НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФАЗОВЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ СИСТЕМ МНОГОКАНАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ

С. Н. Шавловский, В. Л. Булгач

Киев

Развитие вычислительной техники, распространение механизированной обработки данных с помощью ЦВМ, внедрение автоматов с программным управлением обусловило в последнее время широкое использование в практике научных исследований и на производстве регистрации ряда параметров в дискретной форме на многодорожечной магнитной ленте с помощью многоканальных магнитофонов (например, в виде параллельного двоичного кода).

Перекос записывающих и считывающих головок, биение ведущего вала, дефекты магнитной ленты, перекос и неравномерность прижима ленты, неодинаковая задержка в трактах разных каналов и целый ряд других причин вызывают возникновение при записи или считывании кодо-импульсной информации паразитного фазового сдвига $\Delta\varphi$ между импульсными последовательностями, размещенными на различных дорожках ленты.

Систематическая составляющая $\Delta\varphi$ сводится к допустимому минимуму при настройке и регламентных проверках устройств магнитной записи и воспроизведения. Случайная составляющая $\Delta\varphi$, а также его систематическая составляющая, возникающая в периоды между регламентными проверками, в большинстве случаев не контролируются. Высокий уровень $\Delta\varphi$ может привести к сильному искажению кодовых комбинаций и неправильным результатам обработки считываемой информации. Кроме того, $\Delta\varphi$ может вноситься самим источником информации и делать ее непригодной для обработки. Поэтому при считывании информации, записанной параллельным кодом на многодорожечной магнитной ленте, обязательно должен контролироваться фазовый сдвиг импульсов в различных разрядах кода относительно друг друга, т. е. фазовый сдвиг импульсных последовательностей, считываемых с различных дорожек ленты. Из практики хорошо известно, что основными причинами, вызывающими $\Delta\varphi$, является неточность механических узлов и деформация ленты [1, 2]. Поэтому, как правило, достаточно в процессе считывания контролировать фазовый сдвиг между импульсными последовательностями, записанными на крайних дорожках ленты, на которых $\Delta\varphi$, вызванный этими причинами, будет макси-

мальным. В [3] показано, что на этих дорожках преобладают искажения от дефектов магнитной ленты.

Правильно определить величину и знак $\Delta\varphi$ в режиме рабочего считывания параллельных импульсных последовательностей можно лишь при условии, что $|\Delta\varphi|<\pi$. В случае, если имеется априорная информация о знаке $\Delta\varphi$, можно правильно определить сдвиг в режиме рабочего считывания до значений $|\Delta\varphi|<2\pi$. Это не относится к определению $\Delta\varphi$ в регламентном режиме, когда легко определить любые значения $\Delta\varphi$.

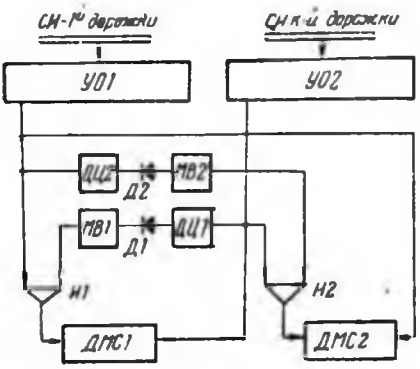


Рис. 1. Устройство контроля $\Delta\varphi$ между последовательностями СИ с произвольным знаком $\Delta\varphi$.

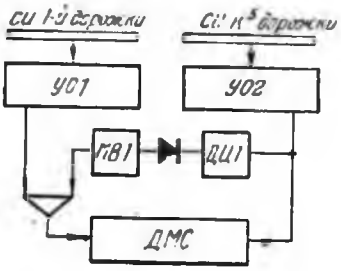


Рис. 2. Устройство контроля $\Delta\varphi$ между последовательностями $\Delta\varphi$ при априорном значении знака $\Delta\varphi$.

Если разрядность регистрируемого кода n меньше числа дорожек магнитной ленты k, целесообразно при регистрации записать служебные импульсы СИ (синхроимпульсы или маркеры), сигнализирующие о наличии кодовой комбинации на данной временной позиции, на двух крайних дорожках ленты. Когда же знак $\Delta\varphi$ не известен заранее, то контроль $\Delta\varphi$ можно производить, применив способ, реализуемый посредством схемы рис. 1 для случая, когда передний фронт считываемого импульса является отрицательным перепадом.

Записанные на служебных дорожках СИ, нормированные по амплитуде усилителями-ограничителями УО 1, 2, поступают на правые входы дифференциальных мостовых схем ДМС 1, 2. Последние представляют собой дифференциальные усилители, собранные по мостовой схеме, в диатональ которой включен измерительный прибор.

Импульсы, полученные в результате дифференцирования передних фронтов СИ дифференцирующими цепочками ДЦ 1, 2 и отселектированные диодами Д 1, 2, поступают на запуск мультивибраторов МВ 1, 2. С выхода МВ стробы длительностью $\tau_{МВ1}=\tau_{МВ2}=0{,}5\,T$ (где T — период следования СИ) поступают на правые входы схем совпадения И 1, 2. При совместном воздействии строба и СИ на оба входа схемы И с ее выхода снимается потенциал на первый вход ДМС.

Очевидно, что если СИ, записанные на контролируемых дорожках, совпадают по фазе, то они полностью будут попадать в соответствующие им стробы, на левом и правом входах ДМС 1, 2 установится динамическое равенство потенциалов и приборы, включенные в ДМС, покажут нулевой сдвиг фаз. При $|\Delta\varphi|<\left(1-\frac{2\tau}{T}\right)\pi$ (где τ — длительность СИ) СИ только одной из дорожек будут попадать в соответствующие им

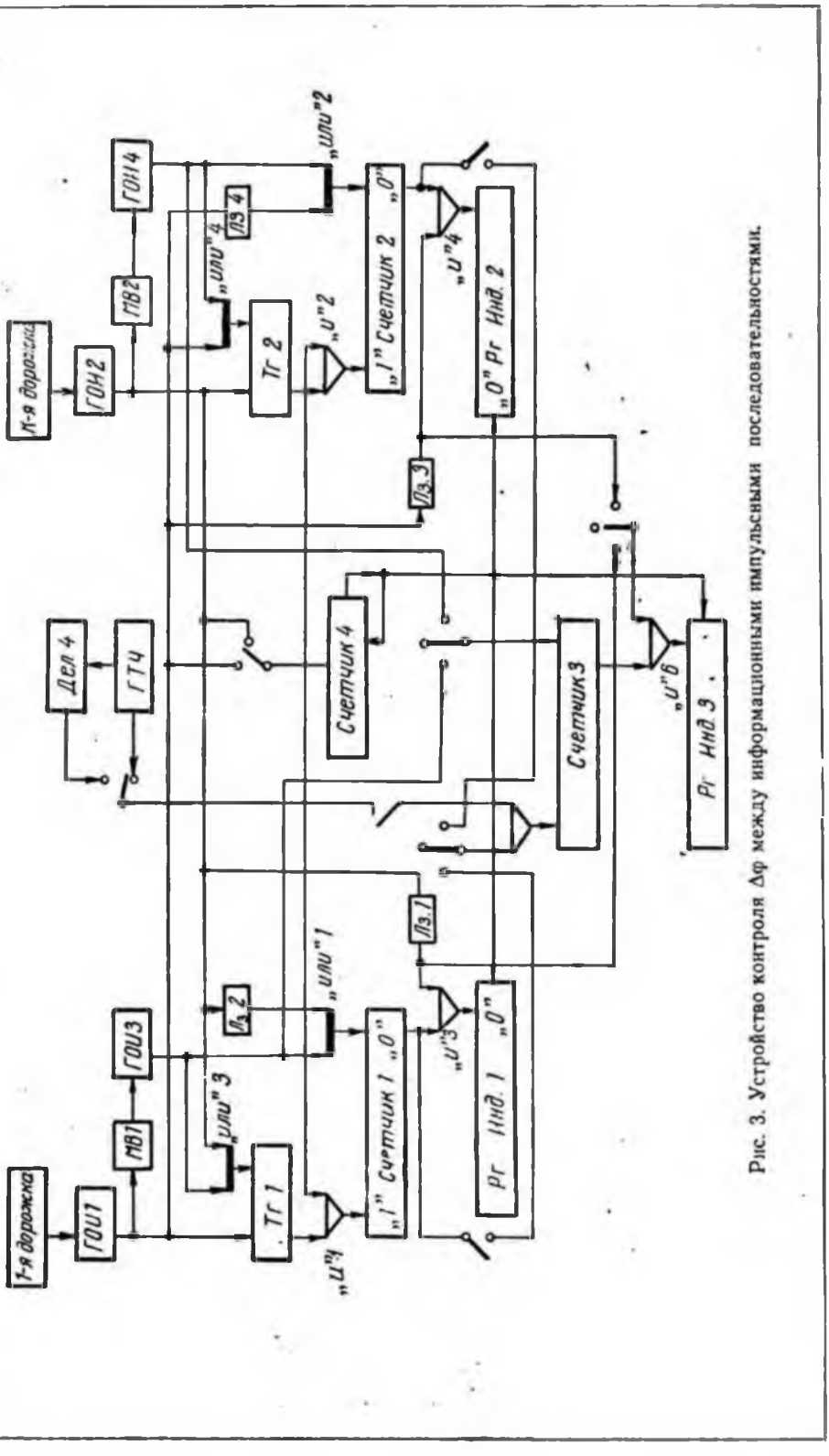


Рис. 3. Устройство контроля Δφ между информационными импульсными последовательностями.

стробы, а СИ другой дорожки либо вообще не будут попадать в стробы, либо будут попадать в них лишь некоторой своей частью.

При $\pi > |\Delta\varphi| > \left(1 - \frac{2\tau}{T}\right)\pi$ СИ одной дорожки будут частично попадать в соответствующие им стробы, а СИ другой дорожки вообще не попадают в них.

Знак $\Delta\varphi$ определяется путем сравнения показаний приборов. При $|\Delta\varphi| = \pi$ наступает неопределенность знака $\Delta\varphi$, а при $|\Delta\varphi| > \pi$ знак $\Delta\varphi$ будет определен неверно. Если знак $\Delta\varphi$ известен заранее, то контроль уровня $\Delta\varphi$ можно производить до значений $|\Delta\varphi| \leqslant 2\pi$, используя схему, изображенную на рис. 2.

Описанный способ дает усредненную характеристику уровня $\Delta\varphi$ между двумя импульсными последовательностями.

Нами построены действующие макеты устройств, реализующих схемы по рис. 1, 2 с использованием плоских микромодулей 4НО2. Вес устройства по схеме 1—980 *г*, габариты 120×50×40 *мм*, по схеме 2 соответственно — 500 *г* и 65×50×40 *мм*. Приведенная относительная погрешность измерения $\Delta\varphi$ — 3%.

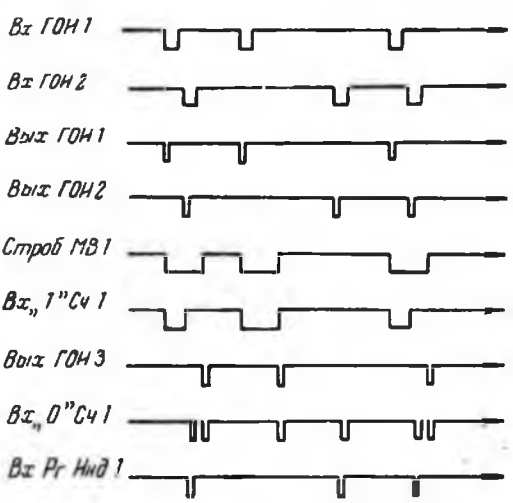


Рис. 4. Упрощенные временные диаграммы работы устройства контроля $\Delta\varphi$ между информационными импульсными последовательностями.

Если разрядность регистрируемого кода не позволяет записывать СИ по двум дорожкам, приходится измерять $\Delta\varphi$ между информационными импульсными последовательностями, записанными на любых дорожках ленты (обычно на крайних). В этом случае совпадение на одной временной позиции импульсов в обеих контролируемых последовательностях является случайным событием и определение описанным выше способом невозможно. Для измерения $\Delta\varphi$ можно применить способ, реализуемый схемой, изображенной на рис. 3. Упрощенные временные диаграммы работы схемы для случая, когда импульсная последовательность на 1-й дорожке опережает последовательность на k-й дорожке, приведены на рис. 4.

Импульсы контролируемых последовательностей своими передними фронтами запускают генераторы одиночных импульсов ГОИ 1 и ГОИ 2. Импульсы ГОИ 1 переворачивают Тг1 в единичное состояние, разрешая прохождение к счетчику Сч1 через схему совпадения И1 импульсов с генератора тактовой частоты ГТЧ, а также запускает МВ1, которым вырабатывается строб, своим задним фронтом запускающий ГОИ 3.

Длительность импульса МВ1

$$\tau_{МВ1} = \tau_{МВ2} \approx (0{,}5\,T_{min} + k_1\,\tau_{ЛЗ2}),$$

где T_{min} — минимальная длительность периода контролируемой импульсной последовательности;

$\tau_{ЛЗ2}$ — время задержки ЛЗ 2;

R_1 — коэффициент, зависящий от быстродействия используемых устройств ($k_1 \approx 1{,}5 \div 3$).

Если $\Delta\varphi < -\pi$, то за время $t < \tau_{мв1}$ на вход ГОИ 2 поступят импульсы с k-й дорожки. Импульс с ГОИ 2, пройдя через схему «ИЛИ» на нулевой вход Тг1, отключит Сч1 от ГТЧ, пройдя через ЛЗ1, разрешит перезапись содержимого Сч1 в регистр индикации Рг Инд 1, а через время $\tau_{лз2} > \tau_{лз1}$ обнулит Сч1. Величина задержки ЛЗ 1, 2, 3, 4 определяется быстродействием используемых в схеме устройств. При построении схемы на микромодулях 4НО2 была определена задержка: $\tau_{лз1} = \tau_{лз3} = 5$ *мксек*; $\tau_{лз2} = \tau_{лз4} = 10$ *мксек*.

Если за время $t = 0{,}5\,T_{min}$ импульсы на k-й дорожке не появились, то Сч 1 обнуляется импульсом с ГОИ 3. Записи содержимого Сч 1 в Рг Инд 1 в этом случае не произойдет.

Таким образом, сравнение, измерение и индикация сдвига фаз происходит только при наличии на одной временной позиции импульсов в обеих последовательностях. Как было показано, при $+\Delta\varphi$ импульсной последовательности 1-й дорожки относительно k-й сдвиг фаз индицируется Рг Инд 1, при $-\Delta\varphi$ сдвиг фаз аналогичным образом индицируется Рг Инд 2. Описанный способ дает возможность контролировать максимальное значение $\Delta\varphi$ между отдельными импульсами выбранных последовательностей на определенном интервале.

Интервал (количество импульсов q в последовательности), на котором сохраняется индикация максимальной ошибки, задается посредством счетчика циклов Сч 4. Он подключается к выходу ГОИ 1 или ГОИ 2 по выбору и при поступлении q-импульсов выбранной последовательности обнуляет регистры индикации. Сигнал обнуления Рг Инд 1, 2 поступает раньше, чем сигнал записи, на время $\tau_{лз1}$, и через $\tau_{лз1}$ после обнуления в Рг Инд 1, 2 записывается содержимое Сч 1, 2.

Для удобства наблюдения Рг Инд 1, 2, 3 выполнены таким образом, что наличие сигнала в старшем разряде обусловливает наличие индикации не только в этом разряде, но и во всех младших. При таком способе индикации истинное значение $\Delta\varphi$ помещается в интервале

$$2\pi Hk \leqslant |\Delta\varphi_x| \leqslant 2\pi H(2k-1) \quad \text{при } k \neq 0;$$

$$\Delta\varphi_x = 0 \quad \text{при } k = 0,$$

где k — количество единиц в старшем сигнальном разряде;

$$H = \frac{T_{СТУ}}{T_{min}},$$

$T_{ГТ4}$ — период ГТЧ;

T_{min} — минимальная длительность периода контролируемых импульсных последовательностей.

В случае, если максимально допустимое значение $\Delta\varphi_{max}$ близко к k, такая точность оценки $\Delta\varphi$ может оказаться недостаточной. Поэтому в схему (рис. 3) введен счетчик Сч 3, на который сигналы с ГТЧ начинают поступать лишь после накопления Сч 1 (или Сч 2) N единиц

$$N_{max} = \frac{]\Delta\varphi_{max}[}{2},$$

где $]\Delta\varphi_{max}[$ — округленное значение $\Delta\varphi_{max}$;

$\Delta\varphi_{max}$ — округляется (в сторону уменьшения) до значения, равного ближайшей степени 2, т. е., если $2^n < \Delta\varphi_{max} < 2^{n+1}$, то $]\Delta\varphi_{max}[$ выбирается равным 2^n.

Использование Сч 3 позволяет уменьшить интервал, в котором находится $\Delta\varphi_x$, до значений

$$2\pi H(N+m) \leqslant \Delta\varphi_x \leqslant 2\pi H(N+2m-1) \quad \text{при } m = 2^n;$$
$$\Delta\varphi_x = N2\pi H \quad \text{при } m = 0,$$

где m — количество единиц в старшем сигнальном разряде Сч 3,

$$\begin{cases} m = 2^n & \left(n = 0, 1, 2, \ldots, \log_2 \frac{N}{2}\right) \\ m = 0 \end{cases}$$

Если интервал, в котором заключен $\Delta\varphi_x$, оказывается все же недостаточно малым, его можно уменьшить, понизив частоту следования импульсов ГТЧ. Для этого в схеме предусмотрен делитель частоты ДЧ. Следует, однако, учитывать, что уменьшение частоты ГТЧ за счет увеличения коэффициента H загрубляет схему.

Увеличить точность определения $\Delta\varphi$ можно, несколько видоизменив схему рис. 3. Из нее исключаются Сч 3 и Рг Инд 3, а выходы Сч 1 и Сч 2 подключаются к Рг Инд 1 и Рг Инд 2 не непосредственно, а через кодирующие матрицы, преобразующие двоичный код в специальный, например в позиционный код вида

$$d = np,$$

где $n = 0, 1, 2, \ldots, h$;

p — основание кода (например 2, 5, 10 ...);

$$h = \left[\frac{\Delta\varphi_{max}}{2\pi H}\right[.$$

При таком кодировании истинное значение $\Delta\varphi$ будет заключено в постоянном по всему диапазону измерения интервале

$$2\pi Hpn \leqslant |\Delta\varphi_x| < \pi Hp(n+1).$$

Величину p, определяющую ширину этого интервала, выбирают, исходя из требуемой точности измерения $\Delta\varphi$.

По схеме рис. 3 авторами был построен действующий макет устройства на плоских микромодулях 4НО2 (инвертор), 5С21 (диодная сборка) с применением миниатюрных линий задержки типа МЛ3. Габариты устройства — 180×100×60 *мм*, вес — 1050 *г*.

Кроме контроля $\Delta\varphi$ при считывании кодо-импульсной информации с многодорожечной магнитной ленты описанные устройства могут быть также использованы для контроля и измерения сдвига фаз между импульсными последовательностями, поступающими от других источников информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Магнитная запись электрических сигналов» (по материалам иностр. печати). Изд-во «Энергия», 1967.

2. Schilz Ch., Kubat E. «Zur Speicherung von Rechteck Impulsen auf 1/4 — Zoll—Band». Nachrichtentechnik» 1967. Bd 17 N 1.

3. В. С. Лапин. «Некоторые результаты сбора и обработки ошибок на магнитной ленте». Сб. «Цифровая вычислительная техника и программирование». Изд-во «Сов. радио». 1967.