

고압 유도전동기의 구동을 위한 소프트-스타터의 대용량 파워스택 구현

Implementation of Soft-starter with Large Scale Power Stack for High Voltage Induction Motor Driving

유 두 영* · 전 희 중* · 손 진 근†

(Doo-young Ryu · Hee-jong Jeon · Jin-geun Shon)

Abstract - Soft starters are used with large induction motors in blowers, fans, pumps and the crane hoist drives. AC voltage controllers are used as soft starters in induction motors for starting and to adjust its speed. Soft-starter starting system uses phase control method of input electric source through the setting of the thyristor(SCR) firing angle α , and it can control input electric source stably and continuously from beginning of starting to ending of starting. In this paper, it is verified that power stack of high-voltage with SCR series system possesses dielectric strength and input electric source is controlled stably by phase control. Especially, from the driving experimental of proposed soft-starter operating, a smoothing acceleration and inrush current decrease can be achieved by the series SCR trigger.

Key Words : AC voltage controllers, Induction motor, Large scale power stack, Series SCR, Soft starters, Firing angle

1. 서 론

산업용 교류전동기 특히 고압 유도전동기는 구조가 간단하여 가격이 저가이면서 견고하다는 큰 장점으로 인하여 산업현장에서 가장 많이 쓰이는 동력설비로 사용된다. 그러나 이러한 고압의 유도전동기는 전동기의 직입기동 시 회전자에 부하전류의 약 8~10배의 높은 기동(돌입)전류가 발생하게 되어 기기 자체의 현저한 수명저하 및 주변의 디바이스는 물론이고 전력계통에 큰 악영향을 미칠 수 있어 이에 대한 대책을 마련한 후 사용하여야 한다[1, 2].

이의 큰 기동전류는 전력의 피크치를 크게 하여 전력요금의 상승을 초래하거나 국지적 전원 네트워크에 과부하를 일으켜 심각한 전압 편차를 야기하고 결국 네트워크에 연결된 다른 전기기기에도 좋지 않은 영향을 미치게 된다. 따라서 고압 전동기의 직입 기동 방식은 수전설비 용량이 충분하거나 짧은 기동시간이 절대적으로 필요한 경우에만 별도로 사용되게 되며 반드시 이의 방안이 수립되어야 한다.

이러한 고압전동기의 기동 전류를 줄이기 위한 방법으로는 Y- Δ 기동방식, 리액터(reactor)기동 방식, 1차 저항기동방식과 VVVF(인버터)기동방식 그리고 SCR를 이용한 방식(이하 소프트-스타터 기동방식) 등이 있다[3, 4]. Y- Δ 기동방식이나 리액터(Reactor)기동 방식, 또는 1차저항 기동은 기동전류의 제한에 한계가 있거나 비 능동적이며, VVVF 인버터

방식은 가격이 매우 고가라는 단점이 존재한다.

반면에 SCR 등을 이용한 점호각 제어방식의 소프트-스타터 기동방식은 저가격의 시스템 구성으로 고출력 토크제어가 필요한 기동 및 정지시에 고성능을 추가하면서 전동기의 수명을 연장시킬 수 있어 다양한 산업경쟁력을 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 이러한 소프트-스타터 기동방식은 SCR(or thyristor)를 사용한 전자식 무접점의 방식이어서 현재 직입기동은 물론이고 리액터나 단권 변압기를 사용하는 감압기동 방식의 대체가 가능하여 전동기의 수명 연장 및 돌입 전류가 없는 부드러운 기동으로 배관이나 수배전반의 주변 디바이스에 시스템 전체의 안정성을 높일 수 있는 장점이 있다[5, 6].

본 논문에서는 고전압 교류전동기의 구동을 위한 소프트-스타터 기동방식의 고전압 직렬구조의 SCR 파워스택 설계 기법 및 구현에 관한 실험 내용을 제시하였다. 파워스택 설계 기법에서는 SCR소자가 정격 표준전압을 바탕으로 고압에 대한 절연내력(내압)을 확보할 수 있도록 소자를 직렬구조로 연결하였다. 소자의 각 접속에서는 전압이 각 점에 균등하게 분담되면서 하나의 소자에 과대하지 걸리지 않게 하는 밸런싱기법의 설계와 SCR의 게이트 신호의 동기 위상 제어에서는 과전압 및 과전류, 결상 전류에 의한 불평형 등의 방지 기법을 제시하여 고압 전동기의 기동전류를 원하는 대로 제어할 수 있도록 구현 하였다.

또한 본 논문에서는 서지 전압 등의 보호를 위한 스너버(snubber)회로와 각각의 SCR에 일정한 전압이 걸리도록 밸런스저항을 SCR과 병렬로 구성하여 설계/제작 하였다. 제어용 MCU는 32[bit]의 ARM7 core의 S344BOX를 사용하여 위상의 제어에 따라 입력전원이 스무딩하게 운전되도록 시스템 설계기법을 제시하였으며, 고압에 대한 절연내력(내압) 확보 및 직렬 접속에서의 균형분담 등 다양한 신뢰성이 확

* School of Electrical Engineering Soongsil University, Korea

† Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Gachon University, Korea

E-mail : shon@gachon.ac.kr

접수일자 : 2016년 3월 24일

최종완료 : 2016년 5월 2일

보됨을 실험으로 확인하여 다양한 실험과형과 전압제어의 수행에 따른 결과를 제시하여 구현의 효용성을 입증하였다.

2. 고압전동기의 구동방식 특성

산업용으로 널리 사용되는 교류전동기 특히 농형 유도전동기는 구조의 견고성과 저가격, 취급의 용이성과 낮은 유지보수비용 등을 바탕으로 산업용 동력설비의 대부분을 차지하고 있다. 산업현장의 수많은 제조공장에서 팬이나 블로워, 분쇄기, 교반기, 컴프레서, 펌프 및 컨베이어 등 매우 다양한 분야에 사용되고 있는 유도전동기의 속도제어는 식 (1)과 같은 제어 관련식으로 나타낼 수 있다[1, 3].

$$N = \frac{120 \times f}{P} (1 - s) \quad (1)$$

여기서,

N : 회전수(rpm)

f : 유도전동기에 인가되는 전원의 주파수([Hz])

s : 유도전동기 슬립

P : 유도전동기의 극수

따라서 유도전동기를 그림 1과 같이 유도전동기에 전(full) 전압을 인가하여 직접 기동을 할 경우에는 기동 시 ($s=1$) 로 회전자가 정지하고 있고 고정자에서 발생하는 회전자속이 동기속도로 회전자 권선을 끊게 되어 회전자 권선에는 큰 기전력이 유기된다. 그러므로 회전자에 흐르는 전류는 많게는 전 부하전류의 8~10배의 전류가 흐르게 된다. 이는 전력의 피크치와 전력요금의 상승을 초래 및 심한 전압 편차 등 전력계통에 악 영향을 끼치게 된다.

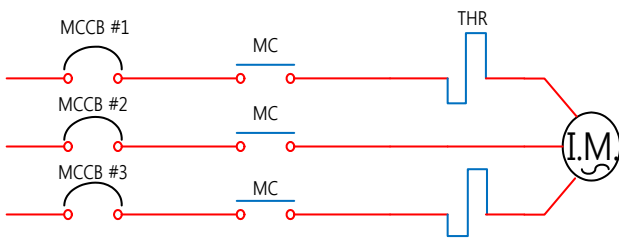


그림 1 유도전동기의 직접기동 회로

Fig. 1 Driving circuit with direct input of induction motor

따라서 그림 1과 같은 유도전동기의 전전압 직접기동 방식은 수전설비 용량이 충분히 크거나 전동기의 용량이 충분히 작은 경우 또는 짧은 기동시간이 절대적으로 필요한 경우에만 사용된다. 이러한 교류전동기의 기동전류를 줄이기 위한 방법으로 기동 시에 전동기에 인가되는 전압을 감압하여 인가하는 Y-Δ기동방식, 리액터 기동방식, 1차 저항 기동방식, VVVF(인버터) 기동방식 및 SCR을 이용한 제어방식(이하 소프트-스타터 방식이라 함)등이 있으며 이들의 특성은 다음과 같다.

① Y-Δ기동방식

3상 유도전동기의 각 상(phase)의 권선 양 끝단을 모두

인출하여 두고 전자접촉기(relay)를 사용하여 그림 2의 MC Y 접점을 단락시켜 전동기의 권선을 Y 결선으로 하여 기동하면 각 권선의 전압은 MC D가 단락되어 전동기의 권선이 Δ 결선이 되었을 때의 $1/\sqrt{3}$ 전압이 인가되게 되고 기동전류를 1/3로 줄일 수 있다. 그러나 이러한 감압 기동 방식은 매우 경제적이라 할 수 있으나, 기동 토크가 작기 때문에 부하가 연결된 상태에서는 기동에 제약이 있으며, 특히 Y 결선에서 Δ결선으로 절체 될 때 인가 전압에 차이가 있어 기동 전류는 300 ~ 700[%] 정도로 밖에 제한하지 못하는 단점이 있다.

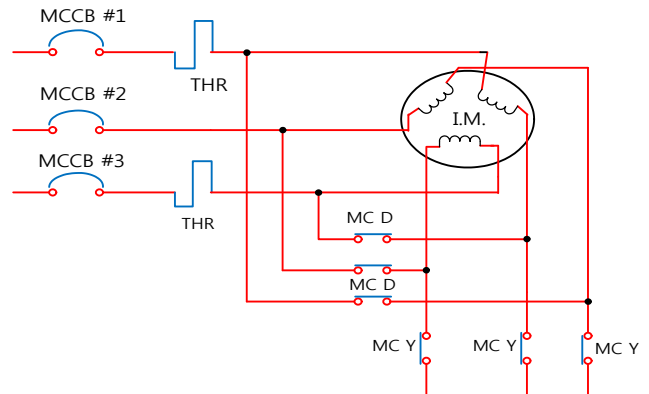


그림 2 유도전동기의 Y-Δ기동방식

Fig. 2 Y-Δ driving circuit of induction motors

② 리액터 기동방식

그림 3과 같이 유도전동기 입력 측에 리액터를 넣어 기동 시 전류를 제한하고 일정시간 후에 MC RE 접점을 개방시키고 MC 접점을 단락시켜 기동전류를 제한하는 방식이다. 이의 기동방식은 탭(tap)절체시 인가 전압의 변동에 따라 가속 토크가 크게 증가하며 기동전류에 비해 기동 토크의 감소가 큰 단점으로 작용한다.

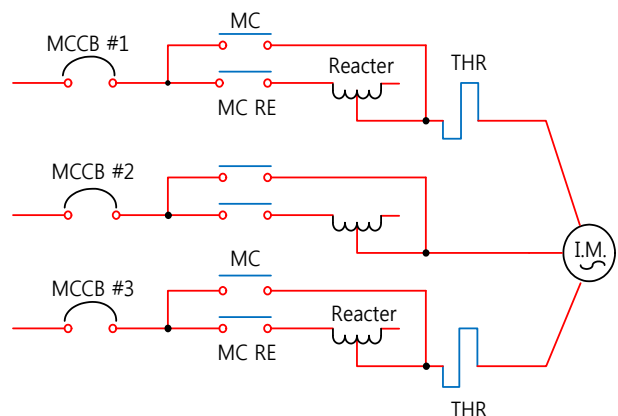


그림 3 유도전동기의 리액터 기동방식

Fig. 3 Reactor driving circuit of induction motors

③ 1차 저항방식

위의 그림 3과 같은 리액터 기동방식에서 사용하는 리액

터 대신에 저항을 사용하는 방식으로 사용저항의 사이즈 제약으로 주로 7.5[kW] 이하의 소형 전동기 기동에 적용되며 전력소비가 크다는 단점이 있다.

④ VVVF(인버터) 기동방식

유도전동기의 입력 주파수(f)와 입력 전압(V)을 전동기가 포화되지 않도록 V/f 비를 일정하게 제어하는 방식으로 전동기의 기동만이 아닌 기동 후에 속도제어가 필요한 부하에서는 최적의 기동 방식이다. 운전시 발생하는 고조파도 큰 추가 비용 없이 간단히 일정범위 이내로 억제할 수 있다. 저압·소용량의 전동기에서는 상당한 가격 경쟁력을 가지나 고압·대용량 전동기의 단순 기동만을 위한 설비에는 너무 고가인 관계로 고압전동기에의 적용은 부적절하다.

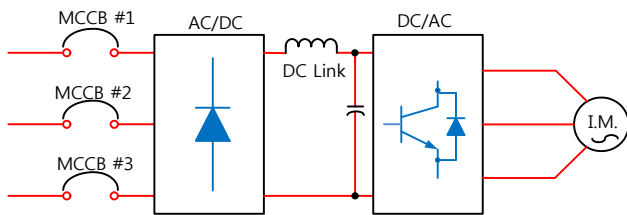


그림 4 유도전동기의 VVVF(인버터) 기동방식
Fig. 4 VVVF inverter driving circuit of induction motors

⑤ 소프트-스타터 기동방식

그림 5와 같이 입력 3상 전원을 직렬구조의 SCR 파워스택(SCR assembly)을 사용하여 위상 제어하여 유도 전동기를 기동하는 방식으로 입력전원의 위상에 따라 SCR의 게이트 점호각 α 신호를 가변함(gate driver circuit)으로써 기동 초기 즉 정지상태 부터 기동 완료시까지 원하는 전압을 연속적으로 제어할 수 있다.

이러한 소프트-스타터의 적용은 기동전류의 제한으로 전동기의 수명연장은 물론이고 전자접촉기의 수명 및 주변디바이스의 유지보수 비용도 대폭적 절감이 가능하다. 또한 유도전동기의 토오크는 단자전압에 걸리는 전압의 제곱에 비례하기 때문에 이를 감안 하여 SCR 점호각에 의한 위상을 제어하면 전전압까지 전동기의 토오크를 원하는 대로 제어할 수 있다.

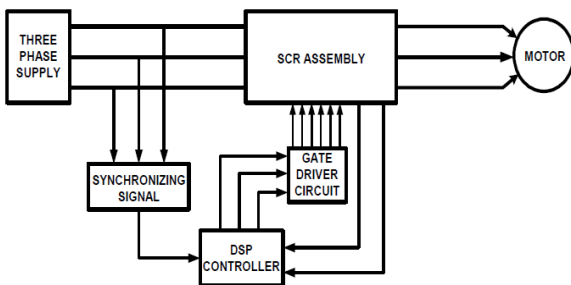


그림 5 소프트-스타터의 기동방식 다이어그램
Fig. 5 Diagram of soft-starter driving method.

3. 소프트-스타터의 목표사양 및 설계

3.1 소프트-스타터의 구성과 목표사양

소프트-스타터 기동방식은 VVVF 인버터에 비해 상당한 가격 경쟁력이 있으며, 전력공급사에서의 사용전류 피크치 제한의 경우에 응용 가능하며, 직입기동으로 인하여 벨트 및 기어, 체인의 손상이 우려되거나 수처리 배관 라인의 압력 쉐지를 억제하여 배관 수명을 연장할 수 있으며, 돌입전류로 인한 전원 전압 강하를 억제하여 설비의 가동정지(shut-down)를 최소화할 수 있는 등 그 장점은 매우 많다.

이러한 다양한 장점이 있는 고압 전동기 기동을 위한 소프트-스타터의 전체적인 시스템 구성은 그림 6과 같다. 그림 5와 같이 SCR 점호각에 의한 위상제어방식을 기반으로 제어한다. 전압제어를 위한 위상검출 및 피드백용 신호검출은 PT 및 CT를 사용하였으며, 광신호를 통하여 SCR 점호각 제어를 수행하게 하였다.

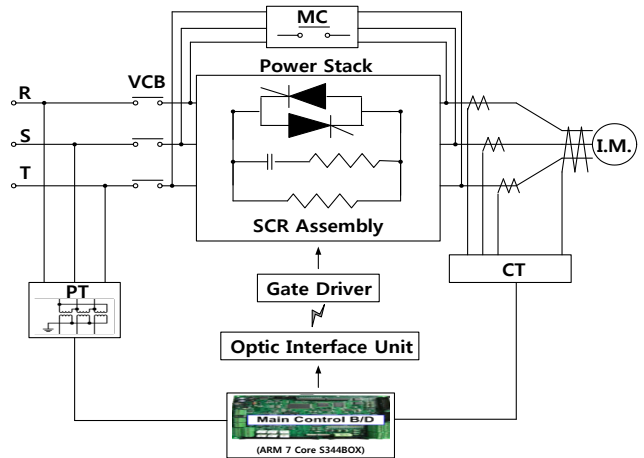


그림 6 소프트-스타터 시스템의 전체 구성도
Fig. 6 Overall diagram of soft-starter system circuit.

그림 6의 전체 시스템 구성을 기반으로 한 설계 목표사양을 표 1에 나타내었다. VCB 메인 차단기의 입력단의 전원은 3상 3,300[V] 및 6,600[V] 전압 입력에 대하여 각각 1,000[kW]와 2,000[kW]의 용량을 목표사양으로 정하여 전원

표 1 소프트-스타터의 설계 목표사양

Table 1 Designed specification of soft-starter

항 목	단 위	목표사양	
정격 용량	정격 입력 전압 : 3,300[V]	kW	1,000
	정격 입력 전압 : 6,600[V]	kW	2,000
전원전압 변동 허용범위	%	85 ~ 110	
기동 토오크 가변 범위	%	0 ~ 100	
기동시 과부하율	초	정격전류 500%시 : 30초 정격전류 125%시 : 연속	
기동시간	초	0 ~ 300	
기동시 고조파왜형률(THD)	%	5 이하	
스위칭 소음	[dB]	80 이하	

전압의 변동 허용범위를 85~110[%]로 전압 THD를 5[%] 이하로 하여 설계하였다.

위의 목표사양과 성능도달을 위하여 SCR에 의한 파워스택의 제어를 통하여 기동전류를 억제 하면서 연속적이고 부드러운 전압 상승을 시킨 후 기동이 완료되면 바이패스용 VC를 ON시키고 파워스택의 VC를 OFF시키는 시퀀스 및 다양한 제어성을 갖도록 MCU-32[bit]의 ARM7 core S344BOX를 사용하여 프로그래밍 하였다. 파워스택의 드라이브는 메인 제어부에서 입력단의 전압과 출력전류를 검출하여 시간에 따른 제어 신호를 광신호를 통하여 SCR의 게이트 신호를 전송하게 설계하였다.

3.2 소프트-스타터의 파워스택 설계

① 직렬 구조의 파워스택 용량

소프트-스타터의 대용량 구성을 위한 파워스택의 SCR 구성의 디바이스는 정격 표준전압을 바탕으로 고압에 대한 절연내력을 확보할 수 있도록 소자를 직렬구조로 제작한다. 직렬접속에서는 SCR이 동작할 때 소자에 걸리는 전압이 각 점에서 일부의 소자에 과대하게 전압이 걸리지 않고 균등하게 분압 되어야 한다. 턴-온시 과도 동작 상태에서의 전류도 소자의 정격 범위 내에 있어야 한다. 이러한 보호동작 즉 스파이크(spike)전압이나 서지전압 등의 보호를 위한 스너버(snubber) 회로와 각각의 SCR에 일정한 전압이 걸리도록 밸런스 저항을 SCR과 함께 병렬로 구성하여 그림 7과 같이 설계하였다. 여기에서 밸런스저항 R_p 는 스택당에 걸린 고전압이 V/nR (R 의 개수)로 분압되어 각각의 SCR에 걸리게 된다.

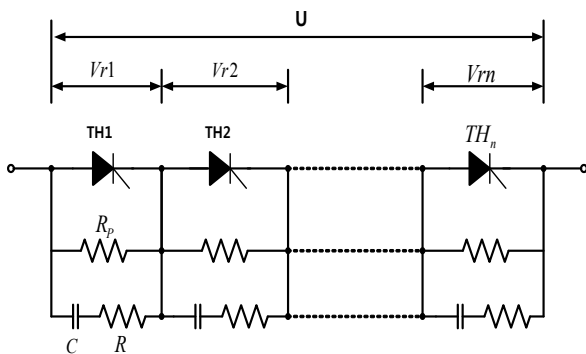


그림 7 SCR 직렬구조의 파워스택 구성도

Fig. 7 Configuration diagram of the series-SCR power stack

이때 소프트-스타터 2,000[kW]급의 직렬구조 SCR의 파워스택 용량 계산은 다음의 과정을 거친다. 표준전압을 정격전압 6.6[kV](실효값)에 대하여 내압 6,500[V]의 SCR 3개를 직렬로 구성하여 $6500 \times 3EA = 19.5[kV]$ 의 전압에 견디도록 설계하며 이의 용량계산은 식 (2)에 의해서 정의된다.

$$P = \sqrt{3} VI \cos\theta \quad (2)$$

식 (2)로 부터 전동기의 일반적인 역률을 0.85로 설정하였

을 경우의 전류계산은 식 (3)과 같이 계산된다.

$$2,000[kW] = \sqrt{3} \times 6600 \times I \times 0.85 \quad (3)$$

그러므로 $I \approx 205.8[A]$ 로 계산된다. 이에 따라 기동시에는 정격 용량의 5배 정도의 전류 1,029[A]가 흐르게 되나, 정격 용량에 비하여 SCR의 전체전류 (RMS on-state current)는 1,506[A]가 되어 충분히 높은 전류용량을 가지도록 SCR을 선정하였다.

② 파워스택의 스너버 용량 설계

본 논문에서의 소프트-스타터 장치에 대한 SCR의 선정은 정격전압 및 용량을 적절히 고려하여 WESTCODE사의 SCR K0769NC650을 3개 직렬로 사용하였다. 이는 내압 6,500[V]를 가지며 최대 정격 평균전류는 769[A], 최대 실효 전류는 1,506[A]의 전류정격을 갖고 있다. 50[mA]이하의 누설전류를 갖는 한편 8,600[A]이상의 피크전류에 견딜 수 있으며 최대 피크 온상태 전압은 2.75[V], 유지전류는 25[°C]에서 1000[mA], 래칭전류는 25[°C]에서 300[mA]의 특징을 갖는다.

이때, 정상상태에서의 전압 균등화 저항의 선정은 다음의 과정을 거친다. 3개의 직렬 연결된 SCR 들의 각 소자 전압이 정상상태에서 균등화가 되기 위해 각 소자 간 병렬저항이 필요하다. 이 병렬저항의 값은 다음 식 (4)에서 구할 수 있다.

$$R \leq \frac{nV_{D1} - V_s}{(n-1)\Delta I_b} = \frac{V_{D1}n(1-k_s)}{\Delta I_b(n-1)} \quad (4)$$

여기서 R은 병렬저항 값, n은 직렬소자 수, V_{D1} 은 한 소자에 걸리는 전압, V_s 는 인가 총 전압, I_b 는 누설전류, ΔI_b 는 각 소자간 누설전류의 최대 차이이다.

그리고 그림 7과 같이 스위칭상태 전압 균등화 커패시터(C-R회로)의 선정은 다음의 과정을 거친다. 직렬 SCR 소자에 동시에 게이트펄스를 부여해도 턴-온 시간의 불규칙 분포 때문에 늦게 점호하는 소자에는 다른 소자가 가지고 있던 전압이 인가된다. 늦게 점호하는 소자는 과대한 전압이 걸린 상태에서 점호하기 때문에 턴-온 손실이 과대하게 되고, 소자 손상의 우려가 있다. 또한 과전압이 지속되면 접합부 내에 핫스팟(hot spot) 생성의 원인이 되므로 이를 피해야만 한다.

이러한 늦게 점호하는 소자의 전압 상승률은 SCR 소자와 병렬인 C-R에 흐르는 전류로 정해진다. 즉 턴-오프시에서 각 소자 간 전압의 차이는 각 소자의 접합부분에 축적된 전하량의 차이에 의해 나타난다. 각 소자의 역회복 전하량의 차이가 소자 간 전압의 불균등을 가져다주게 되는데 이를 균등화하기 위해서는 각 소자에 병렬의 커패시터를 연결해 줄 필요가 있다. 이 병렬커패시터를 계산하기 위해서는 식 (5)를 이용하여 구할 수 있다.

$$C \geq \frac{(n-1)\Delta Q_{max}}{nV_{D1} - V_s} \quad (5)$$

여기서 C는 병렬 커패시터의 값, ΔQ_{max} 는 각 소자간의 역회복 전하량의 최대 차이 값이다.

4. 소프트-스타터의 동작실험과 결과

고압 유도전동기의 돌입전류 저감을 위한 소프트-스타터의 전체 구성과 표 1의 목표사양의 기능구현 및 성능시험을 위하여 6,600[V]로 승압된 3상 전원을 소프트-스타터에 인가하여 실험을 수행하였다. 이의 시험 전압은 그림 8의 구성과 같이 소프트-스타터 좌우측에 탭절환 유입변압기와 3상 건식변압기를 설치하여 380[V]/6600[V]/380[V]로 상호 전환하여 저압 3상 저압 유도전동기 190[kW]부하에 인가하여 성능 시험을 수행하였다.

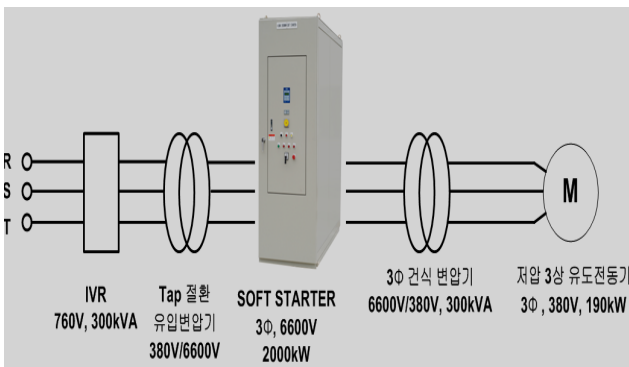


그림 8 소프트-스타터 실험시스템 구성도
Fig. 8 Experimental diagram of soft-starter system

① 직렬 파워스택의 전압분담 실험

그림 9와 그림 10은 6,600[V]로 승압된 3상 전원을 소프트 스타터에 인가한 경우에 직렬 파워스택의 성능 시험을 행하기 위한 실험파형이다. 19.5[kV]에 견딜 수 있는 파워스택 구성을 위하여 3 직렬 SCR로 제작하였으며, 각 SCR가 견딜 수 있는 내압 범위를 초과하지 않도록 분압저항을 추가하여 내압이상의 전압이 걸리지 않도록 설계하였으며, 각

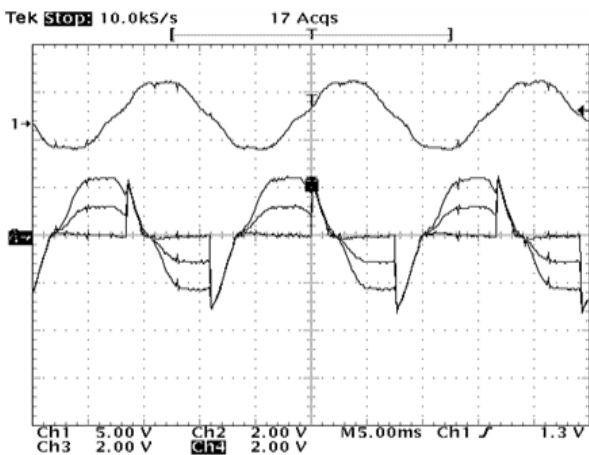


그림 9 입력 R상 전압과 각 SCR의 트리거 전압(30도 위상)
Fig. 9 Input R-phase voltage & each SCR trigger voltage (30[deg.] phase)

각의 파워스택에 대하여 게이트트리거(gate trigger) 펄스를 인가하여 전압 분압 및 동작 시험을 수행하였다.

그림 9 및 그림 10에서는 각각 입력 R상(1번 채널 파형) 전압과 이 대한 각 SCR의 출력 T' 상에 대한 전압제어 바이어스파형을 각각 30° 및 90° 위상에서 게이트 펄스를 트리거 했을 때를 캡처파형을 나타내었다. SCR의 3개의 직렬 구조에 대하여 트리거 전에는 전압이 1/3씩으로 분압되어 걸려 있던 전압이 게이트 펄스에 의한 트리거와 동시에 동일한 전압으로 올라가는 것을 알 수 있다.

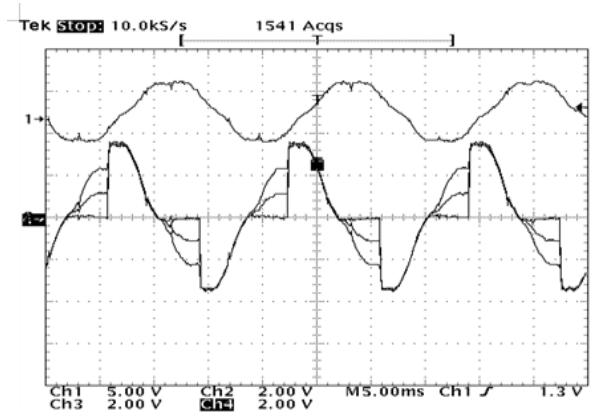


그림 10 입력 R상 전압과 SCR의 트리거 전압(90도 위상)
Fig. 10 Input R-phase voltage & each SCR trigger voltage (90[deg.] phase)

② 소프트-스타터의 기동특성 시험

또 한편으로는 제작된 고전압 소프트-스타터의 성능평가를 위하여 이의 시스템을 가압장 펌프에 설치하여 기존의 리액터 기동방식과 상호 비교 시험을 수행하였다. 이의 실험은 소프트-스타터방식과 리액터의 기동방식을 동일 조건에서 특성 비교 분석하였고 또한 기동시 전력변환에 의한 고조파 발생정도, 이상전압 발생정도, 기동시간, 기동시 전압/전류 등의 기동특성을 측정·분석하여 표 2에 나타내었다.

위의 실험은 소프트-스타터와 기존의 리액터 기동방식의 가압 펌프에 대하여 PT(3.3kV/110V), CT Clamp(1000A)와 전력품질분석기 DEWETRON 3010과 HIOKI 3196 (2대)를 사용하여 실험을 수행하였다.

표 2 소프트-스타터의 기동특성 결과비교
Table 2 Results comparison of soft-starter driving characteristic

구 분	용량 (kW)	정격전압 /정격전류	기동전류 (전전압) (A)	기동전류(A)			운전 전류	기동 시간 (sec)
				초기	중기	말기		
소프트-스타터	1,200	3.3[kV]/260[A]	1,679	45	400	741	139[A]	11.7
리액터 기동	1,200	3.3[kV]/260[A]	1,679	934	907	855	148[A]	2.8

위의 시험 결과 소프트-스타터 기동특성은 기동전류가 정격전류의 3배 이내로 제어되어 완만하고 안정적인 기동특

성을 나타내었으며 기동시간은 약 12초(리액터 기동방식 : 2.8초)로 측정되었다. 다만 소프트-스타터 기동시 측정된 전류의 파형에서는 임펄스 형태의 고조파 파형이 약간씩 나타났으나 이는 전력변환용 소자의 전압제어 스위칭 작용 때문에 발생하는 현상으로 간주하였다.

5. 결 론

고전압 대전류의 대용량 스위칭 소자인 SCR을 사용한 무접점 형태의 고전압 소프트-스타터의 설계제작에 의하여 유도전동기의 구동 실험을 수행하였다. 현재까지의 고압 전동기 구동 기법에는 주로 직입기동이나 리액터방식 또는 단권 변압기를 사용하는 감압 기동방식으로 전동기 돌입 전류를 제한하여 전동기의 수명 연장 및 인근 전력디바이스의 보호 기능을 수행하고 있다.

본 논문에서는 고전압 유도전동기의 높은 기동전류를 줄이기 위하여 기존의 Y-Δ 기동방식이나 VVVF(인버터) 기동방식의 단점을 극복하기 위하여 입력전원 위상각 제어를 이용한 소프트-스타터 기동방식에 의한 파워스택 설계기법을 제시하였다. 이를 위한 방법으로 고전압에 견딜 수 있는 직렬구조의 SCR 파워스택 설계기법과 그에 해당되는 전압 균등화 저항 및 커패시터의 선정기법을 제시하고 이의 스택에 의한 소프트-스타터 기동에 대한 실험을 수행하였다.

SCR 파워스택의 직렬구조 전압분담 및 스너버회로에 의한 위상제어의 실험 결과 SCR의 입력전원에 대한 점호각 위상 제어기법이 가동되어 연속적이고 안정적인 전압의 제어가 가능함을 동작 확인하였다. 또한 제작된 소프트-스타터의 성능평가를 위하여 기존의 리액터 기동방식과 상호 비교 시험을 수행하였다. 이의 소프트-스타터 기동특성은 기동전류가 정격전류의 3배 이내로 제어되면서 리액터 기동방식에 비하여 완만하고 안정적인 기동특성을 나타내었음을 동작 확인하여, 이의 실용성에 대한 기대감을 갖도록 하였다.

References

[1] J.B. Woudstra, "Improved Soft Starter with SCR Chopper", Power Electronics and Variable-Speed Drives, Third International Conference on, 448-451, 1988.

[2] Yuan Youxin, "A Soft Starter of Three Phase Asynchronous Motor", Power Electronics Specialists Conference, 2007. PESC 2007. IEEE , 563-567, 2007.

[3] G. Zenginobuz, I. Cadirci, M. Ermis and C. barlak, "Soft starting of large induction motors at constant current with minimized starting torque pulsations" IEEE Trans. Ind. 2001, Appl. 37(5): 137-144.

[4] S. A. Hamed and B. J. Chalmers, "Analysis of variable-voltage thyristor controlled induction motors," IEE Proceedings, vol. 137, Pt. B, no. 3, May 1990, pp.184-192

[5] LV Guangqiang, "Study for the soft starter with a novel topology based on self-commutated devices for

an induction motor," Ph.D. dissertation, Eng., Harbin Institute of Technology, Harbin, China, 2004

[6] L.Rajaji and Dr.C.Kumar, "Adaptive Neuro Fuzzy based soft starting of voltage-controlled induction motor drive" IEEE Southeastcon, April 2008, pp-448-453.

[7] G. Zenginobuz, I. Cadirci, M.Ermis, and C. Barlak, "Soft Starting of Large Induction Motors at Constant Current With Minimised Starting Torque Pulsations", IEEE Trans. Ind. Applicant. vol. 37, no.5, pp. 37-144, Sep./Oct. 2001.

저 자 소 개



유 두 영 (柳斗永)

1992년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1994년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학 석사). 2013. 3~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정 재학 중. 1994. 2~1999. 12 LG산전 연구소 주임연구원. 2000. 1~2000. 6 LG-OTIS 연구소 선임연구원. E-mail : ydy10@hanmail.net



전 희 종 (田喜鍾)

1975년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1977년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 중앙대학교 대학원 전기공학과 졸업 (공학). 2008년~2010년 숭실대학교 공과대학장. 1983년~현재 숭실대학교 전기공학부 교수



손 진 근 (孫珍肋)

1990년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1992/1997년 동 대학원 전기공학과 졸업 (석사/박사). 2002. 2~2003. 2 일본 가고시마대학 전기공학부 Post-doc. 2009. 1~2010. 2 Michigan State University 방문 교수. 1997년~현재, 가천대학교 전기공학과 교수. 현재 대한전기학회 산학이사 E-mail : shon@gachon.ac.kr