

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ РЭС

УДК 53.083

СЕТОЧНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕКТОРА СКОРОСТИ МИКРОЧАСТИЦ

А.М. Телегин, Д.А. Шестаков

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Для исследования элементного состава высокоскоростных микрочастиц (микрометеороидов и частиц космического мусора) используются пылеударные масс-спектрометры. Одним из важных параметров этих микрочастиц является вектор скорости микрочастицы. Для измерения, которой в мировой практике используют измерители вектора скорости.

Микрочастицы (космический мусор и микрометеороиды), находясь в околоземном пространстве, заряжаются до некоторого потенциала под действия факторов космического пространства [1-3]. При пролете заряженной частицы через металлическую сетку (измерительный электрод), на ней наводится импульс тока согласно теореме Рамо-Шокли. Рассмотрим сеточную конструкцию измерителя вектора скорости с использованием одного усилителя (рисунок 1).

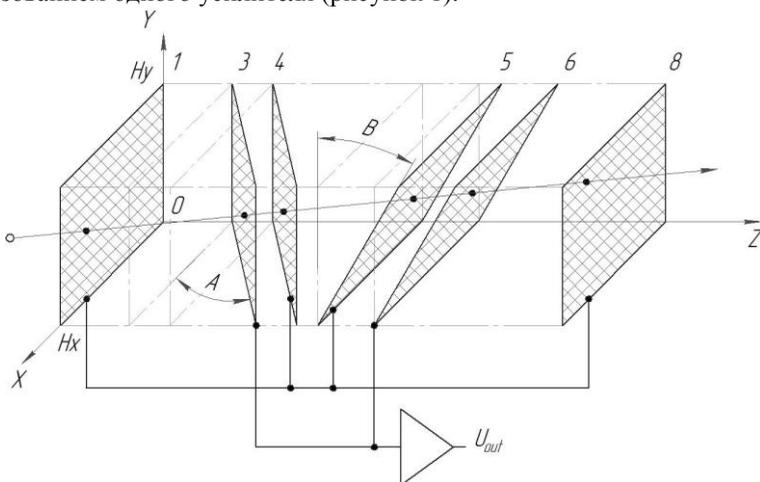


Рисунок 1 – Конструкция измерителя вектора скорости

На рисунке 1 цифрами обозначены номера плоскостей, выполненных в виде металлических сеток. В конструкции используется 6 сеток, при этом сетки 1, 4, 5, 8 заземлены, а сетки 3 и 6 объединены. Сетки 1,8 расположены в плоскостях параллельны плоскости XOY. Сетки 3 и 4 параллельны друг другу и расположены под некоторым углом A плоскости XOY и перпендикулярны плоскости XOZ. Сетки 5 и 6 параллельны друг другу и расположены под некоторым углом B плоскости XOZ и перпендикулярны плоскости XOY. Можно для упрощения конструкции принять A = B и данные углы варьировать в диапазоне от 5 до 30 град. Высокоскоростная частица, пролетая через данные сетки, наводит на каждую измерительную сетку импульс тока, представляющую собой колокообразный импульс [3]. Пик данного импульса соответствует моменту пролета частицы через сетку. Рассмотрим по отдельности пролет микрочастиц через каждый межсеточный интервал.

В момент t_1 частица пролетает сетку 1 и наводит заряд на сетку 3, пролетая сетку и летя к сетке 4 заряд на сетки 3 убывает и в момент времени t_4 становится равным 0. Участок между сетками 4 и 5 не используемый для измерения участок. На участке 5 - 6 опять производится наводка заряда на сетку 6 и убывание заряда в промежутке 6 - 8.

Объектом исследования является компоненты вектора скорости $\vec{V} = \{V_x, V_y, V_z\}$ Обозначим t_n - время пролета заряженной частицей n – сетки, x_n, y_n, z_n - точка пролета заряженной частицей n – сетки (на рисунке 1 обозначен жирной точкой), zH_n - координата по оси OZ пересечения оси OZ и n – сетки. z_{n1} – точка пересечения n – сетки оси OZ

Тогда, проведя необходимые вычисления, компоненты вектора скорости частицы можно определить согласно формулам:

$$V_z = (z_{81} - z_{11}) / (t_8 - t_1),$$

$$V_x = tgA \cdot (V_z \cdot (t_3 + t_4 - 2t_1) - (z_{31} + z_{41})) / (t_4 - t_3),$$

$$V_y = tgB \cdot (V_z \cdot (t_5 + t_6 - 2t_1) - (z_{51} + z_{61})) / (t_5 - t_6).$$

В большинстве случаев необходимо знать не все три координаты вектора скорости, а модуль вектора скорости и его наклон к плоскости мишени, в которую ударяется высокоскоростная микрочастица. Предполагая, что плоскость мишени параллельна плоскости XOY получим формулу модуля вектора скорости и угла наклона к плоскости мишени:

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2};$$

$$\gamma = \arccos\left(\frac{(V_x^2 + V_y^2)}{\sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}}\right).$$

Проведенные исследования показали возможность измерения вектора скорости высокоскоростных микрочастиц (микрометеороидов и частиц космического мусора) с применением представленной сеточной конструкции. Данный измеритель желателно выполнять в виде отдельного устройства, которое имеет техническую возможность соединения данного измерителя с пылеударным масс-спектрометром. Это облегчает настройку измерителя вектора скорости.

Список использованных источников

1. Horányi M. Charged dust dynamics in the solar system //Annual review of astronomy and astrophysics. – 1996. – Т. 34. – №. 1. – С. 383-418.
2. Телегин А.М., Воронов К.Е., Шестаков Д.А. Модель сеточной конструкции для измерения скорости микрометеороидов//Инженерная физика. – 2024. – № 1. – С. 49-57.
3. Телегин А. М. Модель выходного сигнала с измерительной сетки датчика микрометеороидов //Инженерная физика. – 2021. – №. 9. – С. 27-33.

УДК 621.38

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ОСНОВНОГО БЛОКА ПОЛЕТНОГО КОНТРОЛЛЕРА

В.А. Зеленский, Д.Н. Овакимян, В.С. Кириллов

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: беспилотные авиационные системы, полетный контроллер, геометрическая модель, тепловой режим, теплопередача.

Электронные блоки беспилотных авиационных систем работают в сложных температурных режимах, для которых характерны как широкий диапазон значений температур, так и их резкое изменение [1]. Исследования тепловых режимов полетного контроллера выполнено в программе Ansys. Исследование включает в себя импорт геометрической модели в формате STEP, корректировку данных из библиотеки технических характеристик используемых материалов, проверку правильности геометрических форм, проверку контактирования между телами геометрической модели, нанесение сетки, заданий физических условий моделирования, выполнение расчетов, обработку результатов. Исходная 3D модель основного модуля полетного контроллера представлена на рисунке 1.

Для дальнейшего исследования тепловых режимов из 3D модели были исключены электрорадиоэлементы (ЭРЭ), не оказывающие существенное влияние на тепловые режимы. Рабочая 3D модель импортируется в программу Ansys.