

Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica/Aeroespacial

Projeto de piloto automático
Etapa 6

Aluno: Davi Ferreira Santiago
Matrícula: 2021020422
Aluno: Leonardo Hemerly Menezes Collaço dos Santos
Matrícula: 2020027849
Aluno: João Pedro Tavares da Fonseca Lima
Matrícula: 2020421962

Belo Horizonte, 26 de agosto de 2024

Resumo

Sexta etapa do trabalho de simulação referente à disciplina de "Introdução ao Controle Automático de Aeronaves". Esta etapa consiste no projeto de um piloto automático de manutenção de altitude usando o *Simulink*. É utilizado o modelo linearizado da etapa anterior para projeto e teste do controlador. O presente documento contém a topologia do controlador, bem como os ganhos sintonizados e a resposta do sistema a duas diferentes referências sugeridas pelo docente responsável pela disciplina.

Conteúdo

1 Estratégia de controle	4
1.1 Requisitos de desempenho	4
2 Resultados	5
2.1 Variação positiva de 5%	5
2.2 Variação negativa de 20%	6
3 Conclusões	7

1 Estratégia de controle

Conforme apresentado em sala de aula, é projetado um controlador de manutenção de altitude, Fig. 1.

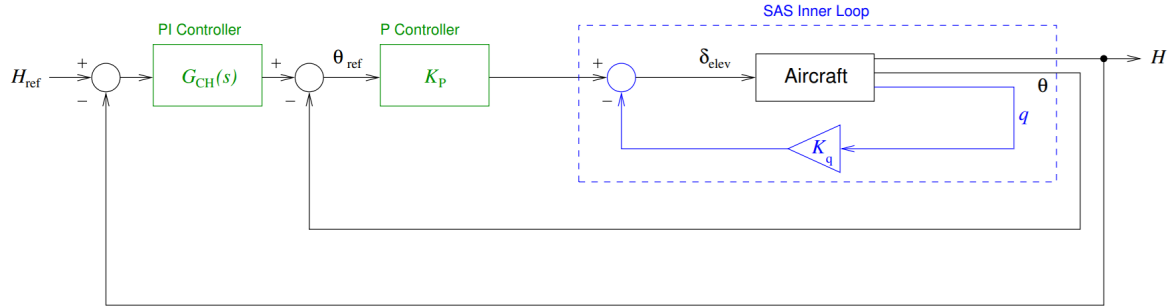


Figura 1: Topologia do controlador utilizado.

Desse modo, o controlador é implementado em simulação, de maneira tal que

$$G_{CH}(s) = k_p \left(1 + \frac{1}{T_I s} \right). \quad (1)$$

Inicialmente, para uma entrada qualquer, sintonizou-se o ganho K_q do laço interno SAS de maneira a aumentar a estabilidade do sistema, verificando a resposta do sistema. Em sequência sintonizou-se o ganho K_P do controlador proporcional, buscando atingir uma resposta desejada de ângulo de arfagem. Finalmente, sintonizaram-se os ganhos do controlador proporcional-integral, buscando atingir os critérios estabelecidos e um overshoot aceitável. Explicitam-se os ganhos encontrados:

Controlador	Parâmetro	Valor
Controlador PI	k_p	0.005
	T_I	17.5
Controlador P	K_P	6
Laço interno SAS	K_q	3

Tabela 1: Tabela de ganhos dos controladores.

Ademais, buscando suavizar bordas de transição em alta frequência provenientes do degrau, é inserido também um filtro passa-baixas na altitude de referência a ser passada ao controlador, onde a equação deste é dada por

$$F(s) = \frac{1}{\tau s + 1}, \quad (2)$$

onde τ é a constante de tempo do filtro, sendo utilizado o valor de 30 s.

1.1 Requisitos de desempenho

Para o projeto, são utilizados os seguintes critérios:

- Tempo de acomodação inferior a 50% do tempo de acomodação do polo referente ao modo fugoide, i.e. aproximadamente 380 s;
- Erro zero em regime permanente para a resposta ao degrau.

2 Resultados

Desse modo, são gerados resultados para referências de $+5\%$ e -20% da altitude na condição de equilíbrio encontrada.

2.1 Variação positiva de 5%

Inicialmente, é mostrado o rastreamento da referência de altitude, onde são mostrados também limites do critério de 2% para explicitar o tempo de acomodação do sistema.

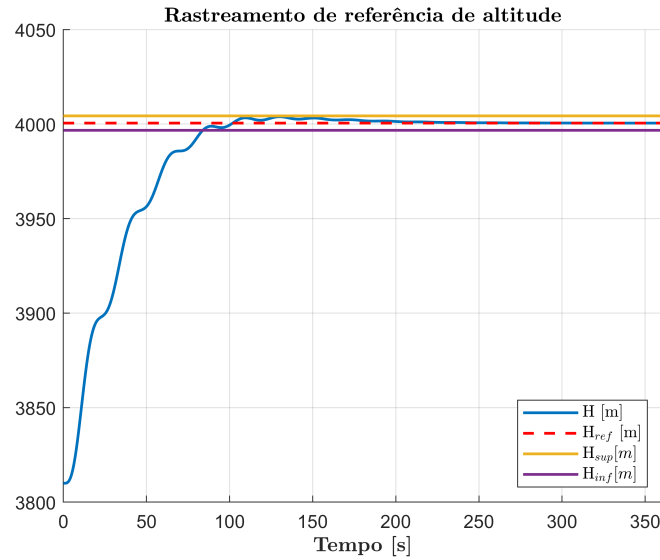


Figura 2: Rastreamento da referência de altitude.

Desse modo, o tempo de acomodação foi de 83.8 s , inferior aos 380 s requisitados, e o erro nulo em estado estacionário para a resposta ao degrau. Plotam-se também algumas variáveis de estado e a ação de controle dada pela deflexão do profundor.

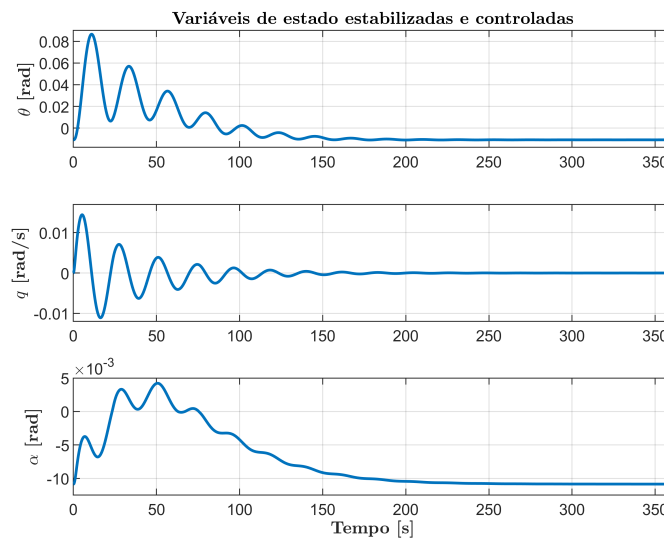


Figura 3: Variáveis de estado manipuladas.

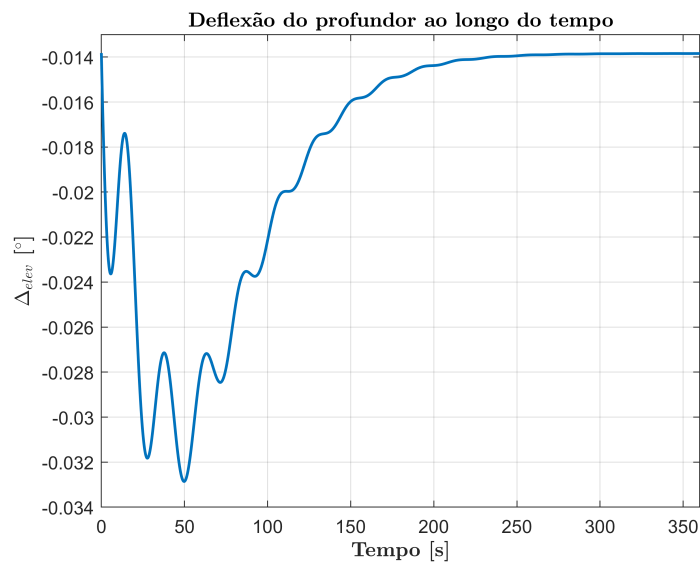


Figura 4: Ação de controle.

2.2 Variação negativa de 20%

Inicialmente, é mostrado o rastreamento da referência de altitude, onde são mostrados também limites do critério de 2% para explicitar o tempo de acomodação do sistema.

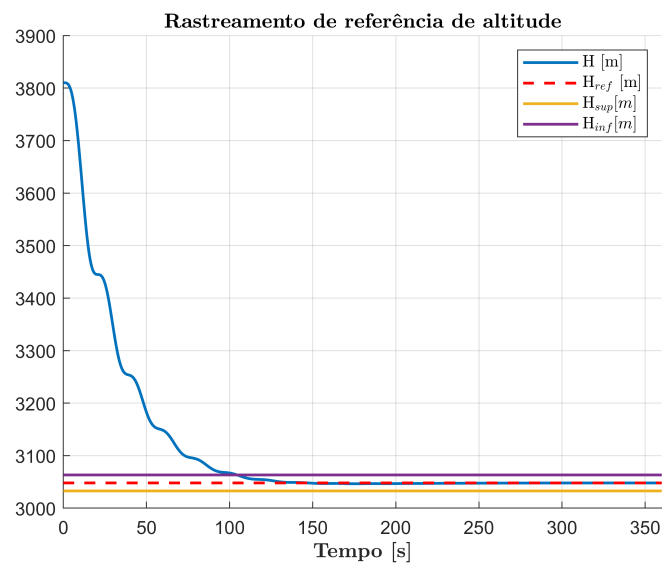


Figura 5: Rastreamento da referência de altitude.

Desse modo, o tempo de acomodação foi de 105.1 s, inferior aos 380 s requisitados, e o erro nulo em estado estacionário para a resposta ao degrau. Plotam-se também algumas variáveis de estado e a ação de controle dada pela deflexão do profundor.

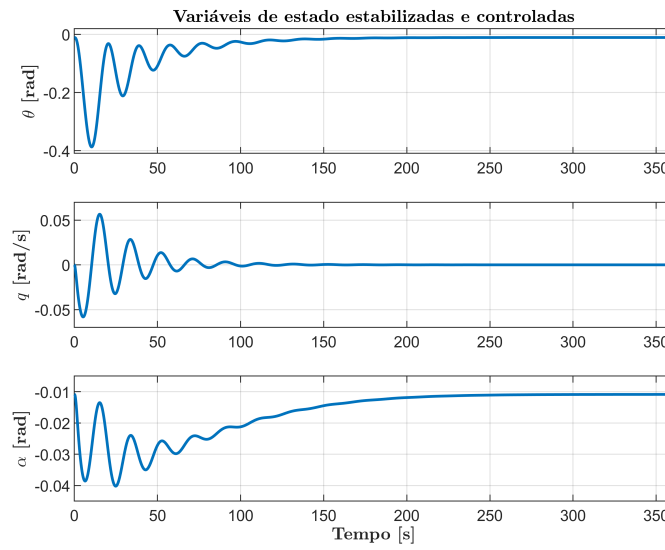


Figura 6: Variáveis de estado manipuladas.

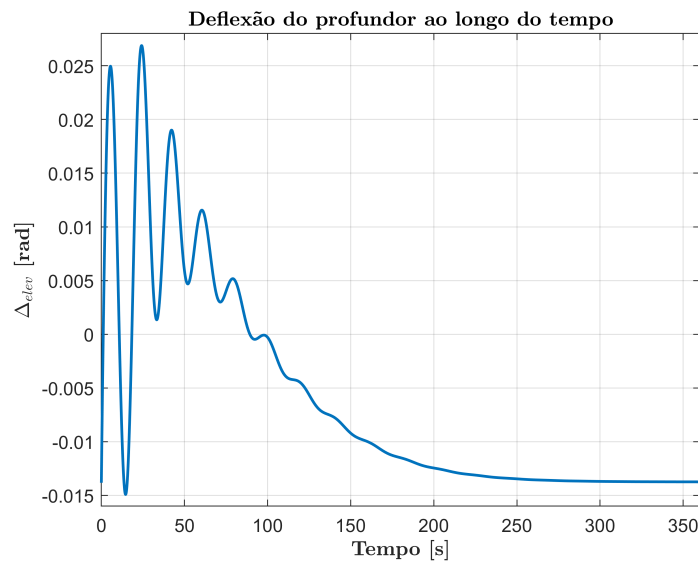


Figura 7: Ação de controle.

3 Conclusões

Por fim, o controlador projetado foi capaz de seguir todos os requisitos de desempenho, bem como rastrear a referência de altitude fornecida.