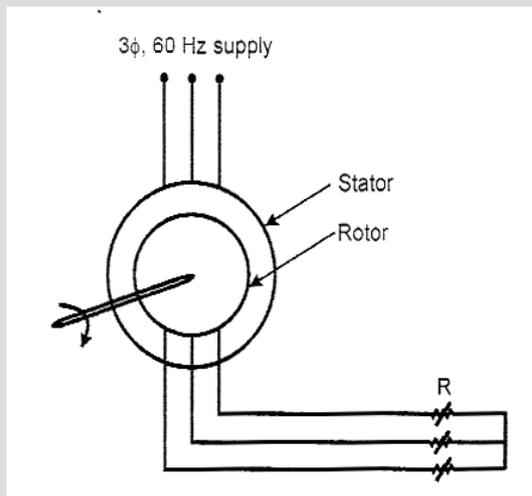


Controle de Motores de Indução

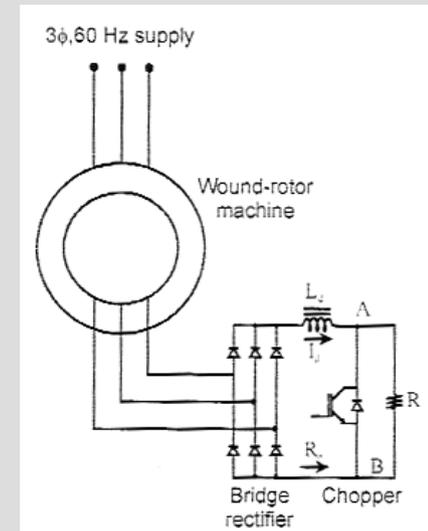
- UERJ
- PROMINP
- Prof. José Paulo V. S. da Cunha
- Referência:
 - Bose, B. K., Modern Power Electronics and AC Drives, Upper Saddle River: Prentice Hall PTR, 2001. Seções 5.3, 7.1, 7.2 e Capítulo 8.
- Rio de Janeiro, 25 de setembro de 2012.

Motores de Indução

- Duas categorias:
 - Rotor bobinado
 - Rotor tipo gaiola
- Controle de motores com rotor bobinado:



Reostato no rotor



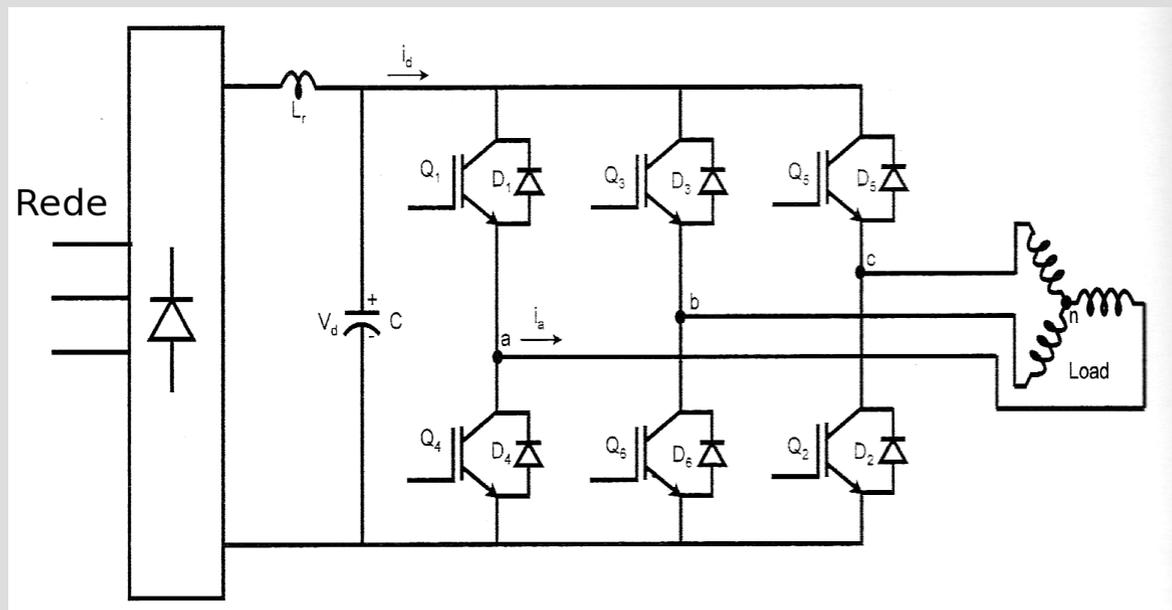
Chopper no rotor

Motores de Indução

- Vantagens dos motores tipo gaiola:
 - Construção simples e de baixo custo
 - Sem escovas
 - Demandam menos manutenção
 - Rotor com menor inércia
 - Mais adequados a atmosferas explosivas ou sujas
- Desvantagens:
 - Modelo dinâmico mais complexo
 - Controle e acionamento mais difícil

Acionamento de Motor de Indução Trifásico

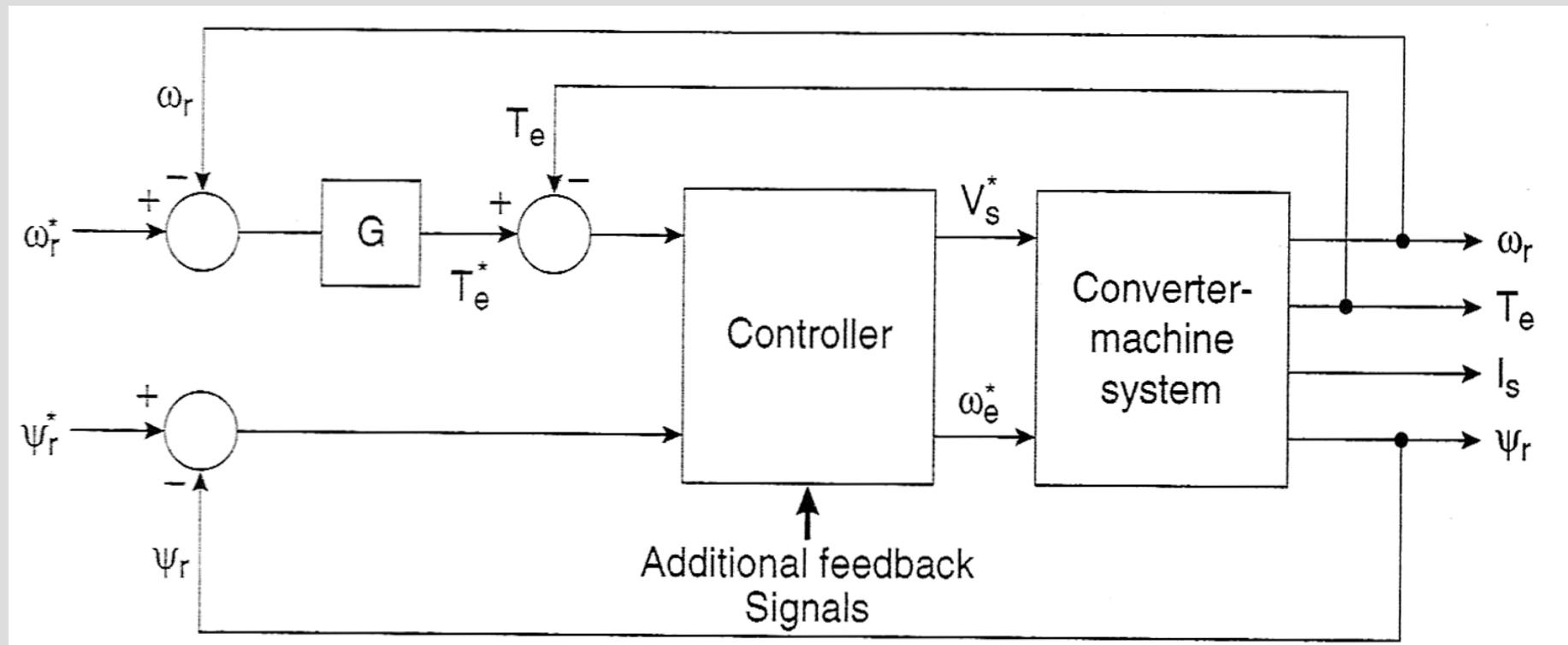
- Inversor tipo ponte conectado a retificador:



- Modos de acionamento:
 - Onda quadrada
 - Modulação de largura de pulso (PWM)

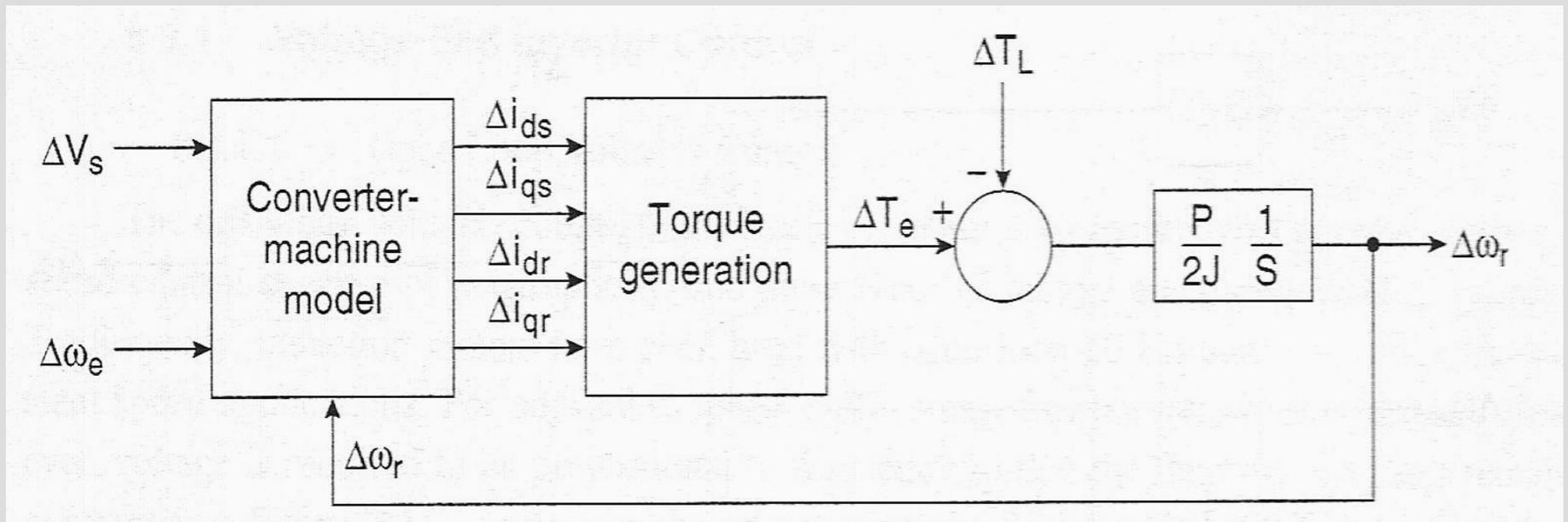
Controle de Motores de Indução

- Diagrama geral:



Controle de Motores de Indução

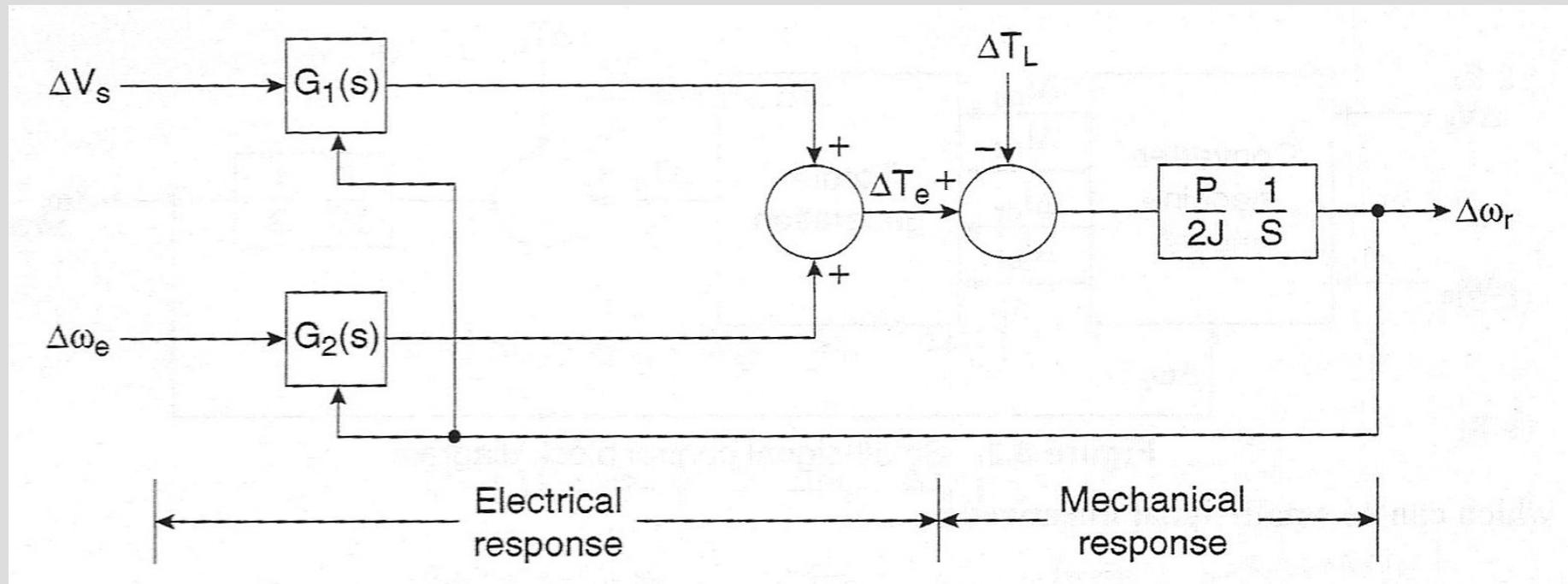
- Modelo para pequenos sinais (incremental):



- Limitação: válido apenas na vizinhança do ponto de operação

Controle de Motores de Indução

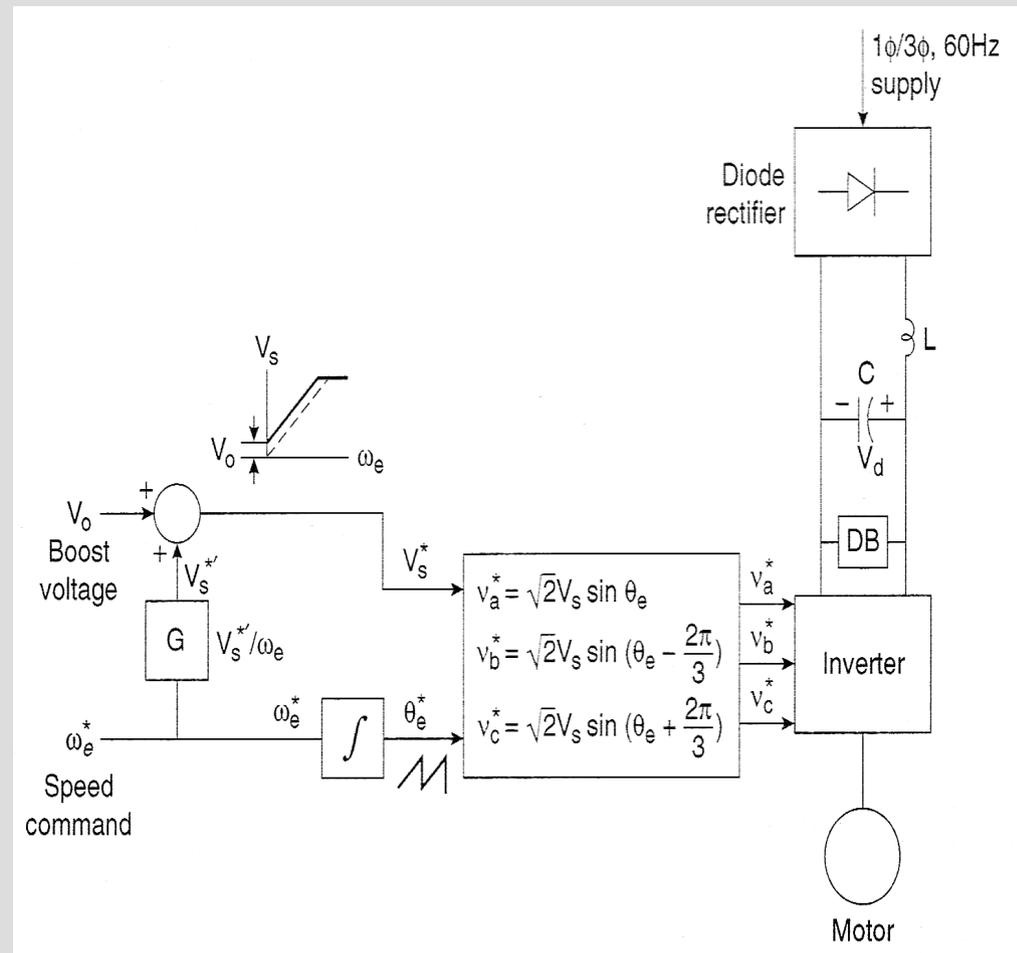
- Modelo para pequenos sinais no domínio da frequência (funções de transferência):



- Facilita projeto de controladores

Controle Escalar de Motores de Indução

- Controle volts/Hz em malha aberta:



Controle Escalar de Motores de Indução

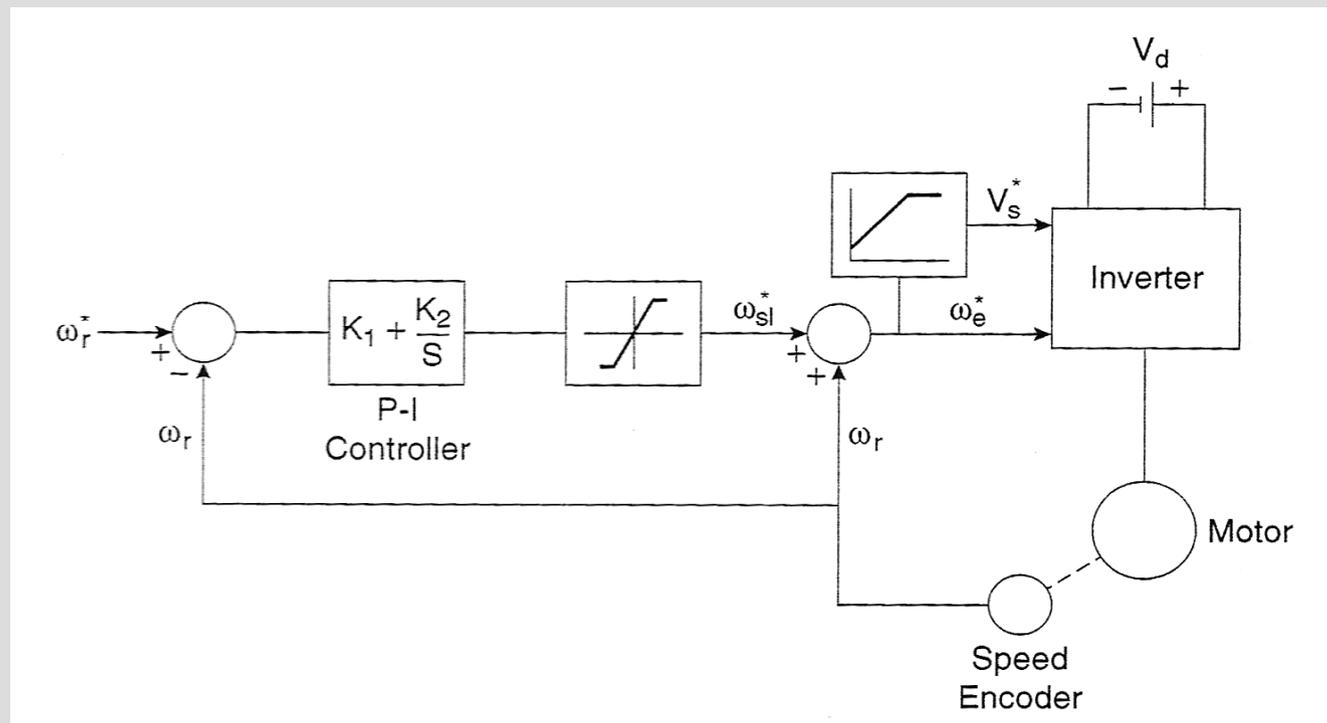
- Controle volts/Hz em malha aberta:
 - Método mais popular de controle de velocidade
 - Frequência comanda velocidade, assumindo-se escorregamento pequeno
 - Ganho G mantém relação tensão/frequência e fluxo constantes:

$$\psi_s = \frac{V_s}{\omega_e}$$

- Tensão *boost* V_o mantém fluxo e torque até com velocidade nula

Controle Escalar de Motores de Indução

- Controle de velocidade em malha fechada via acionamento volts/Hz e malha de controle de escorregamento:

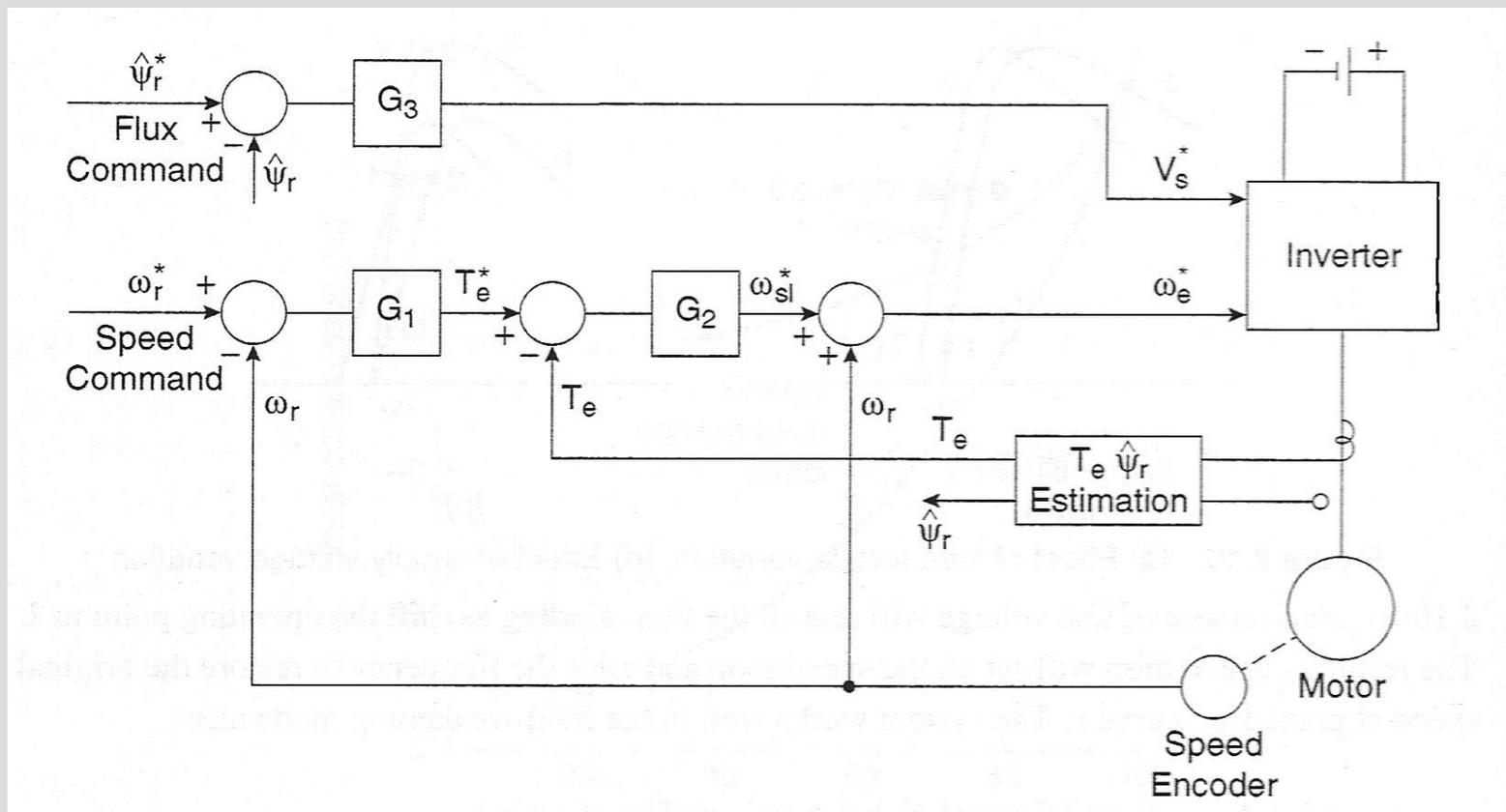


Controle Escalar de Motores de Indução

- Controle V/Hz permite *variação* no fluxo causada pela:
 - Variação da tensão de alimentação;
 - Variação de parâmetros da máquina;
 - etc.
- Isto reduz torque e o torna sensível ao escorregamento

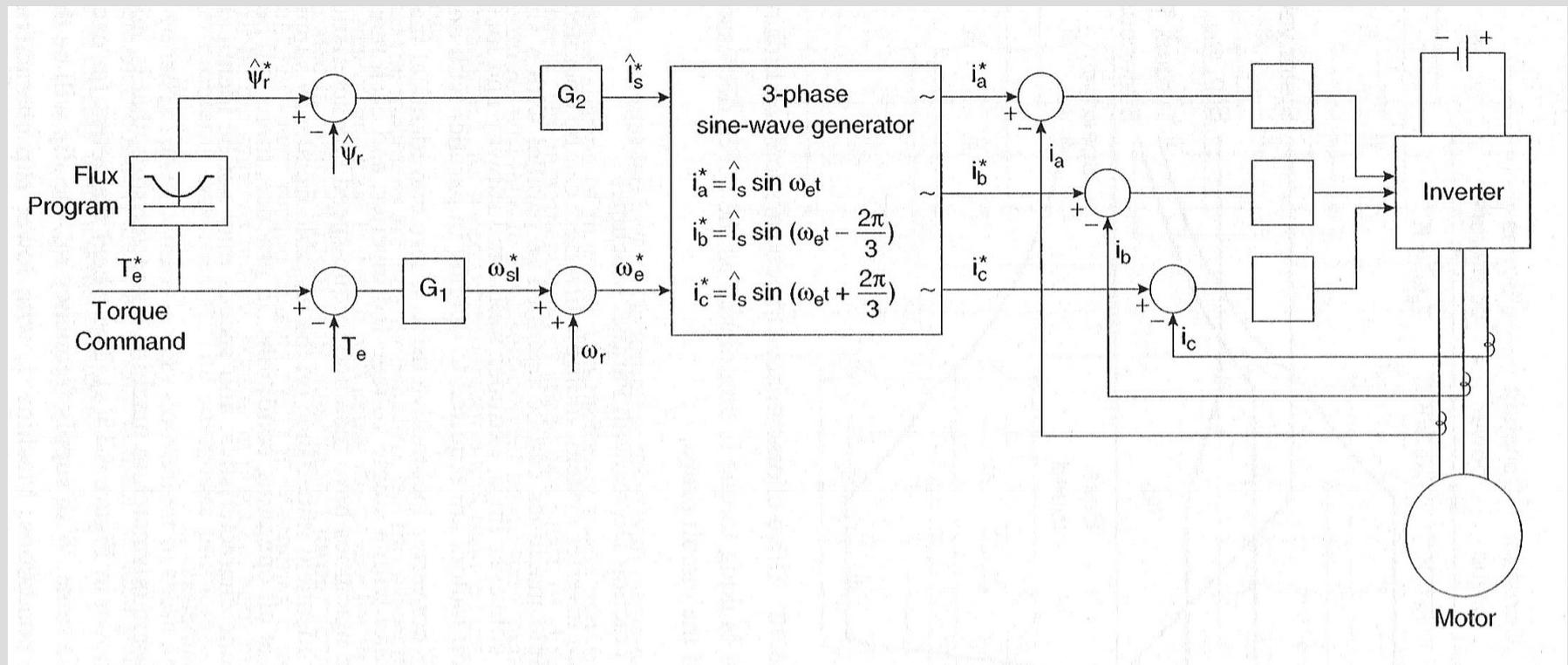
Controle Escalar de Motores de Indução

- Controle de velocidade com controle de torque e fluxo é alternativa ao V/Hz:



Controle Escalar de Motores de Indução

- Inversor com realimentação de corrente para controle de torque e fluxo:



Problemas do Controle Escalar de Motores de Indução

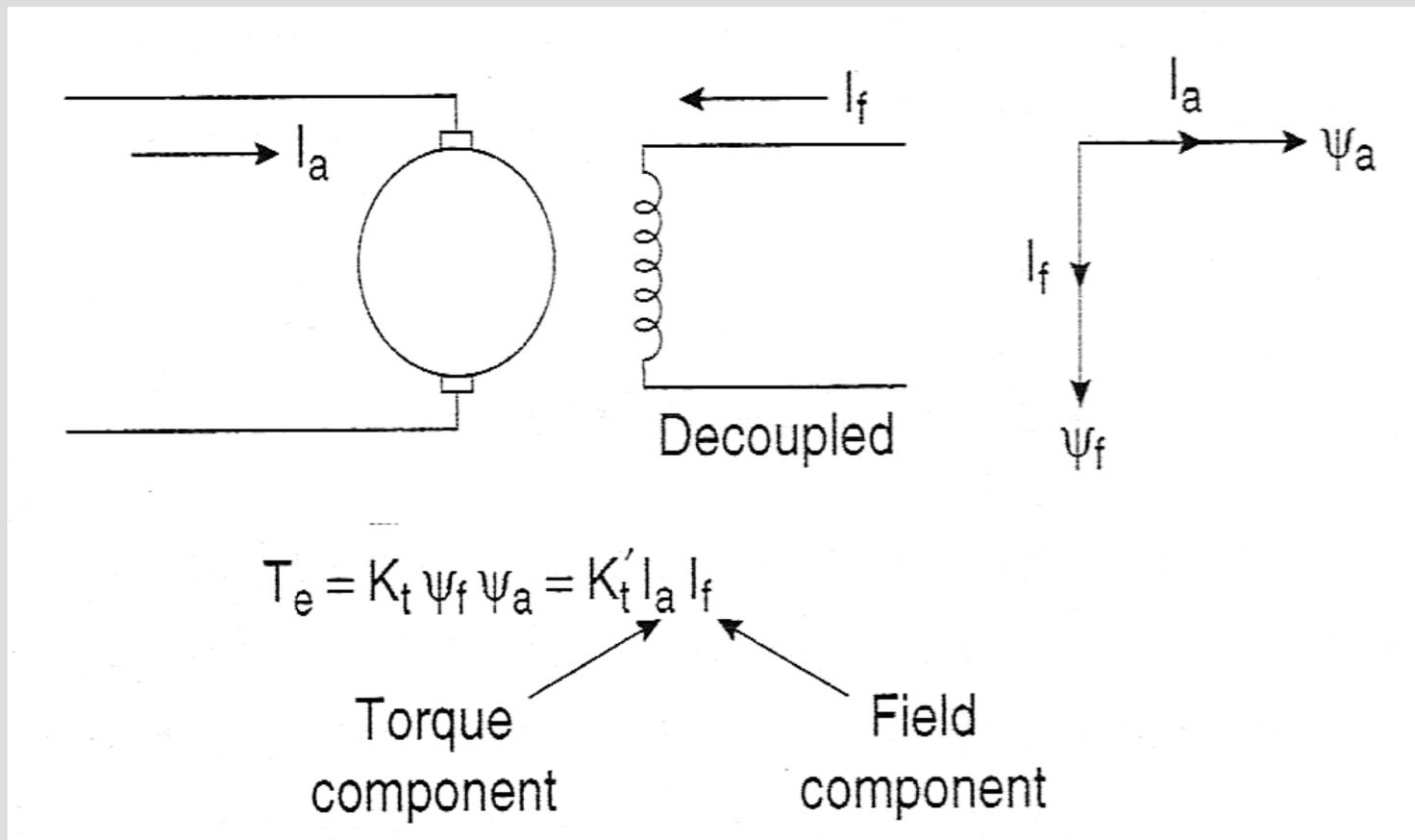
- Inerentemente acoplado: tanto torque quanto o fluxo dependem da tensão e da frequência
- Resposta lenta
- Comportamento não-linear
- Facilmente instabilizável
- Alternativa: Controle vetorial

Controle Vetorial de Motores de Indução

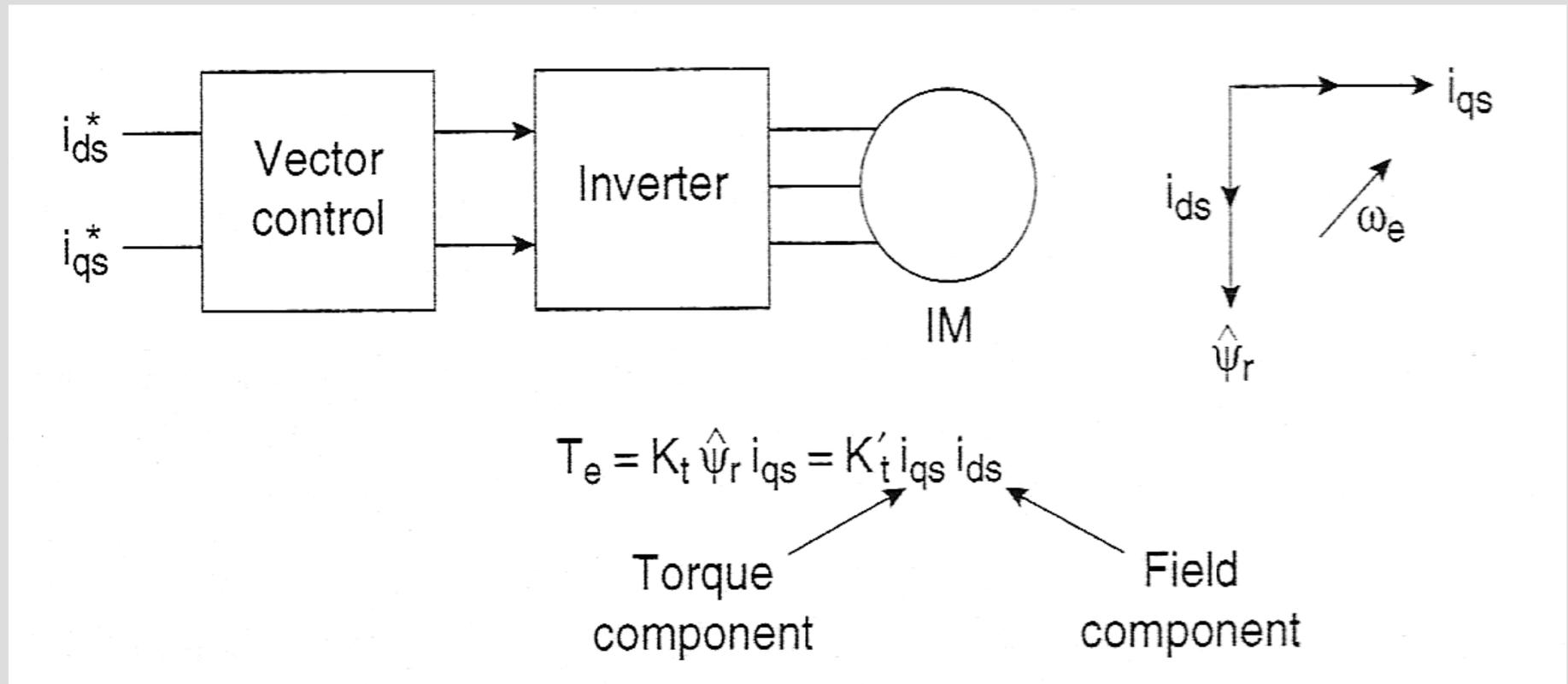
- Também denominado *controle por campo orientado*
- Aplicável a motores assíncronos ou síncronos
- Permite controlar motor de indução como se fosse motor CC com excitação independente
- Excelente desempenho dinâmico
- Demanda microprocessadores de alto desempenho, ex.: DSP – *digital signal processor*
- Cada vez mais popular

Controle Vetorial de Motores de Indução

- Analogia com motor CC:



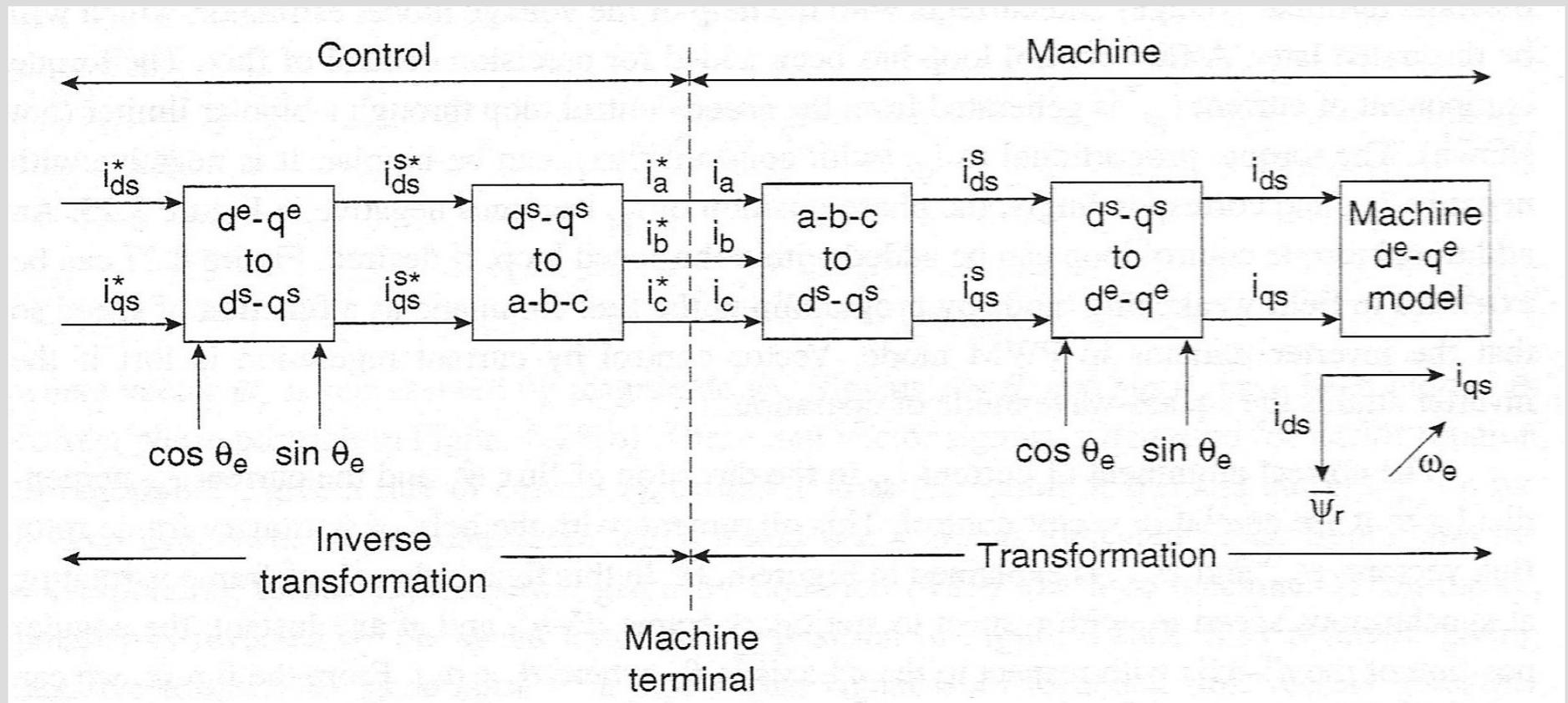
Controle Vetorial de Motores de Indução



- i_{qs} e i_{ds} giram sincronamente com ω_e
- Equações de torque são análogas!

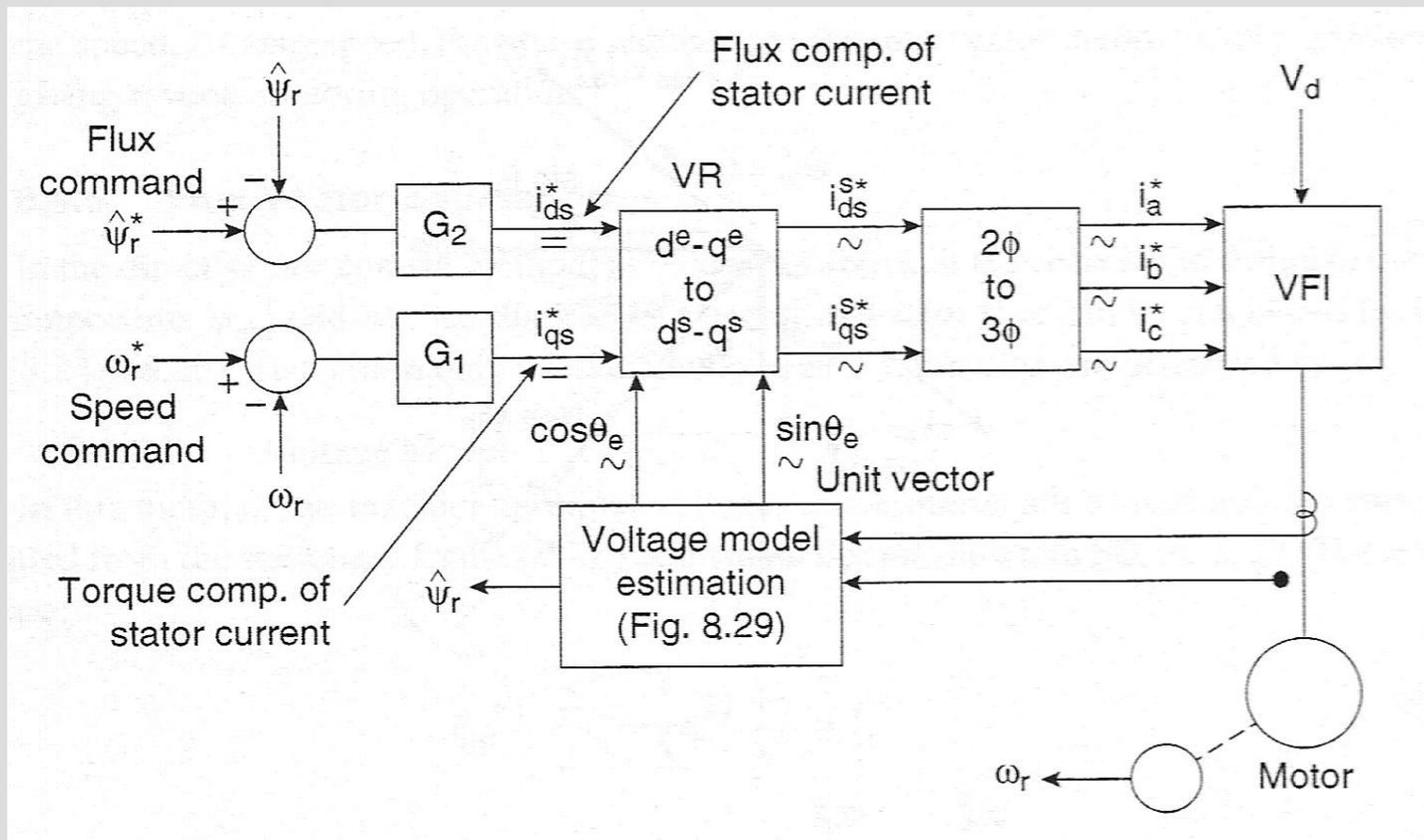
Controle Vetorial de Motores de Indução

- Princípio de implementação:



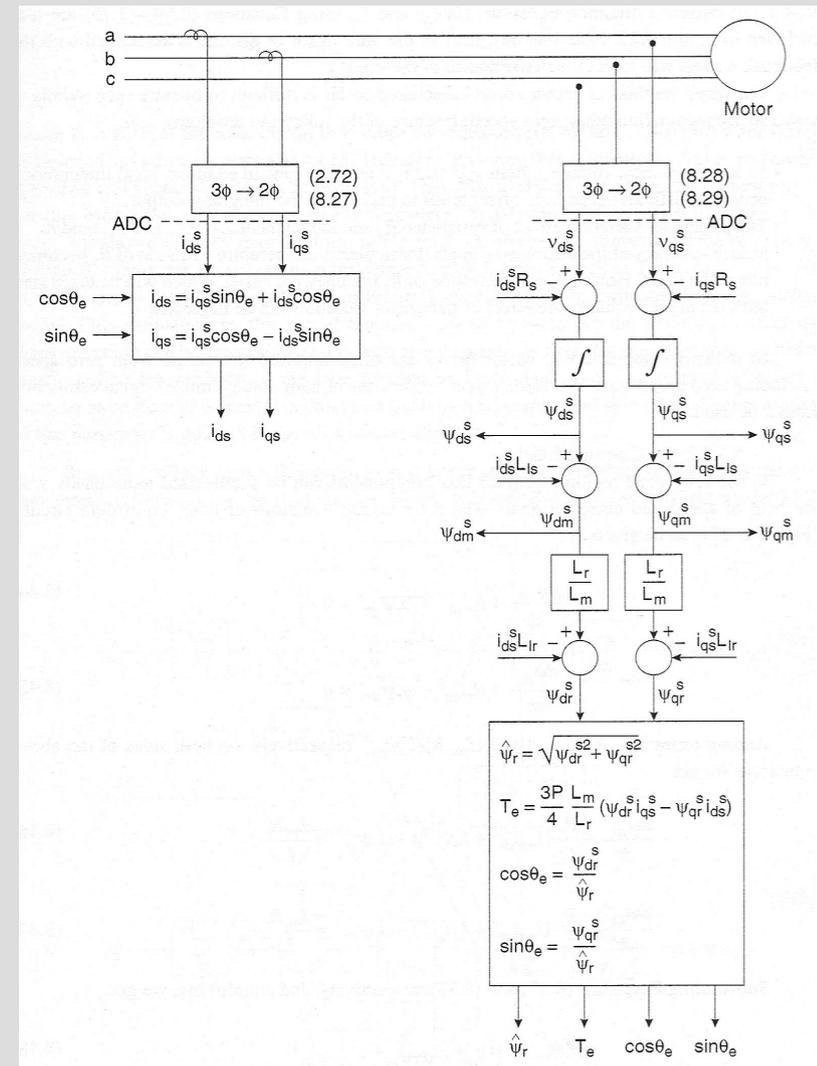
Controle Vetorial de Motores de Indução

- Controle vetorial direto:



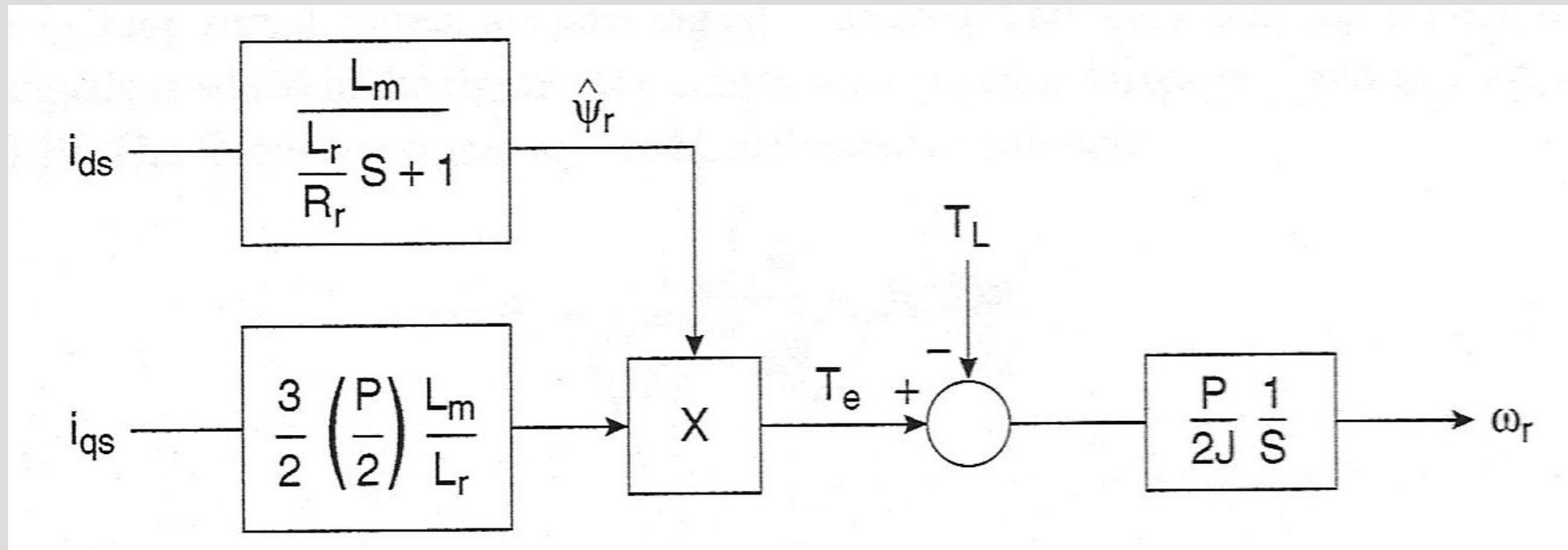
Controle Vetorial de Motores de Indução

- Controle vetorial direto, estimador de fluxo embutido no diagrama anterior:



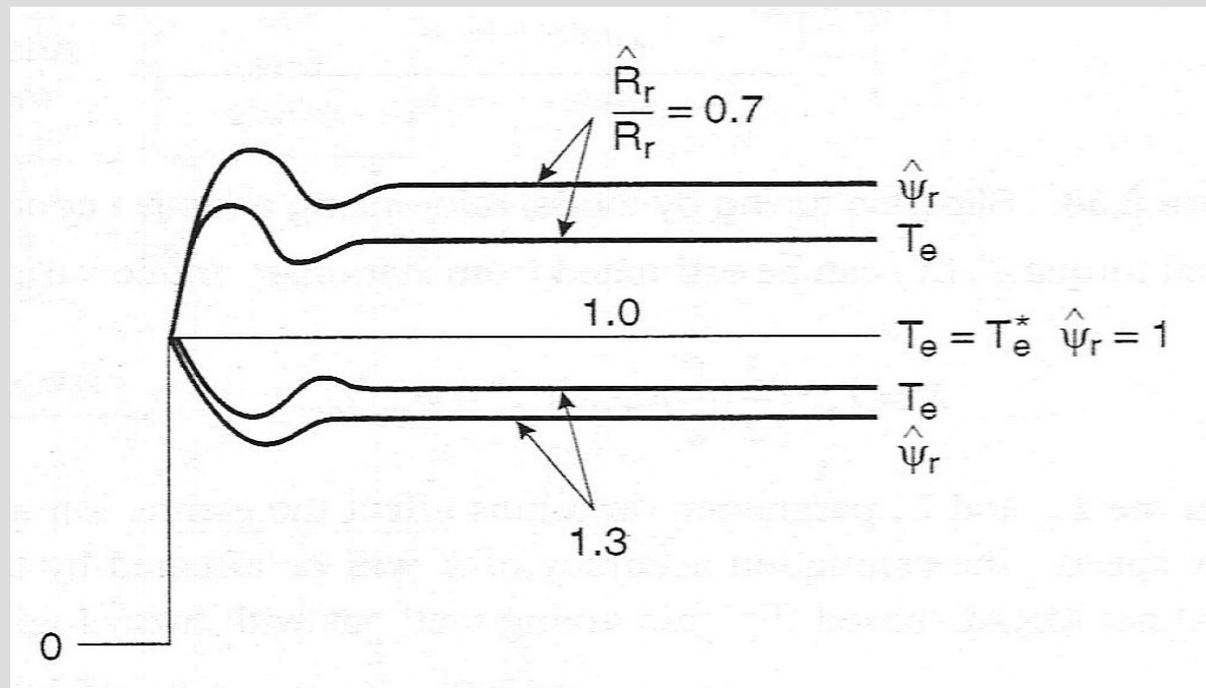
Controle Vetorial de Motores de Indução

- Modelo dinâmico de um acionamento vetorial:



Controle Vetorial de Motores de Indução

- Efeito do descasamento da resistência do rotor:



- Parâmetros podem ser estimados pelo DSP

Conclusões

- Acionamentos básicos:
 - Controle escalar realizado por inversores com frequência variável
 - Acionamento mais popular: V/Hz
 - Mérito: simplicidade
 - Problema: baixo desempenho dinâmico
- Controle vetorial:
 - Melhor desempenho dinâmico
 - Possibilidade de implementação sem sensores
 - Problema: mais complexo