



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

ES664 - Laboratório de Eletrônica para Automação Industrial

Relatório - Simulação 4 Acionamento de motor DC

Nome:

Daniel Dello Russo Oliveira
Marcelli Tiemi Kian

RA

101918
117892

21 de outubro de 2016

1 Objetivos

Essa simulação tem como objetivo o estudo dos motores DC de ímãs permanentes e sua acionamento através de topologias baseadas em retificadores controlados.

2 Simulações

2.1 Modelagem de um motor DC: diagrama de blocos

Através do Simulink implementamos a função de transferência de um motor DC através do diagrama de blocos apresentado na figura 1.

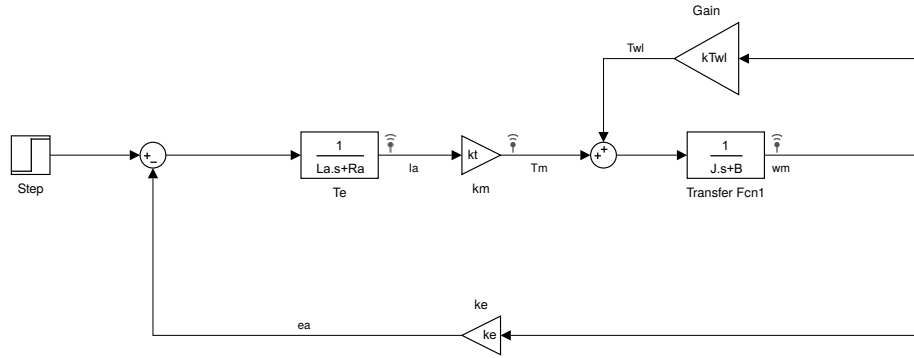


Figura 1: Motor DC implementado através do diagrama de blocos

Separamos a parte elétrica e mecânica da função de transferência do motor conforme pode ser visto na figura. Adotamos os valores apresentados no roteiro para os parâmetros do motor ($R_a = 1.6\Omega$, $L_a = 667\mu H$, $1.1 \times 10^{-4} kg \ m^2$, $B = 1.24 \times 10^{-4} J \ s/rad$, $k_e = 0.038V \ s/rad$ e $k_t = 0.038N \ m/A$).

Simulamos a resposta do motor sem carga a um degrau de 24V obtendo as curvas apresentadas na figura 2

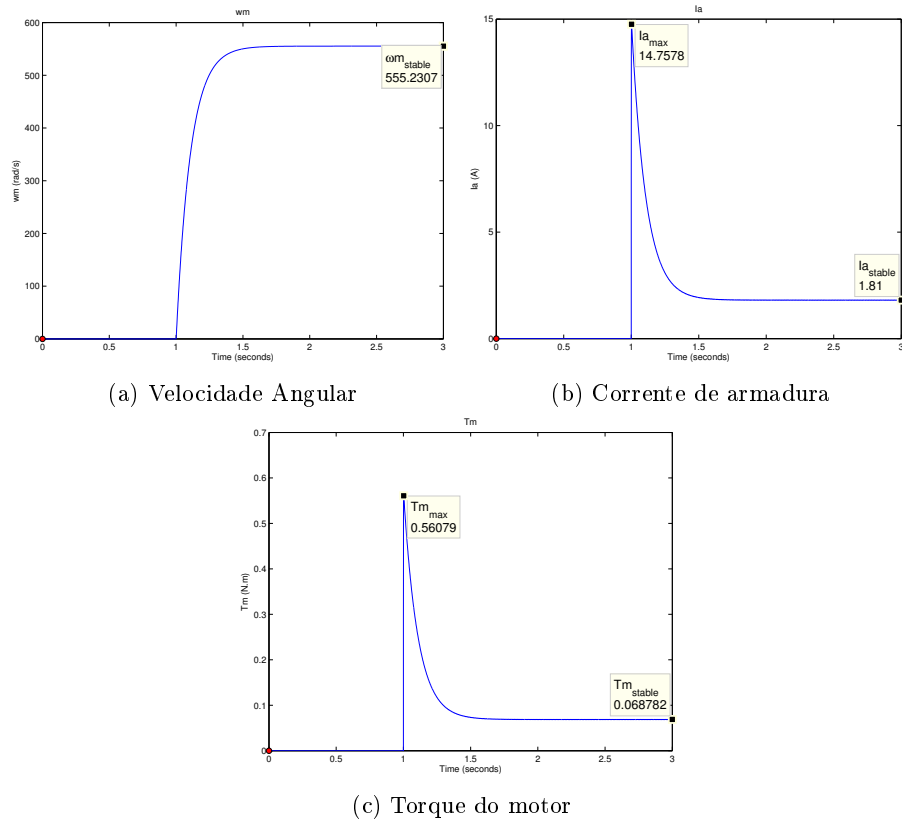


Figura 2: Curvas de resposta do motor sem carga

Colocamos então uma carga proporcional à velocidade no nosso motor (de função $T_{wl} = -5 \times 10^{-4} \omega_m$) e simulamos a resposta do motor ao mesmo degrau de entrada, obtendo as curvas da figura 3

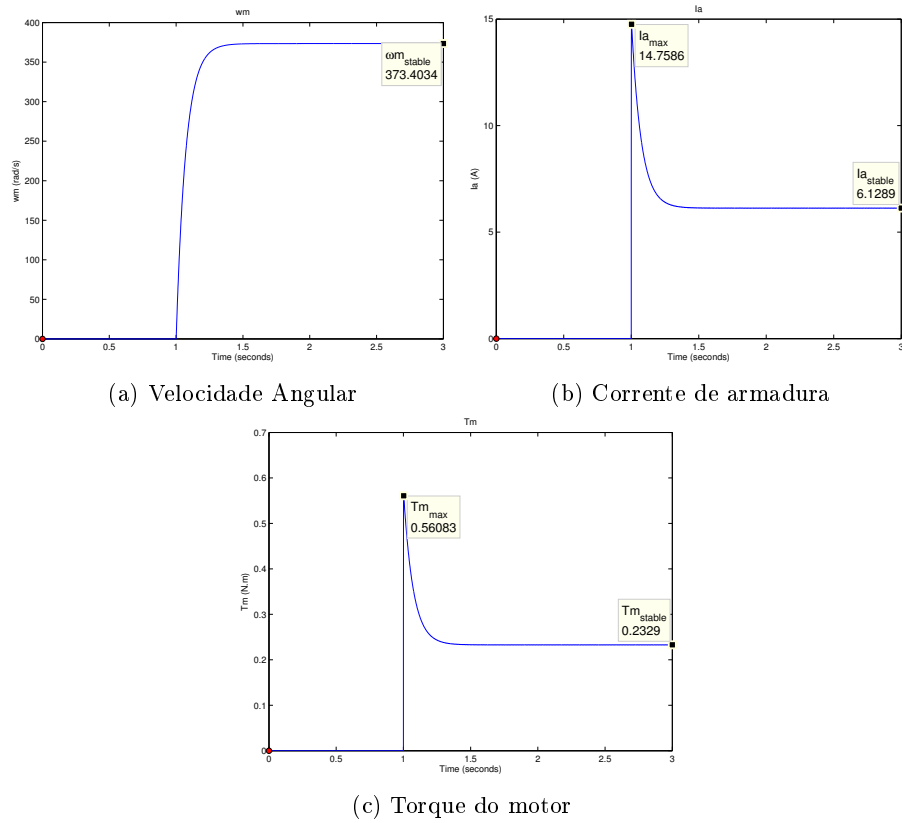


Figura 3: Curvas de resposta do motor com carga proporcional à velocidade

2.2 Modelagem de um motor DC: SimPowerSystems

Utilizando a biblioteca SimPowerSystems do Simulink implementamos o mesmo motor DC, agora utilizando o modelo disponível na biblioteca, conforme apresentado na figura 4.

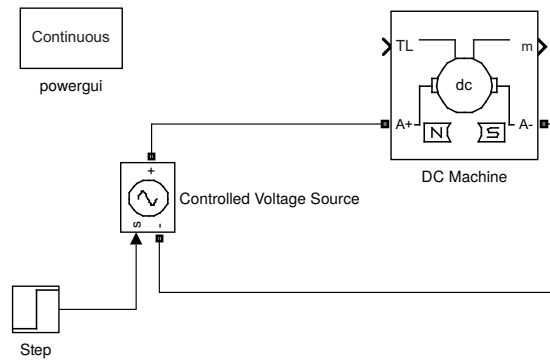


Figura 4: Motor DC implementado através da biblioteca SimPowerSystems

Simulamos a resposta do motor sem carga a o mesmo degrau de 24V obtendo as curvas apresentadas na figura 5

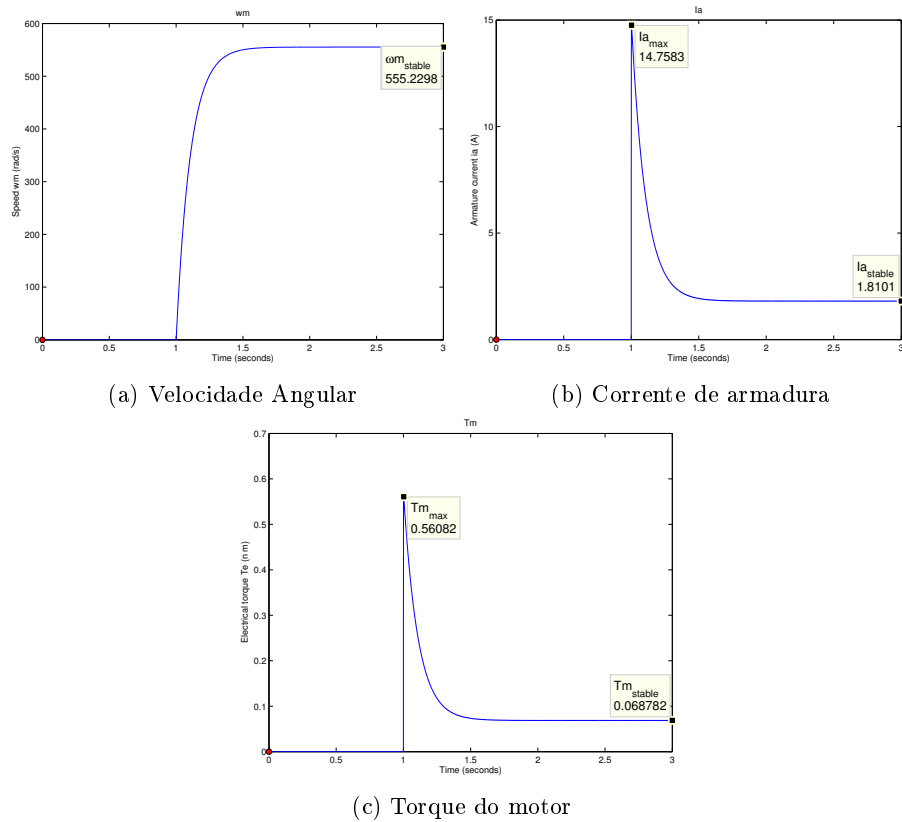


Figura 5: Curvas de resposta do motor sem carga

Como podemos ver os resultados são bastante semelhantes aos apresentados na figura 2, se não praticamente idênticos. Como podemos ver nosso modelo por blocos e o modelo utilizado internamente pela biblioteca são bastante semelhantes.

2.3 Acionamento de motor DC com retificador controlado

Conectamos um retificador monofásico controlado de onda completa no nosso motor alimentado por uma fonte alternada (24 V rms@60 Hz), conforme pode ser visto na figura 6.

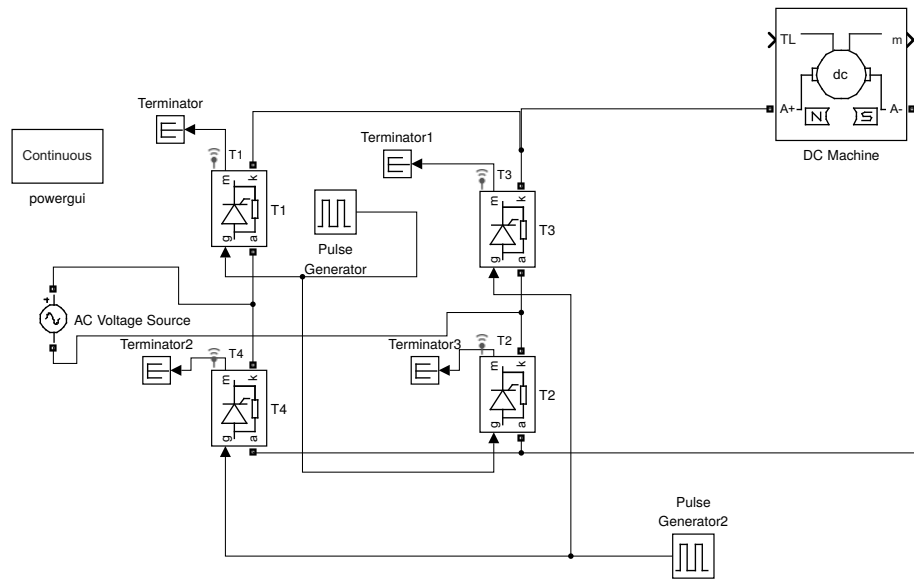
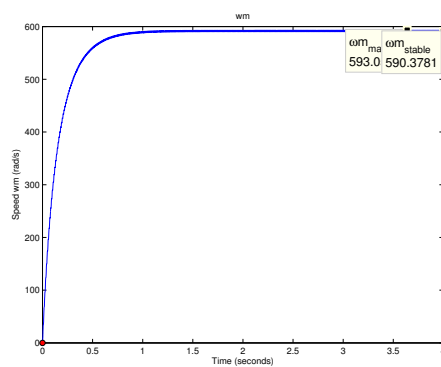
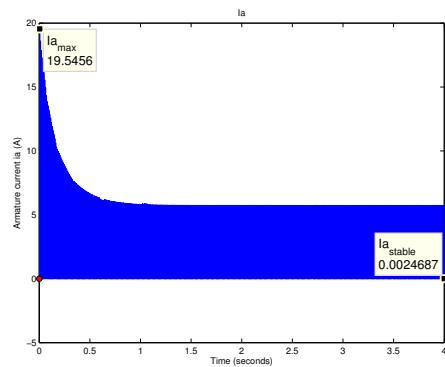


Figura 6: Acionamento de motor DC através de retificador monofásico controlado

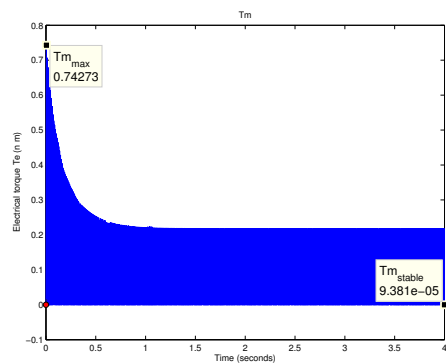
Simulamos a resposta do motor para ângulos de disparo de 0° (figura 7) e 90° (figura 8).



(a) Velocidade Angular



(b) Corrente de armadura



(c) Torque do motor

Figura 7: Curvas de resposta do motor ângulo de disparo 0°

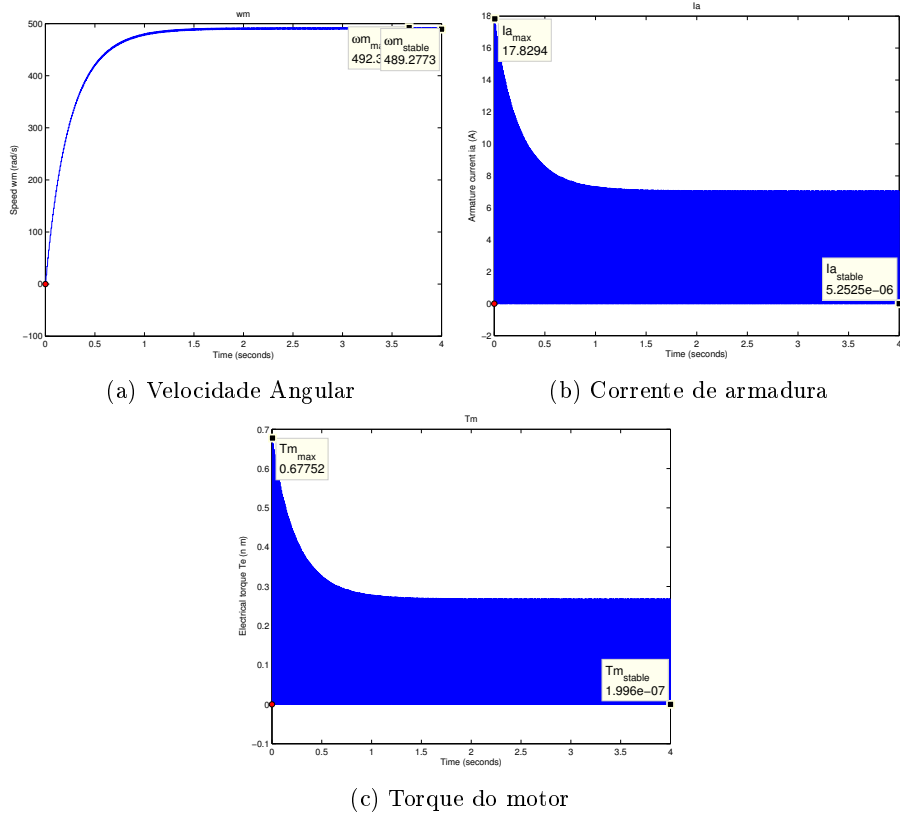


Figura 8: Curvas de resposta do motor ângulo de disparo 90°

Como podemos ver a oscilação de tensão gerada pelo retificador não pode ser sentida na velocidade do motor, porém ela afeta fortemente a corrente de armadura e o torque de saída. Também notamos que o efeito da mudança do ângulo de disparo é muito pequeno, mudando somente o tempo de resposta do circuito. Acreditamos que isso ocorre pois o motor encontra-se já saturado em ambas as configurações. Mudamos a fonte de 24 V rms para tensão de pico 24 V e rodamos as simulações novamente, obtendo as curvas de velocidade apresentadas na figura 9

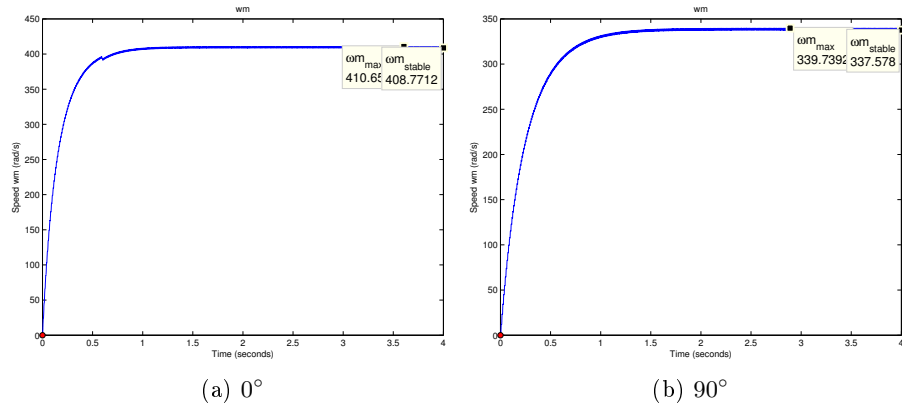


Figura 9: Velocidade do motor para diferentes ângulos de disparo

Como podemos ver, agora o ângulo de disparo tem uma influência considerável na velocidade atingida pelo motor, conforme o esperado uma vez que ao alterar esse ângulo estamos alterando a tensão de armadura média aplicada.

Para resolver o problema das oscilações na corrente de armadura e no torque, conectamos um filtro capacitivo em nosso sistema (através de um capacitor de $0.5F$ conectado em paralelo ao motor), conforme apresentado na figura 10

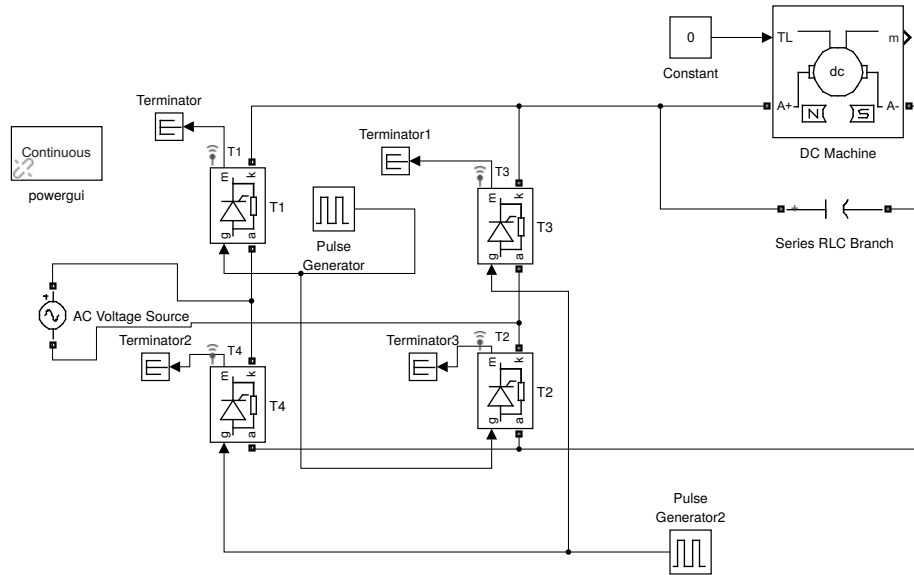
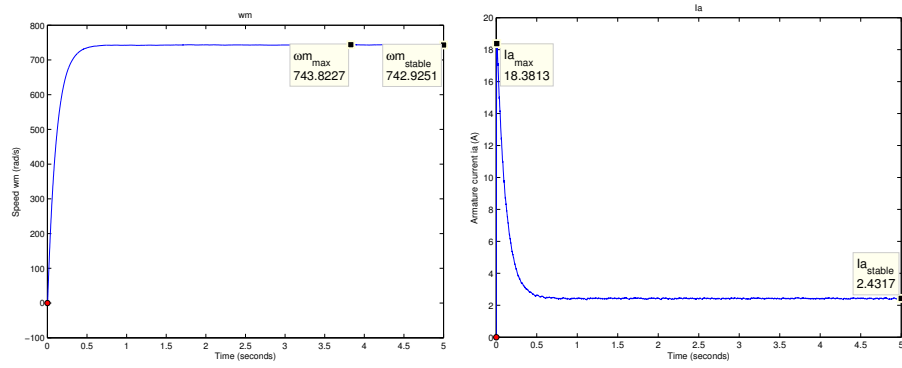


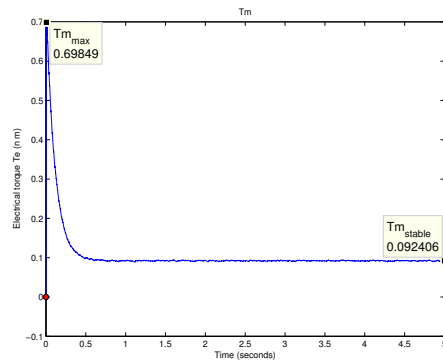
Figura 10: Acionamento de motor DC através de retificador monofásico controlado com filtro capacitivo

Rodamos novamente as simulações para ângulos de disparo de (figura 11) e 90° (figura 12) (com tensão 24 V rms).



(a) Velocidade Angular

(b) Corrente de armadura



(c) Torque do motor

Figura 11: Curvas de resposta do motor ângulo de disparo 0°

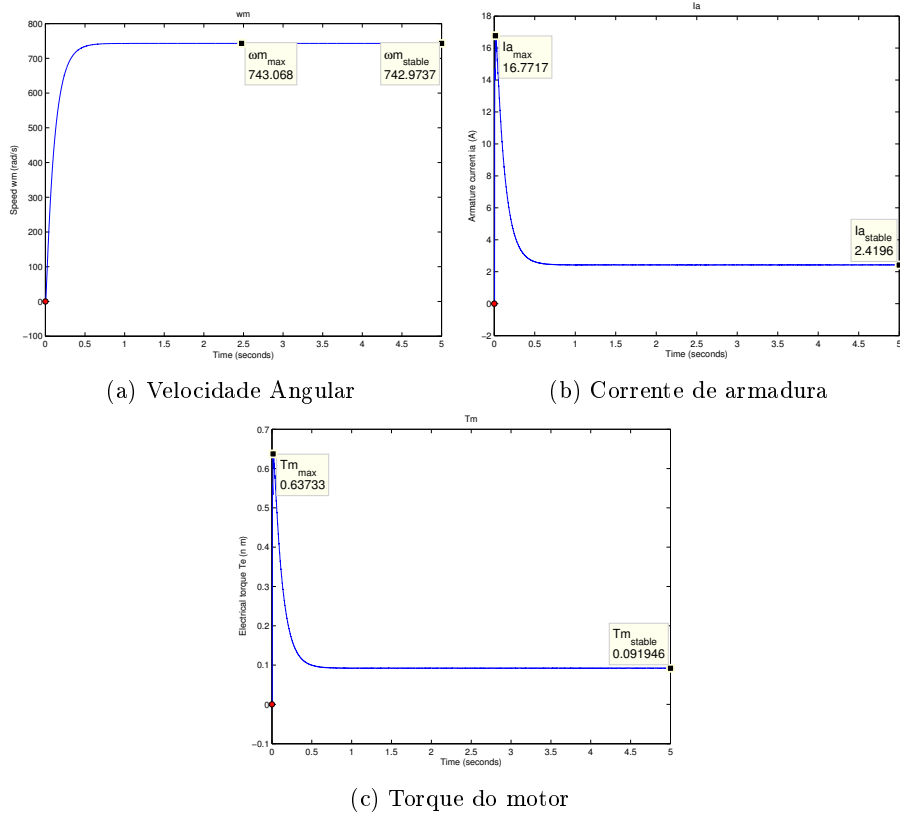


Figura 12: Curvas de resposta do motor ângulo de disparo 90°

Podemos ver que o filtro conseguiu cortar efetivamente as oscilações na corrente e no torque. Devemos lembrar que o motor é uma carga do tipo RLE, logo a tensão de saída do retificador só assume valores maiores que a tensão gerada pelo motor (E) quando a tensão da fonte é maior que E em valor absoluto. Como essa janela é muito pequena o ângulo de disparo tem pouco efeito no funcionamento do motor uma vez que sua velocidade está alta o suficiente.

2.4 Acionamento de motor DC com conversor dual

Colocamos um circuito de acionamento com conversor dual alimentado por uma fonte alternada (24 V rms@60 Hz) e com um capacitor de 1 F em paralelo, conforme pode ser visto nas figuras 13 e 14.

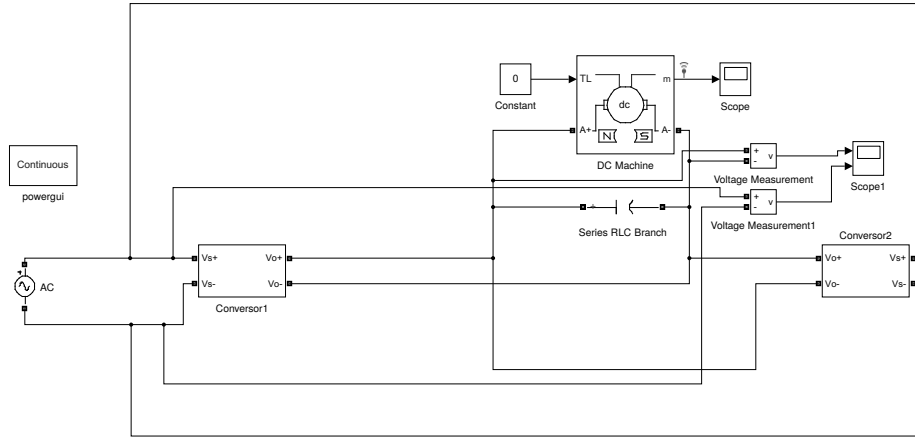


Figura 13: Acionamento de motor DC através de conversor dual

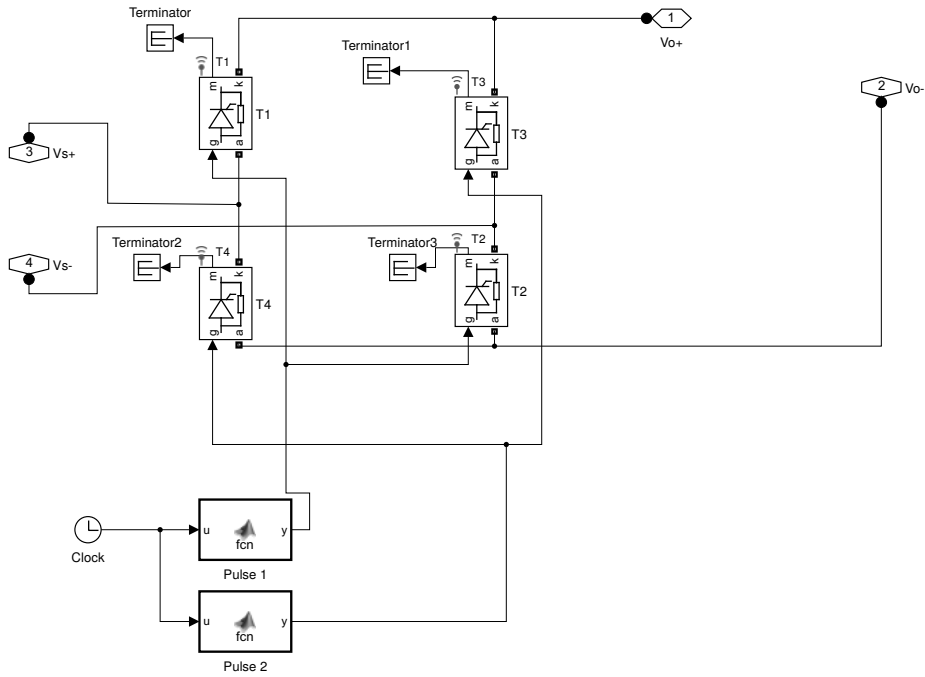


Figura 14: Detalhes do submódulo conversor

Simulamos um ciclo completo de operação do motor variando a velocidade de rotação entre os valores máximos direto e reverso segundo o ciclo $\omega = [0, \omega_+, \omega_-, 0]$. Para isso controlamos o ângulo de disparo dos conversores (ativando eles no máximo com o ângulo de disparo $\alpha = 0^\circ$ e desativando com

$\alpha = 180^\circ$). Para colocar o motor em rotação máxima positiva ativamos o conversor um com ângulo de disparo $\alpha_1 = 0^\circ$ e o conversor dois com $\alpha_2 = 180^\circ$. Para rotação máxima reversa $\alpha_1 = 180^\circ$ e $\alpha_2 = 0^\circ$ e para $\alpha_1 = 90^\circ$ e $\alpha_2 = 90^\circ$. Os resultados da simulação estão apresentados na figura 15.

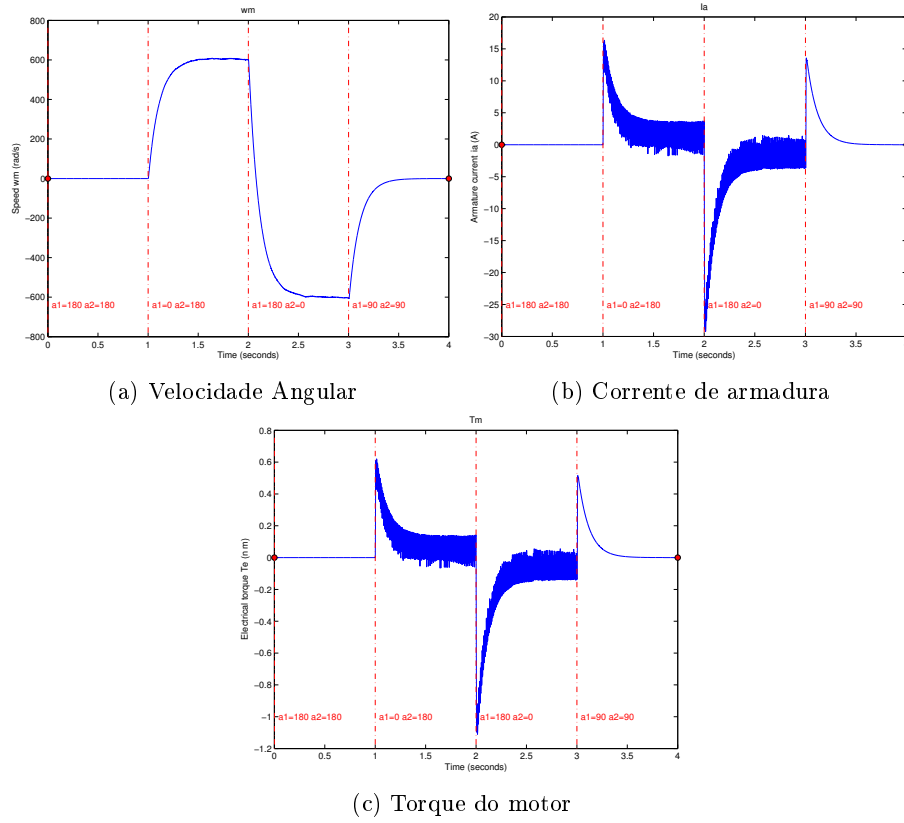


Figura 15: Ciclo completo do motor acionado por conversor dual

3 Questões

3.1 Princípio de funcionamento de um motor DC

3.2 Quadrantes dos conversores

3.3 Controle em malha aberta

4 Referências

[POMILIO, 1998] POMILIO, J.A. **Topoplogias Básicas De Fontes Chaveadas**. Apostila Eletrônica de Potência - Cap. 3, Unicamp/FEEC, 1998.