

ЖС-86

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2703



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

Г.П. Жуков

МЕТОДЫ АМПЛИТУДНОГО
И ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НАКОПИТЕЛЯ
НА МАГНИТНОЙ ЛЕНТЕ

1966

2703

Г.П. Жуков

МЕТОДЫ АМПЛИТУДНОГО
И ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НАКОПИТЕЛЯ
НА МАГНИТНОЙ ЛЕНТЕ



4864/3 нр.

1. Причины пропадания информации, воспроизводимой с магнитной ленты

Одной из неприятных особенностей регистраторов на магнитной ленте является наличие конечной вероятности потерь и искажений запоминаемой информации. Это связано прежде всего с наличием паразитной амплитудной модуляции воспроизводимых с магнитной ленты сигналов, временных рассогласований сигналов одной строки при многодорожечной записи, а также с тем, что скорости движения ленты при записи и воспроизведении не являются строго постоянными.

1-1. Амплитудная модуляция воспроизводимых с магнитной ленты импульсов вызывается рядом факторов. К ним можно отнести: неравномерность магнитных свойств и толщины активного слоя носителя, наличие переменного воздушного зазора между лентой и головками, перекосы магнитной ленты и ее перемещение в плоскости, параллельной рабочей поверхности блока магнитных головок, неравномерность движения магнитной ленты и ряд других. В работах ^{/1-4, 16/} рассмотрена зависимость амплитуды считываемых с ленты сигналов от большинства перечисленных выше факторов. Кроме того известны причины, приводящие к скачкообразному или монотонному изменению амплитуды считанного сигнала в течение одного прогона ленты, от прогона к прогону, на протяжении гарантийного срока службы накопителя, а также при многократном использовании одного и то же носителя.

На протяжении одного прогона амплитуда зависит от изменения средней скорости движения носителя и от изменения плотности прилегания носителя к магнитным головкам, что связано с изменением натяжения ленты. Для уменьшения влияния этих факторов применяют либо системы, следящие за натяжением ленты, либо фильцы, обеспечивающие более плотное прилегание носителя к магнитным головкам.

Изменение амплитуды воспроизводимого сигнала от прогона к прогону зависит от изменения частоты сетевого питания, от изменения амплитуды и длительности

импульса записи, а также от нестабильности коэффициента усиления усилителя воспроизведения.

На протяжении срока службы происходит износ магнитных головок, что приводит к ухудшению частотной характеристики и чистоты поверхности блока магнитных головок^{/5/}.

Многочисленное использование магнитной ленты приводит к уменьшению амплитуды воспроизводимого сигнала вследствие износа активного слоя и вальцевания носителя^{/6/}.

Все перечисленные выше факторы могут уменьшать амплитуду воспроизводимого с магнитной ленты сигнала до величины ниже уровня срабатывания схемы воспроизведения, что приводит к пропаданию информации. Введение порога срабатывания в схемы тракта воспроизведения обусловлено наличием шумов ленты^{/7-8/}, а также наличием наводок и помех. Порог формирования воспроизводимого сигнала должен выбираться с учетом величины этих шумов и помех, а также с учетом наличия паразитной амплитудной модуляции.

Однако основными из всех отмеченных выше факторов, вызывающих амплитудную модуляцию и приводящих к потерям информации, следует считать наличие немагнитных включений в активном слое носителя и дефектов его поверхности^{/10-12/}, так как влияние других факторов можно уменьшить путем тщательной регулировки лентопротяжного механизма и настройки электронного тракта "запись - воспроизведение".

2. Причины искажения информации из-за временных рассогласований воспроизводимых импульсов

При многодорожечной записи на магнитную ленту наблюдается временное рассогласование воспроизводимых импульсов одной строки и флюктуация периода следования строк даже в том случае, если все импульсы одной строки записывались одновременно, а периоды записи строк были строго постоянными.

Эти факты определяют максимальную для данного накопителя плотность записи и являются, наряду с отмеченными выше факторами, причиной искажения воспроизводимой с магнитной ленты информации^{/15-18/}.

Временное рассогласование импульсов одной строки имеет в своем составе постоянные и переменные составляющие. Постоянные составляющие временного рассогласования определяются искривлением линии зазоров блоков магнитных головок (при условии записи одним блоком и воспроизведении другим), разбросом величины тока записи отдельных головок^{/3/}, а также непараллельностью линий зазоров блоков головок записи и воспроизведения.

Переменные составляющие временного рассогласования определяются наличием динамических перекосов ленты, наличием амплитудной модуляции и другими факторами.

Перекосы магнитной ленты в плоскости, параллельной рабочей поверхности блока магнитных головок, возникают из-за наличия допусков на ширину магнитной ленты, допуска на изготовление и установку направляющих роликов, а также изменяющегося во времени усилия натяжения ленты. При этом разные участки ленты по ее ширине деформируются по разному, что приводит к искривлению строки.

Следует также отметить, что местоположение записанного сигнала зависит от величины воздушного зазора между магнитной головкой и носителем, а также от толщины активного слоя ^{/3/}, которые являются переменными величинами и приводят в конечном счете к появлению дополнительных временных рассогласований.

Скорость движения ленты при записи и воспроизведении не является величиной строго постоянной, что приводит в конечном счете к ограничению плотности записи и потерям информации. Если, например, при записи скорость ленты уменьшилась, а частота поступления записываемых импульсов осталась постоянной, то это соответствует увеличению плотности записи. Если номинальная плотность записи была выбрана на спаде плотностной характеристики, то при воспроизведении это даст уменьшение амплитуды считываемого сигнала. Если при этом амплитуда импульса уменьшится ниже уровня срабатывания схемы формирования, то это приведет к потере информации. С другой стороны, информация, воспроизводимая с ленты, подается на какие-то устройства, имеющие конечное мертвое время t , и уменьшение периода поступления импульсов из-за изменения скорости движения ленты до величины, меньшей t , также приведет к потере информации. К причинам изменения скорости движения ленты при записи и воспроизведении можно отнести прежде всего дефекты изготовления отдельных деталей и узлов лентопротяжного механизма, такие как эксцентриситет ведущего валика, направляющих роликов, кассет и т.д., шумы подшипников, проскальзывание ленты относительно ведущего валика, проскальзывание пассиков и фрикционных относительно деталей кинематического тракта и ряд других.

Следует отметить, что существует мнение о том, что величина динамических перекосов ленты соответствует формуле ^{/13/}

$$2\Delta = \frac{hS}{L},$$

где L - длина направляющего тракта, h - высота направляющего тракта, S - допуск на ширину тракта.

Из этого выражения следует, что длину тракта нужно брать по возможности большей, а допуск на его ширину - по возможности меньшим. Однако эти меры могут

привести к тому, что из-за наличия допуска на ширину ленты, т.е. из-за неравномерной ее ширины будут возникать силы торможения ленты переменной величины, что может привести к значительным отклонениям скорости движения ленты от ее среднего значения, способствовать возникновению дополнительных перекосов ленты относительно линии зазоров блока головок, появлению остаточной деформации на краях ленты, а также к образованию значительного количества пыли и стружки из-за трения краев носителя о направляющий тракт.

3. Определение вероятности потерь импульсов, воспроизводимых с магнитной ленты

Выше были отмечены факторы, вызывающие потери информации. Факторов этих много, в большинстве случаев они взаимозависимы (хотя некоторые из них имеют взаимную связь) и носят статистический характер.

В связи с этим может возникнуть несколько задач. Постановку этих задач можно сформулировать следующим образом:

Первая задача. Определить вероятности потерь информации из-за влияния каждого фактора. Эта задача достаточно трудоемка, но в то же время представляет большой интерес при разработке регистрирующих устройств на магнитной ленте и разработке магнитных лент, так как зная влияние каждого отдельного фактора, можно либо устранить, либо эффективно уменьшать эти факторы.

Вторая задача. Сравнительно быстро определить вероятность потерь информации из-за воздействия всех факторов конкретного накопителя с конкретным носителем. Если вероятность потерь информации недопустимо велика, то определить группу факторов, дающих основной вклад в величину этой вероятности.

Третья задача. Определить основные параметры (характеристики) накопителя как функции вероятности потерь. Например, дать зависимость изменения вероятности потерь информации с изменением плотности записи для заданных скоростей записи и воспроизведения.

Вторая и третья задачи представляют интерес для лиц, занимающихся не только разработкой, но и эксплуатацией накопителей.

При решении этих задач следует использовать такие методы, которые можно применять к накопителям, находящимся как в хорошем, так и в плохом состоянии, с тем, чтобы этими методами можно было пользоваться как для снятия характеристик, так и для настройки накопителя.

Теоретические оценки вероятности потерь воспроизводимых с магнитной ленты импульсов делались в ряде работ ^{13-17/}. При этом авторы исходили из следующих положений: 1. Все факторы, вызывающие потери информации, взаимонезависимы. 2. Суммарные влияния отдельных групп факторов подчинены нормальному закону распределения.

Эти положения могут быть приняты с некоторыми допущениями для прецизионных хорошо отрегулированных и настроенных накопителей. Однако можно отметить случаи, когда из-за разных причин предположение о нормальности распределения отдельных факторов становится несправедливым.

Например, если записывать на магнитную ленту импульсы методом "без возвращения в исходное состояние", то при воспроизведении мы получим импульсы разной полярности. В результате нелинейности характеристики усилителя воспроизведения или неправильного выбора рабочей точки и из-за других причин, положительный и отрицательный сигналы на выходе усилителя воспроизведения могут иметь разные амплитуды и длительности. Так как положительный и отрицательный импульсы приходят строго поочередно, то это даст два распределения амплитуд с разными средними значениями, но с одинаковыми площадями. Суммарная картина распределения амплитуд уже не будет подчиняться нормальному закону (даже если амплитуды импульсов каждой из полярностей в отдельности распределены по нормальному закону), а больше будет похожа на случай двух неразрешенных резонансов, которые можно наблюдать в задачах ядерной спектроскопии.

Практически существует ряд других причин, которые имеют самые разнообразные законы распределения и которые, в конечном счете, могут являться определяющими. Нам удавалось наблюдать распределение периодов импульсов, воспроизводимых с магнитной ленты, при недостаточном усилии прижимного ролика. Распределение периодов в этом случае может принимать самые причудливые формы. Аналогичные явления наблюдались и в том случае, когда лента была сильно зажата в направляющем тракте. Из-за неравномерности ширины ленты она в некоторые моменты времени тормозится, что приводит к искажению распределения периодов.

Для решения второй задачи в более общем виде будем исходить из того, что суммарные воздействия отдельных факторов, вызывающих потери информации, описываются какими-то произвольными функциями. Предположим также, что взаимная зависимость отдельных функций незначительна и ею можно пренебречь.

Исходя из этих предположений, работу многодорожечного регистратора на магнитной ленте можно описать так: под действием различных факторов наблюдается амплитудная модуляция воспроизводимых с магнитной ленты импульсов, причем амплитуды импульсов каждой дорожки распределены согласно неизвестной нам функции $f_i(A)$

так, что для n -дорожечного накопителя мы имеем n функций $(f_1(A), f_2(A), \dots, f_n(A))$. Каждая дорожка регистратора в схеме воспроизведения имеет формирующее устройство с порогом срабатывания $a_1(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$. Это означает, что вероятность достоверного воспроизведения при наличии амплитудной модуляции для каждой дорожки будет выражаться как

$$P_{1д}(A) = \frac{\int_{a_1}^{\infty} f_1(A) dA}{\int_{-\infty}^{\infty} f_1(A) dA}, \quad (1)$$

где интеграл в числителе выражает количество импульсов, амплитуда которых превысила порог срабатывания a_1 формирующего устройства, а в знаменателе - общее количество импульсов, записанных на магнитную ленту по данной дорожке. Так как пропадания информации по отдельным дорожкам не имеют взаимной зависимости, то для n -дорожечного регистратора вероятность достоверного воспроизведения при наличии амплитудной модуляции будет иметь вид:

$$P_{д}(A) = P_{1д}(A) \cdot P_{2д}(A) \dots P_{nд}(A). \quad (2)$$

Под влиянием различных факторов импульсы отдельных дорожек воспроизводятся с некоторым временным разбросом относительно друг друга. Это приводит, с одной стороны, к тому, что если стробирование схемы воспроизведения проводится через время θ после прихода переднего фронта тактового импульса, то наличие разброса во времени прихода передних фронтов импульсов разных дорожек может привести к тому, что импульс какой-то дорожки не пришел за время θ , т.е. придет после стробирования, и это приведет к потере импульса. С другой стороны, ширина импульса формирующего устройства из-за разных факторов меняется (обычно это триггер Шмитта, либо усилитель-ограничитель), что приводит к тому, что при большой плотности записи при наличии перекоса верхняя и нижняя голески воспроизведения прочтут одновременно магнитные отпечатки разных строк (наложение строк).

Пусть передний фронт импульсов какой-то дорожки приходит с разными временными задержками относительно переднего фронта тактового импульса. Пусть эти временные задержки распределены по закону $f_1(r)$. Тогда вероятность достоверного воспроизведения при наличии временной сдвиги передних фронтов импульсов данной дорожки и тактового импульса равна:

$$P_{1д}(r) = \frac{\int_{-\infty}^{\theta} f_1(r) dr}{\int_{-\infty}^{\infty} f_1(r) dr}. \quad (3)$$

В числителе - количество импульсов, величина задержки передних фронтов которых не превысила величины θ относительно времени прихода тактового импульса. В знаме-

нателе - количество зарегистрированных на ленте импульсов по данной дорожке.

Для n - дорожечного регистратора вероятность достоверного считывания при наличии задержки передних фронтов импульсов отдельных дорожек можно записать аналогично выражению (2):

$$P_{\partial}(r) = P_{1\partial}(r) P_{2\partial}(r) \dots P_{n\partial}(r). \quad (4)$$

Из-за неравномерности скорости движения ленты, наличия амплитудной модуляции, а также из-за перекосов ленты может оказаться, что передний фронт воспроизводимого импульса какой-то дорожки одной строки пришел тогда, когда импульс какой-то дорожки, относящейся к предыдущей строке, еще не кончился, т.е. две строки наложились друг на друга. Такой случай в накопителях недопустим, поэтому будем говорить о каком-то предельном значении времени между строками $t_{кр}$. Если выраженное во времени расстояние между строками распределено согласно функции $f(t)$, то вероятность достоверного воспроизведения строк, следующих друг за другом со временем $t \geq t_{кр}$, можно выразить как

$$P_{\partial}(t) = \frac{\int_{t_{кр}}^{\infty} f(t) dt}{\int_{-\infty}^{\infty} f(t) dt}. \quad (5)$$

В числителе - количество строк с расстоянием между соседними строками $t \geq t_{кр}$, в знаменателе - общее количество зарегистрированных строк.

Вероятность потерь информации из-за влияния всех отмеченных факторов можно выразить через P_n .

$$P_n = 1 - P_{\partial}(A) P_{\partial}(r) P_{\partial}(t) = \\ = 1 - [P_{1\partial}(A) \cdot P_{2\partial}(A) \dots P_{n\partial}(A)] \cdot [P_{1\partial}(r) P_{2\partial}(r) \dots P_{n\partial}(r)] \cdot P_{\partial}(t). \quad (6)$$

Таким образом, для определения вероятности потерь импульсов, воспроизводимых с магнитной ленты, нам необходимо иметь распределения $f_1(A)$, $f_1(r)$, $f(t)$, а также значения a_1 и r .

Следует также отметить, что все основные характеристики многодорожечного цифрового регистратора на магнитной ленте являются, в конечном счете, той или иной функцией параметров считанных с ленты импульсов. Параметры отдельных импульсов, как было показано выше, отличаются друг от друга, образуя спектральные распределения. Поэтому для определения параметров многодорожечного регистратора на магнитной ленте необходимо иметь спектральные распределения параметров импульсов по каждой дорожке. В связи с этим можно считать целесообразным использование современных методов анализа импульсов, т.е. использование многоканальных амплитудных и временных

анализаторов для определения параметров и настройки цифровых регистраторов на магнитной ленте.

Многоканальные анализаторы импульсов являются сравнительно сложными и дорогостоящими электронными приборами, однако они имеются в любой ядерно-физической лаборатории и могут использоваться для настройки многодорожечных регистраторов на магнитной ленте, используемых в этих лабораториях. Для настройки и определения параметров накопителя на магнитной ленте, используемого в качестве многомерного анализатора, целесообразно использовать собственные блоки аналого-цифровых преобразователей и контрольное запоминающее устройство. Если же необходимо настроить накопитель от вычислительной машины, то можно использовать только аналого-цифровые преобразователи от промышленных многоканальных анализаторов импульсов совместно с оперативным запоминающим устройством машины.

Ниже мы рассмотрим способ настройки многодорожечного цифрового регистратора на магнитной ленте и одновременно получим интересующие нас распределения, необходимые для определения вероятности потерь. Кроме того станет ясно, что таким способом можно решить вторую и третью задачи, а также частично первую задачу.

4. Метод настройки регистратора на магнитной ленте

4-1. Определение отдачи головок воспроизведения.

На рис. 1 показана блок-схема, с помощью которой можно определить отдачу магнитных головок воспроизведения. Сигнал, считанный с ленты, через переключатель П усиливается линейным услителем (2) и подается на многоканальный анализатор амплитуд импульсов (3). Амплитуда каждого импульса, считанного с ленты, преобразуется в код, который регистрируется в запоминающем устройстве анализатора. По окончании измерений получим распределение (рис. 2а), которое можно наблюдать на экране электронно-лучевой трубки либо отпечатать в виде цифр на бумажной ленте. Амплитуда сигнала головки воспроизведения будет определяться в этом случае как

$$U_{\Gamma} = \frac{\Delta U_k \cdot n_1}{k}, \quad (7)$$

где U - амплитуда сигнала головки, ΔU_k - ширина канала анализатора, n_1 - номер канала анализатора, k - коэффициент усиления усилителя.

При определении отдачи головки удобнее всего пользоваться максимумом распределения амплитуд, тогда

$$U_{rc} = \frac{\Delta U_k \cdot n_c}{k}, \quad (8)$$

где n_c - номер канала анализатора, соответствующий максимуму распределения (рис. 2а).

В левой части рис. 2а видно распределение импульсов шумов (если по соседним дорожкам ничего не записано, т.е. перекрестные помехи отсутствуют).

С помощью переключателя П аналогичные измерения повторяются для каждой головки. Если для каждой головки аналогичные измерения повторить, причем на измеряемой дорожке ничего не пишется, а по соседним записать единицы, то получим распределение амплитуд перекрестных помех и шумов. Используя полученные результаты, легко определить величину отношения сигнала к помехе. Если же значение порога срабатывания формирующего устройства схемы воспроизведения a_i пересчитать в номер соответствующего канала как

$$n_{a_i} = \frac{a_i}{\Delta U_k} \quad (8)$$

и отложить это значение на распределении, показанном на рис. 2а, то площадь распределения, находящаяся справа от n_{a_i} , будет равна значению числителя в выражении (1).

4-2. Регулировка коэффициентов усиления усилителей воспроизведения

На рис. 3 показана блок-схема, с помощью которой производится регулировка коэффициентов усиления усилителей считывания. Эта схема отличается от предыдущей тем, что вместо одного линейного усилителя используются индивидуальные для каждой головки усилителя воспроизведения. В результате регулировки добиваются того, чтобы максимумы всех распределений (рис. 2а) попадали в один и тот же канал анализатора.

При записи на ленту методом "без возвращения в исходное состояние" информацию несут обе полярности считанного сигнала. После детектирования получаются однополярные сигналы, однако, амплитуды их могут отличаться друг от друга из-за отличия коэффициентов усиления и выходных сопротивлений отдельных выходов схем фазоинвертора, а также из-за несимметричности характеристики усилителя для положительного и отрицательного сигналов. Распределение амплитуд импульсов будет иметь в этом случае два максимума (рис. 2б). Очевидно, что в этом случае необходимо прежде всего произвести симметрирование схем, а затем приступить к регулировке коэффициентов усиления усилителей воспроизведения.

4-3. Регулировка порогов срабатывания формирующих устройств

Регулировку порогов срабатывания формирующих устройств наиболее удобно производить с помощью временного многоканального анализатора импульсов. Принцип

заключается в том, что мы точно измеряем ширину каждого импульса формирующего устройства в течение определенного времени, набираем статистику распределений ширины импульсов формирующего устройства и находим максимум распределений этих ширины.

Учитывая, что при изменении порога формирующего устройства максимум распределения будет перемещаться в соответствующую сторону, можно добиться регулировки порогов чтобы максимумы распределений всех формирующих устройств попадали в один и тот же канал анализатора.

Схема измерений показана на рис. 4, временные диаграммы соответствующих точек этой схемы показаны на рис. 5а.

Предполагается, что коэффициенты усиления усилителей 2-1 ÷ 2-*n* выставлены с помощью амплитудного анализатора (см. пункт 3). Переключатель П устанавливается в положение 1, тумблер Т-1 замкнут, а все остальные тумблеры разомкнуты. Сигнал с выхода усилителя 2-1 формируется формирующим устройством 3-1 и через тумблер Т-1 и схему "ИЛИ" (4) подается на каскады 5 и 6.

Каскад 5 формирует импульс (d) по переднему фронту входного сигнала (с), а каскад 6 формирует импульс (e) по заднему фронту сигнала (с).

Импульсы d и e подаются на многоканальный временной анализатор (7 рис. 4) соответственно как сигналы "старт" и "стоп".

Если измеряемый диапазон временного анализатора будет выбран больше ширины импульса с (рис. 5а), но меньше периода следования этих импульсов, то в запоминающем устройстве анализатора будут накапливаться коды, соответствующие значениям временных интервалов между импульсами d и e, т.е. значениям ширины импульсов с (b) формирующего устройства 3-1 (рис. 4).

По окончании эксперимента получим распределение мгновенных значений ширины импульсов формирующего устройства 3-1, которое показано на рис. 5б. Максимум этого распределения соответствует среднему значению ширины импульсов формирующего устройства. Значение любой точки полученного распределения, выраженное во времени, равно в этом случае t_1

$$t_1 = \Delta t \cdot n_1, \quad (10)$$

где Δt - ширина канала анализатора, n_1 - номер канала анализатора.

Полученное распределение можно наблюдать с помощью ЭЛТ (8 рис. 4) или вывести на бумажную ленту с помощью цифрочатающего устройства 9.

Как уже отмечалось выше, при изменении порога формирующего устройства форма распределения ширины его импульсов будет изменяться, а максимум распределения

будет перемещаться в соответствующую сторону. Для большей наглядности на рис. 6а, б, в рассматриваются совместно считанные с ленты импульсы (рис. 6а), распределение амплитуд этих импульсов (рис. 6б) и распределение ширины импульсов формирующего устройства (рис. 6в).

Если порог формирующего устройства слишком высок (1 рис. 6а, б, в), то из рис. 6б видно, что часть полезных сигналов просчитывается. Это соответствует тому, что правое крыло распределения 1 (рис. 6в) стремится к началу координат. Кроме того очевидно, что в этом случае велико влияние амплитудной модуляции.

Если порог формирующего устройства ниже уровня шумов, то из рис. 6б видно количество ложных срабатываний формирующего устройства. Так как шумовые импульсы появляются во времени статистически, что эквивалентно появлению статистически распределенных во времени импульсов d и e (рис. 5а), то это приведет к появлению постоянной составляющей в распределении 3 (рис. 6в). Пик станет значительно уже, что говорит о незначительном влиянии амплитудной модуляции. Очевидно, что положение порога 2 в этом случае будет оптимальным.

Для получения распределений $f_1(r)$ и $f(t)$ можно использовать схему, аналогичную показанной на рис. 4.

Распределение $f_1(r)$ можно получить с помощью временного анализатора, если стартовый импульс формируется по переднему фронту импульса i -той дорожки, а детекторный - по переднему фронту тактового импульса. Учитывая, что временной интервал между этими импульсами может иметь отрицательное значение, в цепь детекторного импульса необходимо ввести небольшую задержку, величину которой необходимо вычесть из полученных результатов.

Для получения распределения $f(t)$ можно использовать схему, показанную на рис. 7а. Импульсы всех n дорожек формируются триггерами Шмитта и поступают на схему "ИЛИ" на n входов. На выходе схемы "ИЛИ" получается прямоугольный импульс, передний фронт которого начинается с приходом первого импульса, а задний - с окончанием последнего.

Если стартовый импульс на временной анализатор подавать с приходом заднего фронта импульса схемы "ИЛИ" (рис. 7б), а детекторный - с приходом переднего фронта, то полученное распределение будет искомым функцией $f(t)$.

Интересно отметить, что если стартовый и детекторный сигналы поменять местами, то мы получим распределение ширины импульсов схемы "ИЛИ" $f_1(t)$, которое представляет собой функцию временных искажений под влиянием суммы всех существующих факторов (рис. 7в).

В этом случае можно сказать, что данный накопитель может записывать и воспроизводить информацию с плотностью записи

$$P = \frac{1}{V t_{\Sigma}} ,$$

где V – скорость движения носителя при воспроизведении. При этом вероятность потерь информации за счет временных искажений будет равна

$$P = 1 - \frac{\int_0^{t_{\Sigma}} f_1(t) dt}{\int_0^{\infty} f_1(t) dt} . \quad (11)$$

После выбора оптимального значения порога для формирующего устройства первой головки считывания тумблер T_1 размыкается, а тумблер T_2 замыкается. Снимается распределение (рис. 5б) для второй головки считывания, причем в этом случае достаточно изменением порога формирующего устройства 3–2 добиться того, чтобы максимумы распределения второй и первой головок попадали в один и тот же канал анализатора.

Аналогично регулируются пороги формирующих устройств всех головок воспроизведения.

4–4. Кустировка блоков головок

Как уже отмечалось выше, при многодорожечной записи на магнитную ленту максимальная плотность записи строк P_1 меньше максимальной плотности записи по одной дорожке P для одного и того же лентопротяжного механизма и головок.

Причиной отличия P_1 от P является неточность изготовления блоков головок, приводящая к тому, что зазоры головок одного блока расположены не строго на прямой линии, непараллельность линии зазоров блока головок записи относительно линии зазоров блока головок воспроизведения, наличие перекосов магнитной ленты во время записи и воспроизведения и ряд других.

С целью уменьшения влияния непараллельности линий зазоров блоков головок записи и воспроизведения в современных лентопротяжных механизмах блоки головок записи и воспроизведения крепятся на специальной плите, которая выполняется с высокой точностью, а параллельность зазоров контролируется с помощью инструментального микроскопа. Однако при этом методе не всегда удается получить желаемую точность и, кроме того, если возникает необходимость контроля в процессе эксплуатации, то приходится снимать плиту с блоками головок, что вызывает дополнительные неудобства.

С помощью схемы, показанной на рис. 4, с высокой степенью точности можно определить положение блока головок воспроизведения относительно блока головок записи,

определить относительный разброс зазоров головок записи и воспроизведения, а также определить величину динамических перекосов ленты во время записи и воспроизведения.

Перед началом юстировки головок необходимо отрегулировать коэффициенты усиления усилителей и пороги срабатывания формирующих устройств (см. параграфы 3 и 4). Это означает, что средние значения ширины импульсов всех формирующих устройств тракта воспроизведения равны между собой, т.е. максимумы всех распределений попадают в один и тот же канал анализатора ν_c .

После этого переключатель П (рис. 4) переключается в положение 2, т.е. стартовый импульс d (рис. 5а) для временного анализатора будет всегда формироваться по переднему фронту импульса формирующего устройства первой дорожки регистратора (3-1 рис. 4). Детекторный импульс будем формировать поочередно по заднему фронту импульсов формирующих устройств 3-1, 3-2, ... 3- n .

Если бы зазоры головок записи и воспроизведения лежали на идеально прямых линиях, которые в свою очередь были бы идеально параллельны между собой, то максимумы всех распределений и в этом случае попадали бы в тот же самый канал анализатора ν_c , как и при измерениях в параграфе 4.

Однако наличие указанных выше факторов приводит к тому, что максимумы распределений в этом случае будут попадать в разные каналы, как это показано на рис. 8а.

Из рис. 8а видно, что максимумы распределений не лежат строго на прямой линии, сама же линия проходит под некоторым углом к оси ординат.

Отклонение каждого максимума от средней линии на рис. 8а представляет собой алгебраическую сумму отклонений зазоров соответствующих головок записи и воспроизведения от своих средних линий, мысленно проведенных через зазоры первых головок блоков записи и воспроизведения, так как время измерялось относительно переднего фронта импульса первой головки.

Угол между осью ординат и средней линией расположения максимумов распределений (рис. 8а) представляет собой угол между линиями зазоров блоков головок записи и воспроизведения в соответствующем масштабе.

Для того чтобы выставить параллельно линии зазоров блоков головок записи и воспроизведения, необходимо повернуть одну из головок так, чтобы $\Delta \nu_c = 0$. Для этого под одну из соответствующих сторон основания одного из блоков головок нужно подложить прокладку толщиной δ (рис. 8б).

Величину δ можно определить из простых соотношений. Например, если скорость движения ленты при воспроизведении была равна V , высота блока головок h ,

ширина основания блока головок L (рис. 86), то для малых углов с достаточной степенью точности можно сказать, что

$$\delta = \Delta l \cdot L / \sqrt{L^2 / 4 + h^2} . \quad (12)$$

Так как

$$\Delta l = V \cdot \Delta t \cdot \Delta n_c , \quad (13)$$

где Δt – ширина канала временного анализатора, Δn_c – число каналов между первым и n -ным максимумами (см. рис. 8а), то

$$\delta = \frac{2V \cdot \Delta t \cdot \Delta n_c}{\sqrt{1 + \left(\frac{2h}{L}\right)^2}} . \quad (14)$$

4–5. Определение величины перекосов ленты

Как видно из рис. 8а, ширины распределений постепенно увеличиваются по мере удаления от первой головки. Максимальную ширину в этом случае имеет n -ное распределение. Причиной увеличения ширины являются динамические перекосы ленты. Очевидно, что значение перекосов ленты носит случайный характер, а среднеквадратичное значение перекосов может быть найдено по первому и n -ному распределению рис. 8а. Для этого первое и n -ное распределение необходимо пронормировать, определить σ_1 и σ_n . Разность этих величин будет характеризовать среднеквадратичное значение динамических перекосов ленты. Если в выражении (13) вместо Δt подставить значение $\sigma_n - \sigma_1$, то получим среднеквадратичное значение перекосов ленты, выраженное во времени, а если пользоваться выражением (15), то – в миллиметрах или в микронах.

В Лаборатории нейтронной физики были проделаны измерения. Объектом исследования являлся магнитный накопитель^{/18/}. Измерения проводились с помощью аналого-цифровых преобразователей, описанных в работе^{/19/}.

При ширине канала временного кодировщика в 0,25 мксек (Δt в выражении (13)) и скорости движения ленты при воспроизведении 1 м/сек (V в выражении (13)), точность измерения величины Δl в выражении (13) составляла $\approx 0,25$ мк. Такая точность позволяет не только выставить параллельно блок головок воспроизведения относительно блока головок записи, но также наблюдать кривизну линий зазоров блоков головок. Измерения позволяли увеличить плотность записи накопителя^{/18/} с 10 до 16 ямп/мм при вероятности потерь $\leq 0,1\%$ для ленты "тип 8Д".

В заключение автор выражает благодарность Г.И. Забиякину за интерес, проявленный к работе, и ценные советы, Б.Е. Журавлеву за ценные советы, а также Ш. Эгри за разработку и настройку схемы "ИЛИ" на 20 входов. Автор считает своим приятным долгом выразить благодарность В.Н. Неаполитанскому и А.А. Жарнову за помощь при проведении измерений.

Л и т е р а т у р а

1. Пархоменко В.И. "Некоторые особенности записи и воспроизведения кодовых импульсов магнитным способом. Труды ВНАИЗа, вып. 6 (1959).
2. Пархоменко В.И. "Исследование элементов магнитной записи и воспроизведения кодовых импульсов". Диссертация МЭИС (1954).
3. Eldridge D.F. Magnetic Recording and Reproduction of Pulses. "IRE Nat. Conf. Rec." April, 1959, pt. 9.
4. Eldridge D.F., Baaba A. The Effects of Track Width in Magnetic Recording IRE Nat. Conf. Rec.", 1960, March, pt. 9.
5. Ken Taylor - An Analyses of Factors Affecting Recording Reliability and Digital Tape Records. - "IRE Int. Conf. Rec.", 1960, pt. 7, p. 95-99.
6. Самосский В.А. Влияние повторных воспроизведений на качество записей на магнитной ленте. "Труды ВНАИЗа", 1960, вып. 7.
7. Burstein H. Improving the Signal - to - Noise Ratio (1). "Audio", 1960, v. 44, N 1.
8. Burstein H. Improving the Signal - to - Noise Ratijo (2). "J. Audio Engineering Soc." 1960, v. 44, N 2.
9. Miguel Robert. L. bruit de fond dans l'enregistrement magnetique". "Toute radio", 1956. 23, N 202.
10. Frank E. Magnetic Tape Dropouts. "Instrum. and Control Systems", 1952, nN3.
11. Thompson N. J. Detector Pin-Points Magnetic Tape Flaws. "Electronics". 1959, v. 32, N 2.
12. Сыпчук П.П. и др. Магнитная запись в вычислительной технике. М., ЦНИИКА, 1958.
13. Григорьев И.В., Горохов Ю.И. "Вопросы радиоэлектроники", серия VII, вып. 2, 1962, стр. 33.

14. Григорьев И.В. "Вопросы радиоэлектроники", серия VII, вып. 4, 1962, стр. 87.
15. Григорьев И.В. "Вопросы радиоэлектроники", серия VII, вып. 4, 1963, стр. 27.
16. Григорьев И.В. "Вопросы радиоэлектроники", серия VII, вып. 5, 1964, стр. 43.
17. Charles B. Pear. Flutter in Magnetic Recording of Data. "IRE Transaction on Audio", N 5, 1961.
18. G. Ziman, Electronic Eng. 34, August 1961, p. 521.
19. Г.П. Жуков, Ш.И. Барилко, Г.И. Забиякин, Ли Мин Вень, В.Г. Тишин, В.Д. Шибяев. "Анализатор с магнитной лентой", Труды 8-ой конференции по ядерной радиоэлектронике. Атомиздат, 1965, том 3, часть 1.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 апреля 1968 г.

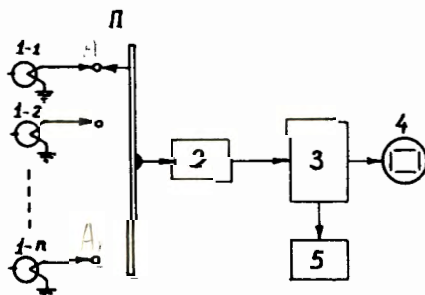


Рис. 1. Схема для определения отдачи головок.
1-1 ÷ 1-n - головки считывания, П - переключатель, 2 - линейный усилитель, 3 - многоканальный анализатор амплитуд импульсов, 4 - осциллографический индикатор, 5 - инфр опечатающее устройство.

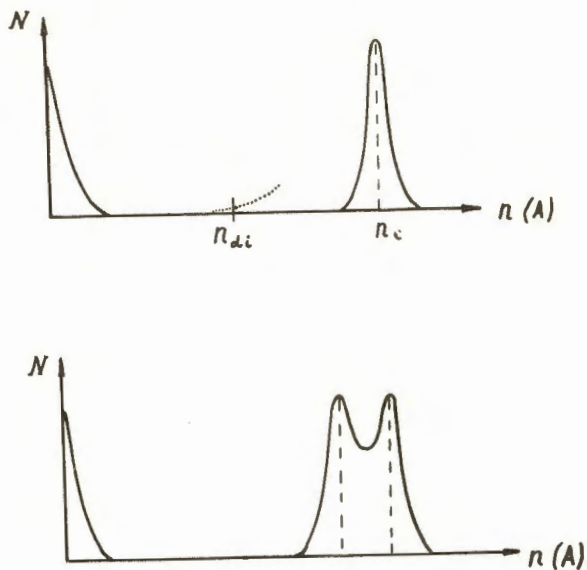


Рис. 2. Амплитудные спектры импульсов, считанных с магнитной ленты: а) для метода записи "с возвращением в исходное состояние", б) для метода записи "без возвращения в исходное состояние".

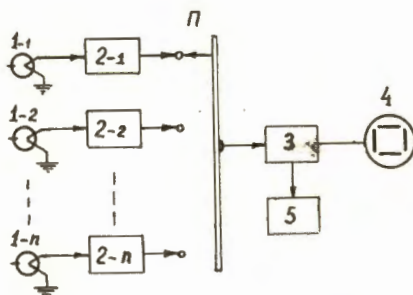


Рис. 3. Схема, позволяющая отрегулировать коэффициенты усиления усилителей воспроизведения.

1-1 ÷ 1-n - головки воспроизведения, 2- 1 ÷ 2- n - усилителя воспроизведения, 3 - многоканальный анализатор амплитуд импульсов, 4 - осциллографический индикатор, 5 - цифрпечатающее устройство.

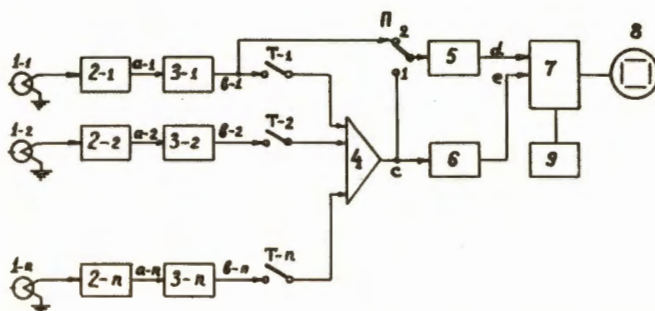


Рис. 4. Схема, позволяющая отрегулировать пороги срабатывания формирующих устройств. 1- 1 ÷ 1 - n - головки воспроизведения, 2- 1 ÷ 2- n - усилители воспроизведения, 3- 1 ÷ 3- n - формирующие устройства (триггеры Шмитта), 4 - схема "ИЛИ" на n входов, 5 - каскад, формирующий импульс по переднему фронту, 6 - каскад, формирующий импульс по заднему фронту, 7 - многоканальный временной анализатор импульсов, 8 - осциллографический индикатор, 9 - цифровое печатающее устройство.

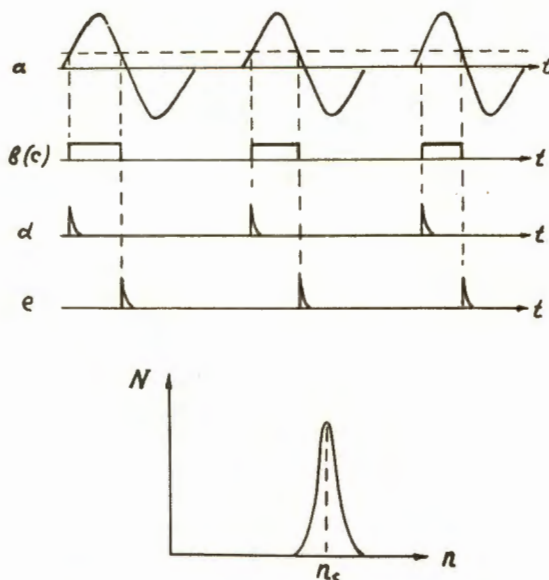


Рис. 5. К определению среднего значения ширины импульса формирующего устройства. а) временные соотношения, б) спектральное распределение значений ширины импульсов формирующего устройства.

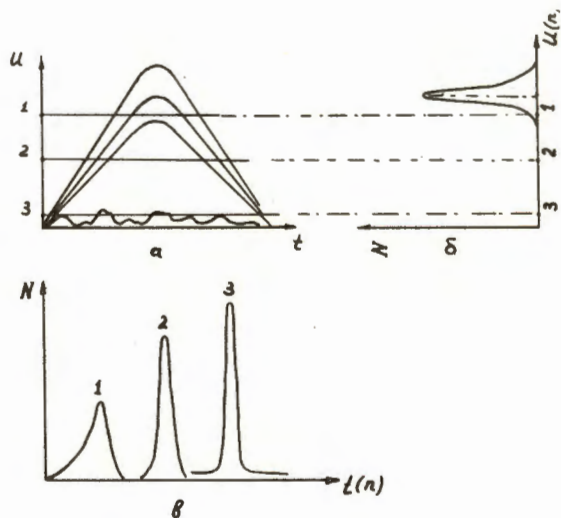
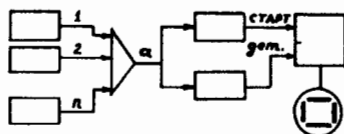
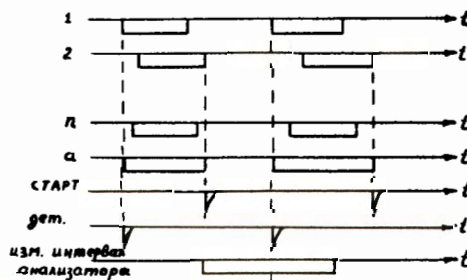


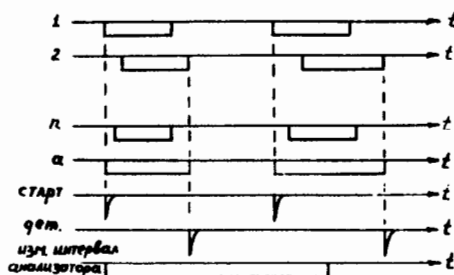
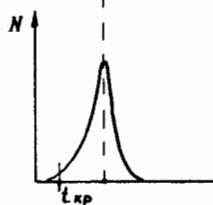
Рис. 6. а) Форма сигнала, считанного с магнитной ленты (при наблюдениях с помощью осциллоскопа); б) спектральное распределение этих сигналов, полученное с помощью многоканального анализатора амплитуд импульсов; в) распределения ширины импульсов формирующего устройства, полученные с помощью многоканального временного анализатора, для трех значений порогов.



а)



б)



в)

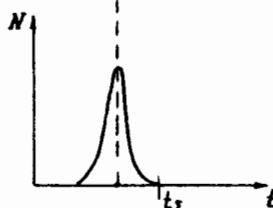


Рис. 7. а) Схема, позволяющая определить $f(t)$ и $f_1(t)$.

б) Распределение $N = f(t)$ и временные соотношения при получении этого распределения.

в) Распределение $N = f_1(t)$ и временные соотношения при получении этого распределения.

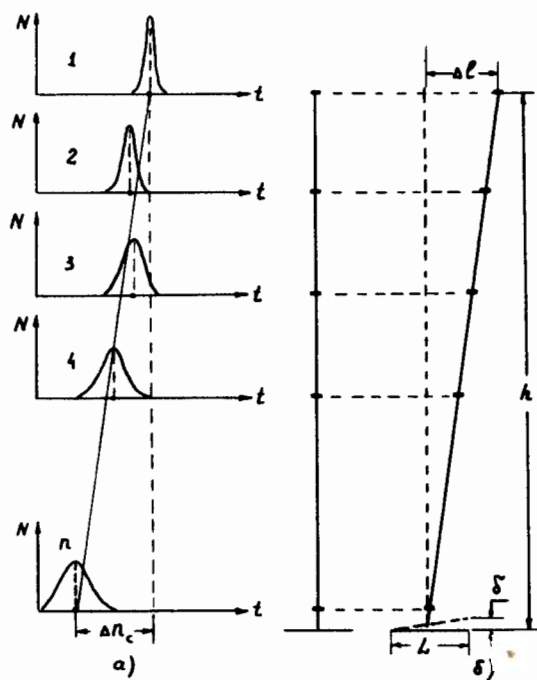


Рис. 8. а) Распределения, позволяющие определить непараллельность линий зазоров блоков магнитных головок.
 б) Модель блоков магнитных головок.