



# High-performance Control Technology of Permanent Magnet Synchronous Motors (PMSM) and its Applications in Servo Drive Systems

## La Technologie de Contrôle à haute Performance des Moteurs Synchrones à Aimants Permanents (PMSM) et ses Applications dans les Systèmes de Servocommande

### Introduction

The PMSM control techniques are:

1. Predictive control algorithm based on incremental motor model, the algorithm significantly improves the current dynamic performance;
2. Extended Kalman filter-based permanent magnet flux estimation method offers real-time parameter estimation including magnet field direction, flux variations and non-sinusoidal distortions;
3. Low-latency interpolation position and speed observation method used for very low-speed PMSM improves the speed stability and positioning accuracy;
4. An over-modulation algorithm applicable in current reconstruction increases voltage utilization.

These techniques solved key problems in conventional PMSM control system including low-speed control, dynamic response and reliability due to excitation loss.

### Introduction

Les techniques de contrôle PMSM sont:

1. Algorithme de contrôle prédictif basé sur le modèle de moteur incrémental, l'algorithme améliore significativement la performance dynamique actuelle;
2. Le procédé d'estimation de flux d'aimant permanent basé sur un filtre de Kalman étendu offre une estimation de paramètre en temps réel comprenant la direction de champ d'aimant, les variations de flux et les distorsions non sinusoïdales;
3. La position d'interpolation à faible latence et la méthode d'observation de la vitesse utilisée pour les PMSM à très basse vitesse améliorent la stabilité de la vitesse et la précision du positionnement;
4. Un algorithme de surmodulation applicable dans la reconstruction de courant augmente l'utilisation de la tension.

Ces techniques ont permis de résoudre des problèmes clés dans un système de contrôle PMSM classique, y compris le contrôle à basse vitesse, la réponse dynamique et la fiabilité due à la perte d'excitation.



### Special Features and Advantages

- The incremental model predictive control technology can push motor torque response to the theoretical limit
- 2-5 control cycles can be shortened as compared with conventional variable parameter PID control
- Low-latency interpolation observation method improves the positioning precision by one order of magnitude when compared with M/T method
- Voltage utilization using over-modulation algorithm can be increased by 6.5% as compared with hexagon flux over-modulation algorithm

### Applications

- A wide range of automated equipment including robotics, machining centers and high-voltage breakers
- Any system involving PMSM control, such as high performance servo drive system

### Caractéristiques Particulières et Avantages

- La technologie de contrôle prédictif par modèle incrémental peut pousser la réponse du couple du moteur à la limite théorique
- 2 à 5 cycles de contrôle peuvent être raccourcis par rapport au contrôle PID à paramètre variable conventionnel
- La méthode d'observation par interpolation à faible latence améliore la précision de positionnement d'un ordre de grandeur par rapport à la méthode M/T
- L'utilisation de la tension utilisant l'algorithme de surmodulation peut être augmentée de 6,5% par rapport à l'algorithme de surmodulation de flux hexagonal

### Applications

- Une large gamme d'équipements automatisés, y compris la robotique, les centres d'usinage et les disjoncteurs à haute tension
- Tout système impliquant un contrôle PMSM, tel qu'un système de servocommande à haute performance

### Awards

Electro-technical Individual Technology Achievement Award, Zhengtai Foundation and China Electro-technical Society (2014)  
First Prize, Science and Technology Achievement Award, China Electro-technical Society (2014)

### Intellectual Property

PRC Patent: ZL201310460685.3, ZL201310461222.9, ZL201410238471.6, ZL201410236263.2

### Principal Investigators

Prof. Xi XIAO, Dr. Kai SUN, Dr Weihua WANG, Mr Youshuang DING, Mr Xuanrui HUANG, Mr Peng YANG, Dr Zedong ZHEN, Prof. Yongdong LI  
Department of Electrical Engineering  
Tsinghua University  
E-mail: xiao\_xi@tsinghua.edu.cn