

- установку в произвольном порядке существенных параметров формируемого теста и номеров колонок матричного коммутатора, соответствующих каждому из электродов выбранного ПП, согласно измерительной схеме на дисплее АИК;

- переход к формированию следующего теста.

Метод не предполагает выполнения таких операций, как составление и анализ измерительной схемы формируемого теста для определения узлов коммутатора которые должны быть замкнуты в этом тесте. Это способствует повышению оперативности формирования последовательно тестов при программировании АИК и существенно упрощает конструкцию коммутатора.

УДК 531.385

ИНФОРМАЦИОННО ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МОРСКИХ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ С САМОНАСТРОЙКОЙ ПАРАМЕТРОВ ГИРОСТАБИЛИЗАТОРА

Малютин Д.М.

ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Тула, Российская Федерация

Известно [1], что в случае гармонической качки среднее за период значение погрешности гравиметра из-за ускорений и наклонов гиростабилизатора (ГС) может быть выражено через амплитудную и фазовую частотные характеристики передаточной функции ГС и определяется зависимостью:

$$\langle \delta g_1 \rangle = \frac{1}{2} (W_\xi^0)^2 A(\omega) \cos(Y(\omega)), \quad (1)$$

где W_ξ^0 – амплитуда горизонтального ускорения качки; $A(\omega)$ – значение амплитудно-частотной характеристики ГС на частоте качки; $Y(\omega)$ – значение фазовой частотной характеристики ГС на частоте качки.

Среднее значение погрешности гравиметра, обусловленной наклонами ГС, определяется зависимостью:

$$\langle \delta g_2 \rangle = -\frac{1}{4} g (\alpha^0)^2, \quad (2)$$

где g – ускорение свободного падения; α^0 – амплитуда наклонов ГС.

Из приведенных зависимостей (1), (2) следует, что при установке гравиметра на ГС для уменьшения погрешностей гравитационных измерений необходимо обеспечить высокую точность стабилизации платформы относительно горизонта и добиться близости к нулю значения косинуса сдвига фазы между горизонтальными ускорениями качки и наклонами платформы. Эффективность выполнения этих требований в свою очередь обусловлена структурой построения ГС.

Структурная схема контура коррекции индикаторного ГС с контуром самонастройки параметров корректирующего устройства представ-

1. Каталог Keithley – Tektronix 2014. издание 2 [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tektronix.ru/>. – Дата доступа 24.06.2016.

2. Измеритель параметров полупроводниковых приборов ИППП-1. Руководство по эксплуатации. УШЯИ.411251.003 РЭ. часть первая. – 47 с.

3. Измеритель параметров полупроводниковых приборов ИППП-3. Руководство по эксплуатации. УШЯИ.411251.005 РЭ. часть первая. – 41 с.

лена на рисунке 1.

Сигнал с выхода акселерометра поступает на вход устройства измерения спектра, в котором определяется преобладающая частота качки ω_K [2].

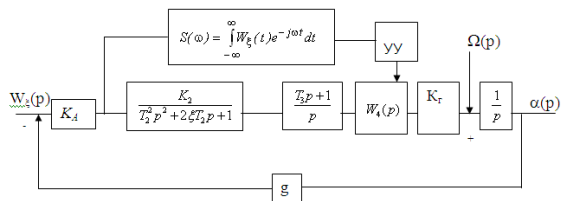


Рисунок 1 – Структурная схема контура коррекции индикаторного ГС с контуром самонастройки параметров: K_A – коэффициент передачи акселерометра, T_2, T_3, K_2, ξ – параметры корректирующего устройства контура коррекции, K_r – коэффициент передачи гироскопа по управляющему воздействию

В соответствии со значением преобладающей частоты качки управляющее устройство (УУ) изменяет постоянную времени T_4 апериодического звена с передаточной функцией $W_4(p) = \frac{1}{T_4 p + 1}$ таким образом, чтобы фазовый сдвиг между горизонтальными ускорениями и отклонением платформы был точно равен -270 град. Постоянная времени T_4 определяется исходя из условия самонастройки:

$$T_4 = \frac{tg \left[-90^\circ + \arctg(T_3 \omega_K) + \arctg \left(\frac{2\xi \omega_K T_2}{(\omega_K T_2)^2 - 1} \right) \right]}{\omega_K} \quad (3)$$

Например, при настройке системы на частоту качки $\omega_K = 0,785 \text{ c}^{-1}$ постоянная времени

$T_4 = 0,123$ с; при $\omega_K = 0,658$ с⁻¹, $T_4 = 0,176$ с; при $\omega_K = 0,5188$ с⁻¹, $T_4 = 0,284$ с. Определение постоянной времени T_4 дополнительного апериодического звена с точностью 3% при $W_\xi^o = 1$ м/с² приводит к появлению значений погрешности $\langle \delta g_1 \rangle$, указанных в таблице 1. Погрешность $\langle \delta g_2 \rangle$ пренебрежимо мала.

Таблица 1 – Погрешности гравиметра из-за ускорений и наклонов гиросtabilизатора (ГС)

ω_K, c^{-1}	$A(\omega_K)$	$Y(\omega_K), \text{град}$	$\langle \delta g_1 \rangle, \text{мГал}$
0,785	$1,4 \cdot 10^{-5}$	-269,75	0,00224
0,658	$2,38 \cdot 10^{-6}$	-269,79	0,0041
0,5188	$4,87 \cdot 10^{-5}$	-269,815	0,01

Применим для обеспечения фазового сдвига -270 град между горизонтальными ускорениями качки и ошибкой стабилизации на частоте качки основания вместо апериодического звена с постоянной времени T_4 звено с передаточной функцией:

$$W_4(p) = \frac{T_4 \cdot p / l + 1}{T_4 \cdot p + 1}, \quad (4)$$

где T_4 - переменная постоянная времени звена (4), l – переменный параметр звена (4).

Управляющее устройство (УУ) изменяет постоянную времени T_4 и параметр l звена (4) таким образом, чтобы фазовый сдвиг между горизонтальными ускорениями и отклонением платформы был точно равен -270 град. Условие самонастройки в этом случае запишется в виде

$$\begin{cases} \Delta Q = -90^\circ + \arctg(T_3 \omega_K) - \arctg\left(\frac{2\xi T_2 \omega_K}{1 - (T_2 \omega_K)^2}\right) & (5) \\ l = \frac{1 + \sin \Delta Q}{1 - \sin \Delta Q} \\ T_4 = \frac{1}{\omega_K} \sqrt{l} \end{cases}$$

Передаточная функция ГС морского гравиметра с такой системой коррекции имеет вид

$$W_\xi(p) = \frac{\frac{1}{g}(T_3 p + 1)\left(\frac{T_4}{l} p + 1\right)}{\frac{T_2^2 T_4}{k_0 g} p^5 + \frac{T_2^2 + 2\xi T_2 T_4}{k_0 g} p^4 + \frac{T_4 + 2\xi T_2}{k_0 g} p^3 + \frac{p^2}{k_0 g} \left(1 + \frac{k_0 g T_2 T_4}{l}\right) + (T_3 + \frac{T_4}{l}) p + 1} \quad (6)$$

Использование для создания небольшого отрицательного фазового сдвига звена с передаточной функцией (4), позволяет обеспечить на соответствующих частотах в окрестности преобладающей частоты качки меньшие значения амплитудно – частотной характеристики передаточной функции ГС (6) и значения фазовой частотной характеристики передаточной функции

ГС (6) в окрестности преобладающей частоты качки на соответствующих частотах ближе к -270 град по сравнению со случаем применения дополнительного апериодического звена с передаточной функцией $W_4(p) = 1 / (T_4 + 1)$, а следовательно уменьшить систематическую составляющую измерения ускорения силы тяжести гиросtabilизированным гравиметром из-за совместного влияния горизонтальных ускорений и наклонов ГС.

Высокую эффективность применения гиросtabilизированного гравиметра с самонастройкой параметров ГС, имеющего передаточную функцию ГС (6), по сравнению с гиросtabilизированным гравиметром без самонастройки параметров ГС с передаточной функцией ГС (7)

$$\frac{\alpha(p)}{W_\xi(p)} = \frac{T_3 p + 1}{g \left[\frac{T_2^2}{K_0 g} p^4 + \frac{2\xi T_2}{K_0 g} p^3 + \frac{1}{K_0 g} p^2 + T_3 p + 1 \right]}, \quad (7)$$

где $K_0 = K_A K_2 K_A$ иллюстрируют графики ошибок гиросtabilизированного гравиметра (рисунок 2).

$\langle \delta g_1 \rangle$ (м/с²)

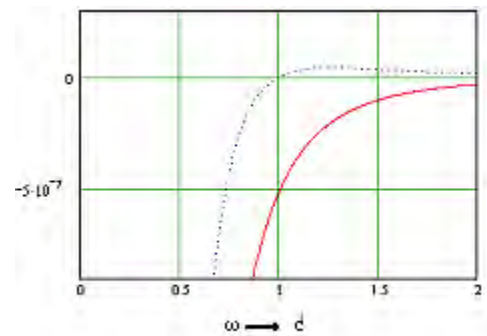


Рисунок 2 – Графики ошибок гиросtabilизированного гравиметра с передаточной функцией (6) и передаточной функцией (7)

Кривая, выполненная штриховой линией, соответствует гиросtabilизированному гравиметру с самонастройкой параметров ГС (парметры системы выбраны в соответствии с преобладающей частотой качки 1с⁻¹), а кривая, выполненная сплошной линией, соответствует гиросtabilизированному гравиметру без самонастройки параметров ГС.

1. Ривкин С. С., Береза А. Д. Гироскопическая стабилизация морских гравиметров. – М.: Наука, 1985. – 176 с.
2. Малютин Д.М. Гиросtabilизатор морского гравиметра с самонастройкой параметров / Изв. вузов. Приборостроение. 2003.Т46., №9, с.18-23.