

## Departamento de Electrónica Industrial da EEUM

Disciplina: **CONTROLO AUTOMÁTICO II** 2º Semestre  
Cursos em que é ministrada: **ENG. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL**

Aula TP – Sistema dinâmico com 3 polos e 1 zero: **Controlo da inclinação de “mergulho” de um veículo submersível não tripulado**

A figura seguinte ilustra um veículo submersível não tripulado. Duas variáveis importantes a controlar neste tipo de veículos são a direcção de navegação do submersível e a profundidade. Nesta folha de estudo vamos-nos concentrar na controlo da profundidade. O controlo da profundidade pode ser realizado usando como variável de controlo a inclinação de mergulho do submersível.

O sistema funciona da seguinte maneira: no veículo existe uma peça (chamada elevador de superfície) cuja deflecção, durante o movimento, faz com que este rode em torno do eixo horizontal. A inclinação do veículo por sua vez cria uma força vertical que faz com que o veículo se eleve ou mergulhe (dependendo do sentido da força).



Figura 1.  $\theta(t)$  é a inclinação do submersível, em relação a um referencial, no instante  $t$ .

A função de transferência que relaciona o ângulo de inclinação,  $\theta(t)$ , com o ângulo de deflecção do elevador de superfície ( $\delta(t)$ ) é dada por:

$$G(s) = \frac{L\{\theta(t)\}}{L\{\delta(t)\}} = \frac{\Theta(s)}{\Delta(s)} = \frac{-0.125(s+0.435)}{(s+1.23)(s^2+0.226s+0.0169)}$$

1. Usando apenas os “polos de segunda ordem” da função de transferência faça uma estimativa da sobre-elongação percentual, do tempo de subida, do tempo de pico e do tempo de estabelecimento a menos de 2%.
2. Determine a evolução temporal do ângulo de inclinação quando o ângulo de deflecção do elevador de superfície consiste num degrau de amplitude unitária.
3. Avalie o efeito do polo adicional e do zero adicional na validade da aproximação de 2ª ordem.
4. Faça o gráfico da resposta dinâmica do sistema ao degrau unitário e analise as conclusões que tirou na alínea anterior.

5. Suponha que se pretende controlar o ângulo de inclinação do submersível. Desenhe o diagrama de blocos do sistema de controle. Admita que a função de transferência do actuador da deflexão do elevador é dada por:  $G_{de}(s) = \frac{2}{s+2}$
6. Se a lei de controle for o controle proporcional. Qual é a função de transferência do sistema em malha fechada?
7. Suponha que se pretende que o veículo mergulhe com um ângulo de  $45^\circ$ . É possível um erro nulo? Justifique.
8. Qual o ganho do controle proporcional para que o erro em regime estacionário seja 2%?