

Motor espacial de plasma con tobera magnética dual

Grupo Equipo de propulsión espacial y plasmas (EP2) / Dpto. Bioingeniería e Ingeniería Aeroespacial

Investigador: Mario Merino Martínez

Descripción y características fundamentales

La tecnología descrita se enmarca en el sector de la ingeniería aeroespacial, en el área de los sistemas de propulsión espacial primaria o secundaria para vehículos espaciales y satélites. En concreto, se encuadra dentro de las tecnologías de propulsión espacial por plasma o propulsión eléctrica, específicamente los motores de plasma sin electrodos.

La propulsión espacial eléctrica es una tecnología desarrollada desde los años 60 y firmemente asentada en la industria espacial, donde actualmente cerca de un tercio de los satélites en órbita emplean este tipo de propulsión. Debido a las mayores velocidades de chorro que obtiene, del orden de 10 veces superiores a las de la propulsión química, la propulsión eléctrica presenta importantes ahorros de masa de propulsante, lo cual se traduce en un coste de misión mucho menor. Actualmente en el sector se busca mejorar la simplicidad, flexibilidad, eficiencia de empuje y vida útil del sistema propulsivo. Una de las opciones son los motores de plasma.

Entre las principales clases de motores de plasma de nueva generación se encuentran los motores sin electrodos y con tobera magnética. En estos motores, el gas propulsante es introducido en una cámara cilíndrica de material dieléctrico e ionizado para crear un plasma usando una descarga de radiofrecuencia. El plasma es confinado por un campo magnético aplicado, que posibilita la propagación de ondas electromagnéticas en su interior y protege a las paredes del motor, y acelerado de forma cuasineutra a grandes velocidades en el exterior de éste por la parte divergente del campo, conocida como tobera magnética. La gran ventaja de esta tecnología es su simplicidad a nivel sistema, la capacidad de operar sin utilizar electrodos expuestos al plasma que puedan limitar la vida útil del motor, la capacidad de modificar el propulsante, la potencia, el empuje y el impulso específico del motor en un amplio rango, ganando flexibilidad, y la ausencia de un neutralizador externo que complica el diseño y la operación. Los motores más importantes dentro de esta familia son el motor de plasma de fuente helicón, que usa radiofrecuencias en el orden de pocos MHz para excitar ondas electromagnéticas de dicho tipo en el plasma, y el motor de resonancia ciclotrónica de electrones, que trabaja en el rango de las microondas y explota la resonancia onda-plasma de dicho nombre para operar.

La tecnología desarrollada por la UC3M consiste en un nuevo tipo de motor espacial de plasma sin electrodos ni neutralizador externo que resuelve los problemas y las limitaciones del estado de la técnica actual. El motor posee una geometría de cámara y del campo magnético aplicado en forma de herradura, o de “U”. Dicha geometría elimina la pared trasera, elimina parcialmente el dipolo magnético neto del motor, y resulta en una divergencia de tobera magnética menor respecto a los motores de plasma sin electrodos tradicionales. El circuito magnético del motor puede realizarse enteramente con bobinas, imanes permanentes, o con una combinación de imanes permanentes y bobinas. La generación y energización del plasma se realiza con ondas electromagnéticas, bien en el rango de los megahertzios como el motor helicón, bien en el rango de los gigahertzios como el motor de resonancia ciclotrónica de electrones.

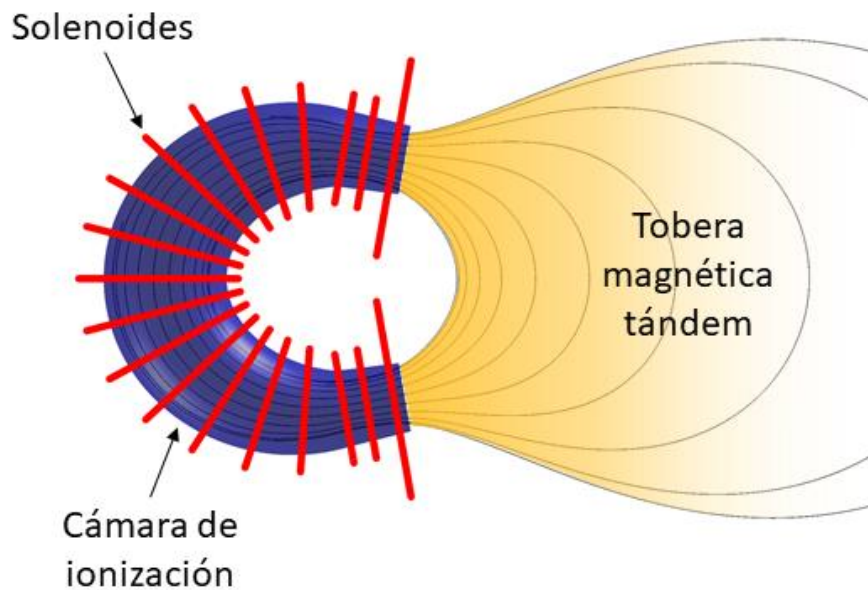


Fig. 1: Vista esquemática de una configuración básica del motor de plasma sin electrodos. Se muestra la cámara de ionización (en azul), las bobinas magnéticas (en rojo), las líneas de campo magnético (negro), los dos chorros de plasma en la tobera magnética dual (amarillo).

Versiónes técnicamente mejoradas permiten además cancelar totalmente el dipolo magnético neto del motor, generar pares de fuerza de control con el chorro de plasma en tres ejes adaptando sus toberas magnéticas, y generar pares de fuerzas de control en ausencia de plasma operando como un magneto-torquer, eliminando la necesidad de acarrear un dispositivo dedicado a este fin.

Aspectos innovadores y ventajas competitivas

- Motor espacial de plasma con geometría y campo magnético innovadores
- No necesita electrodos en contacto con el plasma.
- No utiliza neutralizador externo.
- Protección magnética completa de todas las paredes en contacto con el plasma.
- Elimina la pared trasera presente en otros motores.
- Elimina el dipolo magnético neto del motor.
- Permite realizar funciones de control de actitud del satélite (magnetopar).
- Tobera magnética dual reconfigurable en vuelo
- Control vectorial del empuje sin partes móviles.
- Menor divergencia de chorro de plasma.
- Mayor durabilidad y flexibilidad de operación.
- Ausencia de altos voltajes, electrónica de potencia sencilla
- No utiliza toberas sólidas ni inyectores adicionales de gas neutro en la periferia de la zona de expansión.
- Geometría magnética sin separatrices ni divertores, con forma suave que protege todas las paredes de la erosión del plasma. Capacidad de integrar funciones de AOCS en el propio motor
- Control vectorial de empuje integrado, sin necesidad de incluir TOMs (thruster orientation mechanisms)

Grado de desarrollo de la tecnología: En fase de desarrollo – Pruebas de laboratorio

Estado de la Propiedad Industrial e Intelectual: Patente solicitada

- Solicitud de patente española: P201830521. Fecha: 31/05/2018. Título: "Motor espacial de plasma sin electrodos con geometría en U".
- Solicitud PCT: PCT/ES2019/070364. Fecha: 31/05/2019. Título "Motor espacial de plasma sin electrodos con geometría en U".
IBI favorable: reconocimiento de novedad y actividad inventiva de la mayoría de las reivindicaciones de la solicitud PCT

Colaboración solicitada:

- Acuerdo de Licencia
- Cooperación Técnica
- Acuerdo de Joint Venture