

Заключение

Покрытие горячим лужением было наиболее широко применяемым финишным покрытием. В некоторых странах использование лужения свинцовосодержащими припоями уже запрещено, и вместо него используются альтернативные варианты. По мере всё большего внедрения бессвинцовых технологий повышается вероятность внедрения альтернативных финишных покрытий. Покрытие OSP не является естественной заменой HASL, но, несмотря на это, оно стало одним из первых альтернативных покрытий, которые попробовали производители электроники. Однако это покрытие вызывает существенные проблемы при электроконтроле плат и требует существенных изменений в техпроцессе: в отношении применяемого типа флюса и числа циклов нагрева.

Наиболее близкие и вероятные заменители горячему лужению – иммерсионное серебро и олово – обладают массой преимуществ, и почти лишены недостатков, к тому же, решаемых или уже решённых. Иммерсионное серебро позволяет мгновенно переключиться с покрытия горячим лужением (HASL) и не требует менять параметры пайки. (В процессе пайки серебряный слой растворяется в паяном соединении, образуя сплав олово-свинец-серебро на меди, что обеспечивает очень надежные паяные соединения компонентов BGA). По стоимости эти покрытия находятся на уровне, близком к горячему лужению. К тому же оказывают гораздо меньший вред окружающей среде.

Хотя в последнее время наметилась тенденция применения производителями покрытия ENIG. Оно всем хорошо, но очень дорого стоит. В основном это покрытие становится популярным при изготовлении прототипных образцов и мелкосерийных партий сложных печатных плат от 5 класса точности и в спецтехнике.

АППРОКСИМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДАТЧИКА ЛИНЕЙНОГО ПОЛОЖЕНИЯ

Б.Б. Искольный, А.М. Масленников, В.Г. Мадриченко

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Для обеспечения эффективной работы агрегатов ракетно-космической техники требуются сигнализаторы перемещений органов механизации и элементов с основной погрешностью 0,005...0,05%, способные функциони-

ровать в диапазоне температур от -250 до $+120$ С². В наибольшей степени указанным требованиям соответствуют датчики на основе дифференциального трансформатора с переменным коэффициентом передачи (LVDT - Linear Variable Differential Transformer) [1]. Для достижения заданных показателей точности и стабильности LVDT датчика необходима линейризация позиционной характеристики и обеспечение ее инвариантности к температуре. Одним из путей решения поставленной задачи является разработка математической модели датчика, определение соотношения, связывающего параметры выходного сигнала и положение сердечника с учётом температурной зависимости. По результатам экспериментальных исследований формируются таблицы температурных поправок, реализуется алгоритм аппроксимации и экстраполяции позиционной характеристики в соответствии с методом дополнительных измерений [2].

Необходимо найти соотношение $U_{\text{вых}}$, связывающее величину выходного сигнала и положение X сердечника LVDT датчика, с учётом внешних дестабилизирующих факторов.

Пусть в области G , трехмерного пространства UXT , где $X=0..35$ миллиметров, $U=0..6$ вольт, $T=-253..120$ градусов. В этой области определено соотношение $U_{\text{вых}}$, которое в общем виде выглядит так:

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вых}}(U_{\text{вход}}, U_{\text{Тизм}}), \quad (1)$$

где $U_{\text{Тизм}}$ - цена разряда аналого-цифрового преобразователя при температурах выше, ниже и равной измеренной.

Расчетное значение входного сигнала задано соотношением:

$$U_{\text{вход}} = \frac{U_{\text{акт}} - U_{\text{ак1}}}{U_{\text{ак0}} + U_{\text{ак1}}}, \quad (2)$$

где $U_{\text{ак0}}(x), U_{\text{ак1}}(x)$ - цена разряда АЦП0, АЦП1 соответственно, то есть это оцифрованные с помощью АЦП контроллера вторичного преобразователя, показания датчика линейных перемещений.

Задача решается в несколько этапов:

1. Калибровка и уточнение аппроксимационной таблицы.
2. Расширение аппроксимационной таблицы.
3. Вычисление выходного значения напряжения по найденному соотношению $U(X)$.

Рассмотрим разбиение сеткой τ области G . Для этого разобьём ось OX разбиением τ_x , а ось OT разбиением τ_t .

T_0, T_1, \dots, T_{n-1} - опорные значения температуры.

Получим таблицу узлов сетки τ :

X, T	T_0	T_1	...	T_{n-1}
X_0	$U_{0,0}$	$U_{0,1}$...	$U_{0,n-1}$

X1	U1,0	U1,1	...	U1,n-1
...
Xm-1	Um-1,0	Um-1,1	...	Um-1,n-1

Получим значения узлов сетки – расчётное входное значение напряжений, полученное экспериментально, установив сердечник датчика в положение соответствующее рассматриваемому узлу X_i и установив температуру в криогенной камере в соответствии с T_j . Такую таблицу назовём первым приближением калибровочной таблицы.

Но, так как невозможно совершенно точно установить температуру в криогенной камере в соответствии с заданной, то необходимо учитывать погрешность

$$\Delta t = |t_j - t_j^*| \quad (3)$$

Зафиксируем положение сердечника $i = \text{const}$. Тогда выходное значение напряжения после учёта погрешности

$$U_{ij} = U_{ij}^* - \alpha_j \Delta t, \quad (4)$$

где U_{ij}^* - значение расчётного напряжения до корректировки погрешности (2.1).

Рассмотрим все возможные ситуации расположения значения измеренной температуры относительно значений температуры в узлах сетки.

$$1. \quad U_5^{\text{АИП}} < T_0.$$

Коэффициент наклона $\alpha = \text{tg } \beta = \frac{U_1 - U_0}{T_1 - T_0}$, тогда

$$U_0 = U_0 - \alpha(T_0 - T_5^{\text{АИП}}). \quad (5)$$

$$2. \quad U_5^{\text{АИП}} > T_j, j=0..n-2.$$

Коэффициент наклона $\alpha = \text{tg } \beta = \frac{U_{j+1} - U_j}{T_{j+1} - T_j}$, тогда

$$U_j = U_j - \alpha(T_j - T_5^{\text{АИП}}). \quad (6)$$

$$3. \quad U_5^{\text{АИП}} < T_j, j=1..n-1.$$

Коэффициент наклона $\alpha = \text{tg } \beta = \frac{U_j - U_{j-1}}{T_j - T_{j-1}}$, тогда

$$U_j = U_j - \alpha(T_j - T_5^{\text{АИП}}). \quad (7)$$

$$4. \quad U_5^{\text{АПЗ}} > T_{n-1}.$$

Коэффициент наклона $\alpha = tg \beta = \frac{U_{n-1} - U_{n-2}}{T_{n-1} - T_{n-2}}$, тогда

$$U_{n-1} = U_{n-2} - \alpha(T_{n-2} - T_5^{\text{АПЗ}}). \quad (8)$$

Расширение калибровочной таблицы выполняется с помощью сглаживания по методу наименьших квадратов.

Таким образом, получим функцию вида

$g(x) = \alpha = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 x^2$, по которой и вычислим узловые значения сетки температур ниже минимальной и выше максимальной.

Соотношение, связывающее величину выходного сигнала датчика $U(X)$ и положение X сердечника датчика имеет вид:

$$U(X) = K_f K_{x/U} \left(X_{T < T_{\text{изм}}} + \frac{U_{T < T_{\text{изм}}} - U_{T > T_{\text{изм}}}}{X_{T < T_{\text{изм}}} - X_{T > T_{\text{изм}}}} (U_{T < T_{\text{изм}}} - U_{T_{\text{изм}}}) \right), \quad (9)$$

где K_f – коэффициент усиления; $K_{x/U}$ – коэффициент преобразования смещения в напряжение; $X_{T < T_{\text{изм}}}$, $X_{T > T_{\text{изм}}}$ – расчётные значения смещения при температурах T меньше и больше измеренной, $U_{T < T_{\text{изм}}}$, $U_{T > T_{\text{изм}}}$, $U_{T_{\text{изм}}}$ – цена разряда аналого-цифрового преобразователя при температурах выше, ниже и равной измеренной.

Расчётные значения смещения сердечника датчика в миллиметрах при температурах меньше и больше измеренной, эквивалентные входному сигналу, заданы соотношениями:

$$X_{T < T_{\text{изм}}} = \frac{U_{\text{вход}} - U_{<U_{\text{изм}}, T < T_{\text{изм}}}}{U_{>U_{\text{изм}}, T < T_{\text{изм}}} - U_{<U_{\text{изм}}, T < T_{\text{изм}}}} * (X_{12} - X_{11}) + X_{11}, \quad (10)$$

$$X_{T > T_{\text{изм}}} = \frac{U_{\text{вход}} - U_{<U_{\text{изм}}, T > T_{\text{изм}}}}{U_{>U_{\text{изм}}, T > T_{\text{изм}}} - U_{<U_{\text{изм}}, T > T_{\text{изм}}}} * (X_{22} - X_{21}) + X_{21}, \quad (11)$$

где $U_{\text{вход}}$ – расчетное значение входного сигнала, $U_{<U_{\text{изм}}, T < T_{\text{изм}}}$, $U_{>U_{\text{изм}}, T < T_{\text{изм}}}$ – константы значений входного напряжения меньше и больше измеренного при температуре меньше измеренной, $U_{<U_{\text{изм}}, T > T_{\text{изм}}}$, $U_{>U_{\text{изм}}, T > T_{\text{изм}}}$ – константы значений входного напряжения меньше и больше измеренного при температуре больше измеренной, X_{11} , X_{12} – константы значений смещений

сердечника в миллиметрах эквивалентные $U_{<U_{изм} T < T_{изм}}, U_{>U_{изм} T < T_{изм}}$ соответственно, X_{21}, X_{22} – константы значений смещений сердечника в миллиметрах эквивалентные $U_{<U_{изм} T > T_{изм}}, U_{>U_{изм} T > T_{изм}}$ соответственно.

Таким образом, для достижения заданных показателей точности и стабильности электромагнитного датчика была построена аппроксимационная модель, с помощью которой можно провести линеаризацию позиционной характеристики и обеспечить ее инвариантность к температуре.

Список использованных источников

1. Семенов Ю.П. Датчиковая аппаратура в ракетно-космической технике. Приборы и системы управления. № 10. 2004. С 4-7.
2. Леонович Г.И. Оптоэлектронные датчики перемещений для жестких условий эксплуатации. - Самара: СГАУ, 1998. – 256 с.

СИСТЕМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

М.А. Ковалёв, Г.В. Бородкин

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара.

Значительная доля отказов оборудования летательных аппаратов (ЛА) приходится на элементы гидравлических систем (ГС), что объясняется сложными условиями работы ГС, а также большим количеством силовых гидроагрегатов, приводимых в действие ГС ЛА. Отказ одной или нескольких функциональных подсистем ГС ЛА может спровоцировать аварию или катастрофу. В связи с этим повышение надёжности ГС ЛА является актуальной научно-технической задачей.

В настоящее время разработана диагностическая система, которая позволяет прогнозировать состояние и остаточный ресурс, как отдельных гидроагрегатов, так и всей ГС в целом [1]. В этой системе оценивается дисперсный состав частиц загрязнителей рабочей жидкости (РЖ).

Параметры частиц загрязнения РЖ являются одними из наиболее важных диагностических параметров при контроле технического состояния узлов ГС [2,3]. Исследования в области контроля технического состояния ГС показали, что даже в РЖ наиболее совершенных механизмов, какими являются изделия авиационной и космической техники, практически всегда