

유도전동기의 무정류자 크래머형 슬립전력회수 시스템의  
최적설계 및 특성에 관한 연구

유 훈 식 *	해군 사관학교
송 순 일	부산 계방대학
이 영 기	부산 계방대학
노 학 주	한국 해양대학

1. 서 론

유도전동기의 로오프-속도 제어방식으로는 대범하여 고정자측 전력제어방식과 회전자측 전력제어방식으로 나눌 수 있다. 2차역자로 인한 2차전력의 효과적인 회수방법으로는 교류정류자형 주파수변환기, 동기변류기, 교류정류자전동기등의 정류자를 가진 기계등으로, 회수된 전력을 전기적 에너지로 전원이 반환하는 샬비어스 시스템 ( Scherbius System )과 유도전동기의 축에 기계적 에너지로 반환하는 크래머시스템 ( Krämer System )이 있다. 이러한 보조기들은 모두 복수기로서 시스템이 복잡하여지고 각 기계들의 제한조건 등으로 운전속도의 제어범위가 좁아지는 경향이 있어 심용화가 보류되어왔다. 그러나 1957년 General Electric 사에 의해서 디이리스커가 발표된 이후 전력용 반도체소자들의 대용량화, 고속화로 인해 자유로운 교류-직류 혹은 직류-교류의 전력변환이 가능하게되고, 효율높은 무전압 주파수 변환기가 개발되면서 2차역자방식은 다시 광경을 받게 되었다. 아울러 최근 역회사는 전동기기를 점차 Brushless 및 Commutatorless 화하여 기계적 접촉기에서 생기는 브러시의 마모, 접촉불량에 기인한 스파크 및 소음을 제거하고 에너지절약을 위하여 직접구동 ( Direct driving )과, 효율을화하는 경향이있다.

따라서 본 연구에서는 정지식 크래머시스템의 보조기로서 동기전동기를 이용하여 무정류자회시제 시스템을 제시하고, 이 시스템의 이론적 근거, 이용가능성, 슬립전력의 회수 및 제 특성 등을 해설하였다. 연구목적은 위해서 종래의 크래머시스템에서 보조기로 사용되던 기계정류자를 반도체소장소를 사용한 정지식 디이리스커 정류자로 대체, 심개였으며, 3상 권선형 유도전동기, 3상동기전동기, 실험용 정류기, 변압기, 전류형 인버터, 제어컴퓨터발생기 등으로

시스템을 구성했다. 이론 해석을 통해서 이 시스템에 대한 속도제어방정식과 제 특성식이 유도되었으나 개자제어방식과 정류자 제어방식이 다른 두가지의 속도 제어방식을 검토하였다.

또 새로운 간이 근사 I형 동기회로를 공시전동기의 특성 해석을 위해서 제안했으며, 고정자와 회전자의 유도기전력, 전동기 발생로오프, 역률, 슬립전력등의 특성식을 이 동기회로부터 유도하였다. 실험을 통해서 공시전동기에 대한 If-N, 임력-슬립, 로오프-슬립, 전력-슬립, 슬립전력회수특성등이 얻어졌으며, 유도전동기와 동기전동기의 역력가지 회로 해석에 필요한 정수들이 결정되었다.

최종적으로 동기회로부터 유도된 특성방정식등을 이용, 전산시뮬레이션하여 얻은 계산치와 동일조건하에서의 실험치와 비교, 검토하였다.

2. 시스템의 구성 및 실험

무정류자 정지형 크래머시스템에서 속도 제어식은 유도하면

$$N = \frac{\sqrt{\left( \frac{SE_1 \cdot \cos \theta_2}{\cos \alpha \cdot a} - R_m \cdot Idc \right)^2 - (X_s I_s)^2}}{K \Phi (I_f)} \quad \dots (1)$$

이다. 여기서  $\Phi (I_f)$  와  $\cos \alpha$  는 운전중 유도기 전동기의 여자전류 If 와 인버터의 제어점수와  $\alpha$  를 조정하여 하며, a 와 a 의 값은 속도 제어범위의 설정을 위한 실험치에 행하며, a 는 공시기의 회전자 권선수를, K 는 동기전동기의 권선비를 조정하여 행하면 된다.

이론에 부합되게 이 시스템의 주동동전회로로 속순변환부 ( RSC ), 평활회로부 ( DCL ), 순변환부 ( INV ), 전류회로부 등으로 Fig. 1 처럼 구성했다.

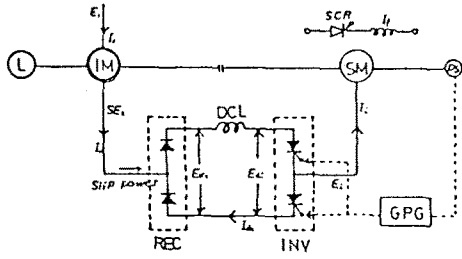


Fig. 1. Commutatorless static Kramer drive system.

특히 동기기의 구동을 위한 가변주파수 제어장치로는 ASCI (Auto Sequential Current Source Inverter) 방식으로, 6개의 다이리스틱 스위칭소자  $Th_1 - Th_6$ 를 사용해서 3상 브릿지 회로로 하였고, 가변주파수와 출력을 확립하기 위해 게이트 펄스 발생기 (Gate pulse generator) 제어회로를 설계하여 정해진 점호시퀀스에 따라 부하전류를 스위칭하도록 하였다.

또 전류 회로부는 소자의 특성상 자체 소호능력이 없으므로 자력식 강제 전류회로로 구성했으며, 전류 본래시와 리액티브의 같은 전류이론과 유도된 최적 전류회로 산정식에 의거 각각  $8 [uF]$ ,  $10 [uF]$ 로 하였다. 그리고 시퀀스 점호회로는 시스템의 속도에 상응한 인버터의 점호동기신호를 얻기 위해서 시스템의 출력 엔코더를 설치하고 여기서 검출된 펄스를 이용하여 F/V 본버어터부에서 주파수에 비례하는 전압으로 바꾼 다음 톨니마 발생기, 전압계념 추이거, 영점검출기, 단안점 펄스바이브레이터 등으로 이루어진 V/F 본버어터부에서 구형파펄스 신호를 만들었다.

게이트 트리거 펄스 분상기부에서 3상 인버터의 6개의 실리콘 제어정류기를 점호시키기 위해 1주기에 각각  $60^\circ$  위상차를 갖는 트리거 펄스를 만든 다음 게이트 펄스 증폭부에서 전지가 분리된 증폭된 펄스 펄스를 얻었다.

Fig. 2은

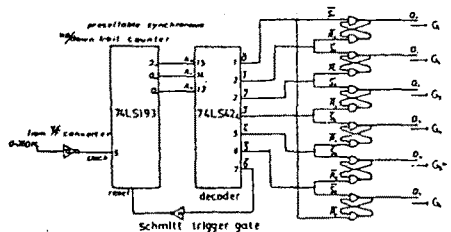


Fig. 2. Gating distributor circuit of control firing device for main power inverter

게이트 트리거 펄스 분상부의 내부회로도이고,

Fig. 3은

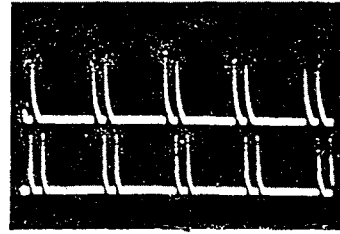


Fig. 3. Amplified firing pulse waveforms for  $Th_1$  (upper) and  $Th_2$  (lower) of main power inverter ( $1 \mu s/div$ ,  $10 V/div$ )

파형측정실험을 통해서 얻은 게이트펄스 증폭부의 출력파형이다.

### 3. 결론

이론적 해석, 시스템의 설계 및 회로구성, 실험결과 검토를 통해서 다음과 같은 결론을 얻었다.

[1] 크래머식 2차어 자시스템에서 보조기로 사용되던 주파수 변환기의 기계식 정류자를 다이리스틱 정류자로 대체함으로써 기계식 정류자의 정비 및 보스의 결점을 제거하고, 새로운 크래머식 슬립전력회 시스템인 무정류자 정지식 크래머시스템을 실현했다.

[2] 試作시스템은  $[1 HP]$ ,  $[200 V]$ ,  $[4 P]$ , 고정자/회전자 권선비 1:1인 3상 유도전동기와 보조기로는  $[2/3 HP]$ ,  $[120 V]$ ,  $[4 P]$ 인 동기전동기를 사용해서 확인 실험한 결과 이론적해석과 일치하였다.

[3] 이 시스템을 시뮬레이션한 결과 속도조정범위는 유도전동기의 고정자/회전자 권선비를 3:1-4:1로 낮추고, 보조 동기전동기의 전기자기전력/계자전류비를 120-170으로 높이면 5.5:1로 속도제어를 할 수 있으며, 효율은 정지식 샤프터 시스템의 수준인 75-85%까지 올릴 수 있고, 효율은 동기기의 계자전류의 제어로 정지식 샤프터 시스템의 2배인 65-80%까지 높일 수 있었다.

참 고 문 헌

- 1) BIMAL K. MOSE, "Adjustable Speed A C Drives"  
-A Technology Status Review, Proceedings of the  
IEEE, Vol.70, NO.2, PP.116-155, 1982.
- 2) William Shepherd, Jack Stanway, "Slip Power  
Recovery in an Induction Motor by the Use of a  
Thyristor Inverter", IEEE TRANS. Power APP.  
Syst., Vol 1GA-5, NO.1, PP. 74-82, Jan/Feb 1969.

3) 朴旻鎬, 薛承莚, "VVVF制御에 의한 三相誘導電動機의 高效率化 運転에 관한 研究", 大韓電氣學會誌, 第30卷, 第7号, PP.64-69, 1981.

4) 作井正昭, 藤田宏, "二次側に整流回路を有する誘導電動機の等価回路(以上定常特性簡易算定法)", 日本電氣學會誌(B), 100卷, 11号, PP.49-56, 1980.