

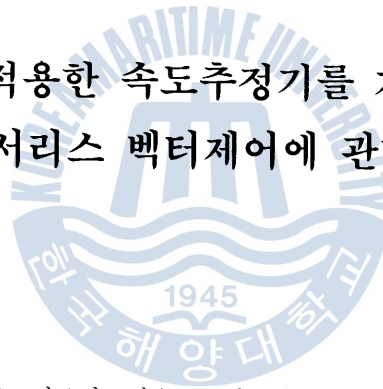
치로는 원통형 가드 전극계와 평행평판 전극계를 이용하였다.

뇌경보시스템은 크게 전계 센서로써의 회전형 필드 밀과 임피던스 변환기 및 2단 증폭회로로 나눌 수 있다. 필드 밀은 서로 절연된 회전자와 고정자로 구성되며, 고정자는 접지된다. 임피던스 변환기는 필드 밀의 높은 임피던스 특성을 만족시킬 수 있는 연산 증폭기(CA3130)를 사용하였고, 증폭회로는 40 [dB]의 이득을 얻기 위해 고감도 연산증폭기(op-77)를 이용하여 2 단으로 구성하였다. 또한 증폭기를 통해 얻어진 신호는 PLC Module(TPC37)에 입력되어 LCD에 전계값을 표시함과 동시에 스피커를 통해 4 단계로 나누어진 각각의 레벨에 따른 적절한 경보를 하도록 프로그램하였다.

본 연구의 결과로부터 뇌경보시스템의 주파수 대역과 감도는 각각 DC~200 [Hz], 0.267 [mV/V/m]이고, 전계 측정범위는 약 73 [V/m]~18.7 [kV/m]임을 확인하였다. 또한 이론적인 수식을 이용해 컴퓨터 시뮬레이션한 결과, 시스템은 관측점으로부터 약 6 [km] 이내에 접근하는 모든 뇌운의 움직임을 관측할 수 있음을 확인하였다.

따라서, 본 뇌경보시스템은 뇌운에 의한 대전전계의 측정뿐만 아니라 고전압 설비주변에의 정전계 측정에도 활용 가능성이 높을 것으로 기대된다.

91. MRAC를 적용한 속도추정기를 가지는 유도전동기의 센서리스 벡터제어에 관한 연구



전기공학과 최 승 현
지도교수 이 성 근

산업용으로 사용되고 있는 서보시스템은 DC서보와 AC서보 2가지로 나눌 수 있으며 직류전동기가 대부분 사용되어 왔다. 그러나 직류전동기는 정류자 및 브러시를 가지는 구조적 특징에 의한 본질적인 단점을 가지고 있어 직류전동기를 대신해 AC서보시스템을 사용하려는 연구가 활발히 진행되었다.

벡터제어는 유도전동기의 1차, 2차 축의 전류, 자속 등의 전동기내의 신호를 벡터 신호로 취해 1차전류인 전기자 전류를 자속발생성분과 토크발생성분으로 분리하고 이를 독립적으로 제어하여 타여자 직류 전동기의 수준으로 순시토크를 발생시키는 제어방식이다. 그러나 이와 같은 벡터제어를 수행하기 위해서는 고성능의 전류제어가 필요하며, 이에 따라 실시간의 빠른 부동소수점 연산이 필수적으로 요구되는데, 이는 DSP와 같은 고성능 마이크로프로세서의 등장과 대용량이면서도 스위칭주파수가 수십 kHz에 이르는 파워 MOSFET나 IGBT 등이 상용화되어 제작이 가능하게 되었다.

벡터제어는 자속각을 얻어내는 방법에 따라 직접벡터제어와 간접벡터제어로 나눌 수 있다. 직접 벡터제어는 일명 자속피드백제어라고 하며, 전동기내의 공극자속을 홀소자나 검색코일등으로 직접 측정하거나 고정자의 전류 전압등을 측정하여 자속을 추정하는 방법이다. 따라서 직접 자속을 측정할 경우는 전동기의 회전속도를 정확하게 검출할 수 있는 속도 센서가 필요하게 된다. 간접 벡터제어는 고정자 전류와 전동기 파라미터를 이용하여 슬립각속도를 계산하고, 여기

에 전동기 회전속도를 더하여 간접적으로 자속각속도를 구하는 방식으로, 피드포워드 방식이라 하며 정확도가 높고 구현이 용이하며, 자속에서 고속영역까지 사용이 가능할 뿐만 아니라, 무엇보다도 일반적인 전동기를 그대로 사용할 수 있다는 장점이 있다. 이처럼 벡터제어에서는 회전자의 속도를 필요로 하며, 이를 검출하기 위해 tacho-generator, digital shaft-position endcoder와 같은 속도센서를 필요로 한다. 그러나 속도센서를 부착하는 것은 여러 가지 면에서 단점을 가진다. 우선 전동기의 온도를 고려해 센서를 선택하여야 하며 센서를 기계적으로 취부하여야 하는 어려움과 취부에 따른 유도전동기가 가지는 본래의 강인함을 약화시키고, 추가적인 센서의 부착으로 가격이 상승한다. 하지만 무엇보다도 속도센서에 제어의 신뢰도가 달려있기 때문에 전체적인 시스템의 신뢰도는 센서가 없는 경우보다 크게 떨어지게 된다. 따라서 속도센서를 제어 시스템에서 제거한 센서리스 벡터제어 이론이 연구되어, 지난 십여년간 여러 가지의 속도 추정 방법이 제시되었다. 이러한 센서리스 벡터제어는 제어 장비의 가격을 저하시킬뿐만아니라 많은 산업분야에서 제어 성능을 향상시킨다.

유도전동기의 제어시스템 구성에 속도제어부로서 PI제어기를 사용하는 방식이 널리 채택되고 있다. 그 이유는 PI제어기의 제어 이득 값이 적절하게 선정될 경우 최적의 운전률 유지할수 있는 우수한 특성을 갖고 있으면서도 제어 알고리즘이 간단하여 손쉽게 구현할 수 있기 때문이다.

PI제어를 기본으로 하는 속도제어계는 그 제어 파라미터 조절에 의해서 속도와 토크를 제어 하나 시스템의 기계정수인 관성, 마찰계수 등의 파라미터가 운전중에 변하는 경우에는 최적의 운전 상태를 유지하기 위해서 제어 상수 값들을 적절하게 변화시켜야 한다. 또한 PI제어기는 부하외란이나 파라미터 변동에 대해 매우 민감하기 때문에 속도 및 토크응답의 극점을 PI제어의 파라미터 범위안에서 설계하는 것은 한계가 있으며, 따라서 운전범위에 제한을 받게 된다. 본 논문에서는 센서리스 간접벡터제어를 위해 MRAC를 이용하여 속도추정기를 설계한다. 이는 유도전동기의 토크발생식에 기초해 속도추정식을 유도하여 파라메트릭(시변인) 모델식을 세우고, 이에 선형의 프로세스식이 모델식과 perfect model-matching될 수 있게, primary controller를 구성하는 것이다. 제안된 상태정보인 입력과 출력정보로부터 perfect model-matching을 구현하기 위해 Monopoli가 제안한 'augmented error method를 사용하였다. Adaptive Law를 유도하기 위해, Lyapunov 안정도이론을 적용하였고, 이에 따라 primary controller내의 파라미터 값을 변화시킨다.

본 논문에서는 센서리스 벡터제어 구현을 위해 토크식을 사용해 속도를 추정하였으며, 단순 PI제어시의 문제점을 개선 및 보다 빠른 응답특성을 얻기 위해 MRAC를 적용한 속도추정기를 설계하여 제어 특성 및 응답특성을 향상시키고자 하였다. 제안한 방법을 적용해 시뮬레이션과 실험을 행한 결과, 기존의 속도센서의 사용에 따른 문제점을 속도센서를 사용하지 않고 추정을 통해 속도를 계산함으로써 속도센서를 통해 첨가될 수 있는 잡음에 대한 문제점제거 및 비용부담을 줄일 수 있었고, 단순 PI제어의 문제점을 극복하기 위해, MRAC를 적용하여 보다 빠른 응답특성과 부하외란등에 강인한 특성에 확인할 수 있었으며, PI제어가 가지는 문제점을 보상할 수 있었다. 그리고 MRAC알고리즘 및 전류, 속도 제어등을 모두 소프트웨어로 처리하였고, 소프트웨어 보호기법과 하드웨어 보호장치등을 사용하여 시스템의 신뢰성을 향상시킬 수 있었으며, 디지털 회로의 EPLD내의 집적을 통해 부피의 소형화를 꾀할 수 있었다.