

비상발전기를 이용한 유도전동기의 기동전류 저감에 대한 연구

최은경¹, 김병각², 박성준^{1†}
 전남대학교¹, 한국수자원공사²

A Study on Inrush Current Reduction of Induction Motor using Emergency Generator

Eun-Kyung Choi¹, Byeong-Kak Kim², Sung-Jun Park^{1†}
 Department of Electric Engineering, Chonnam National University¹,
 Korea Water Resources Corporation²

ABSTRACT

비상발전기를 이용한 독립 전원시스템에서 유도전동기를 직접 기동 할 경우 큰 돌입전류로 인하여 과대한 발전기 용량이 요구되고 있으며, 이를 개선하기 위해 다양한 소프트-스타트 기동 방법이 사용되고 있다. 본 논문은 비상발전시스템에서 유도전동기 기동 시 발생하는 돌입전류를 저감하기 위해 비상발전기를 이용한 소프트-스타트 기동 방식을 제안한다. 또한 제안된 방식이 타당성을 검증하기 위해 시뮬레이션을 한 결과 제안된 방법을 적용 시 돌입전류가 저감하였다.

1. 서 론

유도전동기는 구조적으로 단순 견고하고, 제작이 용이하며 저가라는 장점을 갖고 있어 현재 산업계에서 널리 쓰이고 있다. 그러나 유도전동기는 직접 기동 시에 정격전류의 5-8배가 되는 큰 돌입전류 저감을 위해 Y-△기동, 리액터 기동, 단권변압기 기동, 소프트-스타트 방식을 사용한다^[1]. 이러한 기동방식 중에서도 인버터를 이용한 유도전동기의 소프트-스타트 기법을 사용하는 경우 돌입전류를 정격전류 이하로 줄일 수 있으나, 인버터의 설치비용이 증가하는 단점이 있다.

본 논문은 유도전동기 등가회로에 의한 벡터도를 통하여 기동전류 특성을 분석하였으며, 이를 기반으로 비상 발전기의 전압 주파수 제어를 이용한 유도전동기의 소프트-스타트 방식을 제안하였다. 또한, PSIM 시뮬레이션을 통해 직접기동방식과 비교하여 돌입전류 저감을 검증하였다.

2. 유도전동기 기동전류 저감을 위한 기동방식

2.1 기존의 기동방식

직접기동방식은 유도전동기의 단자에 직접 정격전압을 인가하는 방식으로, 소용량의 경우에 보편적으로 쓰이고 있다. 즉, 용량이 5[kW]이하인 유도전동기는 큰 기동전류가 흘러도 가속 시간이 짧아 온도가 크게 상승하지 않기 때문에 별도의 기동장치를 사용하지 않는다. 그러나 대용량일 경우에는 전원용량에 여유가 있고 큰 기동토크를 필요로 하면 직접 기동할 수 있으나, 기동 순간에 정격전류의 5-8배 정도의 돌입전류가 흐르므로 전원용량이 이러한 과도전류를 견딜 수 있어야 한다^[2]. 하지만 대용량 유도전동기의 경우 가속시간이 많이 소요되기 때

에 기동전류를 줄이기 위해서 기동전압을 줄이는 기동방식을 채택하는 것이 일반적이다. 이를 위해 Y-△기동, 유도전동기의 비례추이를 활용한 2차 저항기동 등 다양한 방식들이 사용되고 있다.

2.2 유도전동기 기동전류 저감

그림 1은 유도전동기의 슬립에 따른 전압기준 전류 벡터 궤적도를 나타내고 있다. 이 그림을 통해 직접기동 시에 유도전동기의 기동전류는 매우 크며 무효전력이 크기 때문에 역률이 매우 나쁠을 알 수 있다.

비상발전기시스템에서 유도전동기의 기동전류로 인해 발전기 용량을 크게 설치해야하는 단점이 발생 할 수 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해 인버터를 이용해 유도전동기의 소프트-스타트 기동을 사용한 경우 기동전류를 대폭 줄일 수 있다. 그러나 이 경우에는 인버터의 설치비용이 증가하는 단점을 가져오게 된다.

본 논문에서는 비상발전기시스템이 구축되어 있는 경우, 비상발전기의 주파수 전압조정기능을 이용하여 인버터 없이 유도전동기의 소프트-스타트 기법을 구현하고 유도전동기 기동전류를 저감시키는 것을 제안한다.

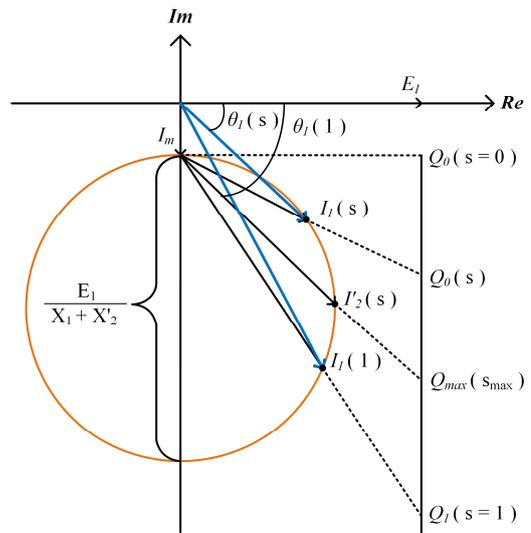


그림 1 유도전동기 슬립에 의한 벡터 궤적도
 Fig. 1 Vector trace plot by induction motor slip

2.3 제안하는 기동 방식

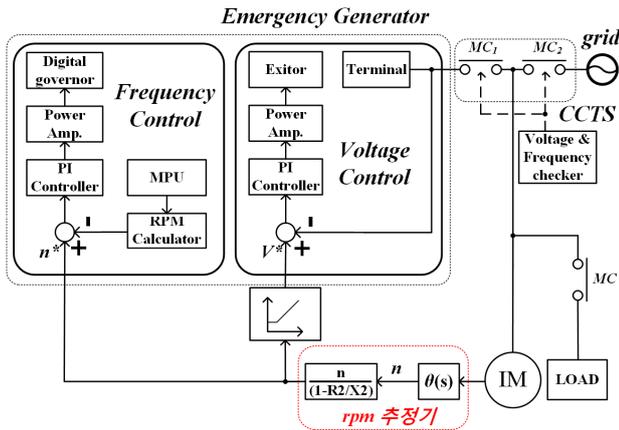


그림 2 유도전동기 Soft-Start CCTS 시스템
Fig. 2 CTS system with Soft-Start induction motor

현재 정전압 정주파수로 운전하는 비상발전기시스템의 운전 범위를 가변전압 가변주파수로서 운전하도록 확대한다면, 비상발전기시스템에서 정전이 수반되는 경우 비상발전기를 유도전동기 소프트-스타트 기동용으로 활용한다면 돌입전류를 저감할 수 있다. 따라서 가변전압 가변주파수 시스템으로 변동시키기 위해서 속도와 전압의 크기를 제어할 수 있는 영역에 대한 연구가 필요하다.

유도전동기의 전압주파수(V/f)일정제어에 의한 소프트-스타트 기동 시에 최대토크로 운영하여 가속시간을 줄여야 한다. 이러한 가속시간을 줄이기 위해서는 모든 주파수 영역에서 최대토크가 발생하는 슬립으로 운영해야 한다.

유도전동기의 등가회로로부터 최대토크가 발생하는 슬립은 식1과 같이 정의된다.

$$s_{\max} = \frac{R_2'}{X_2}$$

$$n_s^* = \frac{n}{1-s_{\max}} = \frac{n}{1-R_2'/X_2} \quad (1)$$

최대토크가 발생하는 슬립으로 동작하기 위해서는 식1에서 알 수 있듯이 유도전동기의 속도정보가 필수적이다. 식1에 의해 최대토크가 발생하는 슬립으로 운전할 경우 최대토크는 식2와 같다.

$$T_{\max} = \frac{1}{\omega} \frac{V^2}{(R_2'/s_{\max})^2 + (X_2')^2} \frac{R_2'}{s_{\max}} \quad (2)$$

그림 2는 본 논문에서 제안하는 유도전동기 소프트-스타트 기동이 가능한 무정전절체스위치(Closed Transition Transfer Switch, CCTS)시스템을 나타낸 그림이다. 발전기의 가버너와 AVR의 운전범위를 확대하여 초기에는 발전기를 이용한 유도전동기의 소프트-스타트 기동으로 사용되며, 기동 후에는 CCTS로 동작되는 시스템이다. 이 시스템은 전압 및 주파수영역 확대를 위해 현재 가버너 제어기 및 AVR 제어기로부터 발전기에서 일반적으로 사용되는 출력전압 setpoint 지령 값과 속도 setpoint 지령기능을 제거하여 운전영역 범위를 확대하였다. 또한, 최대토크로 유도전동기를 소프트-스타트 운전하기 위한 속도정보는 그림 1의 케적도를 기반으로 한 역률정보를 이용하여 추정하였다. 식 1에 의해 결정한 최대토크가 발생하는 슬립에서 유도전동기를 운전하기 위해서 가버너와 AVR을 이

용하여 V/f일정제어를 하였다. 이를 위해 가버너 제어에 의해 발전기의 주파수를 제어하였고, AVR에 의해 발전기의 전압크기를 제어하여 가변전압 가변주파수로서 유도전동기를 소프트-스타트 기동을 하게 된다.

기동 후에 가버너와 AVR의 모듈에서 주파수, 단자전압을 제어하여 규정치 이내의 값이 만족이 되면 MC를 제어하여 부하에 전력을 공급할 수 있게 된다.

3. 시뮬레이션 결과

그림 3는 본 논문에서 제안하는 방식과 직입기동방식의 특징을 비교하는 시뮬레이션 결과이다. 시뮬레이션 결과를 보아 직입기동방식에 비해 유도전동기가 정상상태에 도달하는 시간은 느리지만, 유도전동기 기동 시 돌입전류의 최댓값은 제안하는 방식이 직입기동의 약 16[%]로 적게 나타냄을 알 수 있다.

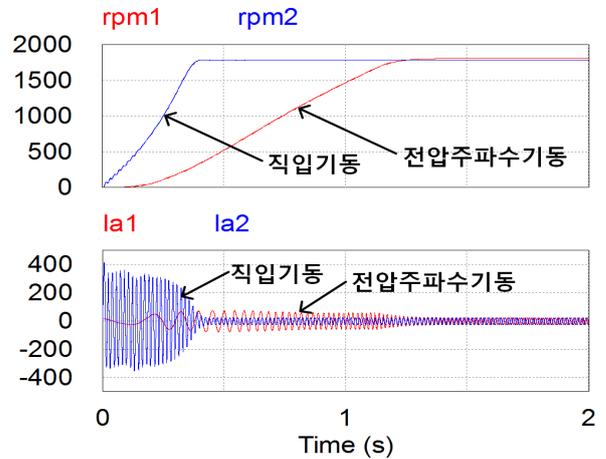


그림 3 시뮬레이션 결과 파형
Fig. 3 Simulation result waveform

4. 결론

본 논문에서는 비상발전기를 이용한 유도전동기의 기동전류 저감 할 수 있는 방법을 제안하였다. 비상 발전기 시스템에서 유도전동기를 부하로 사용하였을 때, 발전기의 주파수 및 전압조정 운전영역을 확대하는 방법으로 유도전동기의 소프트-스타트 방식의 구현을 제안하였다. 또한, PSIM 시뮬레이션을 통해 발전기를 이용해 유도전동기의 소프트-스타트 기동의 구현과 제안된 기동방식을 직입기동방식과 비교함으로써 유도전동기 기동전류 저감이 되는 유효성을 검증하였다.

참고 문헌

- [1] 김종겸, 박영진, 윤희환, 김지명. "유도전동기의 소프트 스타터 기동 방법에 관한 연구," 한국조명·전기설비학회 학술대회논문집, 10-10. 2015
- [2] 최두환, "유도전동기 기동방식의 경제성 검토," 한양대학교 공학대학원, 2010