

# Projeto de Compensadores para Controle de Velocidade de Cruzeiro (T2)

Com o avanço da tecnologia, os veículos automotores estão cada vez mais equipados com sistemas de controles autônomos, de forma que variáveis importantes possam ser estabilizadas e reguladas sem a dependência da ação do motorista. Um exemplo neste sentido, atualmente já bem estabelecido na indústria, é o *Cruise Speed Control*. Este sistema de automação veicular consiste em manter a velocidade de um automóvel estabilizada a partir da operação automática do pedal acelerador, bastando ao motorista apenas configurar o valor de velocidade de cruzeiro desejada. Este sistema de controle tem como principal vantagem evitar a fadiga muscular do motorista na ação manual do pedal acelerador, algo especialmente útil para viagens longas em estradas predominantemente lineares. Além disso, o sistema oferece maior segurança na manutenção da velocidade de cruzeiro correta da via, evitando a possibilidade de excesso de velocidade pelo eventual descuido ou distração do motorista.

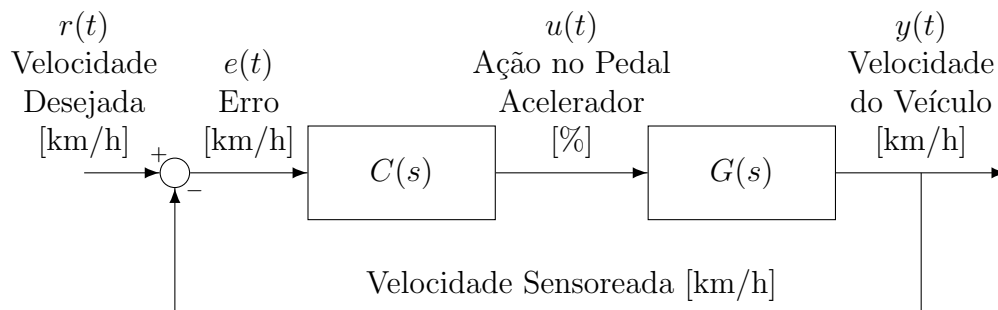


Figura 1: Diagrama de blocos do sistema de controle em malha fechada.

Neste trabalho vamos exercitar o projeto de um sistema de controle em malha-fechada completo para a aplicação mencionada acima, seguindo uma arquitetura clássica conforme apresentado pela Figura 1 acima. Como base para efetuar tal projeto, necessitamos de um modelo descreva a relação



Figura 2: Ícone comumente associado a um sistema de controle de velocidade de cruzeiro em veículos automóveis.

dinâmica entre o sinal de comando no pedal acelerador e a velocidade final do veículo, ou seja, o modelo da planta que estamos interessados em controlar. Para isso, vamos assumir que este processo é governado pela função de transferência:

$$Y(s) = \underbrace{\left( \frac{a}{s^2 + bs + c} \right)}_{G(s)} U(s), \quad (1)$$

onde  $y(t) = \mathcal{L}^{-1}\{Y(s)\}$  representa a velocidade do automóvel (em km/h) e  $u(t) = \mathcal{L}^{-1}\{U(s)\}$  é o nível de atuação no pedal acelerador (em valor percentual de 0 a 100). Os parâmetros  $a$ ,  $b$  e  $c$  representam constantes relacionadas às características físicas do veículo, as quais terão valores aleatórios atribuídos para cada aluno ou dupla em função do número da matrícula de um dos integrantes. Para obter tais parâmetros, execute no MATLAB o programa `main.m` anexado junto com este enunciado, seguindo as instruções embutidas no próprio código. Observe que ao executar este programa, já é automaticamente gerado o Diagrama de Bode da planta  $G(s)$ .

A partir deste Diagrama de Bode  $G(s)$  do processo, seu dever neste trabalho é projetar um compensador dinâmico  $C(s)$  no formato *ganho*, *avanço* e *atraso* para o sistema de controle de velocidade de cruzeiro recém descrito. Tal projeto deve obrigatoriamente atender os seguintes requisitos:

- Malha fechada estável com margem de fase ( $\phi_m$ ) entre 60 e 70 graus;
- Frequência de cruzamento 0 dB ( $\omega_{0dB}$ ) entre 9 e 11 rad/s;
- Erro em regime permanente ao degrau de referência menor ou igual a um centésimo percentual, ou seja:  $e_p \leq 10^{-4}$ .

Para validação do projeto, é necessário apresentar o Diagrama de Bode do laço compensado  $L(s) = C(s)G(s)$ , mostrando o correto atendimento simultâneo de todos os itens requisitados. Além disso, pede-se que o seu compensador  $C(s)$  seja implementado no ambiente MATLAB/Simulink através do arquivo `model.slx` anexado. Este modelo de simulação irá testar o seu controlador em um cenário prático onde a velocidade inicial do veículo é de 80 km/h e o valor de cruzeiro desejado está programado para 100 km/h. Para configurar a simulação basta simplesmente inserir a sua  $C(s)$  projetada dentro do respectivo bloco em cor laranja<sup>1</sup>. Após efetuada a simulação, analise os gráficos de comando no pedal acelerador bem como a resposta do sistema de controle. Realize a mesma simulação para as seguintes versões do seu controle:

- Nenhum compensador ( $C(s) = 1$ );
- Apenas compensação de *ganho*;
- Apenas compensação de *ganho* e *atraso*;
- Apenas compensação de *ganho* e *avanço*;
- Compensador completo: *ganho*, *avanço* e *atraso*.

Através desta análise comparativa, procure entender o papel e utilidade de cada um dos elementos de *ganho*, *avanço* e *atraso* presentes no compensador projetado. Ao final, elabore um relatório descrevendo a metodologia empregada para resolver cada etapa do projeto, bem como discussões sobre os resultados obtidos.

---

<sup>1</sup>Antes de rodar a simulação do arquivo `model.slx` no Simulink, sempre certifique-se de ter executado previamente o `script main.m` para que os parâmetros  $a$ ,  $b$  e  $c$  da planta estejam armazenados na *workspace* do MATLAB. Além disso, tenha atenção para não sobrescrever o valor atribuído para estes três parâmetros.