

УДК 621.397.611

*Л. Е. Баранчук, М. В. Глушанок и В. И. Петров***МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА АВТОТРЕКИНГА**

Приведено сравнение различных вариантов построения систем автотрекинга (САТ). Описана САТ с электромагнитным приводом видеоголовки и микро-ЭВМ для обработки сигналов управления. Даны основные параметры разработанной САТ.

Видеоманитофоны (ВМ) с наклонно-строчным способом записи, обеспечивающие достаточно высокое качество воспроизведенного изображения, находят широкое применение в различных областях народного хозяйства. Одной из основных проблем при использовании этих ВМ является обеспечение взаимозаменяемости записей, сделанных на разных образцах ВМ одного типа и на одном ВМ, но в разное время. Изготовление и настройка лентопротяжных механизмов (ЛПМ) с высокой точностью не решает полностью указанной проблемы. При длительной эксплуатации ВМ в тяжелых климатических условиях форма строчек записи может изменяться как вследствие деформаций ленты, так и вследствие разрегулировки и износа деталей ЛПМ и изменения трения ленты на направляющем барабане. При этом невозможно обеспечить точную установку видеоголовки на всей строчке записи, что приводит к ухудшению отношения сигнал/шум в воспроизводимом сигнале. При больших смещениях видеоголовки отдельные участки изображения вообще не воспроизводятся.

Радикальным решением указанных проблем является применение САТ, которая смещает видеоголовку перпендикулярно строчке записи таким образом, что она все время удерживается на строчке.

Кроме взаимозаменяемости записей, САТ позволяет обеспечить и различные специальные режимы воспроизведения (ускоренное, замедленное, обратное, стоп-кадр) [1]. Такие САТ отличаются как типом привода видеоголовки, так и способом получения управляющего сигнала. Для обеспечения работы САТ в некоторых ВМ на соседних строчках записываются вспомогательные сигналы различных частот [2]. При воспроизведении частота и амплитуда вспомогательного сигнала связаны с величиной и направлением схода и могут быть использованы в качестве управляющего сигнала САТ. Данная САТ может быть применена только в таких двухголовочных ВМ, в которых строчки записи

расположены вплотную друг к другу. Для одноголовочных ВМ, в частности формата С, такая система применена быть не может.

Известны САТ, в которых выделение ошибки положения видеоголовки осуществляется принудительным отклонением видеоголовки относительно среднего положения на небольшую величину с частотой 450—480 Гц [3—5]. При этом в воспроизводимом ЧМ сигнале появляется амплитудная модуляция. Выделяя из огибающей ЧМ сигнала методом синхронного детектирования амплитуду и фазу составляющей частоты отклонений, можно получить информацию о величине и направлении схода видеоголовки. Для повышения помехоустойчивости САТ в ней используются узкополосные фильтры, настроенные на три первые гармоники частоты полей. Сигнал смещения пропускается через фильтры и используется для коррекции траектории головки. При этом используется тот факт, что в конкретном ВМ форма строчки записи сохраняет свой вид в течение длительного времени. Для нормальной работы такой САТ в нее входит ряд дополнительных аналоговых узлов.

Более перспективной можно считать САТ, в которой определение требуемого смещения головки производится путем сравнения амплитуд ЧМ сигнала на двух соседних полях, на одном из которых реализуется принудительное (пробное) смещение. Настройка положения видеоголовки проводится в фиксированном числе точек строчки записи. В такой САТ запоминание и последующая обработка сигнала производятся в аналоговой форме, что не позволит полностью реализовать потенциальные возможности данного метода выделения сигнала ошибки [6].

В предлагаемой нами САТ используются полностью цифровые методы обработки сигнала, что позволило применить в ней более мощные алгоритмы, создать систему с широкими возможностями.

Система построена как шаговая экстремальная система, осуществляющая независимую настройку максимума амплитуды огибающей ЧМ сигнала в восьми фиксированных точках строчки записи. Для получения информации о положении видеоголовки относительно оси строчки во всех нечетных полях выполняется пробное смещение видеоголовки на небольшую величину и измерение амплитуды воспроизводимого ЧМ сигнала. На всех четных полях осуществляется рабочее смещение, величина и направление которого определяются разностью амплитуд воспроизводимого ЧМ сигнала на четных и нечетных полях. Так как зависимость амплитуды воспроизводимого сигнала от положения видеоголовки имеет явно выраженный максимум, то через определенное число шагов видеоголовка будет находиться в оптимальном положении, обеспечивая в каждой точке слежения максимум амплитуды воспроизводимого сигнала.

Чтобы обеспечить попадание головки во всех настраиваемых точках на одну и ту же строчку записи, в системе используется детектор переходов видеоголовки с одной строчки на другую и соответствующие алгоритмы обработки сигналов.

Структурная схема САТ

Электронные узлы САТ (рис. 1) входят в состав блока автотрекинга. Основную обработку информации осуществляет микро-ЭВМ, выполненная на базе микропроцессорного комплекта серии К580. Это обеспечивает возможность легко менять параметры системы и оптимизировать их величины, проверять различные рабочие алгоритмы. На ряд входов микро-ЭВМ подаются сигналы с пульта управления ВМ о режи-

ме его работы, а от синхрогенератора — опорные импульсы частотой 50 Гц.

Сигнал с выхода детектора огибающей ЧМ сигнала 7 через коммутатор 5 подается на АЦП и далее в виде 8-разрядного кода принимается микро-ЭВМ. На этот же коммутатор поступает сигнал с выхода фотоэлектрического датчика обратной связи 14. В соответствии с программой микро-ЭВМ может принимать любой из этих сигналов. На вход микро-ЭВМ поступает также сигнал с детектора переходов 2.

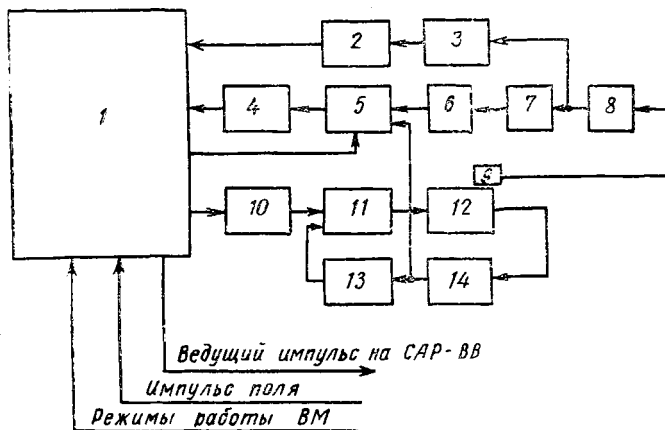


Рис. 1. Структурная схема САТ

1 — микро-ЭВМ, 2 — детектор переходов, 3 — детектор выпадений, 4 — АЦП, 5 — коммутатор, 6 — ФНЧ, 7 — детектор огибающей, 8 — усилитель воспроизведения, 9 — видеоголовка, 10 — ЦАП, 11 — усилитель мощности, 12 — привод видеоголовки, 13 — дифференцирующая цепь, 14 — датчик обратной связи; САР-ВВ — система авторегулирования ведущего вала

В режиме воспроизведения микро-ЭВМ принимает сигналы от детектора огибающей и детектора переходов, обрабатывает их и выдает результат обработки в виде 8-разрядного кода через ЦАП на усилитель мощности 11 и затем на привод 12, обеспечивающий смещение видеоголовки. На вход усилителя мощности поступает через дифференцирующий усилитель сигнал от датчика обратной связи, что обеспечивает демпфирование привода и оптимальный переходный процесс.

В режимах записи и перемотки микро-ЭВМ вместо сигнала с детектора огибающей получает информацию о положении привода и обеспечивает его стабилизацию.

С одного из выходов микро-ЭВМ снимается опорный импульс частотой 50 Гц для системы авторегулирования двигателя ведущего вала. В режиме воспроизведения фазовое положение этого импульса меняется таким образом, чтобы обеспечить минимальное отклонение видеоголовки от среднего положения. В остальных режимах положение импульса фиксировано относительно опорного импульса синхрогенератора.

а) Микро-ЭВМ

В САТ используется типовая структура микро-ЭВМ, разработанная на базе микропроцессорного комплекта К580, которая применяется и для других систем управления ВМ [7].

Характерными особенностями структуры является использование двух малопотребляющих микросборок частного применения, обеспечивающих формирование вспомогательных сигналов, и микросборки ОЗУ.

Пониженная частота тактовых импульсов (1,25 МГц) и использование микросхем технологии МОП, КМОП и ТТЛШ позволяет обойтись без мощных шинных формирователей, что значительно упростило систему в целом. В состав микро-ЭВМ входят также микропроцессор (МП) КР580ИК80А, ПЗУ серии КР556РТ5, БИС программируемого параллельного интерфейса КР580ИК55 (ППИ) и программируемый таймер КР580ВИ53 (ПТ) (рис. 2). Включение нужной микросхемы при обмене информацией внутри микро-ЭВМ осуществляет формирователь управляющих сигналов. Его входными сигналами являются ряд сигналов

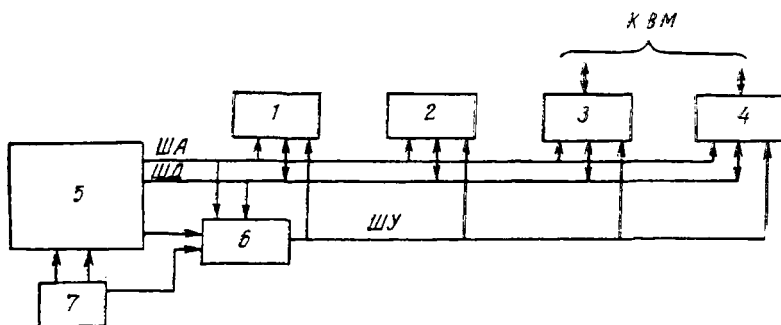


Рис. 2. Структурная схема микро-ЭВМ

1 — ПЗУ, 2 — ОЗУ, 3 — программируемый таймер, 4 — параллельный программируемый интерфейс, 5 — микропроцессор, 6 — формирователь управляющих сигналов, 7 — тактовый генератор; ША — шина адреса, ШД — шина данных, ШУ — шина управления

шины данных, два старших разряда шины адреса и некоторые управляющие сигналы МП.

Входная информация в МП поступает через каналы данных ППИ.

Импульсные сигналы формируются в ПТ, работа которого управляется от МП программным путем.

В ПТ формируется импульс точки частотой 400 Гц и выходной импульс частотой 50 Гц для системы авторегулирования ведущего вала (САР-ВВ).

б) Электромагнитный привод видеоголовки

В качестве привода видеоголовки обычно используется пьезокерамический элемент, смещающийся под действием приложенного напряжения. Такой привод обеспечивает перемещение до ± 300 мкм при управляющем напряжении до ± 400 В и резонансной частоте 400—600 Гц. Достоинство привода — технологичность пьезокерамической пластины, недостатки — низкая механическая прочность, необходимость формирования высоких управляющих напряжений, небольшой ход из-за ограниченной электрической прочности пьезоэлемента.

Известны предложения использовать электромагнитный привод [8, 9], который может работать в тяжелых климатических условиях при значительных механических воздействиях.

Такой привод используется и в описываемой САТ (рис. 3). На подвижном якоре 9 привода закреплена видеоголовка 10. Якорь установлен на торсионе 8, закрепленном на видеоблоке. Постоянные магниты 2 и 5 создают подмагничивающий магнитный поток. Кагушка 7 установлена на двух П-образных магнитопроводах. При изменении тока в катушках на ± 100 мА видеоголовка смещается на ± 350 мкм. Крепление

видеоголовки позволяет производить ее быструю замену. Резонансная частота привода с установленной видеоголовкой 450 — 500 Гц.

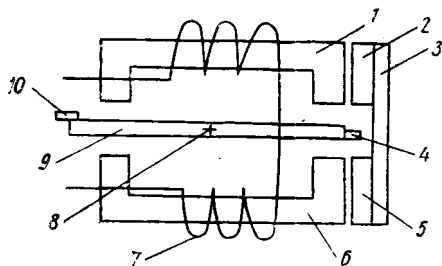


Рис. 3. Электромагнитная схема привода

1, 3, 6 — магнитопроводы; 2, 5 — постоянные магниты; 4 — флажок датчика обратной связи; 7 — катушка; 8 — торсион; 9 — якорь; 10 — видеоголовка

в) Алгоритм управления САТ

Шаговый алгоритм поиска и слежения за строчкой записи может быть записан в следующем виде:

$$x_{i,n} = x_{i,n-1} + h_1 (A_{i,n} - A_{i,n-1}) \quad (1)$$

или

$$x_{i,n} = x_{i,n-1} + h_2 \text{sign} (A_{i,n} - A_{i,n-1}), \quad (2)$$

где $x_{i,n}$, $x_{i,n-1}$ — отклонение видеоголовки от экстремального значения в i -й точке слежения соответственно на n -й и $(n-1)$ -й строчках записи,

h_1 , h_2 — коэффициенты пропорциональности,

$A_{i,n}$, $A_{i,n-1}$ — амплитуда воспроизводимого сигнала в i -й точке соответственно на n -й и $(n-1)$ -й строчках записи.

Соотношение (1) соответствует шаговой экстремальной системе пропорционального действия, а формула (2) — шаговой экстремальной системе с постоянным рабочим шагом. Реализация в САТ соотношения (1) обеспечивает более быстрый процесс первоначального поиска дорожки записи, чем соотношение (2). Важной проблемой при построении САТ является предотвращение переходов видеоголовки с одной строчки записи на другую при воспроизведении одного поля изображения. Одно из возможных средств решения этой проблемы — ограничение модуля разности смещений видеоголовки в двух соседних точках слежения. Это условие можно записать в виде:

$$|x_{i,n} - x_{i-1,n}| \leq K, \quad (3)$$

где K — постоянная величина.

Требования к постоянной K противоречивы. С одной стороны, желательно выбрать ее как можно меньше, чтобы предотвратить переходы видеоголовки с одной дорожки записи на соседнюю, с другой, — целесообразно увеличить, чтобы обеспечить точное воспроизведение амплитуды ЧМ сигнала в следующей точке слежения. Поэтому выбор K , удовлетворяющий описанным выше требованиям, удастся осуществить лишь для строчек записи с незначительной кривизной, например при воспроизведении «своей» записи в режиме стоп-кадра. Следует отметить, что соотношение (3) является чисто программным средством предотвращения переходов.

Более радикальным методом предотвращения переходов видеоголовки является сочетание как аппаратных, так и программных средств. К таким аппаратным средствам относится устройство, на выходе

которого имеется информация о том, произошел ли между двумя точками слежения переход видеоголовки с дорожки на дорожку. Такое устройство можно назвать детектором переходов видеоголовки и построить его, например, на базе детектора выпадений. Если затем осуществлять программный опрос выхода детектора переходов, то на основании полученной информации можно определить наличие перехода и сместить видеоголовку так, чтобы его устранить. Отклонение видеоголовки в этом случае определяется соотношением:

$$x_{l,n} = x_{l-1,n} + lF, \quad (4)$$

где $l = \pm 1, 2$;

F — постоянная величина.

Для повышения помехозащищенности системы целесообразно проводить накопление информации с выхода детектора переходов в течение нескольких последовательных телевизионных полей и лишь после этого осуществлять управление приводом в соответствии с соотношением (4). Такой метод решения проблемы позволяет добиться высокоточного слежения за одной строчкой записи даже в тех случаях, когда кривизна строчек между двумя точками слежения значительна.

Упрощенная схема реализованного алгоритма программы приведена на рис. 4. Сначала осуществляется программирование ППИ и ПТ для задания режимов их работы. Затем — прием импульса поля частотой 50 Гц, что обеспечивает синхронизм работы САТ. После этого запоминается информация о состоянии детектора переходов и принимается импульс точки, по которому производится прием кода амплитуды огибающей ЧМ сигнала и вывод на ЦАП ранее вычисленной координаты положения видеоголовки. В зависимости от типа поля (пробное или рабочее) определяется новое значение координаты положения видеоголовки. В зависимости от состояния детектора перехода в течение пяти последовательных полей это значение либо остается

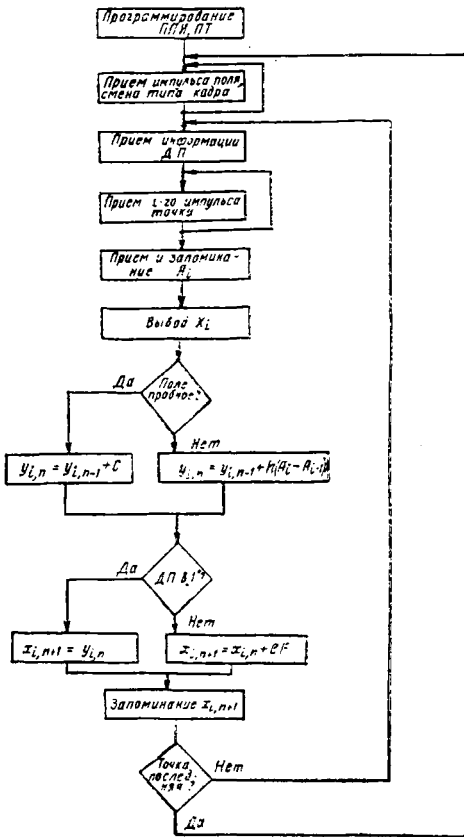


Рис. 4. Упрощенная схема алгоритма

ППИ — параллельный программируемый интерфейс, ПТ — программируемый таймер, ДП — детектор переходов

без изменений, либо заменяется на новое в соответствии с соотношением (4). В конце цикла происходит переход либо к приему следующего импульса точки, либо — нового импульса поля. Объем программы, реализующей данный метод слежения и поиска дорожки записи, составляет 0,4 Кбайт.

Результаты испытаний и перспективы применения САТ

Описанная САТ была испытана на одноголовочном ВМ. Система обеспечивает надежное воспроизведение записей, сделанных на различных ВМ, при большой кривизне строчки записи и высококачественное воспроизведение в режиме стоп-кадра. Время настройки САТ 1 — 1,5 с.

Алгоритм системы работает при любых скоростях воспроизведения, кратных скорости записи, при которых обеспечивается повторяемость строчки записи. Эти скорости определяются формулой $V_d = V_{л.ном} n$, где $V_{л.ном}$ — номинальная скорость ленты в режиме воспроизведения, n — любое целое число. При этом ограничением является величина хода привода, которая должна быть не менее $|n - 1|H + \Delta$, где H — шаг записи, Δ — размах отклонений строчки от номинального положения.

Для рассматриваемой САТ ход привода равен 700 мкм, $H = 180$ мкм, максимальная величина Δ принята 200 мкм. Отсюда допустимые величины n лежат в пределах от -1 до 3.

Таким образом, САТ может обеспечить обратное, а также прямое воспроизведение с двойной и тройной скоростью.

Для получения возможности работы с произвольной скоростью воспроизведения в диапазоне от $-V_{л.ном}$ до $3 V_{л.ном}$ в системе должны быть проведены некоторые изменения. Одним из них является введение счетчика импульсов, связанного с датчиком, установленным на ведущем валу. Сигналы с этого счетчика обеспечат микро-ЭВМ информацией о текущем положении ленты. Другое изменение — обеспечение хорошей линейности и повторяемости статической характеристики привода, при которых неопределенность положения видеоголовки при заданном входном сигнале составляет не более 10 мкм. Такая точность может быть достигнута как улучшением конструкции привода, так и введением жесткой обратной связи по положению.

Выводы

1. Разработанная САТ обеспечивает надежное воспроизведение записей, сделанных на других ВМ, режим стоп-кадра, а также воспроизведение с тройной скоростью и обратное воспроизведение.

2. Применение в САТ микро-ЭВМ позволило резко сократить габариты аппаратуры, разместив всю электронную часть системы в одном блоке, реализовать сложные алгоритмы управления, обеспечивающие высокую точность и надежность работы системы. Система может быть сравнительно легко перестроена для работы с плавно изменяемыми скоростями воспроизведения.

3. Используемый в САТ электромагнитный привод имеет большой ход видеоголовки, высокую надежность электромеханической части системы, малогабаритность и простоту электронной схемы усилителя мощности, низкие питающие напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сошников В. Г., Фридлянд Г. В., Фридлянд И. В. Работа системы автотрекинга в различных режимах воспроизведения изображения. «Техника кино и телевидения», 1983, № 12, с. 43 — 47.
2. Piezokeramik führt videokopf auf 23- μ n spur. „Radio Mentor Elektronik“, 1979, N 7, S. 244—247.
3. Hathway R. A., Ravizza R. F. Development and design of the Ampex auto scan tracking system. SMPTE J., 1980, N 12, p. 931—934.

4. Автотрекинг видеомангитофона. Пат. США № 4327384, НКИ 360/77, 1979.
5. Автотрекинг видеомангитофона. Пат. США № 4314284, НКИ 360/10, 1977.
6. Система воспроизведения со сканирующим отклоняющим устройством для исключения ошибок слежения. Пат. США № 4148083, НКИ 360/77, 1980.
7. Балашов Е. П., Пузанков Д. В. Микропроцессоры и микропроцессорные системы. Под ред. В. Б. Смолова. М., «Радио и связь», 1981, с. 200.
8. Автотрекинг видеомангитофона. Пат. Японии № 57-568, МКИ 11 В5/58, 1978.
9. Автотрекинг двухголовочного видеомангитофона. Пат. США № 4365279, НКИ 360/109, 1980.

Статья поступила 28 марта 1984 г.