе фазо-кодированной записи каждый бит информации передается за один период колебаний несущей частоты. При этом запись каждого бита осуществляется парами импульсов разной полярности, причем начальная фаза пары импульсов, кодирующей нулевой бит, на 180° отлична от начальной фазы пары, кодирующей единичный бит /рис. 1а/. Максимальная основная частота в спектре указанных сигналов равна частоте следования бит информации, а минимальная составляет половину этой частоты. При данном способе записи каждому биту информации соответствует по крайней мере одно изменение направления магнитного поля, что позволяет выделить синхроимпульсы из воспроизведенного сигнала. На рис. 1б приведена диаграмма воспроизведенной информации.

Способ двухчастотной записи /рис. 1в,г/, при которой изменения направления магнитного поля осуществляются на границах каждого интервала бита и в середине интервала единичного бита, обладает аналогичными свойствами.

Недостатком двух приведенных способов является в два раза меньшая информационная плотность записи, по сравнению с известной двухуровневой записью без возвращения к нулю /БВН-запись/, при одной и той же максимальной частоте записанного на ленте сигнала. Однако серьезное достоинство - самосинхронизация - является определяющим в широком применении этих способов.

При УФК-записи первоначально осуществляется БВН-модуляция. Затем формируются дополнительные, не не-

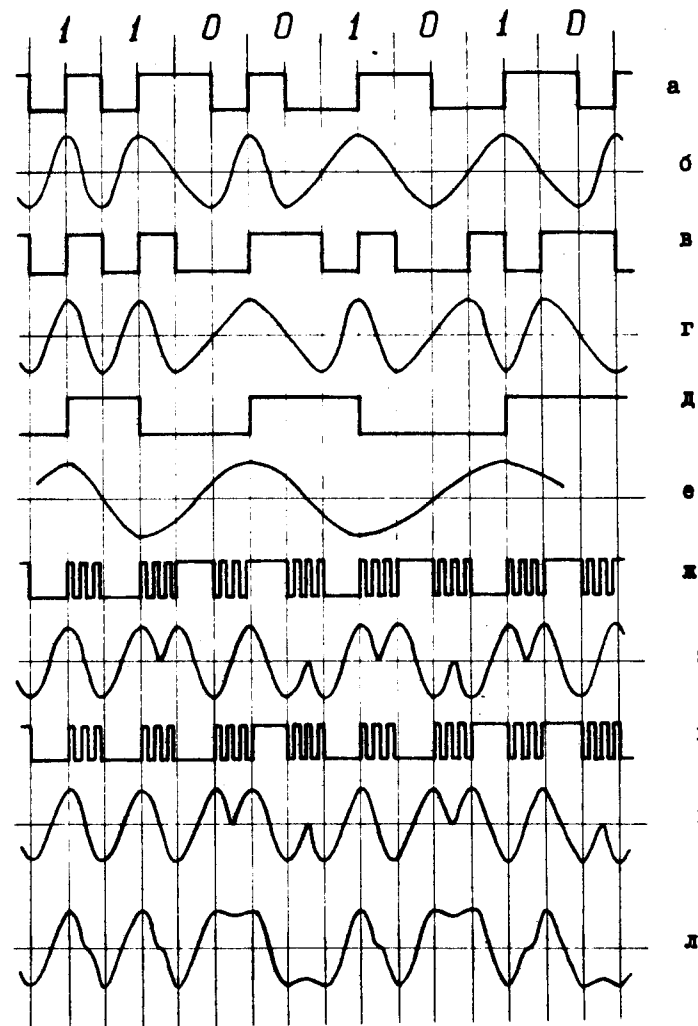


Рис. 1

сущие информацию, изменения направления магнитного поля на границах интервалов бита, за исключением тех границ, которые отстоят во времени от созданных ранее меньше чем на интервал бита /рис. 1д,е/. В таком

случае в каждом двух интервалах бита имеется по крайней мере одно изменение направления магнитного поля, что обеспечивает самосинхронизацию при воспроизведении.

В спектре полученного сигнала максимальная частота равна половине частоты следования бит информации, а минимальная составляет четвертую ее часть. Следовательно, если УФК-сигнал будет занимать полосу частот такую же, как при фазо-кодированной и двухчастотной записях, то эффективность использования носителя при УФК-записи будет в два раза выше.

Следует отметить, что в устройства воспроизведения, построенные по известным способам записи, входит узел, учитывающий изменения временного масштаба воспроизведенных сигналов, которые обусловлены нестабильностью скорости носителя информации. Разработка такого узла вызывает наибольшие трудности.

Сущность предлагаемого способа цифровой магнитной записи заключается в осуществлении такой кодировки информации, при которой каждому биту соответствует импульсная последовательность длительностью T , имеющая более двух разнополярных импульсов. Один из них с длительностью $T/2$ занимает первую или вторую половину периода импульсной последовательности, а другая половина заполнена импульсами, частота которых выше максимальной рабочей частоты канала записи-воспроизведения и ниже частоты сигналов подмагничивания /рис. 1ж/. При воспроизведении записанной таким образом информации на вход декодирующего устройства с аналогового усилителя воспроизведения будет поступать сигнал, показанный на рис. 1з. Его форма обусловлена тем, что высшие гармоники подавляются в канале записи-воспроизведения, имеющем ограниченную полосу пропускания. При высоких плотностях записи основная мощность спектральной характеристики воспроизведенного сигнала сосредоточена вокруг составляющей спектра с частотой, равной $1/T$.

Предложенный способ магнитной записи цифровой информации отличается от известных также тем, что позволяет получить в воспроизведенном сигнале по два импульса на каждый бит. Например, кодировку записывае-

мой информации можно осуществить так, что каждому биту в воспроизведенном сигнале будет соответствовать пара биполярных импульсов, причем начальная фаза пары импульсов, соответствующих нулевому биту, будет на 180° отличной от начальной фазы пары импульсов, соответствующих единичному биту /рис. 1ж,з/; или так, что в воспроизведенном сигнале единичному биту будет соответствовать пара биполярных импульсов, а нулевому - пара однополярных /рис. 1и,к/. Предложенный способ записи является самосинхронизирующимся, так как при восстановлении информации на каждый бит можно выделить синхроимпульс, например, из каждого второго воспроизведенного импульса. Благодаря тому, что воспроизведенный сигнал сохраняет форму при изменении скорости носителя в широком диапазоне относительно номинальной, в устройстве воспроизведения исчезает необходимость узла, учитывающего изменения временного масштаба воспроизведенной информации. Это значительно упрощает аппаратуру восстановления цифровой информации при чтении с магнитного носителя и является серьезным преимуществом предложенного способа.

Кроме того, описанный способ записи можно использовать для увеличения надежности восстановления информации в существующих устройствах. Так, при достаточно низкой частоте импульсов второй половины кодирующей импульсной последовательности воспроизведенный сигнал принимает форму, представленную на рис. 1л. Такая форма сигнала, по сравнению с сигналом, представленным на рис. 1г, позволяет с большей надежностью восстанавливать информацию.

Таким образом, плотность цифровой магнитной записи, достигаемая предложенным способом, такая же, как при фазо-кодированной или двухчастотной записи, хотя в два раза меньше плотности, достигаемой способом УФК. Однако при меньшем количестве оборудования в устройстве воспроизведения, построенном по данному способу, гораздо выше надежность восстановления цифровой информации.

3. Блок-схема устройства записи

На рис. 2 представлен один из возможных вариантов устройства для осуществления записи по предложенному способу.

Каждый период несущей модулируется в преобразователе по двум уровням одним из двух битов цифровой информации, поступающей с выхода источника. В качестве несущей используют импульсную последовательность с периодом, имеющим более двух разнополярных импульсов, длительность одного из которых равна половине длительности периода. Формирование несущей требуемого вида обеспечивается генератором импульсов Г1 и генератором импульсов более высокой частоты Г2. Генератор Г1 соединен с управляющим входом генератора Г2, который, в свою очередь, подключен ко второму

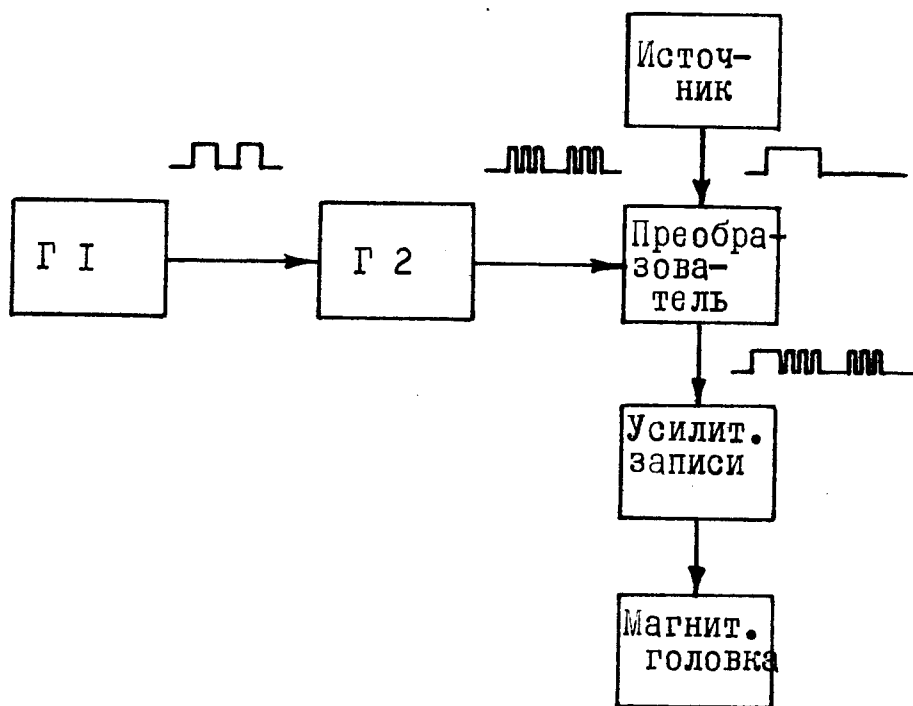


Рис. 2

входу преобразователя. С выхода преобразователя поступает результат модуляции, в котором каждому биту цифровой информации соответствует один импульс положительной или отрицательной полярности с длительностью, равной половине периода колебаний генератора Г1, и несколько импульсов положительной и отрицательной полярности, соответствующих колебаниям генератора Г2. Результат модуляции служит для формирования тока в усилителе записи, выход которого подключен к записывающей магнитной головке.

В устройстве для осуществления предлагаемого способа вместо генераторов Г1 и Г2 может быть использован один генератор импульсов высокой частоты, подключенный ко входам схемы "И" непосредственно и через делитель частоты.

4. Блок-схема устройства воспроизведения

Блок-схема восстановления информации может быть построена следующим образом /рис. 3/. Сигнал с магнитной головки усиливается аналоговым усилителем и поступает на дифференциальный усилитель. Прямой и инверсный выходы дифференциального усилителя связаны соответственно с формирователями Ф1 и Ф2. С выходов формирователей информация поступает на входы схемы "ИЛИ" и далее на делитель для получения синхроимпульсов. Синхроимпульсы подают на счетный вход D-триггера, а на его установочный вход импульсы с формирователя Ф1 или Ф2. В этом случае на выходе D-триггера организуется восстановленная цифровая информация.

5. Заключение

Проверка предложенного способа цифровой магнитной записи проведена с помощью бытового кассетного магнитофона "Парус 301". Для этого по описанным выше схемам разработан блок связи ЭВМ М-6000 с кассетным магнитофоном. Частота генераторов Г1 и Г2 /рис. 2/

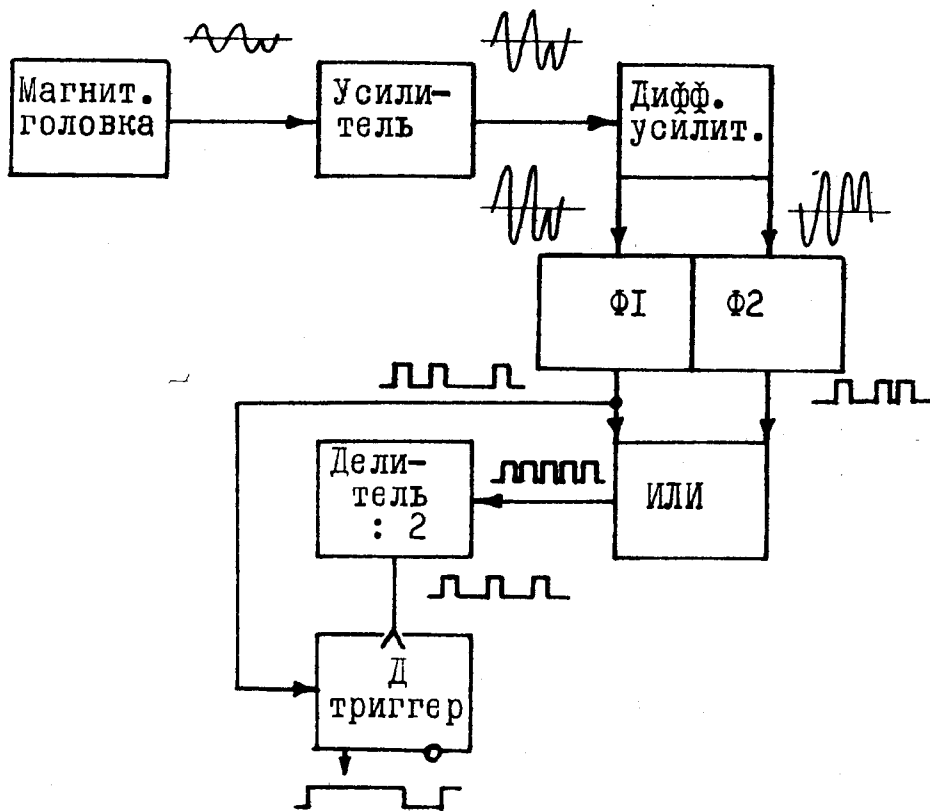


Рис. 3

была выбрана соответственно 5 и 30 кГц. Запись и чтение производились при скорости движения магнитной ленты 4,76 см/с. На одну дорожку магнитной ленты кассеты МК-60 было записано 8,5 млн. бит информации, при этом достигнута плотность записи 105 бит/мм. При десятикратном восстановлении всей записанной информации сбоев не наблюдалось. Для сравнения то же количество информации с той же плотностью было записано на магнитную ленту по способу фазо-кодированной записи. Восстановить информацию оказалось практически невозможно из-за значительной нестабильности скорости движения магнитной ленты.

В заключение авторы выражают благодарность Л.П.Челнокову и В.И.Приходько за полезные обсуждения.

Литература

1. А.Кнолл. *Спектральный анализ сигналов, применяемых в цифровой магнитной записи. Проблемы магнитной записи. Сб. переводов под редакцией В.Г.Королькова. Энергия, 1975.*
2. Н.П.Вашкевич, Г.М.Голованов. *Надежность сохранения информации запоминающих устройств на магнитной ленте. Изд. Машиностроение, 1974 г.*
3. Дж. Изебью. *Высокоскоростной аппарат для магнитной записи с большой плотностью. Проблемы магнитной записи. Сб. переводов под редакцией В.Г.Королькова. Энергия, 1975 г.*
4. A.Gabor. *Digital Signals at High Density on Magnetic Tape. Electronics, October, 1959.*

Рукопись поступила в издательский отдел 6 октября 1976 года.

Редколлегия журнала ЭЧАЯ сообщает, что вышел в свет журнал "Физика элементарных частиц и атомного ядра", том 7, вып. 3. Подписаться на журнал можно в агентствах и отделениях "Союзпечати", в отделениях связи, а также у общественных распространителей.