

СИСТЕМА ЗА СЛЕДЕНЕ НА МАКСИМАЛНИТЕ СТОЙНОСТИ В АМПЛИТУДАТА НА ДИФЕРЕНЦИАЛЕН СИГНАЛ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКО ПОЛЕ В КОСМИЧЕСКА ПЛАЗМА

Румен Георгиев Шкевов, Виктор Асенов Маринов

Институт за космически изследвания при Българска академия на науките,

1000 София, п.к. 799, България

Абстракт. Използването на активни методи за въздействие върху космическа плазма с цел нейното изучаване поражда редица проблеми, свързани с екстремното повишаване на напрегатостта на електрическото поле в нея. Различни видове сензори в такива условия се нуждаят от предварително подаване на сигнал за защита, позволяващ вземането на съответните мерки. Това налага непрекъснато следене на максималните стойности на отделните компоненти на вектора на електрическото поле в обкръжаващата плазма и потенциала на корпуса на космически апарат. За тази цел е разработена самостоятелна система за наблюдение на върховите стойности на електрическото поле във всички направления. Системата е базирана на собствена разработка за устройство предназначена за тази цел, изпитана и работила нормално пълен ресурс от време. Предложена е схема на подобно отделно устройство, работещо на диференциален принцип. Разгледана е блоковата схема на самостоятелната система и е описан принципът на функционирането и. Направени са изводи за приложимостта на системата в разработването на съвременна автоматична космическа апаратура, предназначена за плазмени изследвания.

Увод

Изучаването на околоземното пространство с помощта на автоматични орбитални апарати позволява провеждането на научни експерименти с висока сложност в отсъствието на човек на борда им. Изследването на земната магнитосфера и свързаните с нея параметри на космическата плазма, в някои случаи налагат използването на активни космически експерименти. Поради това в програмите на проведените експерименти на борда на автоматичните космически станции АУОС "Активен" и АУОС "Алекс", бяха включени многократни опити по активно въздействие върху обкръжаващата апарата плазма. Използувани бяха генератори на електромагнитни полета, йонни и плазмени пушки, активно въздействащи върху плазмената среда с цел изучаването на отклика в нея. Въздействия от този род задължително пораждаят пертурбации в напрегатостта на съществуващото в обкръжаващата плазма електрическо поле. В някои случаи е възможно получаването на напрегатости, превишаващи с порядъци максимално допустимите напрежения за входните устройства на бордовата научно-изследователска апаратура. Досега обикновено от 5 до 20 секунди преди включването на някой от източниците за активни въздействия, се подаваше сигнал за защита на сензорите от евентуални свръхнапрежения. Приблизително след същия период се изключваше сигналът и започваше регистрацията на отклика на въздействието в обкръжаващата плазма. При такова разпределение на времето за регистрация на изследователската апаратура се губи значително количество ценна информация. Това налага разглеждането на проблема за непрекъснато следене на максималните стойности на напрегатостта на електрическото поле.

Методи за мерене на електрическо поле космическа плазма

Основният метод за регистрация на електрическо поле в космическа плазма е методът на "двойната сонда". Една от основополагащите работи в тази област на

Faleson и др. [1] е свързана с ракетните измервания на електрическо поле. На фиг. 1 е показана структурата на метода на "двойната сонда". Сондите No.1 и No.2 са сферични сонди на Ленгмюр и са свързани чрез съпротивлението R_s . Нека допуснем, че такава структура се намира в хомогенно електрическо поле E и двете сфери се намират при потенциал, близък до плаващия. Тогава през шунта R_s ще протече ток I , пораждащ пада на напрежение ΔU , което може да бъде изразено чрез формулата [1]:

$$\Delta U = \frac{E \cdot d + (V_1 - V_2) + (WF_1 - WF_2)}{1 + (R_1/R) + (R_2/R)} \quad (1),$$

където E - е векторът на електрическото поле; d - е разстоянието между сондите; V_1 и V_2 са потенциалните разлики между повърхностите на сферите и обкръжаващата плазма при $R = \infty$; WF_1, WF_2 - отделителната работата на електрона за сфери No.1 и No.2. R_1 и R_2 са съпротивленията на сондите No.1 и No.2, зависещи от формата, размера на сондите и параметрите на обкръжаващата среда. От (1) лесно можем да определим напрежнатостта на електрическото поле, като разделим потенциалната разлика ΔU на разстоянието d . На фиг.2 е показана принципната схема, използвана за регистрация на електрическото поле в ракетния експеримент [1]. Схемата за такива експерименти е задължително симетрична. Това се налага от аеродинамични съображения. При провеждането на аналогични експерименти на борда на спътници изискването за симетричност не е задължително и е възможно мерене с повече от 4 сонди. Едни от основните експерименти в тази област са описани в [2] и [3]. В ИКИ БАН са проведени ред експерименти по измерването на електрически полета в космическа плазма [4]. Теоретичните разчети и резултатите от тези измервания показват, че за да се извършат коректни измервания е необходимо входното съпротивление на прибора (R_s) да надвишава $10E8 \text{ Ohm}$ (фиг.1.).

Схема и описание на устройството

Основната идея на устройството (фиг. 3.) е чрез използването на минимално количество елементи да бъде постигната максимална надеждност, като при това се удовлетворяват изцяло изискванията за космическа научна апаратура и в частност тези на сондовите методи. Като аналози за устройството могат да бъдат посочени източниците [5] ÷ [11]. Устройството работи по следния начин: разликата от постъпващите напрежения на входовете в 1 и 2 (фиг.3) - U_1 и U_2 съответно, формират входното напрежение $U_{вх}$.

$$U_{вх} = U_2 - U_1 \quad (2).$$

Когато разликата $U_{вх}$ е положителна, на изхода на U_1 напрежението е отрицателно, диодът D_1 е отпущен, а D_2 е запушен. ОУ U_2 работи като компаратор и ако $U_{вх} \geq |U_{вх}|$, напрежението на изхода на U_2 клони към -Усс. Тогава D_3 е запушен и кондензаторът не се зарежда. В случая $U_{вх} \leq |U_{вх}|$, D_3 е отпущен, кондензаторът се зарежда до достигане на $U_{вх} = |U_{вх}|$. Подробно описание на работата на устройството може да бъде намерено в [12]. При условие $R_1 = R_2 = R_{10} = R_{11}$ функционирането на устройството може да бъде описано чрез израза:

$$U_{вх} = |U_{вх}|_{MAX} = |U_2 - U_1|_{MAX} \quad (3).$$

По този начин изходното напрежение е равно на максималната стойност на амплитудата на сигнала в зададения временен интервал. Така изграденото устройство

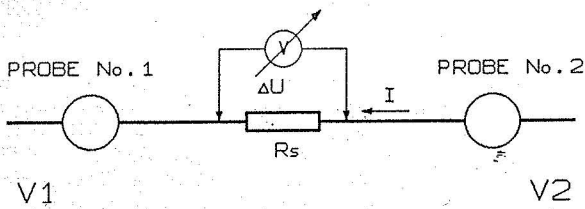
е много удобно за мерене на диференциални сигнали в случая - по метода на "двойната сонда", използвайки входното съпротивление на устройството като R_s . Ако в качеството на U_1 бъде използван усилвател от типа JFET, BICMOS, LinCMOS или друг подобен, с $R_{in} \approx 10E12$ Ohm, бихме могли да постигнем висока точност в меренето на напрежнатостта на полето. На фиг.4 е показана самостоятелна система за регистриране на максималната стойност на амплитудата на сигнала на електрическо поле в космическа плазма. Системата е изградена от три еднакви диференциални модула - Differential Mode Maximum Registering Unit - (DM MARU) и един "Common Mode" (CM MARU). Сигналите от всички сонди постъпват на входовете на DM MARU. Регистрираните максимални стойности за периода от време се мултиплицират от блока MUX. От изхода на MUX сигналът постъпва за обработка на входа на CM MARU, който регистрира максималната стойност в амплитудите на сигналите от трите блока DM MARU. Управлението на всички времезадаващи сигнали се извършва от блока TCU.

Заклучение

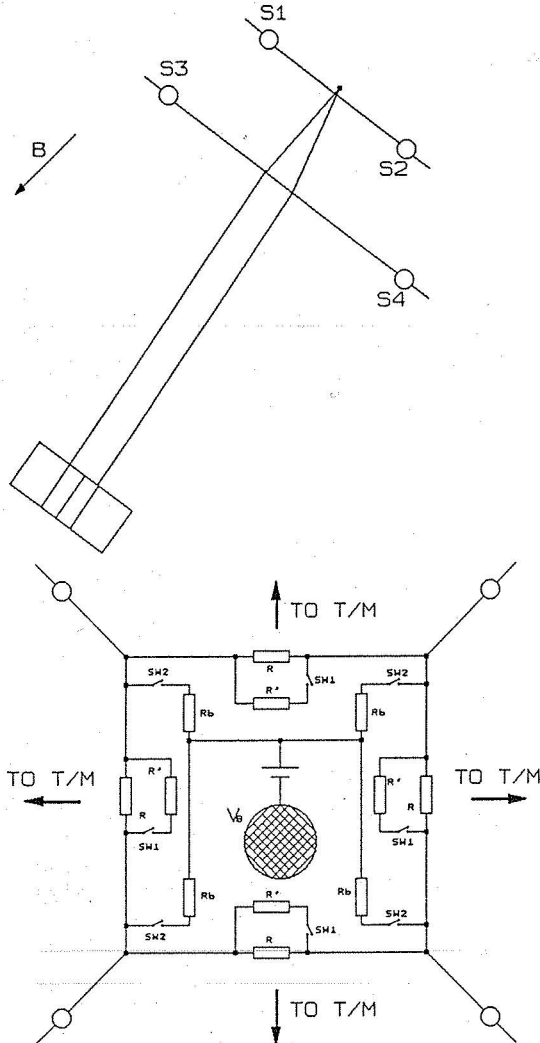
Така построената система позволява точно измерване на регистрираните максимални амплитуди. Следващата обработка на сигнала може да бъде извършена както чрез пълно снемане на информацията с АЦП, така и само с наблюдение по праг и изход с две състояния. И двата варианта позволяват прецизно изработване на сигнал за обща защита от свръхнапрежения на целия спътников комплекс с изследователска апаратура. Системата използва малко на брой компоненти, високонадеждна е, има ниска консумирана мощност, малък обем и тегло. Това я прави подходяща за приложения, свързани с изграждането на напълно автоматизирани космически научно-изследователски комплекси, предназначени за изучаване чрез активни експерименти на електрическите полета в земната магнитосфера.

Литература

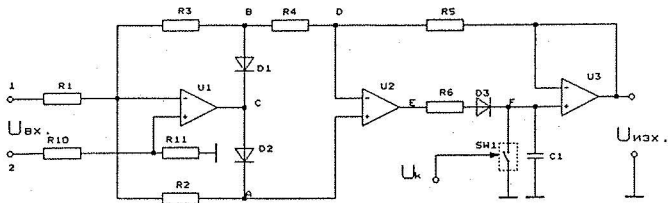
1. Faleson U.V., Kelley M.C., Mozer F.S., Investigation of a d.c. electric field detector. Planet. Space Sci., V.18, 1970, p.1551-1561.
2. Neppner J.P., Bielecki E.A. et al, Instrumentation for DC and low-frequency electric field measurements on ISEE-A. IEEE Tras. Geosc. Electr., V GE-16, No.3, 1978, p.p.253-257.
3. Mozer F.S., Cattell, C.A. et al, The dc and ac electric field plasma density, plasma temperature, and field aligned current experiments on the S3-3 satellite. J.Geophys. Res., V.84, No.A10, 1979, p.p. 5875-5884.
4. Stanev G., Petrunova M., Teodosiev D., Kutiev I., Serafimov K., Chapkunov S., Chmyrev V., Isaev I., Puscaev P., Pimenov I., Bilicenko S., An instrument for DC electric field and AC electric and magnetic field measurements aboard "Intercosmos-Bulgaria -1300" satellite. Adv. Space Res., V.2, No. 1, 1983, p.p.43-47
5. US Patent N350974, Int.cl H03k 5/20, 1967.
6. US Patent N 4459493, Absolute Magnitude Circuit, Int. cl.H03k 5/20, 1984.
7. АС СССР N 211153, Преобразователь амплитуды периодического сигнала в напряжение, Институт кибернетики АН УССР, М.к. G06f, 1968.
8. US Patent N 5388722, Peak Detector (Eastman Codak Co.) Int.cl.H03d, 1971.
9. АС СССР N 597080, (Пиковый детектор)
10. АС СССР N 1411944 А1 (Пиковый детектор), М.к.Н03к, 5/04, 1978.
11. АС СССР N 767940, (Амплитудный детектор) М.к.Н03д, 1/06, 1980
12. Маринов В., Шкевов Р., Устройство за определяне на максималната стойност на амплитудата на вектора на променливо електрическо поле в космическа плазма. Трета национална научно-приложна конференция с международно участие "Електронна техника '94", 28-30 септември 1994, Сборник с доклади том 2, стр.71-75.



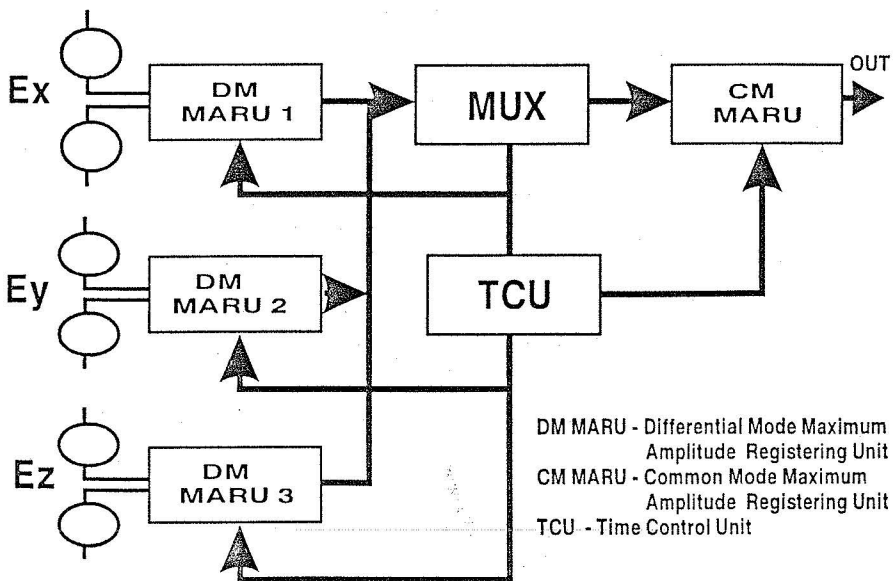
Фиг. 1. Схема на метода на "двойната сонда".



Фиг. 2. Принципно схема на устройство за измерване на електрическо поле в космическа плазма - по ракетен експеримент [1].



Фиг. 3. Принципно схема на устройство за регистрация на максималните стойности в амплитудата на диференциален сигнал.



Фиг. 4. Блок схема на самостоятелна система за регистриране на максималните стойности в амплитудата на сигнала на електрическо поле в космическа плазма.

SYSTEM FOR TRACKING OF DIFFERENTIAL CREST VALUE SIGNALS MODULE OF ELECTRIC FIELD IN SPACE PLASMA

Rumen Georgiev Shkevov, Victor Asenov Marinov

Space Research Institute of Bulgarian Academy of Sciences,

1000 Sofia, P.O. Box 799, Bulgaria

Abstract

Active methods interaction applying for space plasma investigation raise some problems connected with extremely rising of electric field intensity. Different sensors types in this case have need from forewarning signals to get a defends action. This is demand continuous track of crest value of space plasma electric field vector components and satellite body potential. For this purpose is designed and developed an independent system for registering of maximum differential signal module value in three direction. System is based on own design facility aimed for this purpose, which have been rated full life time period in space without notices. There is proposed a similar facility based on differential principle. Independent system functioning is described and the block scheme of system is presented. The conclusion about system application in advanced space plasma instruments investigation are outlined.