

소프트 스타터 입력단 커패시터를 통한 역률 보상

장동호, 장푸름, 황대연, 현병조, 김진홍, 최준혁
한국전자기술연구원 전력제어시스템연구센터

The Power Factor Correction with Soft Starter Input Stage Capacitors

Dong-Ho Jang, Pooreum Jang, Dae-Yeon Hwang,
Byung Jo Hyun, Jin-Hong Kim, Jun-Hyuk Choi
Power System Research Center, Korea Electronics Technology Institute

ABSTRACT

소프트 스타터는 모터의 기동 및 정지시에 과전류를 방지하여 모터를 안전하게 동작하게 한다. 계통 전압을 입력으로 사용하기 때문에 모터의 정격속도 부근에서 계통 전압이 모터에 인가되어 입력전력이 작은 장점을 지나 가변속도 제어가 필요한 어플리케이션에서는 구동 특성상 역률이 좋지 않아 입력 전력이 상대적으로 커지게 된다. 본 논문에서는 역률 개선 커패시터를 이용하여 소프트 스타터의 역률을 보상하는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 입력단 커패시터를 통하여 역률을 보상하며 이를 통해 계통 전류 최대치를 감소시킨다. 제안된 방법은 실험을 통하여 그 효용성이 검증되었다.

1. 서론

유도 모터는 슬립이 존재하여 직입 기동할 경우 기동시 정격 운전시의 4~7배 정도로 큰 과전류가 발생하게 된다.^[1] 이로 인해 과도한 토크가 발생하기도 하며 모터의 권선 및 샤프트 등에 물리적인 손상을 야기하기도 한다. 이를 방지하기 위해 계통 전압을 이용하는 유도 모터는 소프트 스타터를 사용하여 모터를 안전하게 기동한다. 소프트 스타터는 그림 1과 같이 6개의 SCR로 구성되며 SCR의 점화각을 조절하여 모터에 인가되는 전압을 점진적으로 가변하여 모터의 기동시간을 충분히 확보하며, 기동 및 정지 시점에서 과전류 및 과토크를 막아 안정적으로 모터를 기동하는 방식이다. 소프트 스타터는 인가되는 전압의 시점만을 조절하는 구동 특성상 소프트 스타터를 이용하여 속도 가변시 역률이 좋지 않은 단점이 있지만, AC/DC 컨버터와 같은 회로를 필요치 않아 비용적인 장점이 있어 산업현장에서 널리 쓰이고 있다. 본 논문은 정격속도 부근에서 역률 개선 커패시터를 이용한 경우와 일방적인 방식으로 제어한 경우의 입출력 및 역률을 비교한다.

2. 소프트 스타터

1. 일반적인 소프트 스타터 구성

소프트 스타터는 점화각, α 를 이용하여 입력전압을 조절함으로써 과전류 및 과토크로부터 모터를 안전하게 보호하며 기동 및 정지한다.^[2] α 는 SCR의 게이트 신호가 인가되는 시점을 의미한다. 그림 1에서 확인할 수 있듯이 α 의 조절은 제어 보

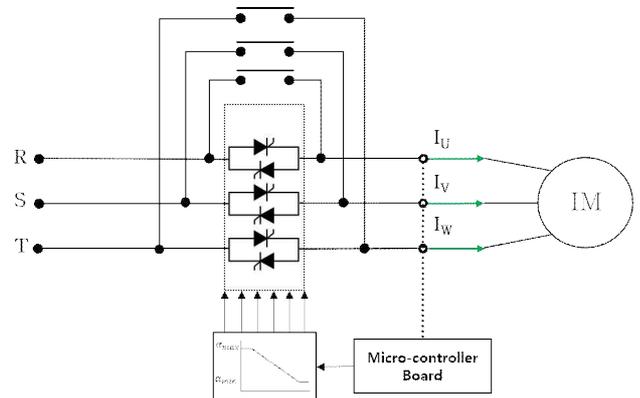


그림 1. 일반적인 소프트 스타터 구성 및 제어 방법
Fig 1. Typical soft starter configuration and control methods

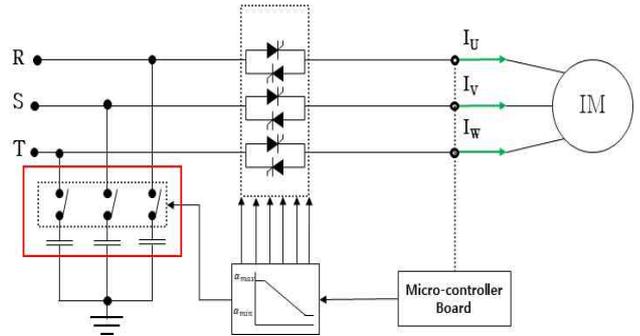


그림 2. 입력단 커패시터를 이용한 제안된 역률 보상 방법
Fig 2. The proposed power factor compensation method using input capacitor

드에서 현재 모터에 입력되는 상전류를 입력받아 이루어지며 α 를 점차 줄여나가는 것으로 모터에 인가되는 전압을 서서히 키워나가게 된다. 정지시 α 를 점진적으로 증진하는 것으로 정지시간을 충분히 확보한 후 정지한다. 최종 점화각(α_{min})에 도달한 다음 SCR 도통 손실을 줄이기 위해 바이패스 컨덕터를 통해 모터를 그리드 전압에 직접 접속하는 경우도 있다.^[3]

2. 입력단 커패시터를 통한 역률 개선 방법

그림 2는 입력단 커패시터를 통해 역률 보상 방법을 보여준다. 소프트 스타터의 역률은 점화각의 영향으로 변화하며 효과적으로 역률을 개선하기 위해서는 커패시터 용량이 점화각에 따라 가변적으로 변할 수 있어야 한다. 하나 소프트 스타터를



그림 3. 실험에 사용된 소프트 스타터와 팬 부하
Fig 3. Soft starter prototypes and fan load used in the experiment

표 1. 유도모터 파라미터
Table 1. Induction motor parameters

파라미터	값	단위
입력전압	3상 380	Vrms
입력전력	1280	W
극 수	4	-
정격 부하 속도	1620	rpm
결선 방식	Y 결선	-
회전 속도	1600	rpm

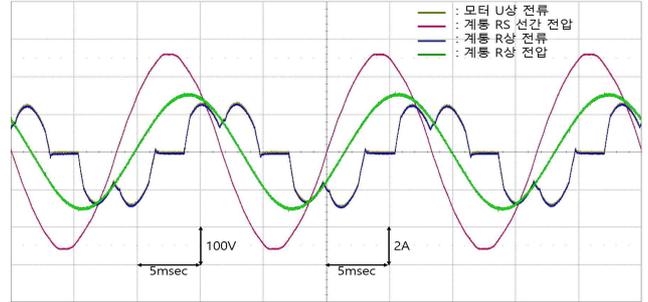
이용하는 유도모터는 대부분 속도의 변화의 폭이 크지 않기 때문에 정격속도 부근에서 역률 개선이 최적화되는 커패시터를 선정하였다.

3. 실험 결과

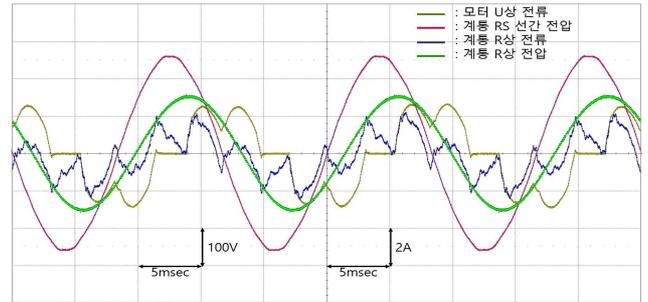
표 1은 시험에 쓰인 유도모터 파라미터를 보여준다. 소프트 스타터의 입력전압은 3상 380 Vrms이며 4극 유도 모터가 임펠러에 연결된 팬 구동용 모터를 이용하였다. 정격 속도 부근에서 속도 변화 폭이 크지 않은 부하 모터 특성을 반영하여 회전 속도는 정격부하 인근의 1600rpm에서 비교 실험하였다. 그림 4 (a)는 역률 보상 전의 모터 U상 전류와 계통 R 전류, 계통 RS 선간 전압, 계통 R상 전압을 보여주며 그림 4 (b)는 역률 보상 커패시터를 이용한 방법의 실험 파형을 보여준다. 일반적인 소프트 스타터 기동방법을 사용한 경우와 제안한 방법을 사용한 경우를 비교하면 일반적인 경우 R상 전류와 U상 전류가 동상을 띠고 있지만, 제안된 방법의 경우 보상된 R상 전류의 역률이 보상됨에 따라 전류 최대치가 감소한 것을 보여준다. 따라서 제안한 방법으로 기동한 경우 입력전력이 감소하였으나 출력전력에 변화가 없으므로 효율이 증가하였음을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 역률 개선 커패시터를 이용하여 소프트 스타터의 역률을 보상하여 입력 전력을 낮추는 방법을 제안한다. 정격속도에서도 소프트스타터의 역률이 남아있어 제안한 방법은 소프트 스타터 기동의 역률을 역률개선 커패시터를 이용하여 적절히 보상하기 위해 컨트롤러 보드와 연결된 스위치 모듈을 역률 개선 커패시터에 부착함으로써 커패시터 용량을 증감함으로써 점호각에 따라 증감하는 소프트 스타터의 역률을 효과적으로 개선한다.



(a)



(b)

그림 4. 1600rpm에서 역률 보상 전후 실험 파형
(a) 일반적인 방법의 경우, (b) 역률 개선 커패시터를 이용한 경우
Figure 4. Experimental waveforms before and after power factor compensation at 1600 rpm (a) For the general method, (b) using a power factor improvement capacitor

제안한 방법은 입력전력의 역률을 개선하면서도 출력전력에 영향을 주지 않아 안정적인 동작을 기대할 수 있으며, 실험 결과를 통해 제안한 방법의 효용성을 증명하였다.

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

참고 문헌

- [1] Zhijun Jiang, Xiaoling Huang and Na Lin, "Simulation study of heavy motor soft starter based on discrete variable frequency," 2009 4th International Conference on Computer Science & Education, Nanning, 2009, pp. 560-563
- [2] J. Larabee, B. Pellegrino and B. Flick, "Induction motor starting methods and issues," Record of Conference Papers Industry Applications Society 52nd Annual Petroleum and Chemical Industry Conference, Denver, CO, USA, 2005, pp. 217-222
- [3] H. Nannen, H. Zatocil and G. Griepentrog, "Predictive Firing Algorithm for Soft Starter Driven Induction Motors," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 69, no. 12, pp. 12152-12161,