

계통 연계형 유도 모터의 회전자 시정수 추정 방안

장푸름, 황대연, 노용수, 현병조, 최준혁[†]

한국전자기술연구원 전력제어시스템연구센터

The Method for Estimating Rotor Time Constant of Grid-Connected Induction Motor

Poo Reum Jang, Dae Yeon Hwang, Yong-Su Noh, Byong Jo Hyon, Jun-Hyuk Choi[†]

Power System Research Center, Korea Electronics Technology Institute

ABSTRACT

계통에 연결되어 구동되는 유도 모터의 경우 구동 시 발생하는 과전류 및 과토크를 방지하기 위해서 소프트 스타터를 흔히 이용한다. 이러한 계통 접속형 모터는 계통 주파수에 맞춰 회전하게 되지만 외부 부하 상황이나 의도치 않은 외부 상황으로 인해 모터의 속도가 크게 변하는 경우가 생길 수 있다. 이러한 모터 속도를 추정하기 위해서는 전압, 전류 및 모터의 파라미터가 필요하게 된다. 본 논문은 이러한 모터 속도 추정을 위한 계통 접속형 유도 모터의 회전자 시정수 추정을 위한 알고리즘을 제안한다.

1. 서 론

계통에 접속하여 동작하는 직입 기동 유도 모터는 모터가 정지해 있을 때 과전류 및 과토크가 발생하게 된다. 이러한 원치 않는 과전류 및 과토크를 방지하고 유도 모터를 안전하게 기동 및 정지하기 위해서 흔히 소프트 스타터를 사용한다. 소프트 스타터는 모터에 인가되는 전압을 서서히 키워 모터를 과전류 및 과토크로부터 보호한다. 이를 위해 위상제어를 기반으로 소프트 스타터 내의 사이리스터의 게이트 신호 타이밍인 점화각을 조절하게 된다. 이러한 사이리스터는 인버터를 구성하는 IGBT나 SiC MOSFET에 비해 가격이 저렴하고 유지보수가 쉬운 장점을 지니지만 스위치 온/오프를 통해 과전류 및 과속도 상황에서 빠르게 대처 가능한 인버터에 비해 SCR은 턴온 타이밍만 조절할 수 있는 특성 때문에 사고 대처에 다소 불리한 단점을 지닌다. 만약 SCR로 구성된 소프트스타터를 사용 시 모터의 파라미터를 알게 되면 속도 추정을 통해 미연에 사고에 다소 빠르게 대처를 할 수 있다. 본 논문에서는 소프트 스타터를 통해 모터 구동 시 회전자 저항을 추정하는 방법을 제안한다.

2. 소프트 스타터 구조 및 원리

2.1 소프트 스타터 원리

그림 1은 사이리스터의 기본적인 원리를 보여준다. 사이리스터는 턴온만 조절 가능한 소자로서 사이리스터의 점화각, α 를 조절하여 모터의 인가되는 전압의 크기를 조절할 수 있다. 이러한 사이리스터를 기반으로 소프트 스타터는 각 상마다 역병

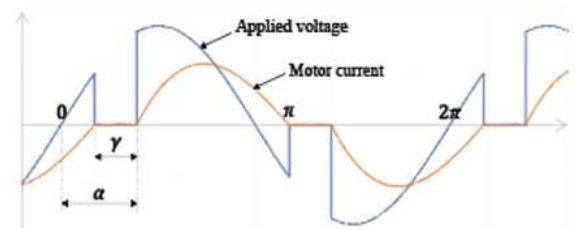


그림 1. 사이리스터의 기본 원리

Fig 1. Basic principle of thyristor

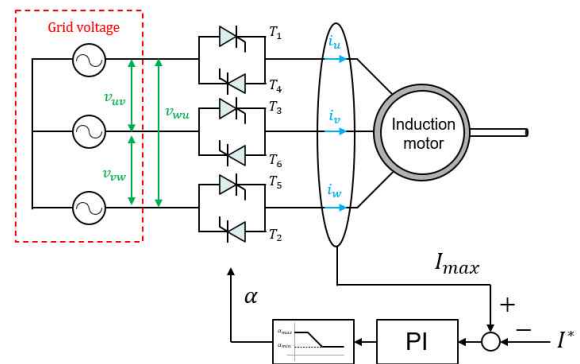


그림 2. 소프트 스타터의 기본적인 구성 및 전류 제한 방법.

Fig. 1. Basic configuration of soft starter and current limit control method

렬로 구성된 6개의 사이리스터로 구성되어 있다. 소프트 스타터 이용 시 모터를 기동하는 여러 방법이 존재하게 되고 그림 2는 가장 대표적인 소프트 스타터의 기동 방법을 보여준다. 각 상에 구성된 SCR, T1-T6는 60도의 위상 차이를 가지는 게이트 신호가 인가되게 된다. 모터에 흐르는 상전류를 측정하고 이때 각 상전류가 모터를 안전하게 기동하게 전류 제한값 I^* 를 넘지 않을 경우 점화각을 계속 줄이게 되고 만약 이를 넘게 될 경우에는 점화각을 늘리게 된다. 이러한 원리를 기반으로 소프트 스타터 사용 시 모터를 정격속도까지 안전하게 기동할 수 있다.

3. 유도모터 회전자 저항 추정 방법

유도모터는 고정자 저항, 자화 인덕턴스, 누설 인덕턴스 등 여러 파라미터 성분을 포함한다. 이러한 파라미터 추정을 위한

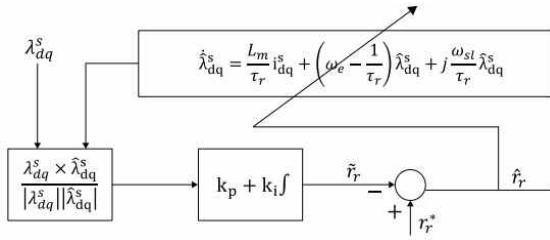


그림 3. 회전자 저항, τ_r 추정을 위한 블록도.
Fig. 3. Block diagram for estimation of rotor resistance, τ_r .



그림 4. 실험에 사용된 유도모터 및 소프트 스타터.
Fig. 4. Induction motor and soft soft starter used in experiments.

표 1 유도모터 파라미터

Table 1 Parameter of induction motor

항목	값	단위
정격 파워	1.1	kw
고정자 저항, r_s	9.52	Ω
고정자 인덕턴스, L_s	0.533	mH
회전자 저항, r_r	8.55	Ω
회전자 인덕턴스, L_r	0.533	mH
자화 인덕턴스, L_m	0.498	mH

여러 방법중 속도 추정을 위한 센서리스나 자속 추정을 위해서 회전자 저항 추정을 위한 여러 방법들이 존재한다. 본 논문에서는 소프트 스타터가 계통에 연결되는 구조를 이용하여 회전자 저항을 추정하는 방법을 제안한다.

그림 3은 회전자 추정을 위한 본 논문의 제안 방법을 보여준다. 제안한 방법은 추정된 회전자 자속과 전압 수식에서 적분을 통하여 구한 자속 사이의 외적을 통하여 이러한 외적값이 0이되도록 PI제어기를 사용하는 방식을 이용한다. 회전자 저항이 전압 수식의 적분을 이용한 자속 추정에는 사용되지 않음을 이용한 방법이다. 실제 추정된 자속 수식에는 슬립 주파수, ω_{sl} 이 존재하나 계통 주파수를 알고있기 때문에 이를 $\omega_e - 1/\tau_r$ 로 대체한 것을 알 수 있다.

4. 실험 결과

그림 4는 실험에 사용한 실험 환경을 보여준다. 부하는 FAN 부하를 사용하였으며 사용된 모터의 용량과 파라미터는 표1과 같다. 계통 전압은 380Vrms를 사용하였다.

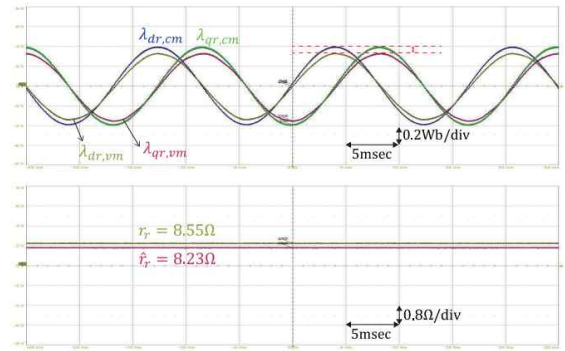


그림 5. 전압 모델과 전류 모델을 기반으로 한 회전자 자속과 추정된 회전자 저항값 비교.

Fig. 5. The rotor flux based on voltage model and current model respectively, and comparison between estimated rotor resistance and nominal value.

그림 5는 제안한 방법을 이용한 실험 파형을 보여준다. 실제 전압 모델을 기반으로 추정한 자속과 전류 모델 기반으로 추정한 자속의 위상이 같아지는 것을 볼 수 있다. 이때 두 자속간의 크기 차이가 존재하게 되는데 이는 L_m 값의 오차로 인한 차이로 생기는 결과로 볼 수 있다. 제안한 방법 이용시 실제 회전자 저항과 추정된 저항값 사이에는 대략 3%의 오차가 존재하는 것을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 소프트 스타터를 이용시 회전자 저항을 추정하는 방법을 제안하였다. 모터의 각 속도를 모르는 상황에서 계통 주파수를 아는 것을 이용하여 회전자 자속 추정을 위한 수식에서 슬립 주파수를 계통 주파수를 이용하여 표현하여 이용하였으며 제안한 방법 이용 시 추정된 회전자 저항값은 다소 오차가 존재하지만 잘 추종하는 것을 알 수 있다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 2022202090003B)

참 고 문 헌

- [1] Zhang, Pinjia, Bin Lu, and Thomas G. Habetler. "A remote and sensorless stator winding resistance estimation method for thermal protection of soft-starter-connected induction machines." IEEE Transactions on Industrial Electronics 55.10 (2008): 3611-3618.
- [2] Zenginobuz, Gurkan, et al. "Soft starting of large induction motors at constant current with minimized starting torque pulsations." IEEE Transactions on industry applications 37.5 (2001): 1334-1347.
- [3] Nannen, Hauke, and Heiko Zatocil. "Sensorless start-up of soft starter driven line-start pmsm based on back emf measurement." 2017 IEEE 26th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE). IEEE, 2017.