

等离子体接触器放电振荡的频谱分析研究*

冯 杰, 成 荣, 赵 勇, 王彦龙, 王尚民, 张 宏, 贾艳辉

(兰州空间技术物理研究所, 真空技术与物理重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 为了验证接触器工作时发生振荡的主要区域, 设计试验寻找接触器进入羽流工况的阈值条件, 确认当“供气工质流量—放电电流”的比值超过 10 sccm/A 时, 接触器将会进入到羽流工作模式。在该区域中接触器将会发生较为剧烈的振荡, 放电电压峰—峰值一般超过 5V。经频谱分析(FFT), 导致该放电不稳定性的原因是需要用较少供气工质产生较多放电电流时的电离不稳定性, 这种不稳定性对应的频率分量约在 1MHz 左右, 采用增加供气流量或者降低放电电流的方法可以有效地抑制该种振荡的发生。

关 键 词: 等离子体接触器; 放电振荡; 频谱分析; FFT

中图分类号: TB43; 0484; TP271+.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2021)05-0072-05

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2021.05.12

FFT Analysis of Discharge Oscillations of Plasma Contactor

FENG Jie, CHENG Rong, ZHAO Yong, WANG Yan-long, WANG Shang-min, ZHANG Hong, JIA Yan-hui

(Science and Technology on Vacuum Technology and Physics Laboratory,
Lanzhou Institute of Physics, Lanzhou 730000, China)

Abstract: In order to find the main area where the contactor vibrates during operation, an experiment is designed to find the threshold condition for the contactor to enter the plume working condition. We confirm that when the ratio of “gas flow rate—discharge current” exceeds 10 sccm/A, the contactor enter the plume working mode. In this area, the contactor will oscillate more severely, and the peak-to-peak discharge voltage generally exceeds 5V. According to FFT analysis, the cause of the discharge instability is the ionization instability when a smaller gas supply is inlet to generate more discharge current. The frequency component corresponding to this instability is about 1MHz. The more air flow rate, or the smaller discharge current can effectively suppress the occurrence of this kind of oscillation.

Key words: plasma contactor; discharge oscillation; spectrum analysis; FFT

等离子体接触器又称空心阴极发射器, 该装置利用空心阴极组件作为电子源, 在工作过程中对舱体表面发射电子, 使得航天器与航天员间的电位差始终维持在安全阈值内。

目前, 国际空间站上的 SSC (Space Station Contactor) 产品^[1-4]已经得到了实际应用。等离子体接触器与离子推力器、霍尔推力器等静电型推力器类似, 采用空心阴极作为其电子源, 但两者工况不同。相比在静电型推力器上作主阴极或中和器的空心阴极而言, 等离子体接触器采用的工质气体流量大, 这可以保证等离子体接触器工作期

间其内部气压更高、参与放电的工质气体原子数量更多, 因此其放电电压通常小于对应空心阴极产品。

等离子体接触器在进行地面性能考核时, 通常需要与布置于真空舱体外部的电源单元共同构成放电回路, 这就导致了放电回路中的放电特性并非单纯的取决于接触器的静态特性, 而是由整个放电回路的特性所决定。

目前国内外针对等离子体接触器的研究大多采用三极管模式, 即在接触器前端放置平板阳极、锥形阳极或者圆筒状阳极。研究主要考核接

收稿日期: 2020-09-20

作者简介: 冯杰(1988-), 男, 甘肃省渭源人, 硕士, 工程师。

* 基金项目: 国家自然科学基金(12005087); 国家自然科学基金青年基金(11702123); 国防科工局稳定支持重点实验室基金。