

Controle Direto de Torque (DTC): Uma técnica de controle do motor para todos os momentos

DTC: Uma técnica de controle do motor para todos os momentos

Drives de velocidade variável (VSDs) têm proporcionado um desempenho sem precedentes em motores elétricos e grande economia de energia, combinando velocidade do motor e torque com as necessidades reais da carga acionada. A maioria dos VSDs no mercado conta com um modulador de fase que condiciona as entradas de tensão e frequência para o motor, porém causa retardo de tempo inerente nos sinais de controle de processamento. Em contraste, os VSDs premium da ABB empregam Controle Direto de Torque (DTC) - uma tecnologia inovadora criada pela ABB – aumentando grandemente a resposta de torque do motor. Além disso, o DTC oferece benefícios adicionais e tornou-se uma marca de tecnologia superior que inclui hardware de drive, software de controle, e inúmeros recursos de nível de sistema.

Os motores elétricos são frequentemente a ponta de lança dos modernos sistemas de produção, seja em linhas de processamento de metais, células de usinagem robótica, ou sistemas de automação prediais e de escritório. Os motores que vemos hoje têm certamente se beneficiado de avanços em materiais elétricos, eficiência de fabricação e ferramentas analíticas. No entanto, os seus princípios de design permaneceram os mesmos há mais de 100 anos, no caso de motores assíncronos de trabalho intenso (ou indução) de corrente alternada (AC). A notável performance destes motores em aplicações atuais vem de controles eletrônicos modernos - drives de velocidade variável (VSDs) - e modelos precisos de motores cujos algoritmos sofisticados de controle podem ser executados rapidamente por processadores de sinal digital de alta performance. Além disso, o desenvolvimento dos VSDs permitiu o uso de novas tecnologias de motores AC, tais como motores síncronos de ímã permanente e motores síncronos de relutância.

Inicialmente, os motores de corrente contínua (DC) chamaram a atenção dos desenvolvedores de drives. Com uma história mais longa do que seus primos (motores AC), os motores DC proporcionam controle de velocidade e torque inerentemente simples. No entanto, o custo mais elevado do motor, construção mais complexa com um comutador mecânico e problemas em termos de manutenção da escova foram algumas desvantagens associadas aos motores de corrente contínua.

Os motores de indução AC ofereceram construção robusta mais simples, de menor custo, e apresentaram menos problemas de manutenção - características que levaram à sua grande utilização, com uma enorme base instalada em todo o mundo. Por outro lado, o controle de motores

de indução demonstrou ser complexo. O controle preciso de velocidade, e particularmente o controle de torque permaneceram uma incógnita para os drives AC anteriores. Naturalmente, o objetivo dos primeiros designers era emular nos drives AC o controle simples do drive DC do torque do motor através da utilização de corrente de armadura. Com o passar do tempo, designs de transmissão AC evoluíram, oferecendo melhor performance dinâmica. (Uma discussão recente, notável de vários métodos de controle de drives AC disponíveis é apresentada na Ref. 1.)

A maioria dos VSDs de alta performance em 1980 contou com modulação por largura de pulso (PWM). No entanto, uma das consequências da utilização de um modulador de fase é o retardo e necessidade de filtrar as correntes medidas ao executar comandos de controle do motor - causando a resposta mais lenta de torque do motor.

Em contraste, a ABB teve uma abordagem diferente para controle de motor AC de alta performance. Os drives AC da ABB destinados às aplicações rigorosas utilizam uma tecnologia inovadora chamada Controle Direto de Torque (DTC). O método controla diretamente o torque do motor em vez de tentar controlar as correntes analogamente para os drives DC. Isso significa uma melhor precisão em combinar as exigências de carga do sistema acionado. Criado por uma das empresas fundadoras da ABB e patenteado em meados dos anos 1980, o DTC elimina ainda a necessidade de um modulador adicional de fase e, assim, atinge as dinâmicas de controle que estão próximas ao valor máximo teórico. A ABB introduziu no mercado seu primeiro drive industrial AC com controle direto de torque em 1995 (Ref. 2).

Em princípio, o DTC já era uma tecnologia de ponta em 1995, porém os desenvolvimentos subsequentes na potência do processador computacional, interfaces de comunicação, programação de aplicações, etc, permitiram uma performance superior, proporcionando controle premium do motor para uma ampla gama de aplicações.

Por que utilizar o DTC? A resposta de torque superior é somente um dos recursos do DTC. A tecnologia oferece benefícios adicionais aos clientes, incluindo:

- Não há necessidade de velocidade do motor ou feedback de posição em 95% das aplicações. Assim, a instalação de codificadores dispendiosos ou outros dispositivos de feedback podem ser evitados.
- Controle DTC está disponível para diferentes tipos de motores, incluindo motores de ímã permanente e motores síncronos de relutância.
- Torque preciso e controle de velocidade até para velocidades baixas, bem como torque de partida plena até velocidade zero.
- Excelente linearidade de torque.
- Alta precisão de velocidade estática e dinâmica.
- Nenhuma frequência de comutação predefinida. Comutação ideal de transistor é determinada para cada ciclo de controle, permitindo que o drive combine mais facilmente as exigências de carga acionada.

Em uma visão mais ampla, os benefícios do DTC estendem-se a software, interfaces de usuário, manutenção e recursos de nível de sistema.

Como o nome sugere, DTC procura controlar o fluxo do motor e torque diretamente, em vez de tentar controlar estas variáveis indiretamente, como os drives DC e drives AC controlados por vetores fazem. Torque separado e loops de controle de velocidade compõem o sistema DTC completo, mas funcionam em conjunto de forma integrada (consulte a Figura 1, diagrama de blocos DTC).

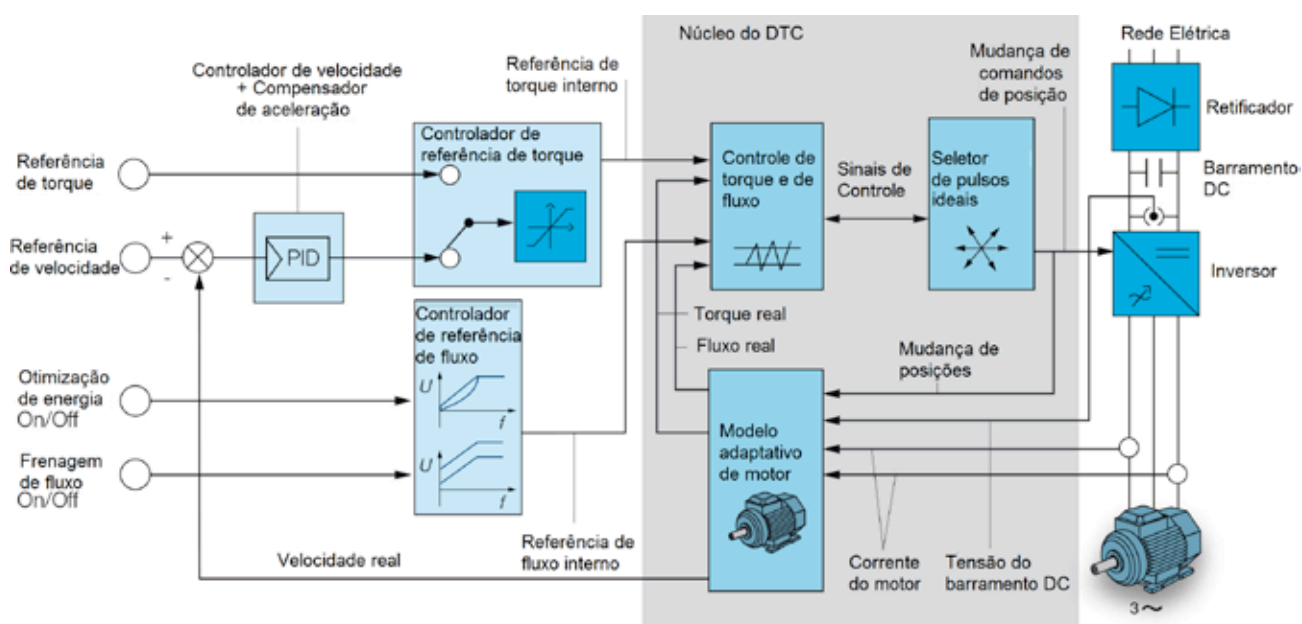


Figura 1: Princípio de operação do DTC.

O núcleo do DTC é o loop de controle de torque, onde um modelo sofisticado de motor adaptável aplica algoritmos matemáticos avançados para prever o estado do motor. Variáveis primárias controladas - fluxo do estator e torque do motor - são estimados com precisão pelo modelo do motor, utilizando entradas de correntes de fase do motor e medições de tensão do barramento DC, além disso, os estados dos transistores de comutação de energia no drive. O modelo do motor também calcula a velocidade do eixo. A compensação de temperatura ajuda a melhorar a precisão do cálculo sem um codificador.

Parâmetros adicionais do motor são automaticamente alimentados para o modelo adaptativo durante uma identificação de operação do motor quando o drive é comissionado. Em muitos casos, o modelo apropriado de identificação de parâmetros pode ser feito sem rodar o eixo do motor. Para sintonia fina do modelo de motor, que é necessário somente para algumas aplicações de alta demanda, o motor deve ser operado, mas, neste caso, apenas por um curto espaço de tempo e sem carga.

A resistência do estator (queda de tensão) é o único parâmetro mensurável necessário para estimar o fluxo magnético do motor. O torque do motor pode então ser calculado como o produto cruzado de fluxo estimado do estator e os vetores de corrente do estator. Embora a resistência do estator seja a principal fonte de erro de estimativa, sua influência diminui com o aumento da velocidade e tensão do motor. Assim o DTC tem uma excelente precisão de torque em uma ampla faixa de velocidade. Além disso, o DTC inclui formas avançadas para minimizar o erro de estimativa em velocidades baixas do motor.

Sinais de saída do modelo do motor - que representam o fluxo e o torque real do estator e do motor - consulte um comparador de fluxo e de torque, respectivamente (Figura 1). Estas unidades separadas de controle comparam as suas entradas a um valor de referência de fluxo e de torque. Já em meados da década de 1990 os primeiros drives DTC controlados realizavam estas funções a cada 25 microssegundos (μ s), utilizando um processador de sinal digital de alta potência (DSP). Na última geração de controle, o intervalo é reduzido para até 12,5 μ s, melhorando assim a performance de controle. Cada comparador busca realizar

o seu respectivo fluxo ou magnitude do vetor de torque dentro de uma banda estreita de histerese em torno de um valor de referência. A resposta rápida de torque do DTC sem overshoot (sobressinal) vem, em parte, da capacidade de minimizar essas flutuações do vetor. Resposta excepcional do motor também é devido aos algoritmos de controle do DSP, atualizando o modelo de motor adaptável à mesma taxa elevada de ciclo.

Erros de fluxo e de torque - diferenças entre valores estimados e valores de referência - e a posição angular (ou setor) do vetor de fluxo do estator são usados para calcular o estado de fluxo e de torque nos controladores de histerese. Em seguida, estes valores de estado tornam-se entradas para o seletor de pulsos ideais, onde o vetor de tensão ideal é selecionado a partir da tabela de consulta (Figura 1). Deste modo, os pulsos de sinais mais adequados para cada ciclo de controle podem ser enviados aos interruptores de energia no inversor para obter ou manter o torque preciso do motor.

Uma forma de lógica programável - o chamado Arranjo de Portas Programável em Campo (FPGA) - auxilia o DSP com a determinação da lógica de comutação do inversor e outras tarefas. O FPGA permite modificações de controle ou atualizações de design em face do circuito integrado de aplicação específica (ASIC) que, se utilizado, requer travamento - no design. O loop de controle de velocidade, que compreende o resto dos blocos funcionais do DTC, é descrito no apêndice 1.

Indicadores de performance

O DTC fornece aos clientes recursos superiores de performance em relação aos métodos de drive da concorrência. Sendo um método de controle “sem sensor” (estimativa de velocidade em vez de medição) desde suas fundações, dispositivos dispendiosos de velocidade do motor ou dispositivos de feedback de posição não são necessários na maioria dos casos. Dependendo do tamanho do motor, a precisão de velocidade estática até $\pm 0,1\%$ é tipicamente obtida. Para aplicações de maior demanda, um drive de DTC equipado com um codificador padrão (1,024 pulsos / rev), normalmente, atinge aproximadamente a precisão de velocidade de 0,01%.

A precisão da velocidade dinâmica (tempo integral do desvio de velocidade sob um impacto de carga de 100%)

é 0,3-0,4% s com equipamentos típicos acionados pelo motor. Usando um codificador, a precisão de velocidade normalmente aumenta para 0,1% s e combina a precisão de servoacionamento.

O tempo de resposta de torque a um passo de referência de torque de 100% é tipicamente 1-5 milissegundos (ms), que se aproxima de limite físico do motor. A repetibilidade de torque sob o mesmo comando de referência é tipicamente até 1% do torque nominal em toda a faixa de velocidade do drive. Quanto ao controle de velocidade dos motores muito baixos, o DTC fornece torque de 100% até velocidade zero - sem (ou com) feedback de velocidade, bem como um recurso de controle de posição quando se utilizar um codificador. Os valores de performance anteriores referem-se especificamente ao controle de motor de indução.

Além dos motores de indução

O DTC foi originalmente desenvolvido para motores de indução AC por causa de sua popularidade em aplicações industriais e comerciais inumeráveis. Sem dúvida, o “papel de burro de carga (trabalho intenso)” da tecnologia do motor de indução prevalecerá no futuro. No entanto, na busca de maior densidade de potência e evolução dos regulamentos internacionais de eficiência, outras topologias de motor estão atraindo interesse.

Por exemplo, a norma IEC 60034, parte 30 (Ref. 3), define as classes de eficiência internacional (IE), a maior delas é - IE4 (eficiência super-premium) - está se tornando cada vez mais difícil de se atender para motores de indução. Uma classe IE5 superior foi proposta, embora sem outras especificações, na segunda edição atual aprovada da IEC 60034-30.

A boa notícia é que o DTC é igualmente aplicável a outros tipos de motores, tais como motores síncronos de ímã permanente (PM) e motores síncronos de relutância (SynRM). A principal diferença ocorre durante a partida do motor. Ao contrário dos motores de indução, os motores síncronos PM e motores SynRM exigem que o sistema de controle faça a estimativa da posição do rotor na partida a partir da localização dos polos no rotor, se nenhum sensor de posição for usado.

Nestes motores, ausência de enrolamentos do rotor e do efeito de velocidade de deslizamento inerente aos motores

de indução reduz substancialmente as perdas. Assim ganhos resultantes de eficiência são obtidos. Além disso, a operação síncrona significa que uma excelente precisão de velocidade é obtida mesmo sem um sensor de velocidade ou de posição. Assim, um sensor não é necessário na maioria dos casos, exceto em aplicações tais como guinchos e guindastes que exigem torque diferente de zero, quando parados por longos períodos.

Ímãs permanentes são comumente montados na superfície externa do rotor. No entanto, uma variante de motor síncrono, o design do rotor de ímã interno permanente (IPM), incorpora os ímãs dentro da estrutura do rotor. Um componente adicional de torque de relutância gerada em motores síncronos de IPM tornam-os atraentes para aplicações de alta demanda. Além disso, ímãs incorporados criam saliência pronunciada do polo de rotor, o que permite a estimativa precisa de velocidade e melhora o modo operacional básico sem sensor de DTC.

Devido ao alto torque para a proporção do tamanho do motor, uma unidade mais simples de tração do sistema pode ser possível quando se utiliza motores síncronos de ímã permanente. Por exemplo, um motor de ímã permanente de baixa velocidade direta acionada pode eliminar a caixa de engrenagem nas máquinas de embalagem.

Inúmeras aplicações para motores síncronos de ímã permanente incluem máquinas-ferramentas, propulsão marítima, turbinas eólicas (geradores), e os ventiladores de torre de resfriamento para usinas de energia elétrica.

Uma desvantagem na parte econômica de motores síncronos de ímã permanente é a sua dependência dos chamados materiais de ímã de terras raras (RE) para a melhor performance possível. A maioria dos materiais de ímã de terras raras é composta de neodímio ferro boro. Os preços recentes e problemas de fornecimento global de materiais RE geraram uma séria preocupação para os fabricantes de equipamentos, preocupação que vai muito além de motores elétricos (Ref. 4). É neste quesito que os motores síncronos de relutância fornecem uma alternativa.

A ABB incluiu uma linha de pacotes de motores e de drives SynRM em seus portfólios de produtos, em parte, para

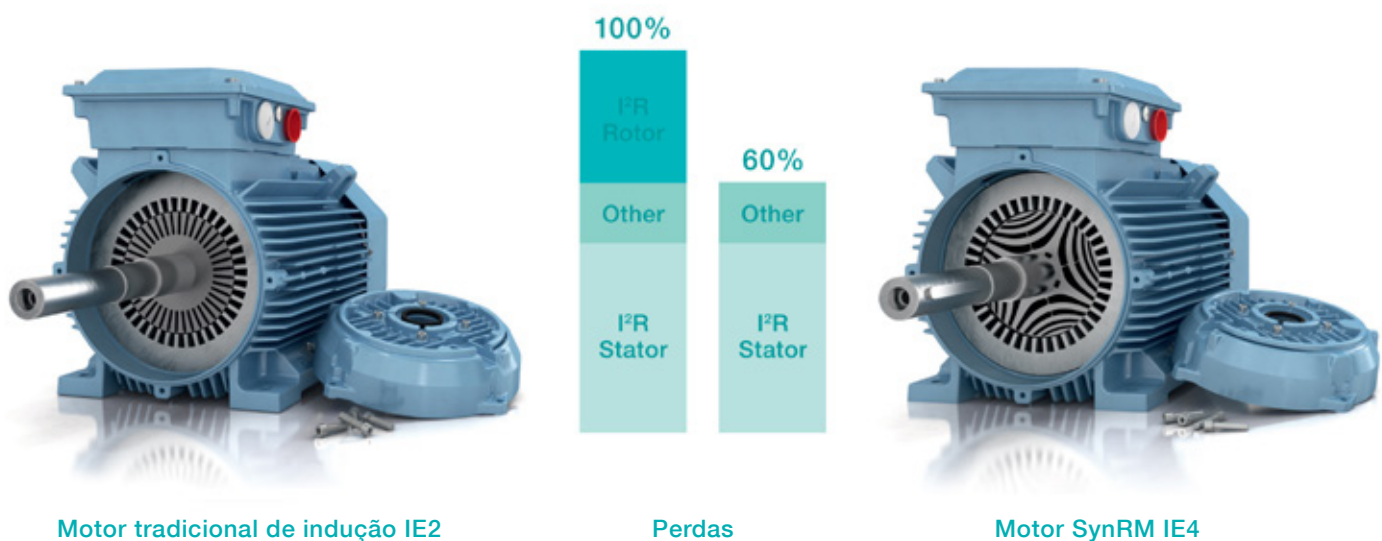


Figura 2: O novo motor síncrono de relutância utiliza um novo design de rotor e é otimizado para operação com VSD. A tecnologia reduz perdas do rotor, melhora a confiabilidade e proporciona designs menores ou mais leves (pacote de drive e motor SynRM com saídas elevadas) ou eficiência extremamente elevada (pacotes de drive e motor IE4 SynRM).

se antecipar aos possíveis problemas de alimentação de energia de ímã de terras raras (Ref. 5). Motores síncronos de relutância possuem uma estrutura de estator semelhante à estrutura dos motores de indução. No entanto, o rotor é composto de lâminas axiais empilhadas de aço formadas para fornecer uma seção transversal com quatro polos - eixos alternados (de ferro) altamente permeáveis e eixos com baixa permeabilidade (pneumáticos). É importante ressaltar que nenhum ímã é necessário no rotor.

Aplicações típicas de motores SynRM incluem bombas e ventiladores de condução, onde há uma relação de torque quadrático (e, portanto, potência cúbica) com a velocidade (veja abaixo).

Versões de DTC modificadas para motores síncronos de ímã permanente e motores SynRM foram implementadas pela ABB. O importante para os clientes é que os drives com DTC de última geração da ABB permitem atualização simplificada da aplicação do motor de indução existente para operar

uma máquina síncrona de ímã permanente ou uma máquina SynRM, com benefício de melhoria de performance.

Além de controle dinâmico do motor, os drives com DTC - combinados com quaisquer tecnologias eficientes de motor mencionados acima - oferecem grandes economias de energia potenciais para uma grande quantidade de aplicações de bombas e ventiladores de velocidade variável. Isso pode ser visualizado a partir das chamadas "leis de afinidade" associadas às bombas e ventiladores que relacionam variáveis, tais como o volume de fluxo, velocidade, pressão, potência etc da bomba. Por exemplo, velocidade versus potência da bomba possui uma relação cúbica, isso significa que quando uma sequência de processo permitir que a bomba seja operada em $\frac{1}{2}$ de sua velocidade total, somente $\frac{1}{8}$ da potência total será necessária. Obviamente, redução da eficiência do motor e do drive em cargas parciais reduziria a eficiência do "sistema", porém de um modo geral menos energia seria utilizada.

Medição recente de performance

Em meados de 2012 a ABB conduziu uma série de medições para garantir que melhorias contínuas na tecnologia de DTC mantivessem os drives AC da ABB no pico de performance. Resultados significativos de medições e testes são resumidos aqui.

Estabilidade de torque próximo a velocidade zero (drives ACS800 versus drives ACS880)

O gráfico 1 compara a precisão de controle de torque do drive ACS800 e dos novos drives industriais ACS880 da ABB em modo operacional sem sensor (loop aberto). Nos testes, os drives operam o motor de indução de quatro polos com potência de 15 kW, com sua referência de torque nominal e com a máquina de carga controlada para executar inversões de baixa velocidade próxima a velocidade zero. (Note que 90 rpm é aproximadamente 6 % da velocidade nominal do motor).

Precisão de torque durante rampa (motor de indução versus motor SynRM)

O gráfico 2 mostra a precisão de controle de torque sem sensor do drive ACS880 comparado para dois tipos de motores de 15 kW testados (em 50 % da velocidade nominal) - um motor de indução de quatro polos e um motor síncrono de relutância.

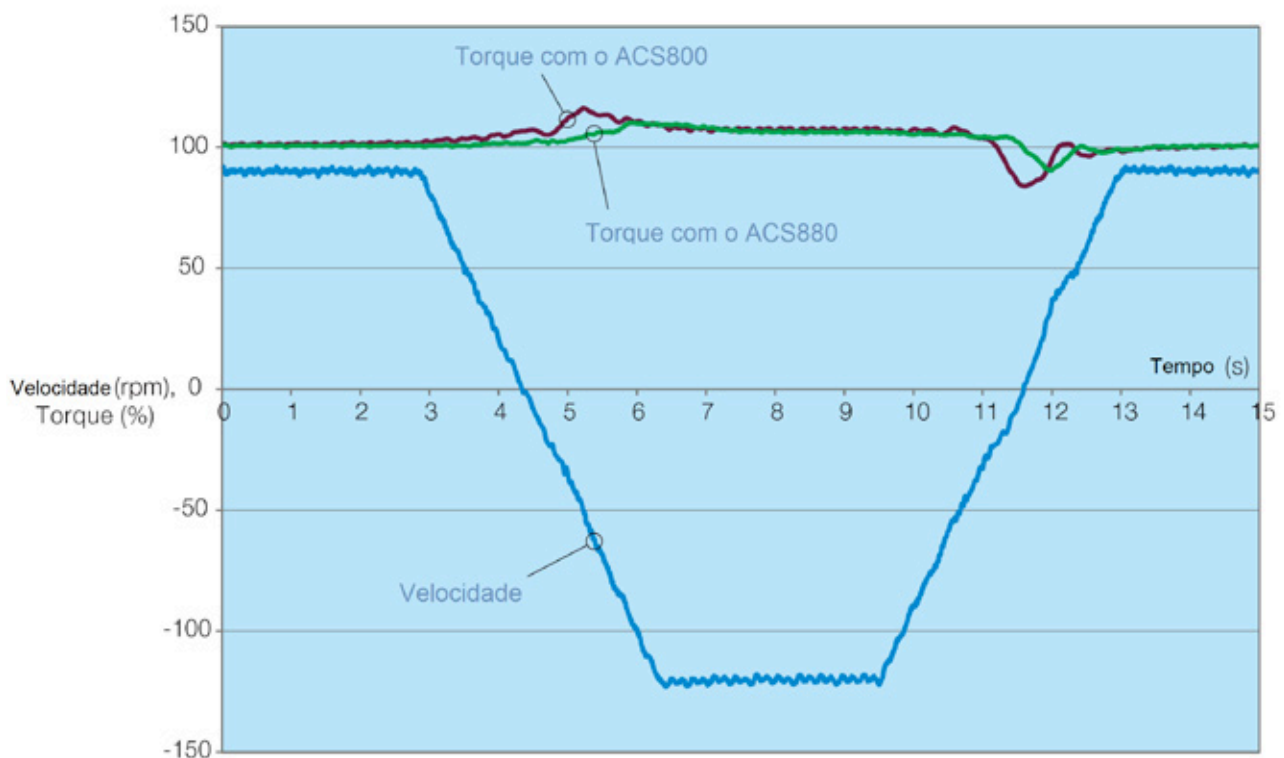


Gráfico 1: Ambos os drives possuem uma incrível capacidade de controle sem sensor para operar em longos períodos na faixa próxima a velocidade zero. Entretanto, o novo ACS880 possui menos desvio da referência de torque, e assim pode proporcionar melhor performance de controle de motor que o ACS800.

Performance dinâmica de classe - Servo

O gráfico 3 indica a velocidade medida e a posição angular de um motor síncrono de ímã permanente de 1,5 Nm e 6,000 rpm (com inércia de rotor de 0,57 kg cm²) durante inversão de velocidade rápida de - 6,000 rpm para + 6,000 rpm em menos de 25 milissegundos (ms). Este valor é muito próximo ao limite teórico que você pode obter com o limite de torque estabelecido para duas vezes o torque nominal. O limite teórico se refere à constante do tempo mecânico do motor que é de 24 ms, que corresponde ao tempo necessário para acelerar o motor a partir do ponto zero para a velocidade nominal, utilizando o torque nominal.

Aplicações mais amplas

Outro aspecto relacionado ao DTC é a sua expansão além das aplicações para qual a tecnologia foi criada. Aplicações rigorosas altamente dinâmicas foram visadas anteriormente, pois elas poderiam justificar os desenvolvimentos iniciais dispendiosos de software e microprocessadores disponíveis. Esse cenário mudou em grande proporção. O software de sistema de controle foi amortizado no volume crescente de vendas dos drives AC e justificados sob o ponto de vista econômico para implementação nos drives para as aplicações mais padronizadas. DSPs de alta performance também se tornaram comuns e economicamente acessíveis.

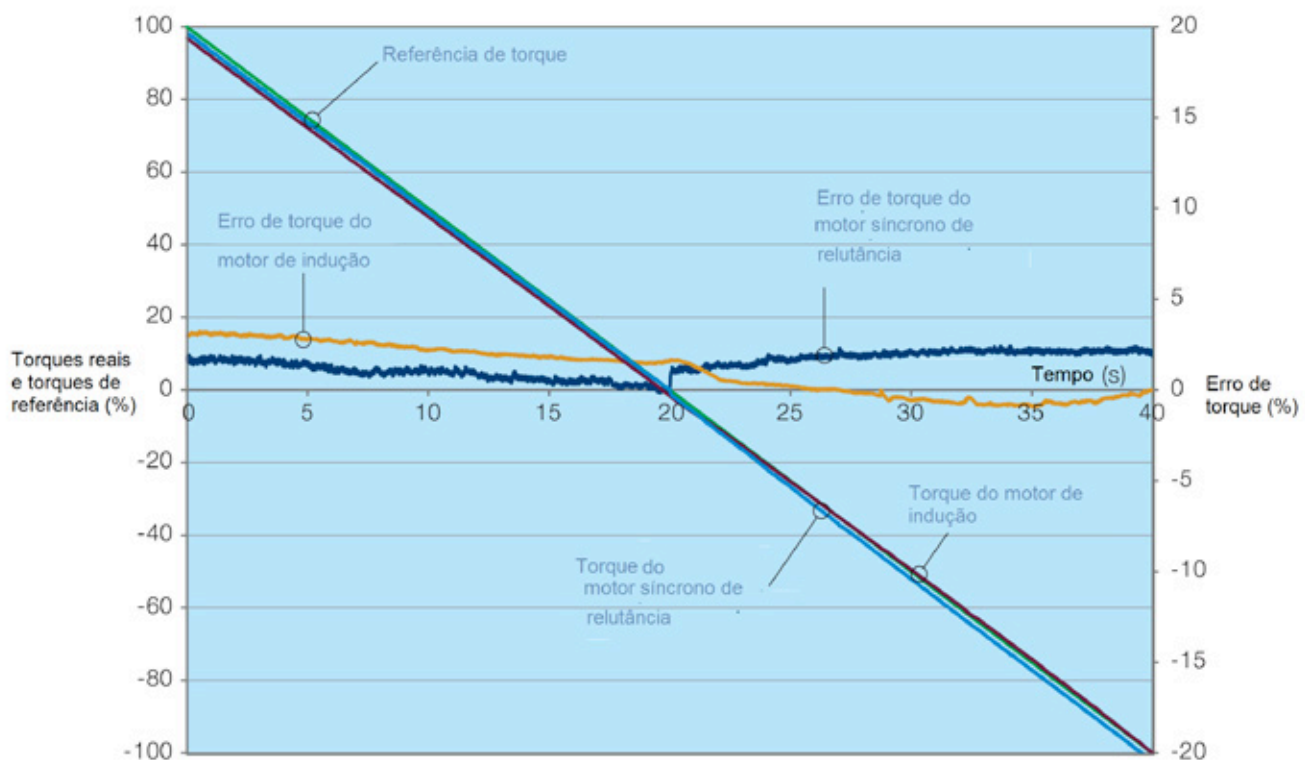


Gráfico 2: Para ambos os tipos de motor, o desvio de torque da referência é realizado para apenas uma pequena porcentagem do torque nominal pelo DTC, tanto no modo motor quanto no modo de frenagem. O erro máximo de torque é levemente inferior para o motor síncrono de relutância testado do que para o motor de indução.

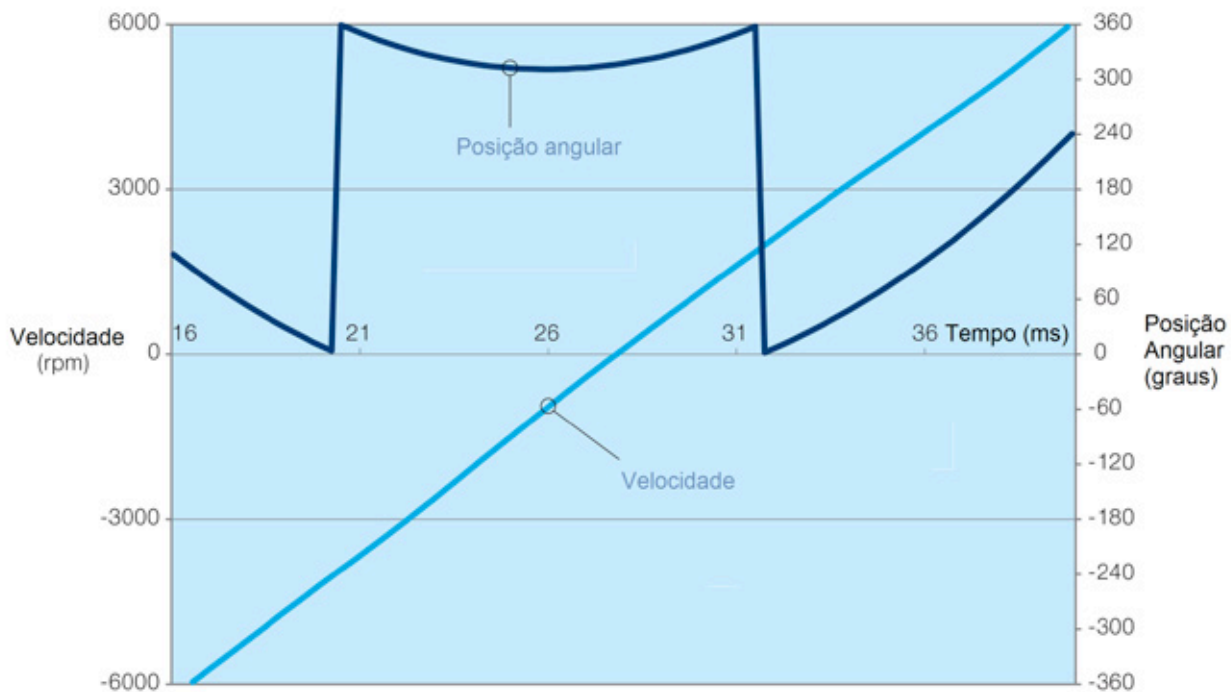


Gráfico 3: Embora não seja um drive servo, o ACS880 com DTC pode mudar a velocidade do motor com bastante rapidez e precisão tanto para loop fechado como para modos de controle sem sensor do motor. Uma medida de performance é a precisão do torque durante aceleração extremamente rápida, conforme determinado pela comparação do tempo de aceleração medido para a constante mecânica de tempo do motor. Os tempos de aceleração de 24,4 ms torque (Torque de 100 %) e 12,1 ms (torque de 200 %) foram medidos em modo de loop aberto comparado a 24 ms e 12ms, respectivamente, o que corresponde a tempos de aceleração para precisão absoluta de torque.

A capacidade de resposta com rapidez às mudanças nas variáveis e processos, tais como pressão, tensão ou posição, utilizando velocidade excepcional e dinâmicas excepcionais de controle de torque fizeram com que o DTC se tornasse atrativo para aplicações industriais e aplicações de processo mais amplas.

O DTC pode fornecer funções de proteção para as máquinas conectadas ou para o motor (consulte mais informações no Apêndice 2). Controle de torque apertado pode otimizar a sintonia do controlador de velocidade para amortecer vibrações de torção.

O DTC também foi aplicado para reduzir a distorção de harmônicas do drive, melhorando assim a qualidade da linha

de energia. Harmônicas de baixa frequência podem ser mitigadas nas correntes de linha, substituindo o retificador a diodo do drive AC por uma unidade de alimentação IGBT controlado por DTC (ISU). O filtro LCL da ISU remove harmônicas de alta frequência e fornece filtragem adicional para a rede. Em muitos casos até

mesmo a distorção de tensão na rede pode ser reduzida, utilizando um drive com uma ISU. Além disso, com uma ISU é possível alimentar a energia de frenagem de volta para a rede. Assim, em aplicações que exigem energia de desaceleração frequente, economias de custos podem ser obtidas.

DTC – Hoje, Amanhã

Firmado em fundações teóricas sólidas, o controle direto de torque demonstrou uma série de melhorias em termos de hardware e software ao longo de seus mais de 25 anos de vida. Uma tecnologia baseada em DSP desde o início, o DTC superou limitações dos processadores anteriores para cálculo rápido de algoritmos de controle. As limitações de DSP também restringiram a frequência máxima de comutação do drive no passado, e consequentemente sua frequência de saída. O DTC conta com comutação rápida dos transistores do drive para performance ideal e atualização em tempo hábil dos Parâmetros do modelo do motor. Processadores potentes agora estão prontamente disponíveis.

Atualmente os drives de DTC possuem frequência superior de saída, permitindo a operação mais rápida. Esse é um recurso importante para certas aplicações, tais como bancos de ensaio e máquinas-ferramentas. Os drives da ABB que operam motores de indução em uma aplicação industrial geralmente fornecem frequências de comutação de 2-4 kHz que maximizam a eficiência, enquanto os drives das máquinas da ABB que alimentam motores síncronos de ímã permanente geralmente fornecem comutação de 5-8 kHz para operar motores com as melhores dinâmicas possíveis.

O software tem sido outro elemento essencial por trás do sucesso do DTC. Melhorias e atualizações incluem código reprojeto e otimizado para o sistema completo de controle (desde a interface do cliente até o eixo do motor) para melhorar ainda mais o tempo de resposta e a performance do drive.

Modelos de motores também recebem atualização regular. Os algoritmos de controle são analisados periodicamente e as melhorias resultantes são minuciosamente verificadas por testes em laboratório com diferentes motores. Isso pode incluir investigação de alguns novos recursos ou ideias de controle com um motor existente ou modificado; ou análise de alguma exigência especial de aplicação do cliente.

Após uma melhoria ser confirmada, ela pode ser incorporada ao próximo lançamento de software como parte do fluxo normal de design. Cada lançamento de software tem grande probabilidade de introduzir alguns novos recursos ou melhor performance de controle. Se a solução para um problema de um cliente tiver apelo geral suficiente, ela pode também se tornar parte da versão posterior de software.

Um algoritmo mais robusto de identificação do motor também foi incorporado no DTC. Habilitado pelo microprocessador mais potente do drive, este software melhora a Identificação do motor em estado de paralisação. Como mencionado anteriormente, o algoritmo de Identificação encontra automaticamente as propriedades corretas de um motor acionado para sintonia ideal de controle durante o comissionamento do drive – mesmo se os valores da placa de classificação não forem sabidos ou demonstrarem ser imprecisos.

A ABB focou em sua herança respeitada de engenharia de drives e investiu recursos substanciais no desenvolvimento de controle direto de torque. Atualmente, o DTC permanece como tecnologia viva, tendo construído e agregado uma série de vantagens sobre uma fundação sólida. Como consequências disso, o DTC cresceu e se tornou um portfólio de marca superior ao “controle de torque” – incorporando interfaces inteligentes de usuário, manutenção de drives e recursos de diagnósticos, e funções superiores de nível de software, entre outros recursos.

Visando o futuro, a ABB pretende seguir o mesmo caminho com sua tecnologia duradoura de DTC. Os clientes de drives da ABB podem estar certos e confiantes de que os benefícios da tecnologia de controle direto de torque na qual eles investem continuará no longo prazo.

Referências

¹ Kazmierkowski, M.P., et al, "High-Performance Motor Drives," IEEE Industrial Electronics Magazine, Setembro de 2011, Vol. 5, Nº 3 (p. 6-26).

² "Direct Torque Control Comes to AC Drives," Control Engineering, Março de 1995, Vol. 42, Nº 3 (p. 9).

³ Norma IEC 60034-30, Ed.2: Rotating electrical machines - Parte 30: Efficiency classes (IE-code), International Electrotechnical Commission. www.iec.ch

⁴ "Rare-earth magnet supply and cost issues," Control Engineering, Agosto de 2011.

[http://www.controleng.com/index.php?id=483&cHash=081010&tx_ttnews\[tt_news\]=55091](http://www.controleng.com/index.php?id=483&cHash=081010&tx_ttnews[tt_news]=55091)

⁵ "Super premium efficiency synchronous motor and drive package: Taking energy efficiency to a new level," ABB Low-voltage AC motors and drives brochure (2011).

Apêndice 1: O restante da história dos blocos de função de DTC

O artigo principal resumiu os trabalhos do loop de controle de torque do DTC. Aqui segue uma breve descrição do loop de controle de velocidade associado. Estes dois loops estão integrados e funcionam como uma unidade holística. Descrições separadas destinam-se apenas a simplificarem a compreensão do diagrama de blocos. Então aqui está o restante da "caminhada ao redor do bloco".

Três elementos principais compreendem o loop de controle de velocidade: o próprio bloco controlador de velocidade e referência separada de torque e os controladores de referência de fluxo. O controlador de velocidade inclui um controlador PID (proporcional-integral-derivativo) e um compensador de aceleração. Entrada no controlador de velocidade é o erro encontrado quando se compara um sinal externo de referência de velocidade e o sinal real de velocidade do modelo de motor adaptável - parte do torque e loop de controle de fluxo (consulte o artigo principal). Este sinal de erro, calculado a partir da mudança de referência de velocidade e o termo derivado, vão tanto para unidade PID como para o compensador de aceleração. Suas saídas combinadas tornam-se a saída do controlador de velocidade.

Essa saída é enviada para o controlador de referência de torque, onde a saída do controle de velocidade é regulada por limites pré-selecionados de torque e tensão do barramento DC. Um sinal externo de referência de torque (ou do usuário) também pode ser usado em vez do controle de velocidade como uma entrada para este bloco. A saída do controlador de referência de torque é a chamada "referência de torque interno" que vai para o bloco comparador de torque no torque e loop de controle de fluxo.

De forma semelhante, o controlador de referência de fluxo fornece uma "referência de fluxo interno" para o bloco comparador de fluxo (parte do torque e loop de controle de fluxo). Este sinal é um valor absoluto de fluxo do estator, o que o DTC pode apropriadamente regular e modificar para obter funções úteis do inversor. Exemplos incluem a otimização de energia - o que minimiza perdas do motor e reduz o ruído do motor - e frenagem de fluxo, que, aumentando temporariamente as perdas do motor permite frenagem mais rápida do motor quando nenhum resistor especial de frenagem for utilizado.

Apêndice 2: Benefícios do DTC para os clientes

Os drives AC com controle direto de torque (DTC) oferecem diversos recursos que beneficiam aplicações específicas de usuário. Os clientes nas indústrias, tais como fabricação de papel, produção de materiais para a folha contínua de papel, e máquinas extrusoras para materiais de película podem esperar resposta rápida de torque do DTC e controle preciso de torque para proporcionar uma qualidade mais uniforme do produto e produção superior de processo. A linearidade do torque se torna uma vantagem adicional para enrolamento de tensão constante para os rolos necessários nessas aplicações.

A redução de custos para os transportadores e linhas de transferência, bem como as máquinas de embalagem é possível, pois em muitas aplicações não há necessidade de codificadores ou outros dispositivos de velocidade do motor / dispositivos de feedback de posição. Além do custo inicial, os codificadores exigem manutenção e checagens de precisão ao longo do tempo.

Além disso, para os fabricantes de máquinas de embalagem pode ser possível eliminar um freio mecânico na seção da máquina devido ao controle de torque de até velocidade zero fornecido pelo DTC - e uma capacidade de realizar torque de 100 % em velocidade zero. Note, porém que um sensor de velocidade ou de posição é necessário se o torque de frenagem (geração) for necessário próximo a velocidade zero por mais de poucos segundos. Um resistor de frenagem ou uma unidade de fornecimento IGBT também é necessária no drive se a desaceleração elevada for necessária.

A capacidade de monitorar de perto o estado do motor pode beneficiar ainda outras aplicações de clientes. Minimizar a sobrecarga e o choque de cargas se torna possível através de uma detecção em tempo hábil de mudanças de parâmetros do sistema conectado e resposta rápida de controle do DTC. O conceito pode ser ampliado para detecção de falhas do sistema acionado. Por exemplo, perda repentina de torque pode indicar uma avaria da correia transportadora - ou se um torque maior que o normal for necessário para produzir alguma saída, isso pode indicar ligação ou desgaste anormal na máquina - o que requer resposta adequada do usuário para evitar danos maiores.

Conforme mencionado no artigo principal, os drives podem ser usados como parte de diagnósticos de processos. Isso se torna benéfico para os clientes com aplicações de controle de processos, pois as mudanças nas variáveis do sistema acionado, tais como pressão, tensão ou posição podem ser relacionadas ao torque do motor e características de velocidade. Características alteradas do motor podem ser um alerta precoce de mudanças indesejáveis de processos.

Contato

Para ajuda com quaisquer termos técnicos nesta release, por favor, visite: www.abb.com/glossary

Contato

ABB Atende: 0800 014 9111

Leandro Missiaggia

Gerente de Produto HPD

ABB Brasil

CEP 18087-125

DM-Drives - Sorocaba

Brasil

leandro.missiaggia@br.abb.com

Peterson Dias

Gerente de Produto LAC

ABB Brasil

CEP 18087-125

DM-Drives - Sorocaba

Brasil

peterson.dias@br.abb.com

Vanderlei Apolinario

Gerente de Produto MVD

ABB Brasil

CEP 18087-125

DM-Drives - Sorocaba

Brasil

vanderlei.apolinario@br.abb.com

ABB Ltda

Rod Senador Jose Ermirio de Moraes, km 11

18087-125 - Sorocaba/SP

3AUA0000198590 12.08.2016