

УДК 681.327.66

## ХАРАКТЕРИОГРАФ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДЕТЕКТОРОВ

Е. М. БЕЛОВ, А. И. КУЗНЕЦОВ

(Представлена научным семинаром физико-технического факультета)

Динамическая характеристика термоэлектрических детекторов, определяющая их инерционные свойства или динамическую ошибку измерения, выступает основным параметром при контроле нестационарных полей электромагнитных излучений. Высокочувствительные малоинерционные термоэлектрические детекторы в динамическом отношении аппроксимирует инерционное звено первого порядка, поэтому их инерционные свойства характеризует постоянная времени, определяемая временем, в течение которого генерируемая ими термоэдс изменяется в  $e$  раз после единовременного скачкообразного изменения интенсивности электромагнитного излучения.

Если подобные термоэлектрические детекторы применяются для контроля поля электромагнитного излучения, вызывающего высокую наведенную радиоактивность, то в лабораторных условиях их идентификация по постоянной времени значительно затруднена, а разбраковка по динамическим характеристикам практически оказывается невозможной.

Как показано в [1], исследование динамических характеристик термоэлектрических детекторов можно выполнить косвенным методом без их облучения, путем постановки «чистого» (в смысле радиационной безопасности) эксперимента, основываясь на эффекте Пельтье. Эффект Пельтье проявляется при замыкании термоэлектрического детектора на внешний источник напряжения постоянного тока и сводится к установлению определенного градиента температуры между соседними спаями термопары (вследствие дополнительного разогрева одних и охлаждения других спаев), что эквивалентно воздействию на детектор электромагнитного излучения.

Постоянная времени детектора рассчитывается по зарегистрированной кривой изменения во времени термоэдс после отключения тока подогрева термопары, либо эта операция выполняется автоматически путем отсечки выходного сигнала после его уменьшения на 63% от первоначальной амплитуды и регистрацией постоянной времени с помощью электронного секундомера или по временным меткам электронного осциллографа.

Вариацию амплитуды и длительности тока подогрева определенным образом можно связать с имитацией воздействия различной интенсивности электромагнитного излучения и различным количеством рабочего тела, наносимого на рабочие спаи термопары. Тогда такие экспе-

рименты обеспечивают представление о статических характеристиках исследуемых детекторов.

Отмеченные функции, связанные с исследованием характеристик термоэлектрических детекторов в лабораторных условиях путем моделирования источников тепла на спаях термобатареи с помощью эффекта Пельтье, возложены на специально разработанное устройство, названное характериографом.

Характериограф (рис. 1) состоит из триггера (1), релаксирующего мультивибратора (2), эмиттерного повторителя (3), усилителя мощности (4), транзисторного ключа (5), амперметра в цепи термоэлектрического детектора (6) и низкочастотного электронного осциллографа (7).

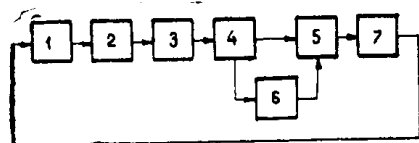


Рис. 1. Структурная схема характериографа; 1 — триггер; 2 — мультивибратор; 3 — повторитель; 4 — усилитель; 5 — ключ; 6 — амперметр

Принципиальная схема характериографа приведена на рис. 2. Триггер (1) собран на транзисторах  $T_1$  и  $T_2$  и выполняет роль нуля-органа, фиксирующего момент сравнения развиваемой термоэдс с напряжением установки, снимаемым с потенциометра  $R_3$ . Релаксирующий мультивибра-

тор собран на транзисторах разной проводимости  $T_3$  и  $T_4$  и позволяет формировать импульсы тока подогрева термобатареи разной длительности, определяемой постоянной времени  $R_9 R_{10} C_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ). Эмиттерный повторитель (транзистор  $T_{10}$ ), служит для согласования электрических цепей, а с помощью потенциометра  $R_{22}$ , находящегося в цепи эмиттера  $T_{10}$ , регулируется амплитуда тока подогрева.

Усилитель мощности (4), собранный на транзисторах  $T_5$ — $T_8$ , выполнен по каскадной схеме с параллельным включением оконечных каска-

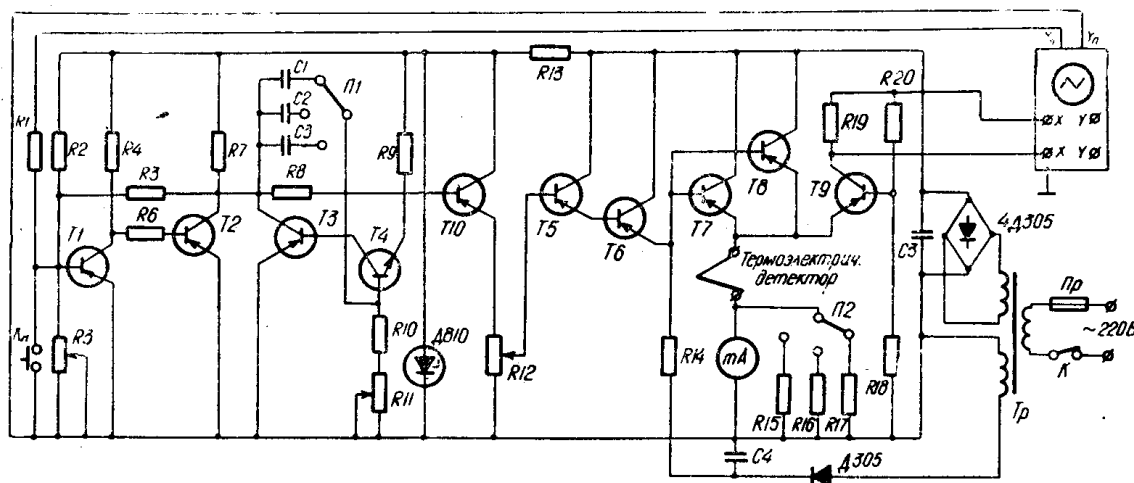


Рис. 2. Принципиальная схема характериографа

дов и позволяет регулировать величину тока подогрева термобатареи в пределах от 0,1А до 4,0А. Транзисторный ключ ( $T_9$ ) обеспечивает связь термоэлектрического детектора с усилителем вертикального отклонения луча электронного осциллографа только в момент, когда через термобатарею не протекает ток подогрева. Регистрация тока подогрева осуществляется с помощью амперметра, пределы измерения которого устанавливаются с помощью набора шунтирующих резисторов  $R_{17}$ ,  $R_{18}$ .

В качестве регистрирующего прибора характериографа используется низкочастотный электронный осциллограф типа С1-19А, непосредственно с пластин горизонтального отклонения луча которого снимается напряжение обратной связи, служащее сигналом отсечки при уменьшении первоначальной амплитуды генерируемой термоэдс в  $e$  раз.

Характериограф питается от сети переменного тока (220 В, 50 Гц) через согласующий трансформатор. В цепь питания прибора входят выпрямители, собранные на диодах Д305, емкостные сглаживающие фильтры, параметрический стабилизатор напряжения (Д810).

В исходном состоянии транзистор  $T_1$  симметричного триггера открыт, а транзистор  $T_2$  закрыт. Такое состояние триггера обеспечивает автоколебательный режим релаксирующего мультивибратора (2). Транзисторы  $T_3$ ,  $T_4$  первоначально открыты, и происходит заряд емкости  $C_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ) через резистор  $R_8$  до напряжения, определяемого запирающим транзисторами  $T_3$ ,  $T_4$ . Затем происходит разряд емкости  $C_i$  через  $R_7$ ,  $R_9$ ,  $R_{10}$  и внутреннее сопротивление источника питания схемы. Уменьшение напряжения на емкости  $C_i$  вызывает отпирание транзисторов  $T_3$ ,  $T_4$ , происходит подзаряд емкости  $C_i$  и т. д.

Если триггер (1) находится во втором устойчивом состоянии ( $T_1$  закрыт, а  $T_2$  открыт), то релаксирующий мультивибратор (2) находится в заторможенном состоянии: открытым транзистором  $T_2$  транзистор  $T_3$  шунтирован и заперт.

Когда мультивибратор работает в автоколебательном режиме, то в течение формирования тока заряда емкости  $C_i$  усилитель мощности ( $T_5$ — $T_8$ ) закрыт положительным импульсом напряжения на базе эмиттерного повторителя ( $T_{10}$ ). Ток подогрева через термобатарею не протекает. С момента запирающих транзисторов  $T_3$ ,  $T_4$  усилитель мощности открывается и через термобатарею протекает ток подогрева. Длительность тока подогрева определяется временем разряда емкости  $C_i$  до напряжения отпирания транзисторов  $T_3$ ,  $T_4$ .

При протекании тока подогрева транзисторный ключ ( $T_9$ ) заперт отрицательным потенциалом на эмиттере. Когда ток подогрева через термобатарею не протекает, то транзисторный ключ открыт током делителя, и генерируемая термобатареей термоэдс подается на усилитель вертикального отклонения луча низкочастотного осциллографа.

Электронный осциллограф работает в ждущем режиме развертки электронного луча. Отсутствию сигнала на вертикальных пластинах отвечает относительно небольшое напряжение на пластинах горизонтального отклонения луча, которое не обеспечивает изменения состояния

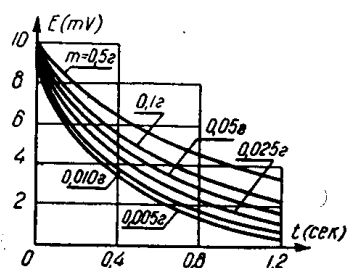


Рис. 3. Зависимость скорости охлаждения термобатареи от массы «горячих» спаев

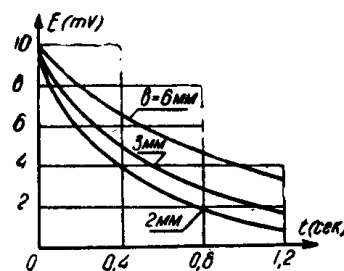


Рис. 4. Зависимость скорости охлаждения термобатареи от ширины ленты термоэлектродов

триггера. Когда на вертикальные пластины осциллографа поступает сигнал с детектора, то напряжением с горизонтальных пластин триггер

переводится из исходного в другое устойчивое состояние, при котором мультивибратор находится в заторможенном состоянии.

В таком состоянии спусковая схема (триггер-мультивибратор) находится до тех пор, пока генерируемая термоэдс не уменьшится в  $e$  раз. Порог срабатывания триггера в исходное состояние настраивается с помощью потенциометра  $R_3$ . Перевод триггера в исходное состояние вызывает повторное срабатывание мультивибратора, и процесс подогрева термобатарей повторяется.

Экспериментальные исследования, выполненные с помощью характеристографа с ленточными хромель-алюмелевыми термобатареями, представлены рисунками 3—6. Рис. 3 иллюстрирует скорость изменения генерируемой термоэдс в зависимости от разной массы «горячих» спаев термобатарей. Рис. 4 иллюстрирует скорость изменения генерируемой термоэдс в зависимости от ширины термоэлектродов ленточной термобатареи при прочих неизменных условиях. На рис. 5 и рис. 6 соответствен-

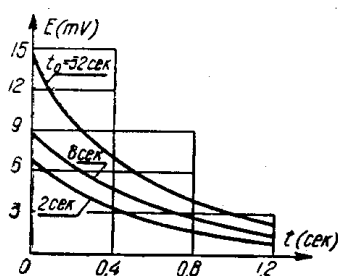


Рис. 5. Зависимость амплитуды термоэдс и скорости охлаждения термобатарей от длительности импульса тока подогрева

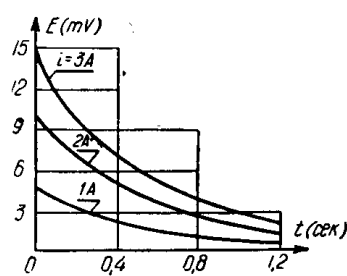


Рис. 6. Зависимость амплитуды термоэдс и скорости охлаждения термобатарей от амплитуды тока подогрева

но показаны зависимости скорости и амплитуды генерируемой термоэдс от длительности импульса и амплитуды тока подогрева термобатарей при прочих равных условиях. Эти результаты качественно подтверждают ожидаемый характер исследуемых зависимостей.

Измеренные и рассчитанные значения постоянной времени термобатарей согласуются между собой с точностью не хуже  $\pm 10\%$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Е. М. Белов, А. И. Кузнецов. Изучение динамических свойств термоэлектрических детекторов моделированием источников тепла эффектом Пельтье. Настоящий сборник.
2. Е. М. Белов, А. И. Кузнецов. Характернограф для исследования динамических характеристик термонейтронных датчиков. Авторское свидетельство № 412538. Бюллетень № 3, 1974.