

의 변화양상을 조사하고, 시료유 입자의 미립화와 균질화를 검토함으로써 폐유의 재활용 가능성에 대해 알아보았다. 또한 초음파 진동장치 중 중요부품인 진동자에 발생하는 침식양상을 조사하고자 진동자 팁(tip)의 재료로서 SS41을 사용하여 그 침식손상을 규명하였다. 아울러 선박 유류 및 슬러지유 환경에서 캐비티의 영향을 받는 SS41 시험편에 대한 침식특성을 고찰하고, 슬러지유 균질화에 미치는 캐비티 유체 유동 및 붕괴압의 세기를 규명하고자 초음파 진동자 혼에 의해 발생된 캐비티의 붕괴에 따른 침식양상을 고찰하였다.

연구 결과로서 선박 폐유를 재활용 할 수 있는 시스템의 개발 가능성을 확인하였고, 나아가 이러한 결과는 연소용 연료유의 절감에 따른 경제성을 향상시키며, 슬러지 탱크 용량을 최소화하여 선박 운용 효율을 제고하는 문제 등을 검토하는데 유용한 자료가 될 수 있을 것이다. 또한 각종 유체 기기의 사용 환경과 재료의 성질이 다르지만, 캐비테이션 침식-부식 및 회전체 자체에 의해 캐비티를 발생시키면서 자신이 침식손상을 입는 기기의 캐비테이션 침식 발생에 대한 자료로 활용이 가능하고, 대향적으로 캐비테이션을 받는 재료나 캐비티의 붕괴에 따라 충격압을 받는 재료의 침식손상을 규명하는 자료로도 활용될 수 있으리라고 기대한다.

4. 신경회로망을 이용한 유도전동기의 센서리스 속도제어에 관한 연구

기관공학과 김 종 수
지도교수 김 성 환

구조가 견고하고 보수 및 유지가 용이하며 가격이 저렴한 유도전동기의 순시토크제어를 위해서 자속기준제어 즉, 벡터제어가 많이 적용되고 있다. 또한, 유도 전동기의 고성능, 고정밀 속도제어를 실현하기 위해서는 회전자의 정확한 속도정보가 필요하며 이는 리졸버, 펄스 엔코더 등의 기계적인 센서를 이용하여 얻을 수 있다. 하지만, 이들 센서들을 사용하여 정밀한 속도정보를 얻는 데는 운전속도에 따라서 한계를 가질 수 있으므로 구동 시스템의 성능향상에 문제 요소로 작용하게 된다. 그리고 구동장치의 설치 환경에 따라 센서를 취부하는 것이 허용되지 않거나, 구동시스템의 가격상승과 신뢰도 및 외란에 대한 강인성을 감소시킨다.

이런 문제점을 해소하기 위해 1980년대 후반 이후 센서를 사용하지 않는 센서리스 속도제어 방식에 관한 연구가 진행되었다. 초기에는 고정자 전압과 전류값에 의해 자속을 추정하고 전류와 추정 자속값을 이용하여 회전자 속도정보를 얻는 방식을 취해 왔으나, 요즘에는 보다 더 정확하고 강인성을 가지는 속도추정 및 센서리스 제어방식들이 발표되고 있다.

기존의 센서리스 속도제어방식에는 대표적으로, 고정자 전압 및 전류값을 측정하여 전동기 상태 방정식으로부터 자속 및 회전자 속도를 추정하는 방식, 유도 전동기의 두 모델, 즉 고정자 모델과 회전자 모델에 의해 구한 자속이나 역기전력 추정치의 차이를 적응메커니즘에 적용시켜 속도를 추정하는 방식, 상태 관측기에 의해 회전자 자속을 추정하고 고정자 전류와 회전자 자속을 이용하여 속도정보를 얻는 방식, 입·출력 잡음의 영향을 받을 경우에 최적의 필터링 알고리즘인 칼만필터를 이용하는 방식, 회전자 슬롯에 의한 릴럭턴스 변화로 야기되는 고정자 전

압이나 전류 고조파를 이용하여 속도를 추정하는 방식 등이 있으나 대부분 20[rpm] 이상에서 속도 추정 및 제어가 가능하였고 회전자 저항이 20% 증가하였을 때, 응답속도는 지령속도값에 대하여 약 4~6% 정도의 오차를 보였다.

이상의 응답특성을 살펴보면 기존의 센서리스 속도제어 방식에서는 극 저속 영역이나 파라미터 변동시에 강인한 제어성능을 얻기가 어려움을 알 수 있다.

1943년 McCulloch와 Pitts에 의해 연구되기 시작한 신경회로망은 학습을 통해 연결가중치를 조정함으로써 수학적으로 모델을 구하기 어려운 비선형 시스템이라 할지라도 입·출력 특성을 묘사할 수 있으며, 입력정보의 왜곡, 잡음 등에 강인한 특성을 갖는다. 이에 따라 1990년대 이후 PWM 인버터의 전류제어, 직류전동기 제어 등에 대한 연구가 시작되었으며 최근에는 신경회로망을 이용한 유도전동기의 속도추정에 관한 연구가 진행되고 있다. 하지만, 종전의 신경회로망을 이용한 속도추정 방식에는 모델기준적응제어의 적응메카니즘에 신경회로망을 이용하는 방식, 제어기로서 신경회로망을 이용하여 회전자자속과 토크 및 자속각 위치를 추정하여 회전자속도를 제어하는 방식, 유도전동기의 구동과 동시에 on-line 학습을 통하여 속도를 추정하는 방식 등이 있으나 이 방식들은 저속운전 영역과 고정자 및 회전자저항의 파라미터변동, 그리고 부하인가시 추정속도에 오차가 발생한다. 따라서, 본 논문에서는 기존의 문제점들을 해소하기 위하여 신경회로망을 이용한 새로운 유도전동기의 속도추정 방식을 제안하였으며 추정속도를 이용하여 센서리스 속도제어를 행하였다.

유도전동기의 토크는 전압 및 토크방정식에 의해 구해지며, 이 토크를 이용하여 회전자 속도 정보를 얻을 수 있다. 따라서 신경회로망의 입력패턴과 출력패턴으로 사용되는 데이터는 유도전동기의 전압 및 전류와 회전자속도 상호간의 비선형 특성에 착안하여 전압 및 전류를 입력패턴 요소로, 회전자속도를 출력패턴으로 사용한다.

제안된 방식은 다층 퍼셉트론을 이용하며, 시뮬레이션을 통하여 미리 얻어진 입·출력 데이터를 신경회로망의 입력패턴과 출력패턴으로 간주하여 역전파 학습 알고리즘을 적용시켜 학습함으로써 최적의 연결가중치를 구하여 속도 추정기를 구성하였다. 이 연결가중치와 신경회로망의 입력 데이터와의 연산에 의해 실제 회전자 속도정보를 추정함으로써 기존의 속도추정 알고리즘들이 가지는 복잡성과 파라미터나 부하의 변동 등 운전 환경에 대한 의존성의 문제를 극복할 수 있었다. 신경회로망의 견실한 특성으로 인해 여러가지 운전 상황 변화에도 정확한 속도 추정 성능을 나타내고 과도상태에서도 만족할만한 제어 성능을 보여준다.

또한, 전동기 모델의 시뮬레이션을 통한 신경회로망의 입·출력 데이터 수집, 역전파 학습 알고리즘을 이용한 연결가중치 도출, 학습을 통하여 얻어진 연결가중치의 정확성을 검증할 수 있는 신경회로망의 추정속도 출력 및 비교분석 등의 과정을 포함하는 프로그램을 개발하였다.