

# Índice

|                   |  |      |
|-------------------|--|------|
| <b>Capítulo 1</b> | <b>Estado del arte</b>   | 1-1  |
| <b>Capítulo 2</b> | <b>Principios del Control Directo del Par (DTC)</b>                        | 2-1  |
|                   | 2.1 Introducción   | 2-1  |
|                   | 2.2 Principio de operación   | 2-1  |
|                   | 2.3 Estimación del flujo y del par   | 2-5  |
|                   | 2.4 Efecto de las fronteras de los controladores histéresis                | 2-7  |
|                   | 2.4.1 Efecto de la frontera del controlador del flujo                      | 2-8  |
|                   | 2.4.2 Efecto de la frontera del controlador del par                        | 2-10 |
|                   | 2.5 Las ventajas del DTC   | 2-11 |
|                   | 2.6 Inconvenientes del DTC Convencional                                    | 2-11 |
|                   | 2.7 Mejora del DTC Convencional  | 2-14 |
|                   | 2.7.1 Limitación de la corriente de arranque                               | 2-14 |
|                   | 2.7.2 Reducción de la ondulación del Par y del Flujo                       | 2-16 |
|                   | 2.7.3 Estimar la resistencia del estator                                   | 2-19 |
| <b>Capítulo 3</b> | <b>Técnicas de modulación para un inversor de cuatro interruptores</b>     | 3-1  |
|                   | 3.1 Introducción   | 3-1  |
|                   | 3.2 Estrategias de modulación  | 3-1  |
|                   | 3.2.1 PWM controlado por corriente   | 3-2  |
|                   | 3.2.1.1 Simulación del accionamiento: Inversor B4 controlado por corriente | 3-3  |
|                   | 3.2.2 PWM controlado por tensión   | 3-5  |
|                   | 3.2.2.1 Alimentación de una carga trifásica de 2-fuentes de tensión        | 3-5  |
|                   | 3.2.2.2 Simulación del accionamiento: inversor B4 controlado por tensión   | 3-7  |
|                   | 3.3 Nueva aplicación del DTC basado en un inversor B4                      | 3-9  |
|                   | 3.3.1 Introducción   | 3-9  |
|                   | 3.3.2 Representación del vector espacial                                   | 3-9  |
|                   | 3.3.3 Análisis y el desarrollo de la estrategia propuesta                  | 3-11 |
|                   | 3.4 Simulación del accionamiento del DTC con el inversor B4                | 3-15 |
|                   | 3.5 Limitación de la corriente de arranque del motor con el DTC            | 3-22 |
|                   | 3.6 Modificación del DTC basado en un inversor B4                          | 3-23 |
|                   | 3.7 Comentario sobre los resultados de la simulación                       | 3-29 |
| <b>Capítulo 4</b> | <b>Diseño y aplicación del DTC con un inversor cuasi resonante</b>         | 4-1  |
|                   | 4.1 Introducción   | 4-1  |
|                   | 4.2 Efectos e inconvenientes de la conmutación dura                        | 4-1  |
|                   | 4.3 Utilización de la topología cuasi resonante para mejorar el DTC        | 4-3  |
|                   | 4.4 Funcionamiento del DTC basado en el inversor cuasi resonante           | 4-8  |
|                   | 4.5 El circuito de resonancia y su funcionamiento                          | 4-12 |
|                   | 4.6 Resultados obtenidos por simulación                                    | 4-18 |
|                   | 4.7 Resultados experimentales del circuito de resonancia                   | 4-20 |
|                   | 4.8 Mejora del comportamiento de circuito de resonancia                    | 4-20 |
|                   | 4.9 Modificación del circuito de resonancia                                | 4-21 |
|                   | 4.9.1 Requisitos y Consideraciones   | 4-21 |

|   |            |
|---|------------|
| 4.9.2 El comportamiento del segundo circuito de resonancia                                      | 4-22       |
| 4.9.3 Resultados experimentales obtenidos   | 4-29       |
| 4.10 Simulación del DTC alimentado por un inversor cuasi resonante                              | 4-30       |
| <b>Capítulo 5 Estudio del efecto de la variación de la resistencia del estator sobre el DTC</b> | <b>5-1</b> |
| 5.1 Introducción  | 5-1        |
| 5.2 Estudio del efecto de la variación del $R_s$ al DTC   | 5-1        |
| 5.3 Estimación del valor real del $R_s$   | 5-15       |
| 5.3.1 Determinación de la resistencia del estator durante el arranque                           | 5-16       |
| 5.3.2 Estimación de la resistencia real del estator en régimen permanente                       | 5-20       |
| <b>Capítulo 6 Resultados Experimentales</b>   | <b>6-1</b> |
| 6.1 Introducción  | 6-1        |
| 6.2 Sistema desarrollado y resultados del DTC basado en un inversor B6                          | 6-1        |
| 6.3 Resultados experimentales del DTC basado en B6  | 6-3        |
| 6.4 Resultados experimentales del DTC basado en el inversor B4                                  | 6-11       |
| 6.5 Resultados experimentales del DTC basado en el inversor cuasi-resonante                     | 6-19       |
| <b>Capítulo 7 Conclusiones y recomendaciones</b>  | <b>7-1</b> |
| <b>Capítulo 8 Bibliografía</b>  | <b>8-1</b> |