

Capítulo 5: Conclusiones

5.1 Aportaciones de la tesis

En la presente tesis se ha analizado la aportación de la lógica borrosa y del control H_∞ al control de convertidores conmutados continua-continua. Más concretamente este análisis ha sido aplicado al control del convertidor elevador “boost”, que como hemos visto en el capítulo 1 posee una dinámica de fase no mínima alrededor del punto de equilibrio.

El enfoque de este trabajo ha tenido presente en todo momento la posibilidad de implementación de los controladores obtenidos con dispositivos electrónicos convencionales. Por esta causa, en el capítulo 2, que versa sobre la aplicación de la lógica borrosa al control de convertidores conmutados continua-continua, no se ha analizado el caso del control borroso directo de la tensión de salida del convertidor ya que en este caso es necesaria la utilización de componentes especiales en su implementación debida a la complejidad resultante.

La lógica borrosa es ideal para aprovechar el conocimiento de los expertos en el caso de que no exista un modelo dinámico conocido o suficientemente exacto de esta. Pero este no es el caso de los convertidores conmutados continua-continua, ya que existen modelos exactos de su comportamiento dinámico. Es por ello también que, en esta tesis, no se incluye el análisis del control directo de la tensión convertidores cc-cc con lógica borrosa, sino que se ha dirigido el esfuerzo en analizar la aportación que puede ofrecer esta lógica como soporte de otras técnicas de control. En concreto, como soporte del control de corriente de los convertidores, a los que introduce un cierto

comportamiento adaptativo a diferentes situaciones, mejorando de esta manera el comportamiento global del sistema.

En el capítulo 2, hemos visto que si se utiliza la lógica borrosa en el control del lazo de tensión de convertidores combinada con un lazo interno de control de corriente, entonces sí es posible su implementación con dispositivos electrónicos convencionales de uso general. Por todo ello, en este capítulo se ha estudiado la aplicación de la lógica borrosa como segundo lazo de control en convertidores con control de corriente en modo de deslizamiento y con control de corriente máxima en modulación de anchura de pulsos. Los resultados de simulación han mostrado en ambos casos un transitorio de arranque del convertidor sin sobrepicos de tensión considerables y una recuperación muy rápida del estado estacionario en el caso de que se produzcan perturbaciones en la carga o en la tensión de alimentación de la planta.

Finalmente, se ha desarrollado un prototipo experimental del controlador híbrido borroso-deslizante en el que se ha utilizado un microcontrolador de uso general para la implementación del controlador borroso. Los resultados experimentales obtenidos han confirmado los resultados obtenidos previamente por simulación demostrando, de esta manera, la viabilidad del uso de la lógica borrosa en el campo del control de convertidores conmutados continua-continua. La extrapolación de los resultados experimentales al control de corriente máxima PWM es inmediata ya que en este caso el controlador borroso posee las mismas características que en el caso implementado.

En segundo lugar, en el capítulo 3 se han analizado tanto el control directo H_∞ de la tensión de salida del convertidor como el control H_∞ del lazo de tensión de convertidores con lazo interno de corriente, estudiando tanto su vertiente deslizante como el control de corriente máxima PWM. Los resultados de simulación han puesto en evidencia que el control directo de tensión posee un error estacionario nulo y una

recuperación rápida del régimen estacionario en el caso de que se produzcan perturbaciones en la carga o en la tensión de alimentación del controlador. Posteriormente, los resultados experimentales han verificado los resultados obtenidos previamente por simulación. Como se ha podido observar, en el desarrollo del prototipo experimental, y debido al carácter lineal del controlador, solamente se han utilizado dispositivos electrónicos convencionales como amplificadores operacionales, resistencias y condensadores. La implementación de los controladores H_{∞} como lazo de tensión de convertidores con control de corriente no reviste ninguna dificultad especial, ya que aquellos poseen la misma característica lineal que el caso ya implementado.

En el capítulo 4 se ha realizado una comparación de los resultados experimentales obtenidos con las dos estrategias implementadas analizándolas en diferentes situaciones. En todas ellas se ha observado que la estrategia borrosa ofrece un tiempo de establecimiento mucho menor que el control directo H_{∞} , aunque este posee un error máximo ligeramente menor. En el caso del transitorio de arranque el comportamiento de la estrategia borrosa es claramente superior en todos los aspectos al no observarse la existencia de sobrepicos de tensión apreciables y al poseer un tiempo de establecimiento mucho menor.

En cuanto al coste de implementación de las dos estrategias cabe decir que el coste de implementación del control H_{∞} ha sido menor que en el caso del controlador borroso, aunque esta diferencia ha venido marcada por el precio del microcontrolador utilizado. En una fase de desarrollo comercial, la diferencia de coste se vería reducida considerablemente al utilizar en ella un microcontrolador mucho más económico.

5.2 Futuras líneas de investigación

Las futuras líneas de investigación que se desprenden después de la finalización de esta tesis empezarían en primer lugar por estudiar aspectos no tratados en este trabajo.

Es decir:

- La implementación del control de corriente máxima PWM con lazo de tensión borroso.
- Realizar el estudio teórico de la estabilidad de las dos estrategias basadas en lógica borrosa.
- La implementación de los controladores de corriente en modo de deslizamiento y de corriente máxima PWM con lazo de tensión H_{∞} .

En segundo lugar, aspectos nuevos a desarrollar podrían ser:

- La aplicación de las estrategias de control analizadas en este trabajo al control de convertidores conmutados continua-continua de orden elevado.
- Integración del control H_{∞} como lazo de tensión de convertidores con lazo interno de corriente y el control basado en lógica borrosa, para su aplicación el control de convertidores conmutados continua-continua de diferente orden.