

커패시터 구동형 단상유도전동기의 손실분리에 대한 연구

論文

57-9-9

Study on Losses Segregation for Capacitor-Run Single Phase Induction Motor

金光洙^{*} · 金起贊^{*} · 李聖九^{*} · 高成哲^{*} · 全衍度^{**} · 李喆圭^{***} · 李柱[†]

(Kwangsoo Kim · Ki-Chan Kim · Sung-Gu Lee · Sung-Chul Go · Yon-Do Chun · Chul-Kyu Lee · Ju Lee)

Abstract – This paper is concerned with the problems of accurate losses segregation in capacitor-run single phase motor. Segregation of losses in single phase induction motor is more complicated than that in three phase induction motor, because of the backward magnetic field component in the motor. Generally there are two methods for losses segregation of single phase induction motor. The one is relatively complicated method based on parameter estimation of single phase induction motor. By the way, the other one is simplified method based on IEEE Standard 114. All of the methods for the experimental determination of single phase induction motor losses are studied in this paper. Since the IEEE Standard is not possible to be applied for all type of single phase induction motors, we modified that method to apply for losses segregation of capacitor-run single phase induction motor as unifying the method based on parameter estimation.

Key Words : Single phase induction motor, Losses segregation, Stray load loss, FEM, IEEE Standard 114

1. 서 론

단상 유도전동기는 상용화된 전원을 변환장치 없이 직접 사용할 수 있으며, 구조가 간단하여 신뢰성이 높고 제작이 용이할 뿐만 아니라 저가격 등의 장점을 갖고 있으며 브러시 구조가 없어 내환경성에서 우수한 특성을 갖기 때문에 가전분야 뿐 아니라 공작기계를 포함한 산업용기기분야에 폭넓게 사용되고 있다. 최근 산업계에서는 에너지 절약을 위해서 외국뿐만 아니라 국내에서도 각 용량별로 최저효율 제를 정해 놓고 있어 이에 따라 국내뿐만 아니라 국제적인 최저 효율 규격에 맞는 단상 유도 전동기 설계가 요구된다. 고효율 전동기 설계를 위해서는 손실을 정확하게 측정할 필요가 있다.

단상 유도전동기의 손실은 다음과 같이 분류할 수 있다.

- 1) 기계손 – 마찰손과 풍손
- 2) 고정자 동손
- 3) 회전자 동손
- 4) 철손
- 5) 표류 부하손 – 2)~4)를 제외한 전기적 손실

* 正會員 : 漢陽大學 大學院 電氣工學科

** 正會員 : 韓國電氣研究員

*** 正會員 : (株) SPG

† 教신저자, 正會員 : 漢陽大學 電氣制御生體工學部科
副教授 · 工博

E-mail : julee@hanyang.ac.kr

接受日字 : 2008年 4月 18日

最終完了 : 2008年 8月 25日

또한 커패시터 구동형 또는 커패시터 구동-기동형의 경우는 1)~5)외에도 커패시터의 등가저항으로 인한 손실도 존재하게 된다. 수치해석적인 방법을 통한 손실의 산출은 정상분과 역상분의 자계, 코어의 자기포화, 슬롯으로 공간 고조파, 슬롯 스큐, 회전자의 표피효과 등이 존재하기 때문에 매우 복잡한 문제가 될 수 있으며, 또한 3D-FEM을 통하여 손실들을 계산할 수 있으나 많은 시간과 노력이 요구된다. 따라서 단상 유도전동기에 대하여 보다 저렴하고 간단한 손실 측정이 요구된다. 삼상 유도전동기의 경우 직접적인 부하시힘과 손실 분리를 통하여 표류 부하손과 효율을 계산할 수 있다[1]. 하지만 단상 유도전동기의 경우 다양한 타입의 전동기가 존재하기 때문에 손실분리는 매우 어려우며, 각 타입에 대한 시험절차의 표준을 각각 정립하기도 쉽지 않다. 단상유도기 전동기의 시험방법에는 몇 가지 표준이 존재한다. IEEE Standard 114와 캐나다 규격인 CSA-C747이 대표적인 예이다[2],[3]. 이들 표준은 효율, 토크 등의 성능 평가에는 유용하나 손실을 분리하는 방법은 자세히 나타나있지 않다. 보편적으로 손실을 분리하는 방법으로는 등가회로 파라미터 측정을 통한 회로정수법이 주로 사용되고 있으며, IEEE Std. 114에서도 손실 분리법이 설명되어 있지만 삼상 유도전동기 시험법 IEEE Std. 112를 기준으로 작성하여 단상유도전동기의 특성을 고려하지 않고, 다양한 타입의 단상 유도전동기에 대한 고려도 하지 않아 적용하기가 어렵다.

따라서 본 논문에서는 실험적인 손실분리 방법인 회로정수법과 IEEE Std 114에 대해서 비교, 분석하여 커패시터 구동형 단상유도전동기에 적합한 수정된 IEEE Std. 114를 제안한다.

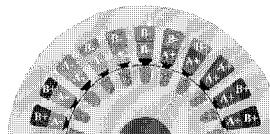
2. 시험 모델 및 전자장 해석

상용화된 커파시터 구동형 단상유도전동기를 통하여 손실분리 시험에 대한 연구를 수행하였다. 표 1에서는 본 논문에 사용된 57W급 커파시터 구동형 단상유도 전동기(SPG-S9I40DB)의 사양과 해석 모델의 단면도를 나타내고 있다.

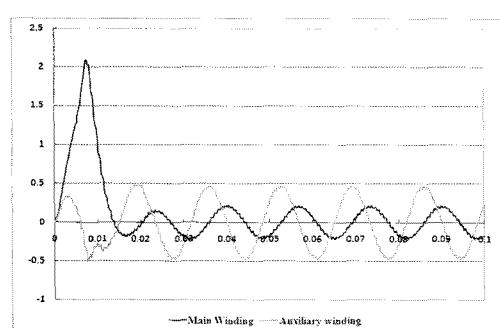
표 1 시험 전동기 사양과 해석 모델

Table 1 Specification of test motor and model of FEM

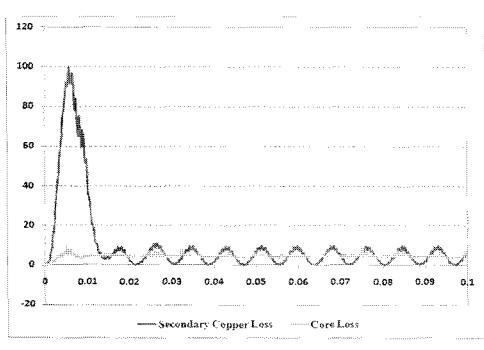
항목	사양 [단위]
Input Voltage	220[V]
Frequency	60[Hz]
Rate Speed	1600[rpm]
Output Power	57[W]
Pole	4
Capacitor(CR)	2.5[uF]



유한요소법을 이용한 전자장해석을 통하여 위 모델의 특성을 분석하였다. 수치해석을 이용한 특성해석은 계산비용이 크고, 기계손 및 표류 부하손은 계산하지 못한다는 단점이 존재한다. 이를 보완하기 위해 본 논문에서는 해석 모델의 기계손 및 표류 부하손의 경우 용량의 10%정도의 5.7W로 가정하였다. 그림 1와 표 2는 전자장 유한요소 해석 결과를 나타내고 있다.



(a) 주권선, 보조권선 전류[A]



(b) 회전자 동손, 철손[W]

그림 1 전자장 유한요소 해석 결과(정격속도)

Fig. 1 The result of FEM at rated speed

표 2 유한요소법을 이용한 손실계산 결과

Table 2 The result of calculation of losses using FEM

항목	해석값[단위]
고정자 동손	10.8 [W]
회전자 동손	3.07 [W]
철손	4.72 [W]
기계손+표류부하손	5.7 [W]
총손실	24.3 [W]
효율	67.4 [%]

3. 단상 유도전동기의 손실분리 시험법

고효율의 단상 유도전동기를 설계하기 위해서는 전동기의 손실을 정확하게 측정할 필요가 있다. 하지만 단상유도전동기의 경우 손실 분리를 통한 손실의 정확한 측정이 어려울 뿐만 아니라 손실분리 시험에 대한 표준이 없는 상황이다. 그러므로 이 시절에서 손실 분리법을 정립하는 것은 매우 중요하다. 단상유도전동기의 손실분리 시험법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 단상유도전동기의 등가회로 파라미터를 측정하여 손실을 분리하는 회로정수법과 간단한 시험을 통하여 손실을 계산할 수 있는 IEEE Std. 114를 이용한 손실분리 시험이다. 이 두 시험법의 고찰을 통하여 커파시터 구동형 단상유도전동기에 적합한 시험법과 손실 계산법을 제안한다.

3.1 회로정수법을 이용한 손실분리 시험

단상유도전동기 손실분리시 가장 많이 사용되는 방법으로 많은 문헌에 설명되어 있다[4],[5]. 회로정수법은 단상유도전동기의 등가회로를 균사화하여 퀸선비 시험, 구속시험, 무부하 시험, 정격 부하시험을 통하여 등가회로의 파라미터를 측정하고 이를 이용하여 손실을 계산하는 방법이다.

그림 2은 회로정수법에서 사용되는 단상유도전동기 등가회로를 나타내고 있다. 여기서는 철손 저항을 무시하고 측정한다. 철손을 고려한 등가회로를 사용하여 파라미터를 측정하는 문헌들이 존재하지만, 값의 차이가 매우 작게 나타나고 계산이 복잡해지기 때문에 본 논문에서는 철손을 무시한 등가회로를 사용하였다[6].

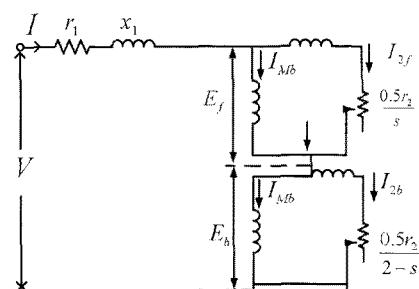


그림 2 단상 유도전동기의 등가회로

Fig. 2 Equivalent circuit of single phase induction motor

먼저 철손은 무부하 시험을 통하여 측정이 가능하다. 회로정수법의 경우, 무부하 시험시 커파시터 구동형 단상유도

전동기의 경우에도 보조권선을 개방하고 주권선만 고려하여 파라미터를 계산한다. 또, 무부하 운전시 $s \approx 0$ 이지만 그림 2에서와 같이 역상분 성분이 존재하기 때문에 철손 계산시 회전자 동손을 다음과 같이 고려해 주어야 한다.

$$P_{cl} = P_{noload} - (P_{sl-noload} + P_{rl-noload} + P_m) \quad (\text{식}1)$$

여기서 P_{noload} 는 무부하시 입력전력, $P_{sl-noload}$ 은 무부하 고정자의 동손으로 주권선과 보조권선의 입력 전류와 저항을 측정하여 계산하고, $P_{rl-noload}$ 은 무부하 회전자 동손으로 시험을 통해 구한 파라미터를 이용하여 회전자 다음과 같이 계산한다.

$$P_{rl-noload} = \frac{I_0^2 \times 0.5 K_r r_2}{1 + \left[\frac{r_2/X_0}{2} \right]} \quad (\text{식}2)$$

여기서 I_0 는 무부하 입력전류, r_2 는 구속시험으로 구한 회전자 저항, X_0 는 무부하 리액턴스, K_r 은 구속 리액턴스와 무부하 리액턴스비로 나타내는 상수이다. P_m 은 기계손으로 정격 전압에서 전압을 낮추어 가면서 무부하로 운전하여 전류가 상승하기 전까지 측정하여 '전압²-전력'의 그래프를 그린다. 이때 전력에 무부하 동손을 빼줘야 한다. 여기서 그래프의 직선을 전압이 0인 부분까지 연장한 전력 값이 기계손이다.

그리고 고정자 동손은 정격부하 시험 수행하여 주권선과 보조권선의 저항과 전류를 측정하여 간단히 계산할 수 있다. 회전자 동손의 경우는 그 과정이 복잡하다. 그림 2에서 알 수 있듯이 회전자의 정상분 전류, 정상분 저항, 역상분 전류, 역상분 저항을 모두 계산해야 한다. 전류의 경우 권선비 시험을 통하여 주권선과 보조권선의 권선비를 구하여 주권선과 보조권선을 고려하여 계산하고, 저항의 경우 (식2)와 같이 구속시험과 무부하 시험을 모두 수행하여야 계산이 가능하다.

커패시터의 손실의 경우 커패시터에서 소비되는 전력과 흐르는 전류를 측정하여 등가저항을 알 수 있으며, 이를 통하여 손실을 계산할 수 있다. 따라서 측정에 의해 계산된 총 손실은 다음과 같다.

$$P_{loss} = P_{sl} + P_{rl} + P_{cl} + P_m + P_c \quad (\text{식}3)$$

표류 부하손실의 경우, 전체 손실에서 앞에서 계산한 고정자 동손, 회전자 동손, 철손, 기계손의 합에서 고려되지 않은 부분이다. 즉, 시험에서의 손실에서 각 손실의 합을 뺀 나머지 값으로 나타낼 수 있다.

$$P_{stray} = (P_{in} - P_{out}) - P_{loss} \quad (\text{식}4)$$

여기서 P_{in} 은 전체 입력전력, P_{out} 은 기계적 출력이다.

3.2 IEEE Standard 114를 이용한 손실분리 시험

2001년 개정된 IEEE Std 114의 경우, 삼상 유도전동기 시험방법인 IEEE Std 112를 기반으로 하여 온도 측정법, 저항 측정법, 단상유도기의 시험 절차 및 손실 분리에 관해 나타내고 있다. 이 표준의 경우 단상유도전동기의 일반적인 시험 방법에 대하여 설명이 되어 있으나 전동기 타입에 따른 손실 측정 방법에 대해서는 언급하지 않고 있다.

IEEE Std. 114의 시험방법은 회로정수법과 다르게 보조권선을 개방하지 않고 시험을 수행한다. 철손은 회로정수 시험과 비슷하게 계산하지만 IEEE Std. 114의 경우 그림 2에서의 역상분 성분을 고려하지 않고 삼상유도전동기와 같이 슬립 $s \approx 0$ 이기 때문에 회전자 동손은 0이라고 가정한다. 그래서 철손은 다음과 같이 정의하고 있다.

$$P_{cl} = P_{noload} - P_{sl-noload} - P_m \quad (\text{식}5)$$

여기서 기계손은 회로정수법에서와 같은 방법으로 계산한다. 이때 발생하는 동손은 1/2구속시험을 수행하여 다음 식과 같이 계산한다.

$$P_l = \frac{I_s^2}{2} \left(R_t + \frac{P_1}{I_1^2} \right) \quad (\text{식}6)$$

여기서 I_s 는 무부하 시험시 고정자 입력전류, R_t 는 구속시험시 측정 저항, P_1 은 구속 시험시 입력전력, I_1 은 구속시험시 입력전류이다.

그리고 고정자 동손과 회전자의 동손을 다음과 같이 정의 한다. 회전자동손의 경우 파라미터 계산 없이 슬립과 2차측 입력만으로 간단히 계산이 가능하다.

$$P_{sl} = \frac{I^2}{2} R \quad (\text{식}7)$$

$$P_{rl} = (P_o - P_{sl} - P_{cl} - P_m)s \quad (\text{식}8)$$

여기서 I 는 고정자입력 전류, R 은 DC측정 저항이다. P_o 는 고정자 입력 전력, s 는 슬립이다. 또, 표류 부하손실은 회로정수법의 식(4) 같이 계산할 수 있다.

3.3 수정된 IEEE Standard 114를 이용한 손실분리 시험

회로정수법의 경우, 계산과정이 복잡하여 접근하기가 용이하지 않을 뿐 아니라 등가회로 파라미터를 구하는 과정에서의 근사화로 인하여 오차가 존재할 수 있다. 또한 철손과 마찰손을 구하는 무부하 시험시 보조권선을 개방하여 주권선만으로 측정하기 때문에 커패시터 구동형 단상유도전동기에서는 오차가 존재할 수 있다. 이런 면을 볼 때 IEEE Std. 114를 이용한 손실분리 시험이 유용하다고 할 수 있겠지만, 단상유도전동기의 특징을 고려하지 않아 이를 이용한 시험방법을 커패시터 구동형 단상유도전동기에 적용하였을 때, 상당한 오차가 수반된다. 따라서 본 논문에서는 기존 IEEE Std. 114의 방법을 그대로 사용하고, 고정자 동손, 철손, 커패시터 손실의 경우 회로정수법을 적용하여 IEEE Std. 114

를 커패시터 구동형 단상유도전동기에 맞게 수정하였다.

먼저, 고정자 동순 계산에서, 식(7)에서 R 의 값이 명확하게 정의되어 있지 않고, 주권선과 보조권선의 저항을 각각 고려하지 않아 적용하기가 용이하지 않기 때문에 회로정수법의 고정자 동순 계산을 적용하여 손실을 계산하였다. 다음과 같이 간단히 계산할 수 있다.

$$P_{sl} = I_m^2 R_m + I_a^2 R_a \quad (\text{식9})$$

여기서 I_m , I_a 는 각 주권선과 보조권선의 전류이고, R_m , R_a 는 주권선과 보조권선의 저항이다.

또, 단상유도 전동기의 경우 $s \approx 0$ 이라도 역상분 성분으로 인한 회전자 동순이 존재한다. 따라서 식(6)과 같이 1/2 구속시험을 통하여 주권선과 보조권선의 전력과 전류를 모두 측정하여, 회전자의 유효임피던스를 계산하여 무부하시 회전자 동순을 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} P_{sl} + P_{rl} &= \frac{I_m^2}{2} \left(R_{mt} + \frac{P_{m1}}{I_{m1}^2} \right) \\ &\quad + \frac{I_a^2}{2} \left(R_{at} + \frac{P_{a1}}{I_{a1}^2} \right) \end{aligned} \quad (\text{식10})$$

마지막으로, IEEE 표준의 경우 커패시터 손실을 고려하고 있지 않지만, 본 논문에서는 시험결과의 정확도를 높이기 위해 회로정수법과 같이 커패시터 손실 계산을 수행하였다. 다른 손실들은 기존 IEEE Std. 114를 이용하여 측정하였다.

4. 시험결과 및 분석

위의 각 시험방법에 따른 시험을 수행하였다. 그림 3은 순실분리 시험에 사용된 시험장비와 배선도를 나타내고 있다.

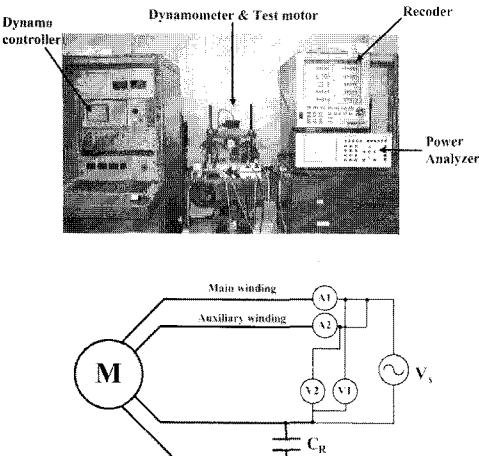


그림 3 손실분리 시험에 사용된 시험장비 및 배선도
Fig. 3 Test equipments and wiring diagram for segregation of loss

아래 표 3~6은 회로정수법과 IEEE Std. 114를 이용한 단상유도전동기 권선비 시험, 무부하 시험, 구속 시험, 정격부하시험을 나타내고 있다. 아래 표에서 알 수 있듯이 정격시

험은 동일하게 수행하지만, 무부하 시험과 구속시험의 경우는 두 시험방법이 다르다. 먼저 무부하 시험의 경우는 회로정수법은 보조권선을 개방하고 주권선으로 운전하여 측정하는 반면 IEEE Std. 114는 보조권선을 개방하지 않고 측정한다. 또한 기계손의 경우도 그림 4과 같이 보조권선 개방의 영향으로 IEEE Std. 114와 다르게 추정된다. 구속시험의 경우는 회로정수법은 주권선과 보조권선의 파라미터를 각각 측정하기 위하여 두 권선을 분리하여 각각 측정하는 반면, IEEE Std. 114는 주권선과 보조권선을 분리하지 않고 1/2 정격전압을 인가한 구속시험을 수행한다. 표 7은 회로정수법을 이용한 손실분리 시 필요한 파라미터를 계산한 결과를 나타내었다.

표 3 정격 부하 시험 결과

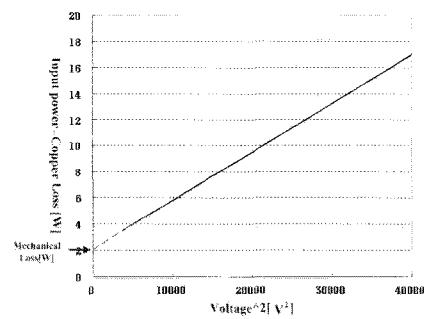
Table 3 The results of test at rate load

	Total Input	Main	Aux,
Voltage [V]	219	219	219
Current [mA]	398	260.67	327.67
Power [W]	87.431	33.164	54.267
Torque [Nm]	3.2	Speed [rpm]	1600

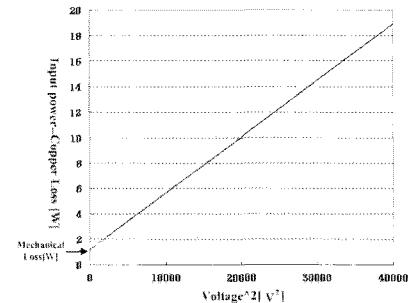
표 4 무부하 시험 결과

Table 4 The results of no load test

항목	회로정수법	IEEE Std. 114
Voltage(Main) [V]	219.63	219.3
Current(Main) [mA]	414.49	0.281
Power(Main) [W]	32.081	23.78
Voltage(Aux.) [W]	219.63	219.3
Current(Aux.) [mA]	430.46	380.12
Power(Aux.) [W]	39.809	64.65



(a) 회로정수법



(b) IEEE Std. 114

그림 4 시험을 통한 기계손 계산

Fig. 4 Calculation of mechanical loss by test

표 5 구속시험 결과

Table 5 The results of locked-rotor test

항목	회로정수법	IEEE Std. 114 (1/2구속시험)
Voltage(Main) [V]	218	110.4
Current(Main) [mA]	933.2	441.2
Power(Main) [W]	174.25	41.77
Voltage(Aux.) [W]	219.9	110.4
Current(Aux.) [mA]	242.2	121.3
Power(Aux.) [W]	14.08	3.67

표 6 회로정수법의 권선비 시험

Table 6 The results of winding ratio test

항목	회로정수법	항목	IEEE Std. 114
Volt(Main)	219.78 [V]	EMF(Main)	219.3 [V]
Volt(Aux.)	176.78 [V]	EMF(Aux.)	173.47 [V]

표 7 회로정수법에 의한 정수 측정결과

Table 7 The results of parameters estimation using equivalent circuit parameter method

항목	기호	값 [단위]	항목	기호	값 [단위]
주권선	Rm	69.2	정상분 저항	sRf	22.04
저항	[Ω]		저항	[Ω]	
보조권선	Ra	81.1	역상분 저항	(2-s)Rb	64.25
저항	[Ω]		저항	[Ω]	
무부하	Rb	63.75	정상분 전류	I2f	582
2차 저항	noload	[Ω]	역상분 전류	I2b	67.9
무부하	X0	957.6	전류	[mA]	
리액턴스	[Ω]		전류	[mA]	
구속	Xm	120.6	권선비	a	0.983
리액턴스	[Ω]				

위 시험 데이터를 이용하여 각 손실을 계산한 결과를 표 8에 나타내었다. 기존 IEEE 시험방법으로 정격시 동손을 계산해보면, 먼저 저항 R 의 경우 병렬로 연결되어 있지만 보조권선의 커패시터의 영향으로 DC측정값은 주권선의 저항 (69.2Ω)과 같다. 이를 이용해서 동손을 계산해보면 고정자 동손은 5.5W로, 보조권선의 동손인 8.7W보다 작게 나오는 오류가 존재한다. 또한 표 8에서 보듯이 기존의 IEEE Std. 114의 경우 무부하시 회전자 동손을 고려하지 않아 철손이 매우 크게 계산되었으며, 이로 인해 측정된 손실의 합이 실제 손실보다 커져 표류 부하손실이 음의 수가 나오는 오류가 나타났다. 하지만 회로정수법과 수정된 IEEE Std. 114에서는 전자장해석과 비슷한 시험결과를 얻을 수 있었다. 회로정수법은 표 7과 같이 복잡한 계산을 통하여 각 파라미터를 계산을 하고, 손실을 계산해야 한다는 불편함이 존재하지만, 수정된 IEEE 시험의 경우 간단한 시험만으로 손실을 계산할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 하지만 위에서 설명한 것처럼 회로정수법의 경우 커패시터 기동형의 경우에도 보조권선을 개방하여 시험하기 때문에 IEEE 시험과의 오차가 존재한다.

표 8 손실분리 시험 결과 비교

Table 8 The comparison of results for segregation of loss

항목	회로정수법	IEEE Std. 114	수정 IEEE Std. 114
Copper Loss[W]	13.44	5.5	13.44
Secondary Copper Loss[W]	7.767	5.95	7.647
Core Loss[W]	5.737	20.304	4.67
Mechanical Loss[W]	2.2	1.1	1.1
Capacitor Loss[W]	0.14	-	0.14
Stray Load Loss[W]	1.34	-2.23	3.7
Total Loss[W]	30.6	30.6	30.6
Efficiency[%]	64.7	64.7	64.7

5. 결 론

커패시터 구동형 단상유도전동기의 손실분리 방법으로 파라미터 측정에 의한 회로정수법과 IEEE Std. 114에 의한 시험법에 대하여 살펴보았다. IEEE Std. 114의 경우 3상 유도전동기 시험법을 그대로 가지고 와 시험 절차에 대해서는 잘 나타나 있으나 단상유도전동기의 특성을 고려하지 않아 표준으로는 적절하지 않다. 따라서 본 논문에서는 회로정수법을 바탕으로 IEEE Std. 114의 문제점을 보완하고, 주권선과 보조권선의 동손, 역상분 성분에 의한 무부하 회전자 저항, 커패시터 손실 등을 고려하여 커패시터 구동형 단상유도전동기에 적합하게 수정하였다. 회로정수법과 수정된 IEEE Std. 114간의 오차가 존재한다. 따라서 추후 두 시험간의 정확도를 검증하기 위한 다른 용량의 커패시터 구동형 단상유도전동기를 이용한 추가적인 시험을 수행할 필요가 있다.

감사의 글

본 논문은 에너지관리공단에서 시행한 프리미엄급 고효율 단상 유도전동기 설계/해석 사업으로 수행되었음. 과제번호(2005-01-0031-3-010)

참 고 문 헌

- [1] "IEEE Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generators,". Standard 112-2004, Sponsored by the Rotating Machinery Committee of the IEEE Power Engineering Society, Revised in 2004.
- [2] "IEEE standard test procedure for single-phase induction motors,". Standard 114-2002, Sponsored by the Rotating Machinery Committee of the IEEE Power Engineering Society, Revised in 2002.
- [3] "Energy Efficiency Test Methods for Single- and Three-Phase Small motor" Standard CAN/CSC-C747094, A National Standard of Canada,

Reaffirmed 2005

- [4] Cyril G. Veinott ; "Theory and design of small induction motors", MaGraw-Hill Book Company, 1959
- [5] Ion Boldea, Syed A. Nasar " The induction machine handbook", CRC Press, 2001
- [6] Collins, E.R., Jr.; Boyd, P.B.; Smith, A.O.: "Improved methods for determining the equivalent circuit parameters" Industry Applications Society Annual Meeting, Page(s):390 ~ 397 vol.1, 1993

저 자 소 개



김 광 수 (金 光 淚)

2007년 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사), 2008년~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정
Tel : 02-2220-0349
E-mail : nicekwangsoo@naver.com



김 기 찬 (金 起 信)

2008년 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(공박), 2008년~현재 동 대학원 박사후 과정
Tel : 02-2220-0349
E-mail : channykim@hanyang.ac.kr



이 성 구 (李 聖 九)

2005년 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사) 2006년~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정
Tel : 02-2220-0349
E-mail : firewirelee80@hotmail.com



고 성 철 (高 成 哲)

2006년 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사) 2006년~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정
Tel : 02-2220-0349
E-mail : huhspia@hotmail.com



전 연 도 (全 衍 度)

2001년 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(공박) 2004년~현재 한국전기연구원 선임연구원
Tel : 055-280-1472
E-mail : ydchun@keri.re.kr



이 철 규 (李 喆 圭)

한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(공박) 현재 (주)에스피지 선임연구원
Tel : 032-820-8380
E-mail : leeck@spg.co.kr



이 주 (李 柱)

1963년 8월 30일 생. 1986년 한양대 전기공학과 졸업, 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사), 1988~1993년 국방과학연구소 연구원, 1997년 일본 큐슈대학교 SYSTEM 정보과학연구과 졸업(공박). 1997년 한국철도기술연구원 선임연구원, 1997년~현재 한양대 공대 전기제어생체공학부 부교수.
Tel : 02-2220-0349
E-mail : julee@hanyang.ac.kr