

IDENTIFICAÇÃO DE SISTEMA DE VAZÃO EM MOTOR FOGUETE HÍBRIDO

Miguel Andrade Amâncio dos Anjos¹; Anderson Kenji Hirata²; Renato Félix Nunes³

¹ Instituto Federal de São Paulo. (andrademiguel071@gmail.com).

² Instituto Federal de São Paulo. (anderson.hirata@ifsp.edu.br).

³ Instituto de Aeronáutica e Espaço. (renatorfn1@fab.mil.br).

Resumo: A propulsão líquida ocupa um papel central no desenvolvimento de foguetes, devido à sua capacidade de controlar o empuxo de forma contínua, diferentemente dos motores de propelente sólido, que possuem queima pré-determinada. Nesse contexto, o controle da vazão dos propelentes é um fator decisivo, pois a vazão está relacionada diretamente a magnitude do empuxo, além de influenciar a razão de mistura entre oxidante e combustível, fatores determinantes para a eficiência da combustão. A correta modelagem dessa dinâmica é essencial para o projeto de sistemas de controle na área aeroespacial, superando os desafios e a complexidade da modelagem analítica tradicional. Dessa forma, faz-se necessário o estudo de uma metodologia experimental e simulação computacional voltada para a identificação de sistemas aplicada à dinâmica de vazão mássica em Motores Foguete a Propelente Híbrido. Na linha de pesquisa desenvolvida no Laboratório de Propulsão Líquida (LEPR) do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), estudos estão sendo realizados sobre todas as fases do processo de queima de propelentes híbridos. Para controle da queima de propelente líquido, é realizada a aquisição de dados de vazão por meio de um sensor do tipo Coriolis, o qual é integrado a um sistema de aquisição PXI-Labview da National Instruments (NI), que garantem a precisão e a resolução temporal necessárias para os testes. Após a coleta de dados do ensaio de caracterização de propelente, realizou-se uma análise no domínio da frequência utilizando a Transformada Rápida de Fourier (FFT), que permitiu mapear o conteúdo espectral, diferenciando a dinâmica física de interesse de ruídos ou vibrações indesejadas. A partir dessa análise, aplicou-se uma filtragem digital com filtros do tipo Infinite Impulse Response (IIR), que maximizaram a relação sinal-ruído e preservaram as características originais de baixa frequência. Após o processamento, as séries temporais foram organizadas em formato tabular via scripts em Python e exportadas para o ambiente MATLAB. A modelagem empregou a ferramenta *System Identification Toolbox* e o algoritmo N4SID para estimar diretamente as matrizes do modelo linear discreto em espaço de estados. A validação do modelo, baseada no índice *Best Fit*, atestou a capacidade da metodologia em reproduzir fielmente os dados experimentais e a saída simulada. Conclui-se que o modelo em espaço de estados obtido é altamente representativo da dinâmica de vazão, estabelecendo uma base sólida para embasar o desenvolvimento futuro de estratégias de controle e estabilidade do motor. Dessa forma, os resultados alcançados viabilizam a futura implementação de malhas de controle de empuxo mais eficientes e seguras para testes em bancada, contribuindo significativamente para o avanço das pesquisas em propulsão aeroespacial.

Palavras-chave: Identificação de Sistemas; Motor Foguete Híbrido; Vazão Mássica; Espaço de Estados; Processamento de Sinais.