

вания переходных процессов в механических, пневматических и гидравлических системах.

Регистрация результатов измерения может производиться на фото пленку в аналоговом виде (рис. 5) и в цифровой форме записываться на магнитную ленту или в память электронной цифровой вычислительной машины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Болтянский А. А. и др. Построение быстродействующих преобразователей при использовании переходных процессов. «Измерительная техника», № 4, 1969.

2. Хризман С. С. Цифровые измерительные приборы и системы. «Наукова думка», Киев, 1970.

**В. Г. ИОФФЕ, В. К. КОМПАНЕЦ  
Ю. В. ПШЕНИЧНИКОВ, В. И. ТЕРСКИХ**

## ЦИФРОВОЙ ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УСИЛИЯ И ИМПУЛЬСА УСИЛИЯ

При стендовой отработке двигателей точное измерение таких параметров, как давление, расход топлива, усилие позволяет значительно сократить количество испытуемых изделий, повышает их качество и делает более экономичным сам процесс испытаний. В последнее время к стендовым измерительным системам предъявляются требования не только точного измерения параметров, но и информационной обработки выходного сигнала. Такую задачу выполняет цифровой прибор для измерения усилия и интегральной оценки импульса усилия. Разработанный прибор может быть особенно полезен на стендах, не оснащенных цифровыми вычислительными машинами.

Технические данные прибора:

диапазон измеряемых перемещений, пропорциональных усилию, 0—20 мм;

форма импульса, близкая к трапеции, длительность 6—60 мсек с фронтами не менее 2 мсек;

максимальная частота повторения импульсов для  $\tau = 6$  мсек — 30 гц, для  $\tau = 60$  мсек — 10 гц;

основная погрешность не более 0,5% (с предварительной тарировкой);

частота опроса 2,5, 5, 10 кгц.

Прибор осуществляет запись импульса в аналоговой форме и регистрирует в цифровом коде интеграл импульса на

шлейфовый осциллограф и цифровое табло. Функционально прибор можно разделить на два основных блока: измерительный преобразователь ИП, преобразующий перемещение, пропорциональное усилию в электрический сигнал, и блок цифрового преобразования БЦП, который с частотой тактовых импульсов преобразует мгновенное значение аналогового напряжения в цифровой код, производит интегрирование за время действия импульса и осуществляет запись в коде на осциллограф.

Учитывая широкий частотный диапазон измеряемых перемещений, в качестве датчика выбран бесконтактный вихретоковый преобразователь, позволяющий регистрировать перемещение в частотном диапазоне 0—50 кГц с высокой чувствительностью и стабильностью [1]. Датчик представляет собой конструкцию, состоящую из рабочей и компенсационной накладных катушек, включенных в схемы резонансных контуров  $L_d$ ,  $C_7$  и  $L_k$ ,  $C_8$ , к которым подводится высокочастотное напряжение от генератора (рис. 1). Для повышения стабильности ИП применена дифференциальная схема включения резонансных контуров, напряжение с которых детектируется и суммируется на резисторах  $R_8$ ,  $R_9$ . На выходе ИП напряжение пропорционально измеряемому усилию. Задающий генератор на транзисторе ПП1 выполнен по схеме с последовательными резонансными контурами в цепях эмиттера и базы, его частота почти целиком зависит от элементов  $LC$  и лишь незначительно изменяется из-за свойств транзистора или напряжения источника питания [2]. Поскольку компоненты  $L_1$ ,  $C_1$ ,  $L_2$ ,  $C_2$  могут быть стабильны, то высокая степень стабильности частоты  $0,5 \cdot 10^{-4}$  достигается

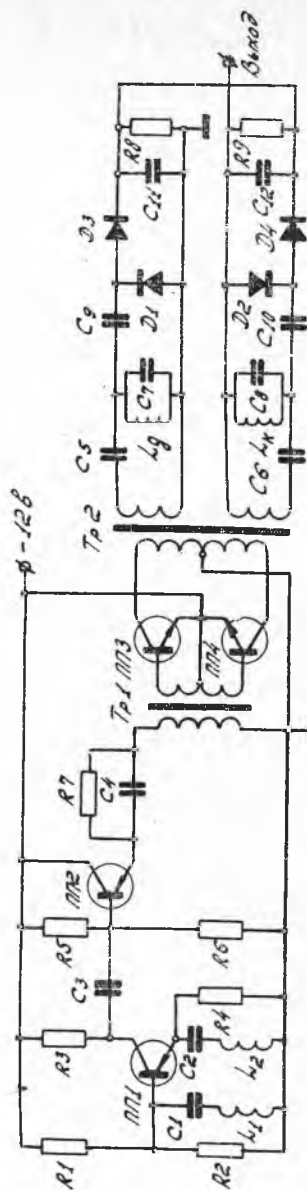


Рис. 1. Принципиальная схема измерительного преобразователя

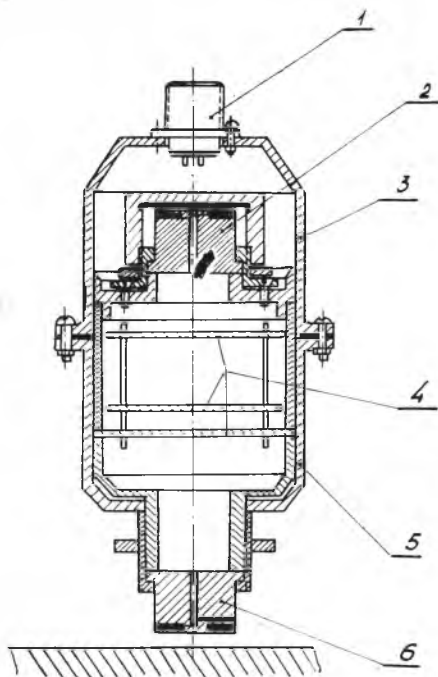


Рис. 2. Конструкция измерительного преобразователя:

1 — разъем; 2 — компенсационный датчик; 3 — крышка; 4 — генератор и измерительная схема; 5 — корпус; 6 — рабочий датчик

без использования сложных методов нелинейной компенсации.

Технические характеристики ИП:

Диапазон измеряемых перемещений 0—20 мкм.

Частотный диапазон 0—30 кГц.

Частота питания датчика 1 мГц.

Начальный зазор 0,4—0,5 мм.

Линейность не хуже 0,3%.

Чувствительность по напряжению 350—400 мВ/мкм.

Конструктивно ИП выполнен в корпусе датчика (рис. 2), что позволяет свести до минимума влияние измерительной линии и ряда других дестабилизирующих факторов. Сигнал ИП через входное устройство БЦП и эмиттерный повторитель ЭПА (рис. 3) поступает на шлейфовый осциллограф и вход компаратора время-импульсного преобразователя ВИП1.

Теоретический и экспериментальный анализ ВИП с ба-

лансным диодно-регенеративным компаратором [3] позволил путем оптимального выбора элементов и схемных решений создать относительно простой аналого-цифровой преобразователь с разрешающей способностью 12 мВ, нелинейностью не более 0,2% и дополнительной погрешностью не более 0,1—0,2% для динамического и частотного диапазона, соответствующего реальным параметрам сигнала (рис. 4). Порог генерации компаратора при скоростях пилообразного напряжения  $2,5 \cdot 10^3$  В/сек и частотой повторения тактовых импульсов до 10 кГц не превышает 3—4 мВ, нестабильность — 1—2 мВ. Тактовый импульс кварцевого генератора ГТИ через клапан И<sub>1</sub> и делитель частоты Д. Ч. Т. запускает ВИП1 и блок регулируемой задержки импульса ВИП2, схема которого аналогична ВИП1. Применение двух идентичных по схеме время-импульсных преобразователей позволило повысить точность установки нуля прибора, стабильность суммарного «временного интервала» и устранить возникающую при этом паразитную задержку [4].



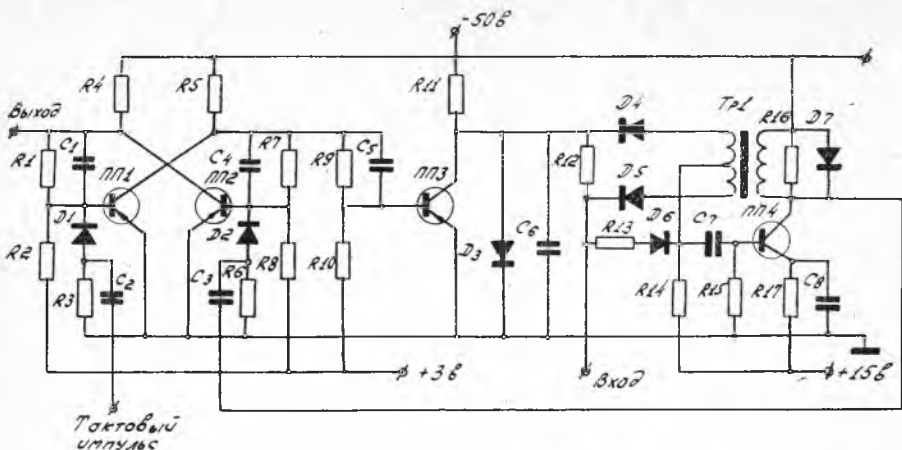


Рис. 4. Принципиальная схема аналого-цифрового преобразователя

ворот, состоящей из счетчика тактовых импульсов СЧВВ и триггера ТрВВ, настроенного таким образом, что 32-й импульс ГТИ опрокидывает ТрВВ, который, запирая клапан И1, прекращает процесс интегрирования и запускает коммутатор для списывания показаний СЧ.

Значение интеграла импульса усилия определяется согласно выражению

$$K = \frac{32P \cdot B}{A \cdot f} \text{ (кг} \cdot \text{мсек).}$$

$P$  — калибровочный вес;

$B$  — цифровой эквивалент измеряемого импульса усилия;

$A$  — цифровой эквивалент калибровочного импульса усилия;

$f$  — частота тактовых импульсов.

Прибор выполнен на полупроводниковых элементах и представляет конструкцию из 7 легкоъемных блоков. В ряде случаев возникает задача интегральной оценки сигналов, получаемых в виде напряжения с различной аппаратуры, применяемой при стендовых испытаниях. Входное устройство БЦП позволяет вычислить интеграл импульса напряжения от серийной аппаратуры УТС—12—35, ИД—2И, 8АНЧ—7М и др. При наличии скоростного магнитофона система позволяет регистрировать мгновенные значения импульса усилия в цифровом виде. Разработанный прибор может быть применен для из-

мерения и интегральной оценки ряда параметров, функционально связанных с перемещением.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Соболев В. С., Шкарлет Ю. М. Накладные и экранные датчики. Изд. «Наука», 1967.
2. Шварц С. Полупроводниковые схемы. ИИЛ, М., 1962.
3. Пшеничников Ю. В. Некоторые вопросы теории и применения генераторных сравнивающих устройств на полупроводниковых приборах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к. т. н. г. Куйбышев, 1967.
4. Под ред. Штерка М. Д. Расчет и проектирование импульсных устройств на транзисторах. Изд. «Советское радио», 1964.

Ю. П. КИРИН, А. Г. РЫЖЕВСКИЙ

## ЛИНЕАРИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВРЕМЯ-ИМПУЛЬСНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПАРАМЕТРОВ КОМПЛЕКСНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Стремление повысить быстродействие устройств для измерения составляющих комплексных сопротивлений обуславливает не только совершенствование известных структур, но и поиск новых принципов построения измерительных устройств. Одним из способов повышения является применение время-импульсного преобразования исследуемых параметров в цифровую форму на основе использования переходных процессов в измерительной цепи [1, 2, 3]. Сущность способа состоит в преобразовании в установившемся и переходном режимах напряжения  $U_x$  на средней точке измерительной цепи (рис. 1), состоящей из калиброванного элемента и исследуемого комплексного сопротивления в два временных интервала  $t_1$  и  $t_2$ , пропорциональных величинам составляющих исследуемого комплексного сопротивления.

Временной интервал  $t_1$  получаем при подаче опорного воздействия в виде единичного скачка напряжения  $E_0$  путем преобразования  $U_x$  в установившемся режиме с помощью линейной развертки, а временной интервал  $t_2$  — в переходном режиме при снятии  $E_0$  путем измерения постоянной времени измерительной цепи. Этот способ

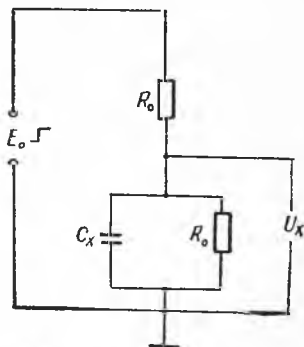


Рис. 1. Измерительная цепь время-импульсного преобразователя параметров параллельной  $R_x C_x$  цепи