

전류형 인버터로 구동되는 유도전동기의 회생제동과 역회전에
대한 연구

A Study on the CSI-fed Induction motor drive with regenerative
braking and speed reversal.

박민호
김홍근*

서울대학교

1. 서론

종래에는 속도제어회로 이상 때문에 직류전동기가 많이 사용되어 왔으나 최근의 전력용 반도체 소자의 발달과 마이크로 프로세서의 도입에 힘입어 가변 주파수 제어장치에 의한 유도전동기의 속도 제어에 대하여 많은 연구가 진행되어왔다.

유도전동기의 속도제어를 위한 가변주파수 제어장치에는 전압형 인버터와 전류형 인버터가 있는데 전압형에 비해 전류형 인버터는 많은 장점이 있다. (1)

특히 전압형 인버터는 회생제동을 위해서 별도의 큰 비터 회로가 필요하게 되므로 경비가 더 들어가게 되고 제어회로가 복잡하게 된다. 반면에 전류형 인버터는 그 자체로 회생제동이 가능하다는 것이 알려져 왔으나 이 경우 회생에 대한 정확한 해석이 아직 연구되지 않고 있다. 따라서 전류형 인버터로 구동되는 유도전동기의 회생에 대해 해석하고, 역회전이 가능한 시스템을 실현하고자 한다.

2. 본론

일반적으로 자성재료로서 철심을 사용하는 변압기나 회전기기의 경우 자성재료를 최대한 활용하기 위해서 포화영역 부근에서 사용하게 된다. 따라서 유도전동기의 속도제어에 있어서도 공극의 자속을 일정하게 제어할 필요가 있다. 이것을 일정자속제어라고 하는데 전류형 인버터로 구동되는 유도전동기의 경우 다음과 같은 방법을 사용한다.

(1) 일정자속 제어

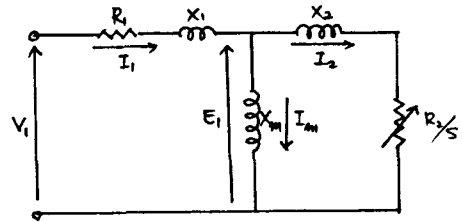


그림 1. 동가회로

그림과 같은 유도전동기의 동가회로에서 토크 식은 다음과 같이 표시된다. (3)

$$T = \frac{pm}{2\pi} \left[\frac{E_1}{f_1} \right]^2 \left[\frac{f_2 R_2}{R_2^2 + (2\pi f_2 L_2)^2} \right] \quad (1)$$

그런데 공극의 자속은 E_1/f_1 에 비례하게 되므로 토크는 주어진 회전자 슬립주파수, f_2 에서 공극 자속의 제곱에 비례하게 된다. 결국 어떠한 동작 상태하에서도 공극의 자속을 일정하게 유지해 준다면 유도전동기의 토크는 회전자 슬립주파수 f_2 에 의해서만 결정되고 공극주파수(고정자주파수) f_1 과는 무관하게 된다.

한편, 유도전동기의 토크 식을 고정자 전류 I_1 과 회전자 슬립주파수 f_2 로 표시하면 다음과 같다. (4)

$$T = 2\pi p m_1 R_2 L_m^2 \frac{f_2}{[R_2^2 + (2\pi L_m f_2)^2]} (I_1)^2 \quad (2)$$

$$L_{22} = L_2 + L_m$$

식(1)과 (2)에서 공극의 자속을 일정하게 제어하기 위한 고정자 전류 I_1 과 회전자 슬립주파수 f_2 의 관계를 얻을 수가 있다. 이 결과를 그림으로 표

시하면 다음과 같다.

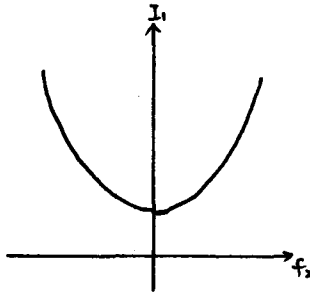


그림 2. 임의자속 제어에 의한 고정자 전류와 회전자 주파수의 관계
 이상과 같이 회전자 속도를 주파수와 비례적으로
 부분적으로 제어하여 고정자 전류와 회전자 전류를
 일정하게 유지한다(슬립) 제어하는 것은 그림
 그림 1에 표시한 것과 같다.

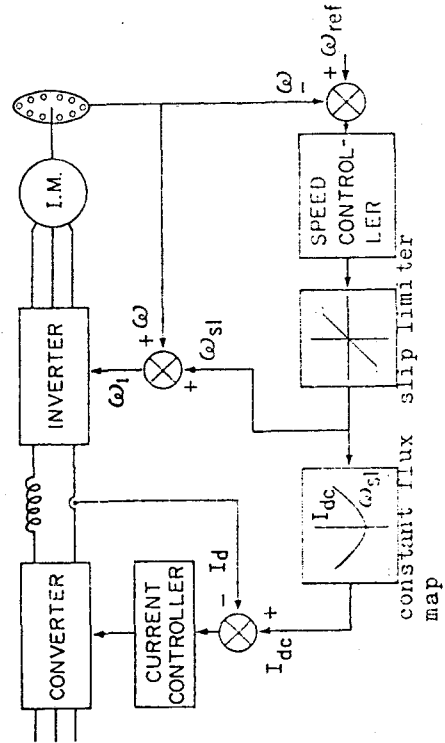


그림 3. 유도전동기의 제어 회로 (원점자속 제어)

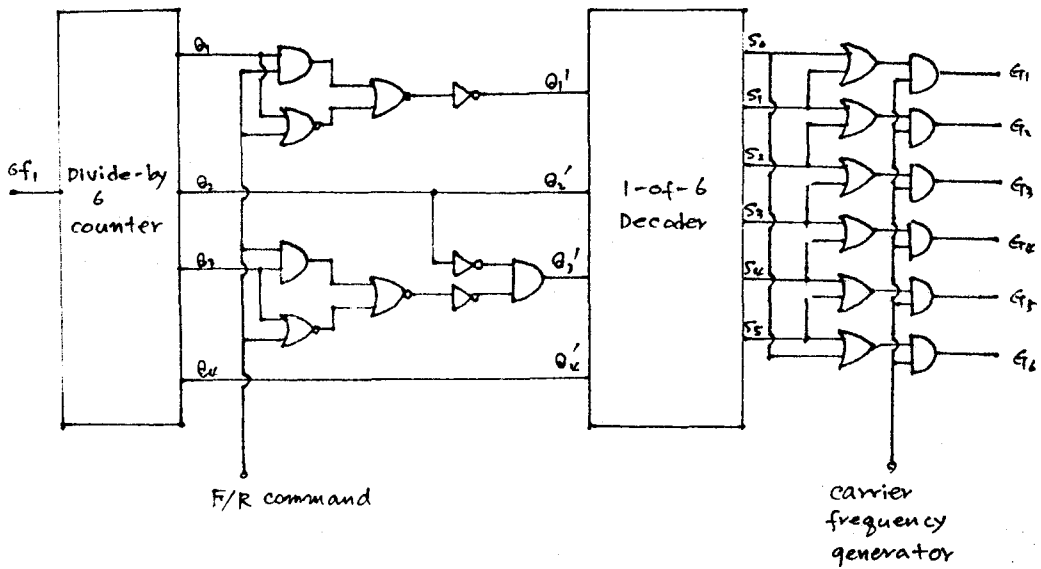


그림 4. 6비트 카운터

4. M.H.Park and H.G.Kim, "Improvement in efficiency of csi-fed induction motor by means of flux control", KIEE vol.31, No.8. 1982

전류형 인버터로 구동되는 유도전동기의 경우
 위와 같은 제어 루우프 자체로 회생이 가능하다는
 장점이 있는데 이에 대한 정확한 해석이 미흡한
 상태에 있다. 따라서 이를 해석하고 나아가서 역
 회전 운전까지 가능한 모타의 4상한 운전에 대해
 서 연구하고자 한다. 회생제동과 가역운전에 대
 해서 간략하게 기술하면 다음과 같다.

(2) 회생 제동 :

모타의 부하가 overhauling 하거나 혹은 감속을
 위해서 w_{ref} 를 감소시키면 w_{sl} 미음이 되고
 $w_s < w$ 의 관계가 된다. 이 경우 모타는 발전영역
 에서 운전하게 되고 역토크를 발생하게 되어 제
 동역할을 하게 된다. 이때의 인버터 입력전압
 의 극성은 바뀌게 되어 매우 큰 I_d 가 흐르게 된다
 . 이렇게 증가하게 되는 전류를 제한하여 일정자
 속에 필요한 전류로 제어하기 위해서 큰 비어터의
 점도각은 90° 이상으로 지연되고 큰 비어터 출력전
 압은 음이 된다. 따라서 전류의 방향은 바뀌지
 않고 전압의 극성이 바뀌게 됨으로 전체적으로 볼
 때 큰 비어터는 인버팅 작용을 하게 되고 인버터
 는 큰 비어터로 동작하게 되어 모타의 기계적인 에
 너지가 전기적인 에너지로 변환되어 3상전원에 반
 환하게 된다. 이를 회생제동이라고 한다.

(3) 역회전 운전 :

유도전동기의 3상 입력 중 2상의 시퀀스를 바
 꾸어주면 회전방향이 반대로 된다. 이것은 인버
 터의 점호순서를 역으로 해주면 된다. 다시말
 해서 정방향 운전시 점호순서가 $G_1-G_2-G_3-G_4-$
 $G_5-G_6-G_1-G_2-$ --- 타면 $G_6-G_5-G_4-G_3-G_2-G_1-G_6-$
 G_5- 순으로 점호순서를 바꾸어 주면 3상 중 2상
 이 전과는 바뀌어 역회전하게 된다. 이와 같이
 정.역회전을 위한 인버터의 점호신호를 발생시
 키기 위한 링 카운터회로본 그림과 같다.

3. 참고 문헌

1. Akira Nabae, "Pulse-Amplitude-Modulated Current source Inverters for AC Drives", IEEE Trans. Ind. Appl., vol. IA-15, No. 4, July/August. 1979
2. M.L. MacDonald and P.C. Sen, "Control loop study of induction motors using DQ model", IEEE Trans. Ind. Elect. Contr. Instr., vol. IECI-26, No. 4, Nov. 1979
3. J.M.D. Murphy, "Thyristor control of ac motor"