

Върху функционирането на сондова апаратура в условията на активен космически експеримент

Стефан Чапкънов

Институт за космически изследвания, БАН

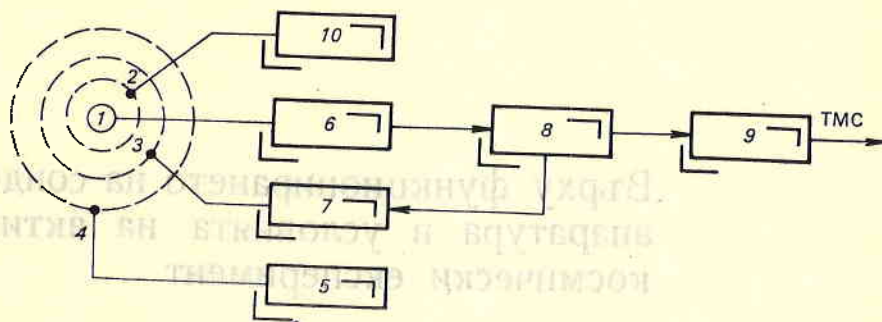
В последните години космическите специалисти обръщат особено внимание на активните експерименти в околоземното пространство. Изкуствената инжекция на неутрален газ, електронен или йонен облак от борда на космическото средство е ефективен способ за определяне на времето на живот на инжектираните частици, за моделиране на процесите в заобикалящата спътника плазма, както и за цялостното изследване на йоносферно-магнитосферните връзки и взаимодействия. В този смисъл при съдействието на сондови прибори на борда на космическия обект рационално допълва комплекса научна апаратура. Сондовата апаратура се прилага широко в космическата практика за изследване на структурните плазмени параметри. Простотата и сигурността на този вид плазмени методи ги правят предпочитани в условията на комплексни космически експерименти, включително и активни.

Работата на многоелектродния сферичен йонен уловител и на цилиндричната сонда на Лепгюир на борда на космически апарат, чрез който се провежда активен експеримент, е свързана с някои негови особености, което прави невъзможно директното прилагане на сондите.

Действието на бордовия инжектор е свързано с повишаване на потенциала на обекта, на чийто борд е монтирано съответното оръдие. Макар и за кратко време, този потенциал придобива опасно високи за сондите стойности. Първостепенна задача на експериментатора е прилагането на превантивни мерки по отношение на сондовата апаратура в условия на активен космически експеримент.

Използваните в практиката на Института за космически изследвания, БАН, сферични йонни уловители [1] имат външна обвивка, обикновено свързана с корпуса на спътника. Тъй като в момент на инжекция от борда се получава висока потенциална разлика между корпуса на спътника и неизкривената околна плазма, а сондовите датчици (в частност — уловителят) са изнесени на щанги извън зоната на обмен заряд, създавана около обекта, сферичният йонен уловител се оказва подложен на директното действие

на екстремно висока потенциална разлика. Поради особеността си — разделяне на функциите на анализ на положителните йони (прилагане на развивка към вътрешната обвивка на уловителя) и на регистрирането им (регистраторът на йони е свързан към колектора на сондата), уловителят изпълнява ролята на автоматична защита на йонната сондова апаратура.



Фиг. 1

На фиг. 1 е показана блокова схема на четириелектроден сферичен йонен уловител, предназначен за работа в условията на провеждащ се активен плазмен експеримент.

Колекторът на уловителя — куха метална сфера (1), е заобиколен от антифотоелектронна решетка (2), свързана с източник (10) на спиращо напрежение (висок отрицателен потенциал) за фотоелектроните, избивани от колекторната повърхност вследствие на фотоефект или от директна бомбардировка на колектора от положителните йони. Външната обвивка на уловителя (4) обикновено се свързва с корпуса на спътника. В конкретния случай е целесъобразно въвеждане на измерител на тока (5), който ще дава информация за стойността на потенциала на обекта в момент на инжекция от борда. Вътрешната обвивка на уловителя (3) е свързана с блок за развивка (7). Колекторът (1) е свързан с постояннотоков усилвател (6), информацията от който (последователни стойности на тока от волт-амперната характеристика) се подава към аналого-цифров преобразувател (8), а оттам — към телеметричната система на обекта чрез разделително устройство (9).

Формулата, която дава връзката между физическите параметри на уловителя и електричните величини, е

$$I_k = -\alpha_4 \alpha_3 \alpha_2 n_i e v_0 \pi r^2 (1 - 2e \phi / m_i v_0^2),$$

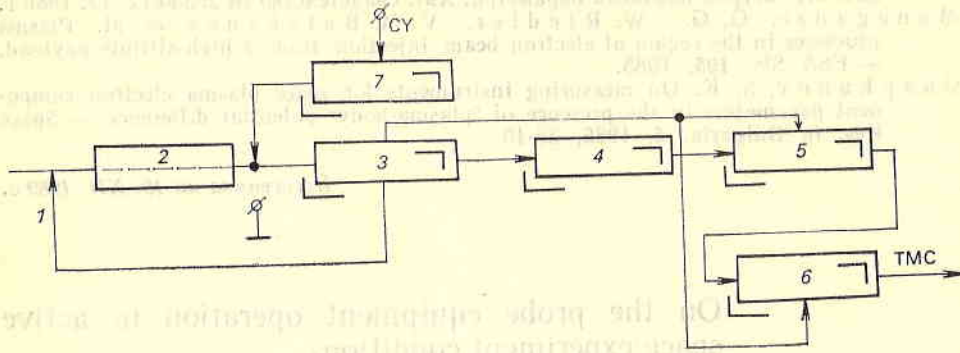
където α_i е коефициент на пропускане на съответната обвивка; n_i — концентрация на измерваните положителни йони; e — заряд на електрона; v_0 — скорост на обекта; r — радиус на външната обвивка на уловителя; m_i — маса на съставката на съответната йонна компонента; ϕ — потенциал на обвивката на уловителя по отношение на заобикалящата я плазма.

От приведената формула е ясно, че в зависимост от потенциала на обекта (т. е. потенциала на външната обвивка на уловителя) токът е ограничен или на минималната, или на максималната (насищащата) стойност.

Работата на цилиндричната сонда на Ленгмюир на борда в условията на провеждащ се активен космически експеримент е усложнена от обстоятелството, че анализът и регистрацията на електроните са съвместени.

Както личи от [2], на височини около 400 km при ток на инжекцията

$I_G > I_K$ сондата се зарежда до аномално висока стойност на потенциала $\phi_S \approx U_G$. При изпълнение на условието $10 I_K < I_G < 30 I_K - \phi_S \approx U_G$; а при $I_G < 10 I_K - \phi_S < U_G$.



Фиг. 2

На фиг. 2 е показана блоковата схема на цилиндрична сонда на Ленгмюир.

Сондата се състои от предпазен електрод (1) — тел, преминаваща през кух метален цилиндър — колектора (2). Към двата електрода се прилага еднакво развиващо напрежение, създавано от генератор (3) с два изхода, свързан с корпуса — към (1), и изолиран (висящ) — на входа на постояннотоков усилвател (4). Последователните стойности на волт-амперната характеристика се формират в аналого-цифровия преобразувател (5), откъдето постъпват в регистър (6), преди да се подадат към спътниковата телеметрия. Опасността от пробив в усилвателя (4) в условията на инжекция налага въвеждането на допълнително релейно устройство (7), което е целесъобразно да бъде управлявано от усилвателя на ток (5) от фиг. 1. Това е реализуемо, тъй като обикновено в комплекса спътникова научна апаратура сондовите методи присъстват чрез единен прибор с общи функционални блокове. По такъв начин се гарантира запазването на сондовата електроника при наличие на опасно високи напрежения на проводящата повърхност на обекта. Формулата за тока, създаден от събирането на единични йони при ъгъл на атака 90° (ъгъл между направлението на сондата на Ленгмюир и на скоростта на обекта), е

$$I_i = A_s n_i e v_0 (1 + kT_i / m_i v_0^2 + 2V / m_i v^2)^{1/2},$$

където A_s е площ на сондата, проектирана върху вектора на скоростта v_0 на обекта; e — заряд на електрона; k — константа на Болцман; T_i — температура на йоните; m_i — маса на положителните йони; V — потенциал на сондата по отношение на плазмата. Както се вижда от формулата, токът в колектора на сондата не се ограничава и зависи директно от напрежението, което освен това действа и директно върху входа на усилвателя (4). Ето защо е необходимо предприемането на специални мерки за защита на сондата в условията на активен плазмен експеримент.

Ефективното действие на сондовата апаратура на борда на спътника е свързано и с други особености, налагащи въвеждането на допълнителни функционални блокове [3] за гарантиране на работоспособността на четириелектродния сферичен йонен уловител и на цилиндричната, едностранно защитена сонда на Ленгмюир.

Литература

1. Чалкџнов, С. К., Ц. П. Дачев, Т. Н. Иванова. Измерител на йонните структурни плазмени параметри. Авт. свидетелство № 29530/12. 12. 1980 г.
2. Managadze, G. G., W. Riedler, V. M. Balebanov et al. Plasma processes in the region of electron beam injection from a high-altitude payload. — ESA SP, 195, 1985.
3. Чаpкyнов, С. К. On measuring instruments for space plasma electron component parameters in the presence of "plasma-body" potential difference. — Space Res. in Bulgaria, 5, 1986, 35-40.

Постъпила на 19. XII. 1989 г.

On the probe equipment operation in active space experiment conditions

Stefan Chapkanov

(Summary)

The operation conditions of the probe equipment when an active space experiment is carrying out are here discussed.

The four-electrodes spherical ion trap used as a measuring instrument for structural plasma parameters of the ion component is self-protected by its structure from the high body potential influence of the spacecraft during the time of injection. The block diagram of the measuring electronic system of an analogical trap is demonstrated, operating in the active space experiment conditions.

Usually the cylindrical Langmuir probe with one-sided protection is used as a measuring instrument supplied with an ion trap. The block diagram of the measuring electronic system of one-sided protection Langmuir probe is demonstrated, operating in active space experiment conditions as measuring instrument for structural electron plasma component.