

Tapped Stator Feedback 으로 한 슬립전력회수 시스템

Study on Slip Power Recovery System with Tapped Stator Feedback of Induction Motor Drives

황 영 문 부 산 대
관 진 우 " "
박 한 용 " "

서 론

유도전동기의 속도조정은 2차회전자입력의 전력을 처리하는 방법에 따라 달라진다. 회전자 입력은 슬립전력으로서 이를 조정하는 방법으로 특수주파수변환기를 이용하여 효과적으로 회수 하면 고효율의 토오크-속도특성을 얻을 수 있게 된다. 정지식주파수변환기의한 시스템에서는 회수된 전력을 직접 전원으로 반환시키는 셀 비우스방식이 가장 간단하다. 그러나 이 시스템은 역율이 나쁘고 전원에 고조파가 혼입되는 결점이 있어 이를 보완하는 연구가 진행되고 있다. 역율 개선은 크래머방식으로, 고조파혼입의 억제는 주파수변환기의 교류측에 리액터를 삽입하는 방식이 바람직하다. 이러한 조치로서 고정자의 권선을 2중권선하여 단권식탭결선하고 이 고정자권선탭에 스탭전력을 귀환시키면, 슬립 전력의 일부는 기계적에너지로 반환되고 다른 부분은 고정자권선을 거쳐 전원으로 반환된다.

본 연구에서는 이러한 시스템에 대하여 다른 방식과 비교한 결과를 얻었기에 보고한다.

Slip Power Recovery System 의 구성

1. 기본구성

권선형 유도전동기의 고정자 권선을 이중 권선으로하고 이를 그림 1에서와 같이 탭결선 (단권식 결선) 으로 한다. 중간탭으로 슬립 전력을 회수하게 되면 콘버터 - 인버터에서 발생한 고조파 전력이 억제된다. 이는 인버터의 교류측 전원측에 리액런스 성분을 크게하면 고조파 성분이 억제된다.

회전자측의 슬립 전력 회수용 콘버터 - 인버터는 가장 간단한 line commutation 방식으로 한다. 그리고 고정자측 전압과 회전자측 전압을 matching 시키기 위하여 우선 단권 변압기를 이용하도록 한다. 그러나 이러한 장치는 고정자 및 회전자 권선비를 조정하거나, 콘버터 - 인버터 시스템의 형식을 바꿈으로서 생략할 수 있을 것이다.

2. Slip Power 의 변환

(a) 주파수 및 전압의 정압

권선형 유도 전동기의 2차입력 P_{2s} 는 슬립 주파수 f_2 를 가진 슬립 전력으로, 이들과 귀환 전력 주파수 f_0 의 전력과는 DC 링크 콘버터 - 인버터에서 변환되어 결합되고, 전원 주파수 f_0 를 가진 귀환 전력과는, 주파수 정합은 DC 링크 콘버터 - 인버터에서, 전압 정합은 콘버터 - 인버터의 점호각 α 에 의하여 행한다. 그러나 점호각의 제어는 토크 - 속도 특성 곡선의 제어용으로 이용하려면 전압 정합은 별도의 Matching 변압기를 두는 것이 좋다.

f_0 를 가진 귀환 전력과는, 주파수 정합은 DC 링크 콘버터 - 인버터에서, 전압 정합은 콘버터 - 인버터의 점호각 α 에 의하여 행한다. 그러나 점호각의 제어는 토크 - 속도 특성 곡선의 제어용으로 이용하려면 전압 정합은 별도의 Matching 변압기를 두는 것이 좋다.

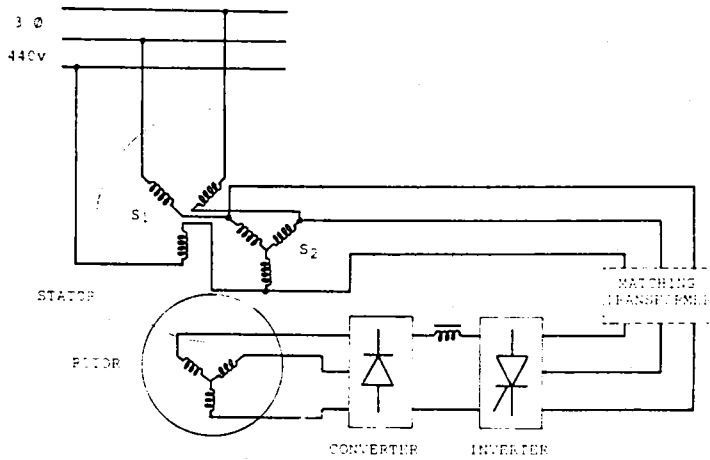


Fig. 1, Tapped stator feedback type Slip power recovery system of induction motor drives.

그러나 이러한 변압기의 존재는 시스템의 특성을 나쁘게 하는 결과를 갖게 되므로 종국에 가서는 고정자 및 회전자 권선비 등의 조정으로 생략할 수 있게 하여야 한다.

구성에 따라 도리어 토크 - 속도 특성 및 효율을 더욱 나쁘게 만든다. 한편, 회수 전력은 2차 여자 전압 E_{SR} 와 회전자 전류 I_2 와의 위상 관계에 의하여 역률 특성을 변하게 하는데 일반적으로 셀비우스 시스템은 귀환시 위상 관계로 리액티브적인 성격을 갖게되고, 크레머 시스템에서는 P_k 의 성격을 가져 역률 특성을 좋게한다.

(b) 슬립 전력의 변환 특성

2차 입력 P_{2s} 는 기계적 출력 $P_k (= I_2^2 (\frac{1-s}{s}) R_2$ 성분)과 회전자 저항손 $P_{LOSS} (= I_2^2 R_{2R}$ 성분) 및 회수 전력 $P_{SR} (= I_2 E_{SR}$ 성분)으로 변환된다. P_{LOSS} 는 효율 특성과 토크 - 속도 특성을 나쁘게 한다. 그런데 이때의 R_{2R} 은 R_2 와 주파수 변환기 및 전력 귀환 시스템의 등가 저항 R_{SR} 과의 합으로 작용하므로, 주파수 변환기의

시스템의 특성을 개선하려면

가. 회전자 측에서 본 주파수 변환기 및 전력 회수 장치의 등가 저항값이 적도록 변환기를 구성해야하며

나. 전력회수장치가 위상제어 기능을 가져야 하며

다. 전력회수를 될 수 있는 대로 기계적 에너지로 변환시키도록 하는 것

등이 요구된다.

본 연구에서는 (다)의 기능을 보완하는 면에서 고정자의 권선측에 전력을 귀환시키고 동시에 (가)의 측면에서는 고정자 권선을 단권 변압기 결선으로 하여 동가 손실 저감을 줄이게끔 하였다.

3. 전원에의 고조파 혼입 문제

종래의 특수 주파수 변환기와 달리 정지식 인버터-인버터에서는 자체에서 고조파가 발생한다. 여기에서는 line commutation 변환기에서 그 정도가 다소 적으나 그래도 고조파 발생은 억제되어야 한다. 이를 위하여 회수 전력이 전원으로 귀환되는 과정에 고정자의 일부 권선을 거쳐서 반환되도록 하였다. 본 연구에서 고정자-회전자 권선비의 조정이 아직 되어 있지 않아서 Matching 변압기를 사용하였고 여기서도 고조파 억제가 이루어져 그 효과가 현격히 나타나 있지 못하다.

이상으로 본 시스템의 슬립 전력 회수 특성을 정성적으로 해석하였으며, 이를 실제 시스템의 제 특성에서 비교 해석하기로 한다.

Tapped stator feedback (TSF)의 특성

본 연구에서 제안한 고정자의 탭결선점

에서의 슬립전력회수방식을 stator feedback (SF) 방식 및 line feedback (LF) 방식과 비교 해석하여 보면 다음과 같다.

본 연구실험에서는 5hp, 2중권선의 권선형 유도전동기로, 고정자/회전자권선비는 3:1인 전동기를 이용하였다.

1. 토오크-속도 특성

그림 2는 동일한 점호각에서의 비교특성으로, SF 방식과 LF 방식의 특성이 동일하다.

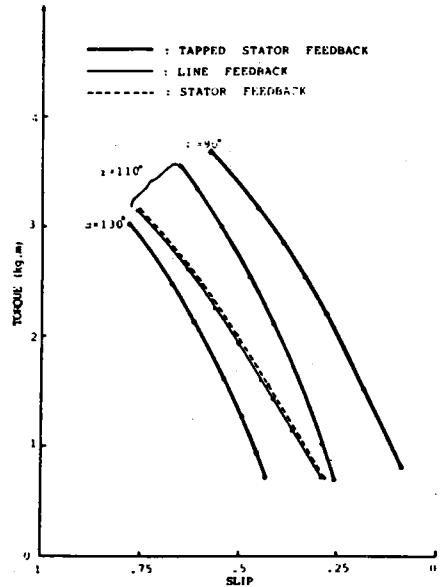


Fig. 2 Torque vs. Slip curves

이는 귀환용 고정자권선과 주권선이 변압기작용 결합을 하고 있음을 의미한다. 즉 SF 방식은 2중 권선에서 변압기작용에 의하여 전원에 연결되어 있다. 이에 비하여 TSF 방식은 주권선을 통한 전력회수가 이루어지고 있는 동시에 토오크발생도 행하고 있음을 의미한다.

2. 효율 - 속도 특성

SF 방식이 LF 방식에 비하여 효율이 낮은 것은 고정자의 두 권선간의 변압기 작용 손실을 갖

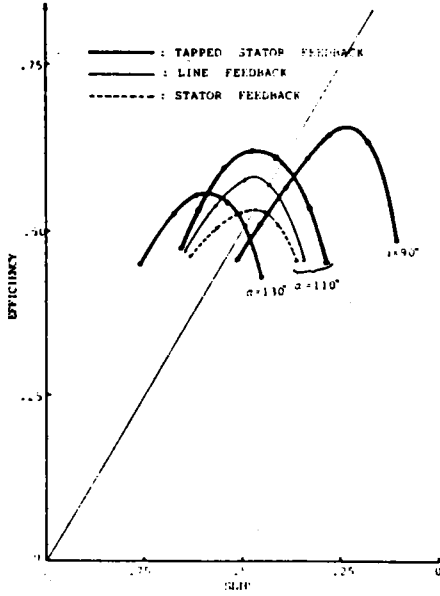


Fig.3 Efficiency vs. Slip curves

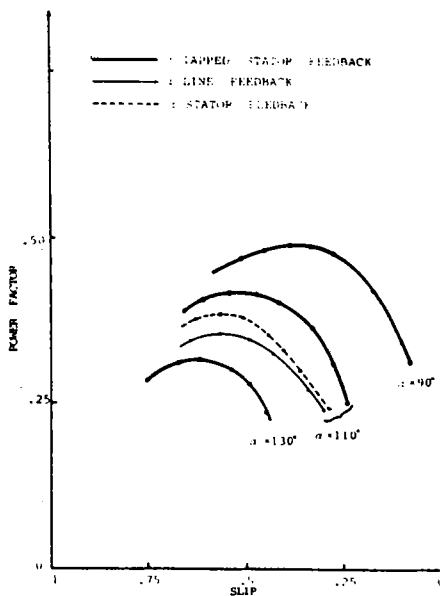


Fig.4 Power factor vs. Slip curves

는 다는 것을 의미하며, TSF 에서는 슬립 회수 전력이 효과적으로 기계적 에너지 및 전원으로의 전력 반환이 이루어 짐을 알 수 있다.

3. 역률 - 속도 특성

SF 방식이 LF 방식에 비하여 역률이 높은 것은 두 고정자 권선 간의 변압기 작용시에 위상 조정이 이루어 졌음을 알 수 있고, TSF 에서는 위상 조정이 보다 효과적으로 작용하였음을 알 수 있다.

일반적으로 LF 방식에서의 결점은 고조파의 전원에의 혼입과 역률이 낮다는 점인데, 여기서

슬립 전력 회수측에 위상 조정 장치를 설치하면 보다 나은 특성을 갖는 시스템을 구성할 수 있음을 의미한다.

본 연구에서는 Matching 변압기를 사용하였는데, 그 권선비가 클 수록 특성이 향상된다. 고조파 특성은 예상대로였다.

결 론

슬립 전력 회수 장치는 주권선에 보조권선을 설치하여 시스템을 LF 방식과 같이 단순화시켰고, 여기에 특성 개선의 효과를 이루게 되었다.

본 연구에서는 슬립 전력 회수 방식에 의한 유도 전동기의 속도 제어 시스템에 대해 개선점을 제시한 결과를 가져왔으므로, 앞으로의 개발 연구가 기대된다.

참 고 문 헌

1. W. Shepherd; "Slip Power Recovery in an Induction Motor by Use of a Thyristor Inverter" IEEE Trans.Vol.IGA-5, pp.74-82, 1969.
2. A. Iavi; "Induction Motor Speed Control with Static Inverter in the Rotor" IEEE Trans.Vol.PAS-85, pp.76-84, 1966.