

정지형 주파수 변환 장치를 활용한 대용량 동기 발전 전동기 운전에 관한 연구

朴信炫^{*}, 金長睦^{**}, 林翼憲^{***}, 柳皓善^{****}

A study of Large Synchronous Machine Drive using Static Frequency Converter

S.H. Park, J.M. Kim, I.H. Lim, and H.S. Ryu

요 약

대용량 동기 발전 전동기 운전에는 주로 사이리스터를 이용한 정지형 주파수 변환 장치(SFC : Static Frequency Converter)시스템이 널리 사용되고 있다. 많은 문헌들에 의해 SFC시스템 운전 알고리즘이 제시되어 있지만 대부분이 초기 기동 및 정격속도까지의 기동 운전에 관해 언급되어 있으며 실제 가스터빈, 양수발전소등과 같은 산업에 적용되고 있는 계통 연계를 통한 정격 속도 운전 및 정지시의 회생 제동에 관한 기술적 언급은 자세히 설명되어 있지 않다. 본 논문은 SFC를 활용한 동기 발전 전동기 운전의 전 영역 운전에 관한 알고리즘을 제시하였다. 실제 산업 현장에 적용되고 있는 기동 제어 영역, 계통 연계에 의한 정속도 운전 영역 그리고 회생 제동 제어 영역 각각의 알고리즘을 제시하였으며 실효성 및 타당성을 실험을 통하여 검증하였다.

ABSTRACT

SFC system has come to be used as drive large synchronous machine in many industry applications. Many papers have been presented on the control algorithm of SFC system, not the acceleration and start-up but the rated speed operation with line connection and the braking operation with regeneration which is used in the industry. This paper presents the whole section control algorithm for a large synchronous machine using SFC system. The results of experiment show that the proposed algorithm is proper and effective.

Key Words : SFC, large synchronous machine, whole section control algorithm

1. 서 론

대용량 동기 발전 전동기는 전동기와 발전기 기능을 가역적으로 수행할 수 있는 전기기기이다. 이러한 동기 발전 전동기는 초기에 별도의 기동 장치를 갖추어야 한다. 초기 기동을 위한 방법으로는 기동용 전동기 기동법, 기동 권선 기동법, 정지형 주파수 변환 장치(SFC : Static Frequency Converter)기동법등이 있다. 다른 기동 방법에 비해 SFC를 이용한 기동법의 경우 1대의 SFC시스템으로 c여러 대의 동기 발전 전동기에 적용이 가능하다는 장점이 있어 1970년대 후반이후 SFC를 이용한 동기 발전 전동기의 기동이 확산되기

*학생회원, 부산대 전기공학과 석사과정

E-mail : pshyo007@hanmail.net

**정회원, 부산대학교 전자전기통신공학부 조교수

***정회원, 한전 전력연구원 발전연구실 책임연구원

****정회원, 한전 전력연구원 발전연구실 선임연구원

접수일자 : 2003.10. 7

1차심사 : 2003.11. 3

심사완료일 : 2003.11.10

시작하였다. 또한 양수 발전소에서는 1대의 동기기로 전동기 및 발전기의 가역적 기능으로 양수 운전과 발전운전에 동시에 활용하고 있다.

1950년 사이리스터가 개발된 이후 BJT, MOSFET, IGBT 그리고 GTO등 전력용 스위칭 소자의 발전과 더불어 주파수 변환 장치에 대한 연구가 꾸준히 진행되어 왔다. 하지만 대용량 시스템의 경우 스위칭 소자 자체가 갖는 용량의 제약과 신뢰성의 문제로 인해 여전히 사이리스터를 활용한 시스템이 주로 사용되고 있다. 동기 발전 전동기 운전을 위한 SFC시스템은 사이리스터 전력소자를 활용한 부하 전류형 인버터 시스템(LCI : Load Commutated Inverter)으로 되어있다. 이러한 LCI시스템에 관한 연구가 선진외국에서는 1971년 이후로 지속적인 연구가 되었지만 국내에서는 연구 기반이 거의 없다^{[1][2][3][4]}.

따라서 본 논문에서는 LCI시스템을 이용하여 정지 상태에서부터 정격 속도까지의 기동, 정격 속도에서 계통 연계를 통한 운전, 정격 속도에서 정지 시까지의 회생제동에 이르는 동기 전동기 운전 제어 알고리즘을 도출한다. 알고리즘의 실효성 및 타당성을 실험을 통하여 검증한다.

2. LCI시스템의 회로구성^{[2][3][4][5][6]}

LCI의 전력회로의 구성을 나타내면 그림1과 같다. 전원측 컨버터(Network Converter)와 전동기측 컨버터(Machine Converter), 직류단 리액터(DC Link Reactor)로 구성된다. 전류형 인버터에서의 스위칭 동작 모드와 그때 전동기 각 상에 흐르는 전류를 살펴보면 표 1과 같다.

출력전류가 모두 '0'이 되는 상태는 존재하지 않고, 한번에 부하의 2상에 전류를 공급하며 각 스위칭 소자는 120° 동안 도통되고, 표 1에서와 같은 6개의 다른 스위칭 모드를 갖는다. 출력전류는 120° 동안 도통하고 구형파의 형태를 취하게 되며 한 스위칭 모드는 60° 동안 동작한다.

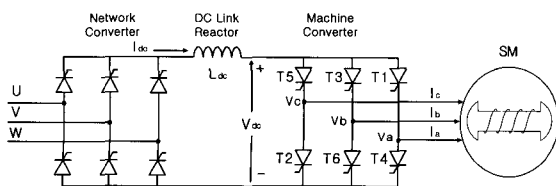


그림 1 LCI시스템의 회로 구성
Fig. 1 Scheme of Load Commutation Inverter

표 1 인버터의 스위칭 순서와 출력 전류의 관계

Table 1 Relations of switching sequence and output current

모드	mode1	mode2	mode3	mode4	mode5	mode6
전류	T6, T1	T1, T2	T2, T3	T4, T5	T5, T6	T6, T1
Ia	Idc	Idc	0	Idc	Idc	0
Ib	Idc	0	Idc	Idc	0	Idc
Ic	0	Idc	Idc	0	Idc	Idc

3. LCI-동기전동기 운전

그림 2는 LCI-동기전동기의 전 운전영역에서의 운전 특성 곡선을 보여준다^[7]. 정지부터 정격속도까지의 기동 제어 구간, 계통연계에 의해 정격속도로의 운전 상태를 유지하는 계통 병입 구간, 정격속도부터 정지까지 회생 제어 구간으로 나뉘어 진다.

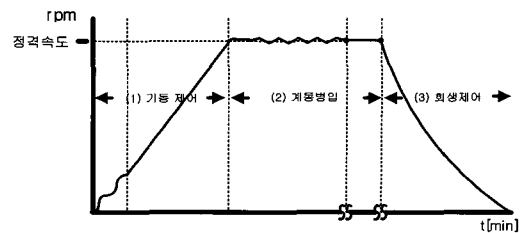


그림 2 LCI-동기전동기 운전 특성 곡선
Fig. 2 Characteristic driving curve of LCI system-Synchronous motor

3.1 기동 제어

전동기의 토크는 직류 링크단의 전류에 비례하게 된다. 전원측 컨버터 점호각 조절에 따라 직류 링크단 전류를 제어함으로써 전동기 속도 제어를 행할 수 있다.

기동시 전동기측 컨버터의 경우 인버터로써 동작하며 고정자 자속과 회전자 자속간의 상호관계 및 역률에 따라 위상각을 제어 한다. 그러나 LCI 시스템의 경우 인위적인 신호에 의해 ON은 가능하나 OFF는 불가능한 사이리스터를 사용한다. 따라서 일반적인 전동기 구동과는 달리 운전영역이 크게 두 영역으로 나눌 수 있다. 첫 번째 강제 轉流 모드(Forced Commutation Mode), 두 번째는 자연 轉流 모드(Natural Commutation Mode)로 나뉘게 된다.

3.1.1 강제 轉流^[3]

사이리스터의 턴 오프는 소자 양단에 역전압이 인가되어 소자에 흐르는 전류를 '0'이 되게 함으로써 이루어

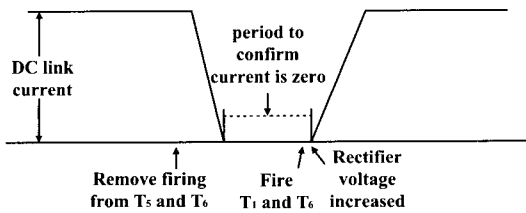


그림 3 저속에서 전류
Fig. 3 Low speed commutation

어진다. 그러나 저속에서는 동기전동기의 역기전력이 작아 전동기측 컨버터 사이리스터에 턴오프하는 역전압을 인가하기에 불충분하여 다음 스위치 모드의 전환이 힘들게 된다. 따라서 이 구간에서는 스위치 모드 전환시 임의로 직류단 전류를 '0'으로 만들어 전환이 될 사이리스터를 턴오프 시킨다.

그림 3은 직류단 전류를 '0'으로 만들어 스위치 전환이 일어나는 예를 보여주고 있다. 직류단 전류를 '0'으로 만들어 T5, T6을 오프시킨 후 T1, T6을 온과 동시에 직류단 전류를 다시 흐르게 하여 스위칭 모드 전환이 이루어지게 된다. 강제 轉流시 직류단 전류를 '0'으로 만들기 위해서 직류 링크단에 역전압이 인가되도록 전원측 컨버터를 제어한다. 따라서 단 방향으로만 전류가 흐르는 사이리스터의 특성에 따라 직류단 리액터를 통해 흐르는 전류는 상쇄되고 전동기측 컨버터 사이리스터에 흐르는 전류는 '0'이 된다. 이러한 강제 轉流 구간은 정격 속도의 5-8%로 운전 범위 내에서 되도록 작은 비율을 차지하도록 설정한다^[8].

3.1.2 자연轉流^[3]

동기전동기의 역기전력이 전동기측 컨버터 사이리스터를 턴오프 하기에 충분하면, 자연 轉流 모드로 동작한다. 그림 4는 인버터측 사이리스터4가 턴온되어 있는 가운데 사이리스터6을 턴온함으로써 사이리스터4에서 6으로 轉流되는 과정을 보여준다. 사이리스터6을 턴온 시키는 시점에서 V_b 가 V_a 보다 크기 때문에 사이리스터4에 흐르는 전류는 감소하고 사이리스터6에 흐르는 전류는 증가한다. 두 개의 사이리스터가 동시에 턴 온되어 있는 구간 즉, 중복각(Overlap Angle)이 존재할 수 있다. X점에 도달하기 전까지 사이리스터4가 턴 오프 되지 않는다면 회로에 큰 고장 전류가 흐른다. 즉, X점전에 사이리스터6이 충분한 시간을 가지고 턴 온 되어 사이리스터4에 흐르는 전류가 '0'이 되는 시간과 사이리스터의 역 저지 회복 능력을 회복할 수 있는 시간을 보장해야 한다.

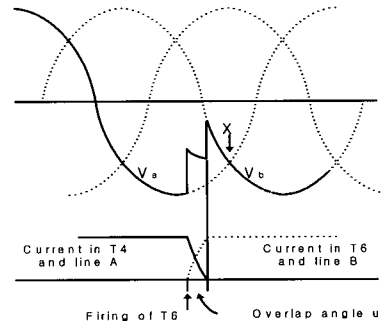


그림 4 자연 전류
Fig. 4 Natural Commutation

3.1.3 전동기 기동 제어

동기전동기의 토크는 식(1)과 같다.

$$T = K \times I_d \times \frac{V}{\omega} \times \cos \phi \quad (1)$$

여기서 T 는 평균토크, K 는 일정 상수, I_d 는 직류단 평균전류, V 는 동기 전동기의 단자 전압, ω 는 동기전동기의 각속도, ϕ 는 역률이다.

전원측 컨버터의 사이리스터 점호각은 코사인 점호 방식을 사용하였으며 식(2)과 같다.

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{V_{dref}}{1.35 \times V_s} \right) \quad (2)$$

여기서 α 는 컨버터 점호각, V_{dref} 는 전압 지령치로 전류 제어기 출력 전압이며 V_s 는 전원측 입력전압이다.

그림 5는 LCI-동기전동기 시스템의 기동 제어 블록도이다.

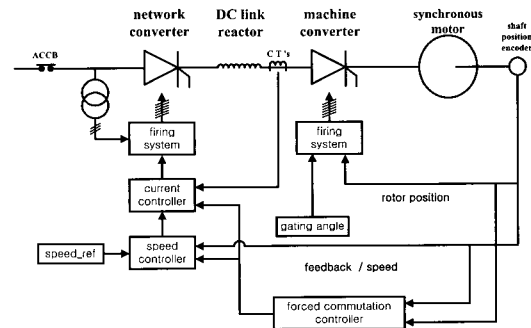


그림 5 LCI-동기전동기 제어 블록도
Fig. 5 Control block diagram of LCI system

- ① 전원측 컨버터 firing system : 전원측 상전압을 검출하여 전원전압과 동기된 기준각을 설정한다. 전류 제어기의 출력되는 점호각에 따라 6개의 사이리스터에 점호 신호를 출력한다.
- ② 전동기측 컨버터 firing system : 엔코더에서 회전자 위치정보를 입력받아 정해진 일정 점호각에 따라 6개의 사이리스터에 점호 신호를 출력한다.
- ③ Speed ref : 전원 전압 주파수 60Hz에 동기되는 속도 지령치로 설정된다. 본 실험에서 4극기의 전동기를 선택하였으므로 1800[rpm]속도 지령치로 설정된다.
- ④ Speed Controller : 엔코더로부터 전동기 속도와 속도 지령치의 오차를 '0'로 만들어가는 PI제어기로 구성된다. 출력은 전동기의 토크와 연관되는 직류링크단의 전류지령치가 된다.
- ⑤ Current Controller : 속도제어기로부터의 출력과 직류 링크단의 전류값의 오차를 '0'로 만들어가는 PI제어기로 구성된다. 출력은 직류 전압 지령치이며 이를 코사인 점호제어 방법에 의해 전원측 컨버터의 점호각을 최종 출력한다.
- ⑥ Forced Commutation Controller : 설정된 일정 속도 이하에서 강제전류 구간 제어에만 동작한다. 엔코더로부터 전동기의 속도, 회전자의 위치 정보를 입력받는다. 전동기의 속도 정보에서 설정속도 이하인지를 판별하여 강제 轉流 제어를 동작시키며 강제 전류 제어가 동작되면 회전자 위치 정보에서 직류 링크단 전류를 0으로 만들어야 하는 구간인지를 판별하여 구간임이 판별되면 전류 제어기로 출력 신호를 보내어 설정된 강제 전류 점호각을 출력하도록 한다.

3.2 계통 연계에 의한 정속도 운전

기동구간을 통해 전동기가 정격속도가 되면 전동기의 운전 주파수와 전원 전압의 주파수가 일치하게 된

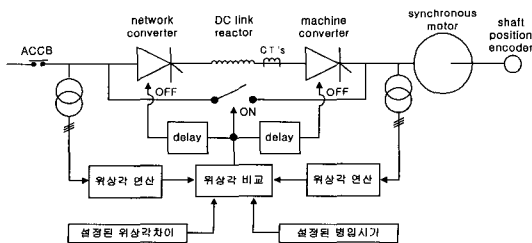


그림 6 계통연계 제어 블록도
Fig. 6 Control block diagram of line connection

다. 이때 전원전압을 LCI시스템을 거치지 않고 전동기에 바로 인가하여 정격속도로의 운전이 유지되는 계통연계가 이루어지게 된다.

그림 6은 계통 연계를 위한 제어 블록도이다. 본 논문에서는 전원측 전압과 전동기측 전압에 동기된 각각의 위상각 비교를 통해 두 전압이 동위상일 때 계통연계가 이루어지도록 하였다. 계통 연계 후에도 어느 일정 시간동안 LCI시스템을 통한 제어도 함께 이루어져 안정된 이후에 분리되게 하여 시스템의 신뢰성을 향상시켰다.

3.3 회생 제어

대용량 시스템의 경우 전동기를 전원에서 분리하게 되면 전동기에 남아 있는 에너지는 마찰력, 풍손 등에 의해 소비되어 정지하게 된다. 하지만 이럴 경우 베어링 손상 등의 기계적인 부담이 될 수 있으며 LCI시스템이 적용될 대용량 시스템의 경우 전동기가 정지할 때까지 수 시간이 소비되는 등 비효율적인 동작을 하게 된다. 따라서 전동기 측의 남아 있는 에너지를 전원 측으로 내보내어 소비시켜 전동기를 빠르고 안정되게 제동하게 되는데 이것을 회생 제어라고 한다.

3.3.1 회생 제어 등가회로⁹⁾

회생제어의 목적은 전동기를 기계적, 전기적으로 안정되게 그리고 최대한 빠르게 전동기를 정지시키는 것이다. 사이리스터를 사용한 LCI시스템의 경우 전류의 방향이 단방향이기 때문에 전류의 흐름은 같은 방향을 유지하면서 전압을 역방향으로 인가하여 전력흐름을 역으로 하여 전동기를 정지 시키게 된다.

그림 7은 LCI시스템을 회생 제어 해석을 위한 등가회로로 표현한 것이다.

여기서 R_c 전원측 컨버터측 저항, R_L 직류 링크단 저항, R_f 전동기측 컨버터 저항이며 $V_d \cos \alpha$ 는 전원측 컨버터 출력 직류 전압, $K\omega \cos \gamma$ 는 전동기측 컨버터 출력 직류 전압이다. 다이오드는 단 방향으로만 전류가 흐르는 사이리스터의 특성을 등가화한 것이다.

전원측 컨버터의 출력 직류전압 수식은 식(3)과 같

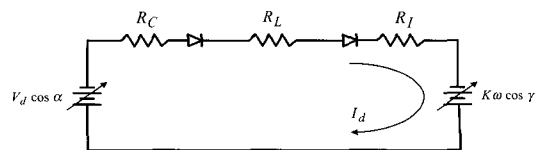


그림 7 LCI 시스템의 등가회로
Fig. 7 Equivalent circuit of LCI system

다. 이는 일반적인 위상제어 정류기 출력 직류 전압 수식과 같다.

$$V_{dc} = V_d \cos \alpha \tag{3}$$

여기서 α 는 전원측 컨버터 점호각, V_d 는 출력 평균 직류 전압의 최대값 V_{dc} 는 전원측 컨버터 출력 직류 전압이다.

위의 위상제어 정류기 출력 직류 전압 수식을 전동기측 컨버터에 적용시켜 직류 링크 단에서 바라본 직류 출력 전압은 식(4)와 같다.

$$V_{dcI} = Kw \cos \gamma \tag{4}$$

여기서 γ 는 전동기측 컨버터 점호각, w 는 전동기 회전속도, K 는 상수, V_{dcI} 는 전동기측 컨버터 출력 직류 전압이다.

Kw 는 전동기의 역기전력을 전원 전압으로 하고 전동기측 컨버터를 컨버터로서 동작시켰을 때 직류 링크 단에서 바라본 직류 출력 평균 전압의 최대값이 된다. 전동기의 역기전력은 전동기 회전속도에 비례한 값이므로 위와 같이 전동기 속도에 상수를 곱한 값으로 표현이 가능하다.

3.3.2 전동기측 컨버터 제어

회생 제어시 전동기측 컨버터는 전동기의 발전 전압을 전원전압으로 동작하는 컨버터로서의 역할을 하게 된다. 따라서 기동 시와는 달리 직류 링크단에서 바라본 출력 직류 전압이 역이 된다. 전동기측 컨버터는 정격 전류 제어를 하며 기동시 전원측 컨버터에 사용했던 전류제어기를 그대로 적용시켜 제어한다.

3.3.3 전원측 컨버터 제어

회생 제어시 전원측 컨버터 제어의 목적은 LCI시스템의 전류 흐름이 연속될 수 있도록 하는 것이다. $V_{dc} < V_{dcI}$ 이 되도록 전원측 컨버터를 제어하여 전동기측 컨버터로부터 전원측 컨버터로의 전류의 흐름이 이루어질 수 있는 조건을 만들게 된다. 회생 제어시 흐르는 정상상태 직류 링크단 전류는 그림7의 등가회로에 따라 전동기측 컨버터가 최대 전압을 출력한다고 가정하여 출력 전압 $Kw \cos \gamma = Kw$ 로 두고 전개하면 식(5)와 같다.

$$I_d = \frac{V_{dcI} - V_{dc}}{R_L + R_I + R_C} = \frac{Kw - V_d \cos \alpha}{R_L + R_I + R_C}$$

$$V_d \cos \alpha = Kw - I_d (R_L + R_I + R_C) \tag{5}$$

여기서 R_L, R_I, R_C 는 측정할 수 있는 값이며 I_d 는 제어하고자 하는 직류 전류의 값이다.

전동기측 컨버터의 최대 출력 전압인 Kw 는 전동기 속도에 비례하는 값이며 또한 계자전류의 값에도 비례한다. 회생제동이 시작되는 시기에 전동기 속도 값은 정격 속도로 운전상태이므로 일정하다. 하지만 계자전류의 값은 계통연계 운전 시 부하의 정도에 따라 다른 상태가 될 수 있다.

회생 제동시 계통 분리 후 어느 정도의 시간이 지난 후 회생 제동 제어가 이루어진다. 계통에서 분리 후 회생 제동이 이루어지기 전 시기에 전동기 단자전압은 순수 전동기의 역기전력 즉 발전전압이다. 따라서 이때의 전동기 단자전압을 검출하여 회생 제동이 시작되는 시점($t=0$)의 $Kw_{t=0}$ 값을 알 수 있다. 전동기의 3상 단자전압을 검출하여 2상 동기좌표계로 변환한 q축 전압은 3상 단자 전압의 최대값과 같게 된다. 따라서 Vqe 전압을 검출하여 $Kw_{t=0}$ 값을 구하면 식(6)과 같다.

$$Kw_{t=0} = \frac{V_{qe}}{\sqrt{2}} \times \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \tag{6}$$

이후의 시간을 $t>0$ 인 시점이라 가정하여 $Kw_{t>0}$ 값은 전동기 속도에 비례하므로 식(7)과 같다.

$$Kw_{t>0} = \frac{w_{rpm}}{\text{정격속도}} \times Kw_{t=0}$$

$$= \frac{w_{rpm}}{1800} \times Kw_{t=0} \tag{7}$$

Kw 값을 검출하여 식(5)에 의해 원하는 전류 크기로의 제어를 보장하면서도 인가할 수 있는 전원측 컨버터 출력 전압의 최대값을 알 수 있게 된다. 그림 8은 LCI-동기전동기 시스템의 회생 제동 제어 전체 블록도를 나타낸다.

4. 실험 결과

전체 시스템은 권선형 돌극 동기전동기, 직류링크 리액터, 사이리스터 모듈을 이용한 전원측 컨버터와 전동기측 컨버터 및 여자 시스템, TMS320VC33 DSP를 이용한 주제어기, AnalogDevice사의 12bit 4채널 A/D, EPF10K30AQC204 -3, Digital gating system으로 구성되어 있다^[10]. 전동기측에는 속도 및 위치 정보 검출을 위해 2000[ppr]의 펄스 엔코더가 부착되어 있다. 적용된 돌극 권선형 동기전동기의 사양은 표 2와 같다.

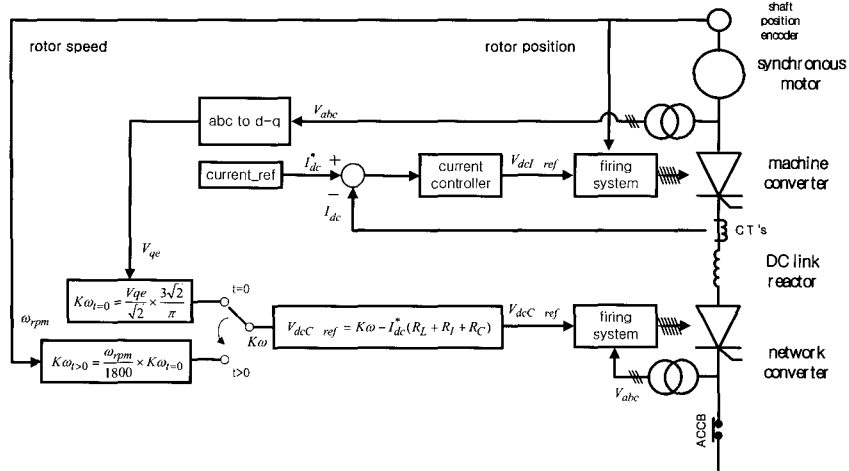


그림 8 회생 제동 제어 블록도
Fig. 8 Control block diagram of regeneration

4.1 기동 제어

그림 9(a)는 정지에서 정격속도 1800[rpm]까지의 속도 스텝 응답에 대한 기동 제어 특성을 보여준다. 그림 9(b), (c)는 기동 제어시 직류단 전류, 전동기 A상 전류

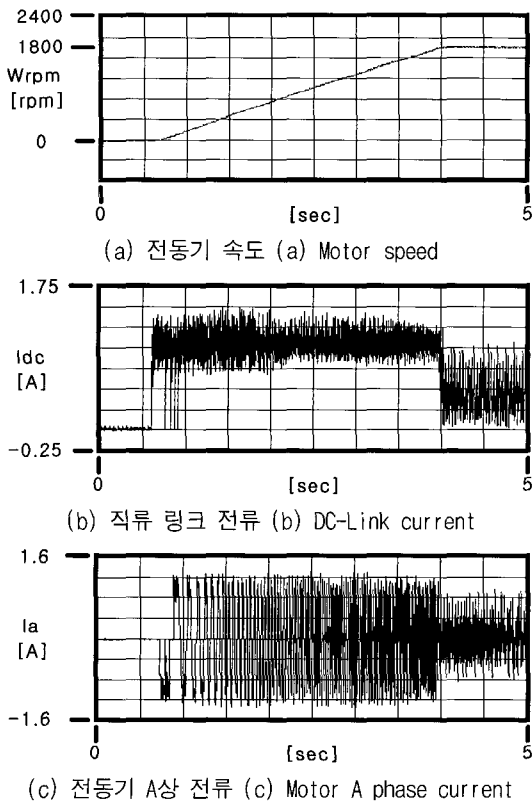


그림 9 기동 제어 특성
Fig. 9 Characteristics of acceleration control

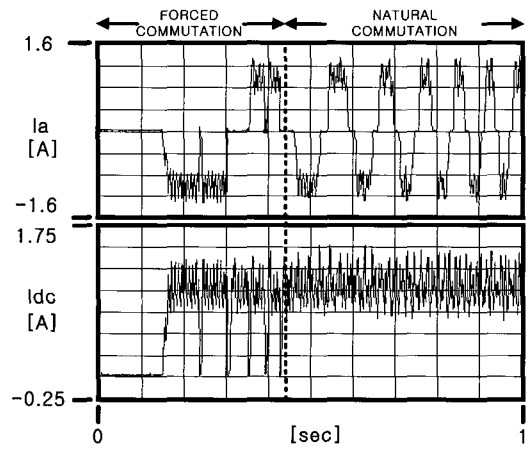


그림 10 직류 링크 전류, 전동기 A상 전류 확대파형
Fig. 10 Enlarged waveform of DC-Link current and A phase current

를 보여준다. 그림 9(a)의 파형에서 전동기가 정지부터 정격속도까지 일정한 가속도로 안정되게 운전되고 있음을 알 수 있다. 그림 9(b)의 파형에서 직류 링크 전류 제어가 이루어지는 것을 확인 할 수 있다.

그림 10은 기동 제어 특성 확대 파형이다. 강제 전류 구간에서 전동기측 사이리스터를 오프하기 위해 전류가 '0'이 되는 구간을 확인 할 수 있다.

4.2 계통 연계

그림 11은 계통 연계시 A상 전동기 단자 전압과 A상 전원 전압을 보여주며 화살표 시점이 계통 연계가 시작 되는 시점이다. 그림11의 파형에서 전동기 단자 전압과 전원 전압의 위상이 동일할 때 계통 연계가 일

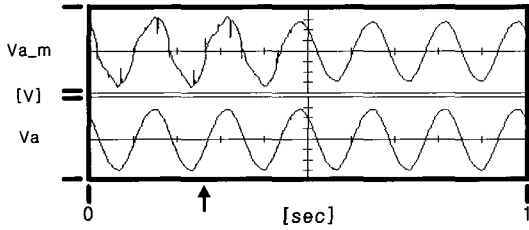


그림 11 계통 연계시 전동기 A상 단자 전압, A상 전원 전압
Fig. 11 Motor A phase line voltage, A phase source voltage

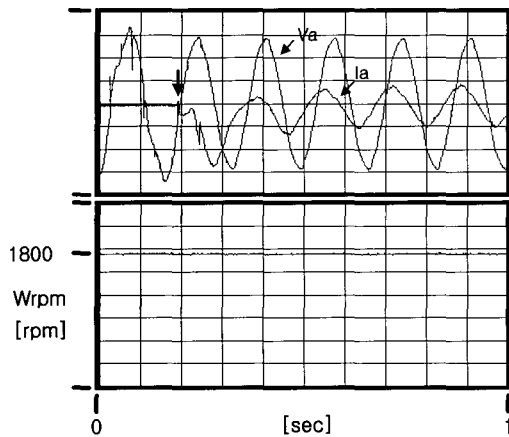
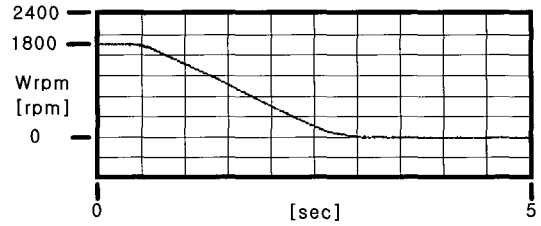


그림 12 계통 연계시 전동기 단자 전압, 전류, 전동기 속도
Fig. 12 Motor line voltage, current, speed of Line connection

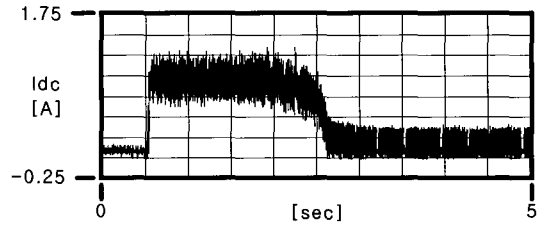
어는 것을 확인 할 수 있다. 그림 12는 계통 연계시 A상 전동기 단자 전압과 A상 전류, 전동기 속도를 보여 준다. 전동기 단자 전압과 전원 전압이 동위상일때 전원 전압 'zero crossing'시점에서 계통 연계가 이루어져 돌입 피크 전류의 크기가 작다. 따라서 계통 연계가 안정되게 이루어지는 것을 확인할 수 있다. 또한 계통 연계가 안정되게 이루어져 전동기 속도의 흔들림이 거의 없는 것을 확인할 수 있다. 기동시 진상 운전을 하므로 계통 투입 시기에 전동기의 운전은 진상 운전 상태이다. 그림 12의 파형에서 계통 투입후 빠른 시간 내에 전동기 전류가 안전상태가 되는 것을 확인할 수 있다.

4.3 회생 제어

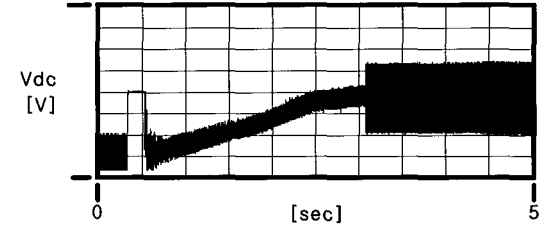
그림 13(a)은 회생 제어시 18000-0[rpm]으로의 전동기 속도 응답 파형을 보여준다. 그림 13(b), (c)는 회생 제어시 직류단 전류, 직류 링크 전압을 보여준다. 그림 13(a)의 파형에서 전동기가 정격속도에서부터 '0'로의 제동이 일정한 기울기를 유지하며 안정되게 이루어지는 것을 확인 할수 있으며 (b)의 파형에서 직류 링크



(a) 전동기 속도 (a) Motor speed



(b) 직류 링크 전류 (b) DC-Link current



(c) 직류 링크 전압 (c) DC-Link voltage

그림 13 회생 제어 특성

Fig. 13 Characteristics of reganaration contol

전류 제어가 이루어지는 것을 확인 할 수 있다. (c)의 파형에서 직류 링크 전압이 전동기의 속도에 비례하여 감소하는 것을 확인 할 수 있다. 즉 직류 링크 전압이 속도에 비례하여 감소함으로써 직류 링크 전류의 흐름이 원활히 이루어지는 것을 확인 할수 있다. 이러한 실험결과 파형으로부터 본 논문에서 제안된 회생 제동 알고리즘이 실용적이고 타당성이 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 대용량 동기 발전 전동기 제어에 널리 이용되고 있는 SFC 시스템을 활용한 동기 발전 전동기의 전 영역 운전에 대한 제어기를 제안 및 도출하였다. SFC 제어에 관한 기존 문헌의 부족한 정보와 자료로부터 계통 연계에 의한 정속도 운전 및 회생 제어의 알고리즘을 도출하였으며 실험을 통하여 실효성 및 타당성을 검증하였다. 현재 전량 수입에 의존하고 있는 SFC에 관한 제어 알고리즘을 도출하여 SFC 기술 저변 확대 및 국산화 개발에 기초 자료가 될 것으로 기대된다.

표 2 돌극형 동기전동기 제원
Table 2 Salient Synchronous Machine Rating

극 수	4	X_{base}	133.3 [Ω]
정격 출력	900[W]	D축인덕턴스	205%
권선 방식	Y결선	Q축인덕턴스	140%
정격 속도	1800[RPM]	회전자 저항	67.5 [Ω]
고정자 저항	8.2 [Ω]	계자 전류	1.15 [A]

참고 문헌

[1] T.A.Lipo, "Recent progress in the development of solid-state AC motor drives," IEEE Trans. Pow. Elec, vol. 3, no. 2, pp. 105-117, 1998.

[2] Beat Mueller, Thoma Spinanger, Dieter Wallstein, "Static Variable Frequency Starting and Drive System for Large Synchronous Motors," IAS pp. 429-438, 1979.

[3] David Finney, "Variable frequency AC motor drive systems," Peter Peregrinus LTD, pp.202,1988.

[4] Colby R.S., Otto M.D., Boys J.T., "Analysis of LCI synchronous motor drives with finite DC link inductance," Electric Power Applications, IEE Proceedings B [see also IEE Proceedings-Electric Power Applications], Volume:140 Issue:6, pp. 379-386. Nov. 1993.

[5] N. Mohan, T.M. Undeland and W.P. Robbins, "Power Electronics, Converters, Applications, and Design," John Wiley & Son, Inc., pp. 143-146, 1995.

[6] 박형수, "GTO-직류전원을 병용한 부하 轉流식 전류형 인버터에 관한 연구," 서울대학교 공학 박사 논문, pp. 11-12, 1992.

[7] 월간 자동 제어 계측, "대용량 동기 발전전동기 회전자 제어," pp. 76-82, 1997.

[8] 한국전력공사, "SFC운전 및 정비설명서," pp. 66-69, 1997.

[9] P. Kundur, "Power system stability and control," McGraw-Hill, Inc, pp. 500-523, 1994.

[10] 이영복, "대용량 전력변환용 사이리스터 디지털 점호제어," 전력 전자 학술 대회 제2권, pp. 565-568, 2003.

저 자 소개



박신현(朴信炫)

1976년 9월 2일생. 2002년 부산대 전기공학과 졸업. 현재 동 대학원 전기공학과 석사과정.



김장목(金長睦)

1961년 8월 6일생. 1988년 부산대 전기공학과 졸업. 1991년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1997년~2001년 한전 전력연구원 선임연구원. 현재 부산대 전기전자통신공학부 조교수.



임익현(林翼憲)

1958년 7월 25일생. 1980년 건국대 전기공학과 졸업. 1996년 홍익대 대학원 전기공학과 졸업(석사, 박사과정수료). 1979년 한전 입사. 현재 한전 전력연구원 발전연구실 책임연구원.



류호선(柳皓善)

1970년 7월 21일생. 1993년 충남대 전기공학과 졸업. 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995년 한국전력연구원 입사. 현재 한전 전력연구원 발전연구실 선임연구원.