

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Том III

Выпуск 4

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

МОСКВА 1965

*Я. М. Шварц, Н. Т. Маркчев, А. Н. Петунии, В. П. Рудаков,
В. В. Скворцов*

ИССЛЕДОВАНИЕ РАКЕТНОГО ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ФЛЮКСМЕТРА

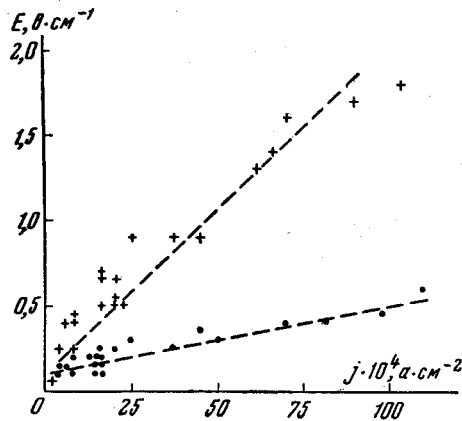
В нескольких работах, например [1, 2], была показана возможность применения электростатического флюксметра для измерений в высоких слоях атмосферы и указаны пути его модернизации для этой цели. На основе сформулированных принципов конструирования ракетных флюксметров были созданы приборы, применявшиеся для измерения напряженности электрического поля у поверхности геофизических ракет [2]. Интересно проверить правильность высказанных соображений по модернизации флюксметров лабораторными экспериментами, в которых в той или иной степени имитировались бы условия работы электростатического флюксметра в высоких слоях атмосферы.

Такие опыты были проведены. Датчик флюксметра [3] был установлен в камере, давление в которой поддерживалось равным $10^{-4} \div 10^{-5}$ мм рт. ст., и облучен потоком

положительных ионов аргона, обладающих энергией, не превышающей 1000 эв. В этих опытах определялась величина «токовой» проницаемости сетки, которая применялась при изготовлении измерительной и экранной пластин; непосредственно исследовалась эффективность применения сеточных пластин и синхронного детектора для подавления тока помехи, создаваемого потоком ионов аргона; проверялась работоспособность электростатического флюксметра в потоке заряженных частиц.

Измерения проницаемости сетки для потоков ионов производились при конечных значениях энергии ионов от 0 до 1000 эв в замедляющем и ускоряющем движении вылетающих из источника ионов электрическом поле. Коэффициент непрозрачности сетки b при этом менялся в пределах 0,14—0,18. Плотность потока ионов в плоскости сетки составляла $10^{-9} \div 10^{-7} \text{ а} \cdot \text{см}^{-2}$. Ошибка измерения из-за влияния вторичной электронной эмиссии не превышала 20%. Коэффициент оптической непрозрачности испытуемой сетки составлял $\sim 0,13$.

Эффективность методов, принятых для борьбы с токами помехи, проверялась следующим образом. Датчик устанавливался напротив источника ионов; перед ним помещалась сетка, которая, будучи соединенной с корпусом датчика, экранировала его от электрического поля, имеющегося внутри вакуумной камеры. На эту сетку можно было подавать электрические потенциалы относительно корпуса датчика. Датчик подключался к измерительному блоку [3], к которому подсоединялся индикатор выхода. Рабочая поверхность датчика облучалась потоком ионов плотностью j , величина которой определялась по результатам измерений тока, текущего на коллектор датчика [3]. Конечной целью этой серии опытов было получение зависимости



Зависимость показаний индикатора выхода флюксметра от плотности тока помехи j

$$\Delta E(j) = E_{j=0} - E_j, \quad (1)$$

где $E_{j=0}$ и E_j — показания индикатора выхода в $\text{в} \cdot \text{см}^{-1}$ при плотностях тока, текущего на коллектор, равной 0 и j , соответственно.

На рисунке представлены результаты измерений при точно настроенном синхронном детекторе электростатического флюксметра [3] (черные кружки) и результаты измерений (крестики), во время проведения которых при помощи фазосдвигающей цепи, включенной в измерительный блок, напряжения сигнала и помехи в предварительно точно настроенном флюксметре сдвигались на 16° относительно коммутирующего напряжения синхронного детектора. Приводимые данные ясно показывают необходимость и эффективность применения предложенной в [1, 4] точной настройки синхронного детектора.

В дополнение к этим измерениям был проведен опыт с целью получения непосредственных данных об эффективности принятых мер борьбы с токами помехи. В этом опыте к выходу второго каскада усилителя флюксметра [3] был подключен осциллограф и методом сравнения определялись величины плотности тока помехи и напряженности электрического поля, создающие переменное напряжение одной и той же величины. Было получено, что одинаковое переменное напряжение создается током помехи плотностью $1,1 \cdot 10^{-7} \text{ а} \cdot \text{см}^{-2}$ и электрическим полем напряженностью $\sim 8 \text{ в} \cdot \text{см}^{-1}$. Синхронный детектор должен уменьшить эффективно действующую величину напряжения помехи в $\text{ctg } \Delta\psi$ раз, где $\Delta\psi$ — расстройка синхронного детектора. В нашем случае, когда $\Delta\psi \approx 16^\circ$, $\text{ctg } \Delta\psi \approx 3,5$, ΔE при $j \approx 10^{-7} \text{ а} \cdot \text{см}^{-2}$, должно быть равно примерно $2 \text{ в} \cdot \text{см}^{-1}$, что и наблюдалось в действительности.

Отношение напряжения сигнала к напряжению помехи при использовании одного метода подавления тока помехи — введения сеточных пластин может быть приближенно вычислено по формуле [5].

$$M = \frac{a l_1 l_2 E f}{2j}, \quad (2)$$

где l_1, l_2 — коэффициенты ослабления напряжения помехи, обусловленные проницаемостью экранной и измерительной пластин для потоков заряженных частиц, E — напряженность поля, j — плотность тока помехи, f — рабочая частота датчика, a — коэффициент, учитывающий реальную геометрию электростатического генератора.

По опытным данным, $E \approx 8 \text{ в.см}^{-1}$, $j \approx 1,1 \cdot 10^{-7} \text{ а.см}^{-2}$, $f = 750 \text{ гц}$, $a \approx 0,5$, $M = 1$. Тогда из равенства (2) следует, что $l_1 l_2 = 66$. Эта величина приблизительно в 1,5 раза превышает значение произведения l_1, l_2 , полученное по данным измерений проницаемости сетки. При $b = 0,15$ произведение $l_1 l_2 = 1/b_1 b_2 \approx 45$. Причины расхождения неясны.

В следующей группе опытов изучалась работа датчика в потоке заряженных частиц при наличии электрического поля у поверхности датчика с целью проверки сохранности градуировочных характеристик прибора в потоке заряженных частиц. На сетку, помещенную перед датчиком, подавалось напряжение относительно корпуса датчика. Результаты измерений приведены в таблице, где p — давление в вакуумной камере, j — плотность тока помехи, u — напряжение, подаваемое на сетку, находящуюся перед датчиком и выполняющую роль градуировочной пластины, Δu — показания индикатора выхода, $\Delta u / \Delta u_0$ — отношения показаний индикатора выхода при наличии тока помехи к показаниям при отсутствии тока помехи.

$p, \text{ мм рт. ст.}$	$8 \cdot 10^{-5}$					$4 \cdot 10^{-5}$							
$j \cdot 10^9 \text{ а.см}^{-2}$	0	3	10	0	10	0	6	12	19	0	6	12	19
$u, \text{ в}$	-5	-5	-5	5	5	-5	-5	-5	-5	5	5	5	5
$\Delta u, \text{ в}$	1,8	1,2	1,1	1,3	0,7	1,7	1,6	1,4	1,2	1,3	1,0	1,0	1,0
$\Delta u / \Delta u_0$	1	0,7	0,6	1,0	0,5	1,0	0,9	0,8	0,7	1,0	0,8	0,8	0,8

Из этой таблицы следует, что величина $\Delta u / \Delta u_0$ уменьшается с увеличением давления в камере и с увеличением плотности тока. Однозначно определить причину уменьшения $\Delta u / \Delta u_0$ нельзя, но возможно, что оно связано с образованием в камере слабо ионизованной плазмы, объемные заряды которой частично экранируют поле сетки, на которую подается напряжение u . Следует отметить, что условия работы электростатического флюксметра при плотностях тока, меньших $6 \cdot 10^{-9} \text{ а.см}^{-2}$, и давлениях $4 \cdot 10^{-5} \text{ мм рт. ст.}$ наиболее приближаются к условиям работы датчика электростатического флюксметра в ионосфере, ибо давление в ионосфере, начиная со $120 \div 130 \text{ км}$, меньше $10^{-5} \text{ мм рт. ст.}$, а по данным измерений [2] плотность тока помехи никогда не превышала $10^{-9} \text{ а.см}^{-2}$. При этих же условиях градуировка датчика в потоке заряженных частиц и без него оставалась практически неизменной.

Выводы. 1. Лабораторные исследования ракетного электростатического флюксметра подтвердили возможность его применения для измерений напряженности электростатического поля у поверхности ракет при их полете в высоких слоях атмосферы.

2. Применение сеточных пластин в электростатическом генераторе датчика и применение специальных методов точной настройки синхронного детектора целесообразно и необходимо при использовании электростатического флюксметра для измерений в высоких слоях атмосферы.

3. Подтверждена возможность применения теоретически выведенных соотношений для оценки эффективности подавления тока помехи в электростатических флюксметрах.

Дата поступления
18 марта 1965 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. М. Имянитов. Усп. физ. н., 63, вып. 16, 267, 1957.
2. И. М. Имянитов, Г. Л. Гдалевич, Я. М. Шварц. Сб. «Искусств. спутники Земли», вып. 17. Изд-во АН СССР, 1963, стр. 66.
3. Г. Л. Гдалевич, И. М. Имянитов, Я. М. Шварц. Космич. исслед., 3, № 1, 102, 1965.
4. Я. М. Шварц. Радиотехника и электроника, 6, вып. 1, 153, 1961.
5. И. М. Имянитов, Я. М. Шварц. Тр. Всесоюз. научн. метеорологич. совещ., 9. Гидрометеоздат, 1963, стр. 306.