



Sistemas de Engenharia -
Automação e Instrumentação

Grupo 1

2012/2013

Estado da Arte – Propulsão Elétrica

<versão 1.0>

Introdução

O motor de combustão interna é hoje em dia uma das fontes principais da poluição urbana. De acordo com os valores publicados pela agência de protecção ambiental dos estados unidos (EPA), os veículos de combustão interna convencionais contribuem actualmente para 40-50% para a camada do ozono, 80-90% para poluição de monóxido de carbono e 50-60% para toxinas de ar encontradas em várias áreas urbanas. Para além da poluição do ar, outra desvantagem dos automóveis de combustão interna é o baixo rendimento do uso de combustíveis fósseis, estando assim os problemas de combustão interna associados a assuntos políticos económicos e ambientais. Estes casos têm vindo a forçar o governo a pensar em soluções alternativas nomeadamente uma propulsão eléctrica para os automóveis.

A parte principal da propulsão eléctrica é o seu motor. Serão analisados os tipos de motores eléctricos utilizados em propulsão de veículos eléctricos, efetuando posteriormente uma comparação entre eles de maneira a encontrar o motor que mais se adequa para o nosso tipo de aplicação.

Os tipos de motores aplicados aos veículos eléctricos mais comuns são motores de corrente contínua, motores de indução, motores síncronos de ímanes permanentes e motores de relutância comutada.



Motores de corrente contínua CC

Os motores de corrente contínua são conhecidos pela sua capacidade de atingir um binário elevado a baixa velocidade e pelas suas características binário-velocidade adequadas para os requisitos de tracção. A velocidade do motor é ajustada variando a tensão. Este tipo de motor é apropriado para propulsionar um veículo sendo relativamente simples de controlar e muito usado em veículos elétricos. Os motores de corrente contínua podem ter dois, quatro ou seis pólos dependendo da potência de saída e da tensão. Podemos dizer que os motores cc são maciços, de baixo rendimento, pouco fiáveis e de alta manutenção devido ao comutador mecânico e as escovas. É difícil reduzir o tamanho dos motores cc, isto faz com que sejam mais pesados e mais caros. Mencionamos também que a fricção entre as escovas e o comutador restringe a velocidade máxima do motor.

Motores de Indução CA

Os motores de indução são de construção simples, fiáveis, robustos, de baixa manutenção, baixo custo e com a capacidade de trabalhar em ambientes hostis. A ausência da fricção das escovas permite a este motor atingir velocidades mais elevadas e isso permite a este tipo de motores ter um rendimento elevado. A variação e velocidade de motores de indução são atingidas através da variação da frequência da tensão. O controlo por orientação de campo (FOC) dos motores de indução pode desacoplar o controlo de binário do controlo de campo. Isto permite que o motor se comporte de uma forma semelhante a um motor cc excitado separadamente. Este motor porém não sofre das mesmas limitações de velocidade como no motor cc. É possível atingir uma gama de velocidade alargada para além da velocidade nominal reduzindo o fluxo uma vez atingida a potência nominal. No entanto, os controladores deste tipo de motores são de custo elevado em relação aos do



motor cc. A presença de um binário degradado limita a sua operação em potência nominal constante. É a atingido um binário degradante a uma velocidade critica. Geralmente, para um motor de indução, a velocidade critica equivale ao dobro da sua velocidade síncrona. Qualquer tentativa de operar o motor a corrente máxima acima dessa velocidade ira parar o motor.

Motor síncrono de ímanes permanentes

Os motores de ímanes permanentes são especialmente conhecidos pelo seu rendimento elevado e pela sua elevada densidade de potência. Estes motores não necessitam da energia para produzir pólos magnéticos e, devido a esse facto, são capazes de atingir um rendimento mais elevado que os motores cc, motores de indução e motores de relutância comutada. A gama de velocidade deste tipo de motor pode ser alargada três ou quatro vezes além da sua velocidade nominal se for usado um controlo de condução-ângulo. Este tipo de motores no entanto têm os inconvenientes de que o imane é de custo elevado e que a força mecânica do imane dificulta a introdução de um binário elevado na construção do motor. Este tipo de motores não têm escovas limitando a sua velocidade no entanto persiste a incógnita acerca da intensidade de fixação do imane que restringe a velocidade máxima caso o motor seja do tipo de rotor interno.



Motor de relutância comutada

Os motores de relutância são conhecidos como tendo um bom potencial para ser aplicado em veículos eléctricos visto que apresentam várias vantagens, nomeadamente a sua simples e robusta construção, a sua operação tolerante a falhas, controlo simples e características de binário-velocidade fora de série. Os motores de relutância comutada podem por natureza operar com uma margem de potência constante extremamente elevada. As características de binário-velocidade destes motores combinam bem com as características de carga de um veículo eléctrico. Este motor tem a capacidade de operar a altas velocidades numa margem de potência constante bastante alargada e tem um binário de arranque elevado com um rácio de binário-inércia elevado. A estrutura do rotor é extremamente simples sem enrolamentos, imanes, comutadores ou escovas. A tolerância a falhas do motor também é extremamente boa. Devido à sua construção simples e inércia baixa do rotor, o motor em causa tem acelerações muito rápidas e operações a velocidade extremamente altas. Devido a sua operação num intervalo de velocidade elevado este motor é adequado para usar sem caixa em aplicações para veículos eléctricos. A ausência de fontes magnéticas, como enrolamentos ou ímanes permanentes torna a refrigeração deste motor relativamente simples e intensivo para altas temperaturas o que é de interesse primordial para aplicações em automóvel, devido a necessidade de operação sob ambiente severo. Uma extensão na gama de duas a três vezes a velocidade nominal é possível usando um controlo apropriado. A desvantagem destes motores é que sofre de um ripple de binário e ruído acústico. No entanto estes aspectos não impedem o seu uso para aplicações de veículos eléctricos.