

碩士學位論文

3상 농형유도기를 사용한 자기조절형 자여식
단상유도발전기의 단자커패시턴스의 결정

指導教授 左 宗 根



濟州大學校 産業大學院

電子電氣工學科

金 才 玟

2000

3상 농형유도기를 사용한 자기조절형 자여식 단상유도발전기의 단자커패시턴스의 결정

指導教授 左 宗 根

이 論文을 工學碩士學位 論文으로 提出함.

2000年 6月 日

濟州大學校 産業大學院

電子電氣工學科(電氣工學)



金 才 玟

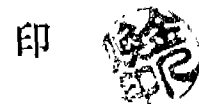
金才玟의 工學碩士學位 論文을 認准함.

2000年 6月 日

委員長 吳 性 寶



委 員 김 일 환



委 員 左 宗 根



목 차

LIST OF FIGURES	ii
LIST OF TABLES	iii
Summary	iv
I. 서 론	1
II. 해석이론	3
1. 회로의 구성	3
2. 등가회로	4
1) 특성 계산상의 가정	4
2) 등가 회로의 유도	4
3. 발전기 특성의 계산	12
III. 해석결과 및 검토	15
IV. 결 론	20
참고문헌	21

LIST OF FIGURES

Fig. 1 Self-regulated self-excited single-phase induction generator	3
Fig. 2 Equivalent circuit of the generator at rated frequency	8
Fig. 3 Equivalent circuit of the generator at variable frequency	9
Fig. 4 Speed characteristics	17



LIST OF TABLES

Table 1 Specifications of induction machines	15
Table 2 Equivalent circuit parameters and E_m - x_m relation of induction machines	15
Table 3 Comparison of terminal capacitances	16
Table 4 Computed and terminal capacitances	17



Determination of Terminal Capacitances for the Self-Regulated
Self-Excited Single-Phase Induction Generator using
Three-Phase Squirrel-Cage Induction Machine

Jae-Min Kim

Department of Construction and Environmental Engineering
Graduate School of Industry Cheju National University

Supervised by professor Chong-Keun Jwa

Summary



This paper presents an analytic method for determining the capacitances of terminal capacitors which are connected at the self-regulated self-excited single phase induction generator using three phase induction machine. To determine the capacitances, an equivalent circuit of the generator for variable speed operation is derived by a method of symmetrical coordinates. By using this equivalent circuit, the output characteristics and the conditions of self excitation are used to compute the capacitances at a specified operating condition. The results of proposed method are compared with the Tadashi's experimental results and the tested results to validate the proposed method.

I. 서 론

3상 농형유도전동기를 사용한 자기조절형의 컨덴서자여식 단상 유도발전기(Tadashi, 1995)는 농형유도기를 이용할 수 있기 때문에 단상동기발전기에 비하여 구조가 간단하고 견고하며 유지보수가 쉽고 가격이 저렴한 특징을 가지고 있다. 이 발전기는 고정자의 3상 단자에 자기여자를 위한 컨덴서를 부하에 대하여 직병렬로 접속하기 때문에 단상유도기를 사용한 발전기에 비하여 효율적으로 여자기자력을 확보할 수 있고 고조파를 억제하여 출력전압파형을 개선할 수 있는 점등의 장점이 있다.

자기여자 단상유도발전기로는 3상유도기에 단일 컨덴서를 사용하거나(Al-Bahrani, 1990) 단상유도기에 병렬 컨덴서 하나만 사용한 경우(Rahim, 1993)도 있지만 자기조절형의 단상유도발전기에 대하여 Muiythy 등(1993)은 단상유도기를 사용하여 자기조절 가능한 회로 구성을 제시하고 이 시스템들을 해석하기 위한 이론을 정리하고 실험에 의하여 검토하였다. Tadashi 등(1995)은 3상유도기를 사용한 새로운 구성의 자기조절형 단상유도발전기를 제안하여 정속도로 회전할 때 저항부하나 유도성 부하에서도 아무런 제어장치 없이 출력전압을 보상할 수 있음을 이론과 실험을 통하여 확인하였다. 또한 Tadashi 등(1996)은 이 발전기의 정상특성을 대칭좌표법에 의하여 해석하고 등가회로를 구성하여 산정하고 있다.

그러나 이들 연구에서는 자기여자 현상을 일으키는 직렬컨덴서의 용량을 무부하전압 특성곡선에서 결정하고 저항부하와 유도성부하의 출력전압변동이 가장 작게되는 병렬컨덴서의 용량을 실험에 의하여 결정하고 있으며 속도변화에 대한 출력특성을 고려하지 않고 있

다.

본 연구에서는 이 발전기의 속도 변화시의 출력특성을 얻기 위한 등가회로를 대칭좌표법에 의하여 재구성하고 이 등가회로로부터 자기 여자 발전 상태의 조건식과 출력식을 이용하여 운전조건이 주어졌을 때 주파수, 여자리액턴스, 부하임피던스, 그리고 직병렬컨덴서의 커패시턴스를 동시에 결정할 수 있는 방법(Kim 등, 1999)은 제안하였다. 그리고 제안한 방법에 의하여 계산한 직병렬 커패시턴스와 Tadashi 등(1996)의 실험으로 구한 결과와 비교 검토하였다. 또한 공시유도기의 회로정수와 부하조건에 의하여 결정된 커패시턴스를 사용하여 지정된 부하에 대한 발전기 출력, 전압, 전류 그리고 주파수의 속도특성도 비교하여 제안한 방법의 타당성을 입증하였다.



II. 해석이론

1. 회로의 구성

본 연구에 사용한 발전기는 Fig. 1에 보인 것처럼 3상 농형유도기의 고정자 3상 단자에 직렬컨덴서의 용량 C_s 및 병렬컨덴서의 용량 C_p 를 단상부하에 대해서 직병렬로 접속한 것으로, 구성이 간단하며 콘덴서 C_s 의 효과에 의해서 발전기의 진상 전류가 부하 변화에 따라 자기 조절할 수 있으며 제어장치 없이 정속운전시 거의 일정의 출력 전압을 얻을 수 있다. 또한 3상 권선에서 자기여자하기 위한 여자기 자력의 확보도 용이하며 과부하 내성을 크게 취할 수 있다는 등의 이점이 있다.

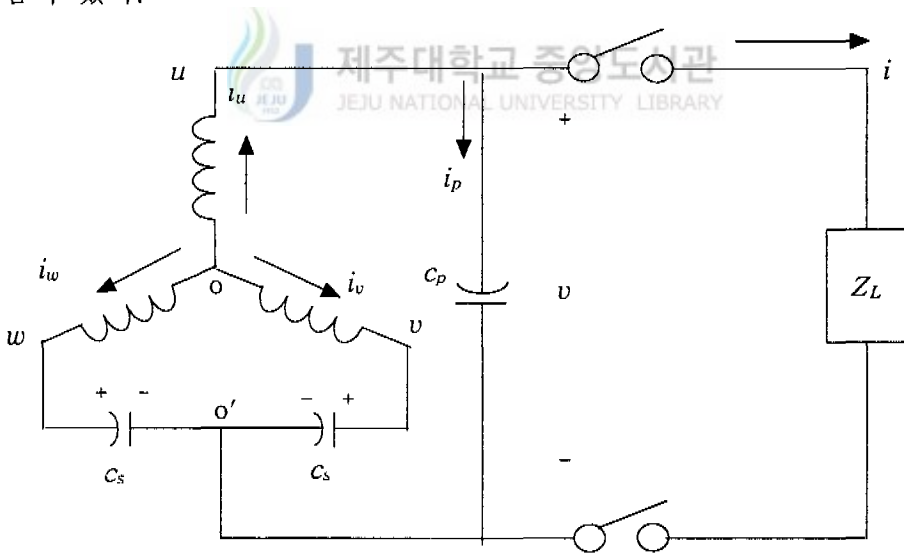


Fig. 1 Self-regulated self-excited single-phase induction generator

2. 등가회로

1) 특성 계산상의 가정

- (1) 발전기 회로정수 중 여자리액턴스는 포화의 영향을 받으며, 회전속도는 가변 한다.
- (2) 고정자 및 회전자의 누설리액턴스는 같다.
- (3) 철손 저항은 무시한다.
- (4) 공간 고조파 영향은 무시하고 전압, 전류 파형은 정현파로 가정 한다.

2) 등가 회로의 유도

본 연구에서 사용하는 기호는 다음과 같다. prime(')는 2차측을 1차측으로 환산한 값을 나타내며 dot(·)는 페이저 표시, 전압, 전류의 소문자는 순시치, 대문자는 실효치로 한다.

V_{uw}, V_{vw}, V_{wu}	: 고정자 권선의 선간 전압
$i_u, i_v, i_w, I_u, I_v, I_w$: 고정자 권선의 상전류
x_{cs}, x_{cp}	: 콘덴서 C_s, C_p 의 리액턴스
v, i, V, I	: 출력 전압, 전류
R, X	: 부하저항, 부하리액턴스
Z_L	: x_{cp} 와 부하임피던스의 합성등가임피던스
V_{lf}, V_{lb}	: 고정자 권선 선간전압의 정상분, 역상분
I_{lf}, I_{lb}	: 고정자 권선 상전류의 정상분, 역상분
Z_{gf}, Z_{gb}	: 발전기 임피던스의 정상분, 역상분

E_m	: 공극 전압
r_1, r_2'	: 고정자와 회전자의 1상당 저항
x_1, x_2'	: 고정자와 회전자의 1상당 누설 리액턴스
x_m	: 여자리액턴스
α	: 페이저 오퍼레이터 $\alpha = e^{j2\pi/3}$
s	: 슬립
f_B	: 정격 주파수
f	: 발전 주파수
ω	: 회전 각속도
ω_B	: 정격 각속도
a	: 단위법 발전 주파수 $a = f/f_B$
b	: 단위법 회전 속도 $b = \omega/\omega_B$

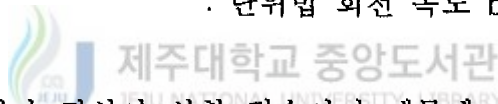


Fig. 1에서 고정자 권선이 성형 접속이기 때문에 상전류의 영상분은 존재하지 않는다. 따라서 상전류 I_u, I_v, I_w 를 대칭분으로 표시하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 I_u &= I_{1f} + I_{1b} \\
 I_v &= \alpha^2 I_{1f} + \alpha I_{1b} \\
 I_w &= \alpha I_{1f} + \alpha^2 I_{1b}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

또한 Fig. 1에서 고정자 권선의 선간 전압 V_{uv}, V_{vw}, V_{wu} 는

$$\begin{aligned}
 \dot{V}_{uv} &= \dot{Z}_e \dot{I}_u - (-jx_{cs}) \dot{I}_v \\
 \dot{V}_{vw} &= -jx_{cs} \dot{I}_v - (-jx_{cs}) \dot{I}_w \\
 \dot{V}_{wu} &= -jx_{cs} \dot{I}_w - \dot{Z}_e \dot{I}_u
 \end{aligned} \tag{2}$$

로 나타낼 수 있으며, (1)식을 (2)식에 대입하여 정리하면 (3)식과 같
이된다.

$$\begin{aligned}
 \dot{V}_{uv} &= (\dot{Z}_e + ja^2x_{cs}) \dot{I}_{1f} + (\dot{Z}_e + jax_{cs}) \dot{I}_{1b} \\
 \dot{V}_{vw} &= (a - a^2)jx_{cs} \dot{I}_{1f} + (a^2 - a)jx_{cs} \dot{I}_{1b} \\
 \dot{V}_{wu} &= -(\dot{Z}_e + jax_{cs}) \dot{I}_{1f} - (\dot{Z}_e + ja^2x_{cs}) \dot{I}_{1b}
 \end{aligned} \tag{3}$$

(3)식을 발전기 정상분 전압 \dot{V}_{1f} 와 역상분 전압 \dot{V}_{1b} 로 정리하면
다음 (4), (5)식으로 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \dot{V}_{1f} &= \frac{1}{3} (\dot{V}_{uv} + a \dot{V}_{vw} + a^2 \dot{V}_{wu}) \\
 &= \frac{1}{3} [(1 - a^2)(\dot{Z}_e - j2x_{cs}) \dot{I}_{1f} + (1 - a^2)(\dot{Z}_e + jx_{cs}) \dot{I}_{1b}]
 \end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
 \dot{V}_{1b} &= \frac{1}{3} (\dot{V}_{uv} + a^2 \dot{V}_{vw} + a \dot{V}_{wu}) \\
 &= \frac{1}{3} [(1 - a)(\dot{Z}_e + jx_{cs}) \dot{I}_{1f} + (1 - a)(\dot{Z}_e - j2x_{cs}) \dot{I}_{1b}]
 \end{aligned} \tag{5}$$

(4), (5)식의 \dot{V}_{lf} , \dot{V}_{lb} 를 발전기의 임피던스의 정상분 \dot{Z}_{gf} 와 역상분 \dot{Z}_{gb} 로 정리하면 다음 (6), (7), (8), (9)식과 같이 된다.

$$\begin{aligned}\dot{V}_{wvf} &= -(\dot{Z}_{gf} \dot{I}_{lf} - \dot{Z}_{gf} \alpha^2 \dot{I}_{lf}) \\ \dot{V}_{vwf} &= -(\dot{Z}_{gf} \alpha^2 \dot{I}_{lf} - \dot{Z}_{gf} \alpha \dot{I}_{lf}) \\ \dot{V}_{wuf} &= -(\dot{Z}_{gf} \alpha \dot{I}_{lf} - \dot{Z}_{gf} \dot{I}_{lf})\end{aligned}\tag{6}$$

$$\begin{aligned}\dot{V}_{lf} &= \frac{1}{3}(\dot{V}_{wvf} + \alpha \dot{V}_{vwf} + \alpha^2 \dot{V}_{wuf}) \\ &= -(1 - \alpha^2) \dot{Z}_{gf} \dot{I}_{lf}\end{aligned}\tag{7}$$

$$\begin{aligned}\dot{V}_{wvb} &= -(\dot{Z}_{gb} \dot{I}_{lb} - \dot{Z}_{gb} \alpha \dot{I}_{lb}) \\ \dot{V}_{vwb} &= -(\dot{Z}_{gb} \alpha \dot{I}_{lb} - \dot{Z}_{gb} \alpha^2 \dot{I}_{lb}) \\ \dot{V}_{wub} &= -(\dot{Z}_{gb} \alpha^2 \dot{I}_{lb} - \dot{Z}_{gb} \dot{I}_{lb})\end{aligned}\tag{8}$$

$$\begin{aligned}\dot{V}_{lb} &= \frac{1}{3}(\dot{V}_{wvb} + \alpha^2 \dot{V}_{vwb} + \alpha \dot{V}_{wub}) \\ &= -(1 - \alpha) \dot{Z}_{gb} \dot{I}_{lb}\end{aligned}\tag{9}$$

따라서 (4), (5), (7), (9)식으로부터 다음 식을 얻을 수 있다.

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} \dot{Z}_e - j\frac{2}{3} x_{cs} + \dot{Z}_{gf} & \frac{1}{3} (\dot{Z}_e + jx_{cs}) \\ \frac{1}{3} (\dot{Z}_e + jx_{cs}) & \frac{1}{3} \dot{Z}_e - j\frac{2}{3} x_{cs} + \dot{Z}_{gb} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{lf} \\ I_{lb} \end{bmatrix} \quad (10)$$

(10)식으로 회로를 구성하면 Fig. 2와 같이 된다.

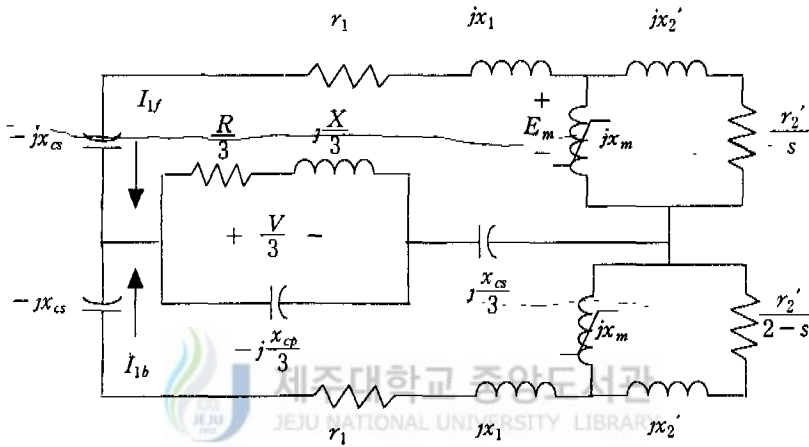


Fig. 2 Equivalent circuit of the generator at rated frequency

정격 주파수 f_B , 발전 주파수 f , 정격 각속도 ω_B , 회전 각속도를 ω 라고 하면 단위법으로 표시한 회전 속도 b 와 발전 주파수 a 는 다음과 같이 표현된다.(Mcpherson, 1981)

$$\begin{aligned} b &= \frac{\omega}{\omega_B} \\ a &= \frac{f}{f_B} \end{aligned} \quad (11)$$

그리고 유도성 리액턴스와 공극에서 유도되는 전압은 주파수 f 에 비례하고, 용량성 리액턴스는 주파수 f 에 반비례하므로 주파수와 함께 동기속도 변화에 따라 슬립의 항은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$s = \frac{\omega_s - \omega}{\omega_s} = \frac{a \omega_B - b \omega_B}{a \omega_B} = \frac{a - b}{a} \quad (12)$$

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{\frac{a - b}{a}} = \frac{a}{a - b} \quad (13)$$

$$\frac{1}{2 - s} = \frac{a}{a + b} \quad (14)$$

이들을 고려하여 임의의 회전속도에서 특성을 구하기 위한 등가회로는 Fig. 3과 같이 된다.

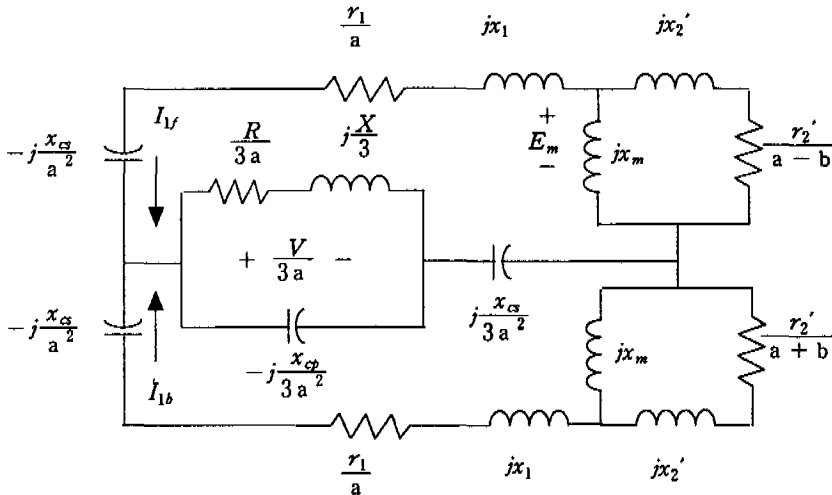


Fig. 3 Equivalent circuit of the generator at variable frequency

Fig. 3에서 주파수 변동을 고려한 발전기 임피던스의 정상분 Z_{gf} 와 역상분 Z_{gb} 는 다음과 같이 된다.

$$\frac{Z_{gf}}{a} = \frac{r_1}{a} + jx_1 + \frac{jx_m(\frac{r_2'}{a-b} + jx_2')}{\frac{r_2'}{a-b} + j(x_m + x_2')} \quad (15)$$

$$\frac{Z_{gb}}{a} = \frac{r_1}{a} + jx_1 + \frac{jx_m(\frac{r_2'}{a+b} + jx_2')}{\frac{r_2'}{a+b} + j(x_m + x_2')} \quad (16)$$

$$\frac{Z_e}{3a} = \frac{-j\frac{x_{cp}}{3a^2}(\frac{R}{3a} + j\frac{X}{3})}{\frac{R}{3a} + j(\frac{X}{3} - \frac{x_{cp}}{3a^2})} \quad (17)$$

Fig. 3에서 공극 전압 E_m 과 여자리액턴스 x_m 의 관계를 알면 이 등가 회로에서 발전 특성을 산정할 수 있다.

자기여자 발전 중의 C_s , C_p 의 산정은 지정된 단자전압, 출력, 회전 속도, 그리고 회로정수가 주어졌을 때 자기여자에 의하여 발전하기 위한 단자 커패시턴스는 다음과 같이 결정한다.

Fig. 3의 등가회로에서 자기여자로 발전되어 운전되는 경우는 다음 식을 동시에 만족시켜야 한다.

$$\begin{aligned} Z_f I_{1f} &= 0 \\ Z_b I_{1b} &= 0 \end{aligned} \quad (18)$$

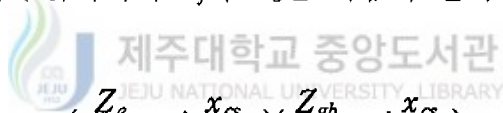
그리고 (18)식이 성립되기 위해서는 발전 중에는 전류가 흐르므로 다음 식이 성립되어야 한다.

$$\begin{aligned} I_{1f} &\neq 0 \\ I_{1b} &\neq 0 \end{aligned} \tag{19}$$

따라서

$$\begin{aligned} Z_f &= 0 \\ Z_b &= 0 \end{aligned} \tag{20}$$

이 되어야 하고, (18)식에서 Z_f 와 Z_b 는 다음과 같다.



$$Z_f = \frac{Z_{gf}}{a} - j\frac{x_{cs}}{a^2} + \frac{(\frac{Z_e}{3a} + j\frac{x_{cs}}{3a^2})(\frac{Z_{gb}}{a} - j\frac{x_{cs}}{a^2})}{\frac{Z_e}{3a} + \frac{Z_{gb}}{a} + j(\frac{x_{cs}}{3a^2} - \frac{x_{cs}}{a^2})} = R_e Z_f + jI_m Z_f \tag{21}$$

$$Z_b = \frac{Z_{gb}}{a} - j\frac{x_{cs}}{a^2} + \frac{(\frac{Z_e}{3a} + j\frac{x_{cs}}{3a^2})(\frac{Z_{gf}}{a} - j\frac{x_{cs}}{a^2})}{\frac{Z_e}{3a} + \frac{Z_{gf}}{a} + j(\frac{x_{cs}}{3a^2} - \frac{x_{cs}}{a^2})} = R_e Z_b + jI_m Z_b \tag{22}$$

그리고, (20)식이 만족되기 위해서는 다음 식과 같아야 한다.

$$R_e Z_f = 0 \tag{23}$$

$$I_m Z_f = 0 \quad (24)$$

$$R_e Z_b = 0 \quad (25)$$

$$I_m Z_b = 0 \quad (26)$$

이상의 자기여자 발전 조건식인 (23), (24), (25), (26)식과 출력 특성식인 (32), (33)식을 위에서 지정한 조건을 가지고 연립하여 풀면 단위법으로 표시한 주파수 a , 여자리액턴스 x_m , 부하저항 R , 부하리액턴스 X , 그리고 단자 용량성 리액턴스 x_{cs} 와 x_{cp} 를 결정할 수 있다.

3. 발전기 특성의 계산



임의의 부하상태에서의 특성을 계산하기 위하여 부하임피던스(R 과 X), 회전속도(b), 단자 커패시턴스(C_s 와 C_p), 그리고 등가회로 정수들이 주어지면 이 상태에서의 a 와 x_m 을 (23), (24)식에서 구한다.

정격주파수 f_B 에서 발전 중의 공극전압 E_m 과 여자리액턴스 X_m 의 관계를 선형 근사화 하면

$$E_m = -K_1 x_m + K_2 \quad (27)$$

이고, 근사화 지수함수로 나타내면


$$E_m = K_3 + K_4^{-9} \exp(K_5 x_m) \quad (28)$$

이고, 여기서 사용된 계수는 동기속도 무부하 실험에 의해서 얻어진
다.

따라서 앞에서 구한 x_m 과 a 를 사용하여 특성을 계산할 수 있다.

Fig. 3의 등가회로에서 고정자 권선을 흐르는 상전류 I_u, I_v, I_w 의
정상분 I_{I_f} 와 역상분 I_{I_b} 는 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$I_{I_f} = \frac{E_m}{\frac{r_1}{a} + jx_1 - j\frac{x_{cs}}{a^2} + \frac{(\frac{Z_e}{3a} + j\frac{x_{cs}}{3a^2})(\frac{Z_{gb}}{a} - j\frac{x_{cs}}{a^2})}{\frac{Z_e}{3a} + \frac{Z_{gb}}{a} - j\frac{2x_{cs}}{3a^2}}} \quad (29)$$



$$I_{I_b} = \frac{\frac{Z_e}{3a} + j\frac{x_{cs}}{3a^2}}{\frac{Z_e}{3a} + \frac{Z_{gb}}{a} - j\frac{2x_{cs}}{3a^2}} I_{I_f} \quad (30)$$

상전류 I_u, I_v, I_w 는 (29), (30)식의 결과와 (1)식에서 구할 수 있다.

$$I_u = I_{I_f} + I_{I_b} \quad (31)$$

부하 전류 I는

$$I = \frac{-j \frac{x_{cp}}{a^2}}{\frac{R}{a} + jX - j \frac{x_{cp}}{a^2}} I_u \quad (32)$$

로 주어지며, 단자 전압 V 는 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$V = (R + jaX)I \quad (33)$$

출력 P_o 와 발전 주파수 f 는 다음 식으로 구할 수 있다.

$$P_o = |I|^2 R \quad (34)$$

$$f = a f_B \quad (35)$$



III. 해석결과 및 검토

3상 농형유도기를 사용한 자기조절형 자여식 단상유도발전기에 사용되는 직병렬컨덴서의 단자커패시턴스를 해석식에 의하여 동시에 결정하는 방법(Kim 등, 1999)을 제안하였고 그 타당성을 검증하기 위하여 Tadashi 등(1995)이 사용한 3상 농형유도기와 본 실험에 사용한 3상 농형유도기의 정격을 Table 1에, 등가회로정수와 동기속도 무부하 시험 결과 얻어진 $E_m - x_m$ 관계식을 Table 2에 보였다.

Table 1 Specifications of induction machines

Specifications Machines	Voltage [V]	Current [A]	Output [kW]	Speed [rpm]	Pole
Tadashi's machine	220	8.4	2.2	1800	4
Tested machine	220/380	3.5/2.0	0.75	1710	4

Table 2 Equivalent circuit parameters and $E_m - x_m$ relation of induction machines

Parameters Machines	r_1 [Ω]	r_2' [Ω]	x_1 [Ω]	x_2' [Ω]	$E_m - x_m$
Tadashi's machine	0.80	0.61	1.11	1.11	$E_m = -K_1 x_m + K_2$
Tested machine	7.686	7.602	10.468	10.468	$E_m = K_3 + K_4^{-9} \exp(K_5 x_m)$

먼저 Tadashi의 실험결과 얻은 단자 커패시턴스와 본 연구에서 제안한 계산값을 비교하여 Table 3에 보였다.

Table 3 Comparison of terminal capacitances

Methods \ Capacitance	C_s [μF]	C_p [μF]
Tadashi's method	150	100
Proposed method	143	98.73

Table 3에서 제안한 방법의 커패시턴스는 Tadashi의 실험결과 단자전압 178.1[V], 출력 1400[W], 그리고 회전속도는 1800[rpm]으로 운전할 때의 조건을 사용하여 계산하였다.

계산시 사용한 초기값으로는 단위법으로 표시한 주파수 a 는 단위법으로 표시한 속도 b 가 1로 운전하고 있으므로 0.99로 주고 여자리액턴스 x_m , 용량성 단자리액턴스 x_{cs} 와 x_{cp} 는 운전 조건을 고려하여 발전기 1상의 임피던스인 28.57을, 부하저항 R 과 리액턴스 X 는 이 값의 반을 취하였다.

결과에서 보는 바와 같이 제안한 방법과 Tadashi의 실험결과와 잘 일치하고 있으므로 운전조건이 주어졌을 때 해석식에 의하여 동시에 C_s 와 C_p 를 결정할 수 있다.

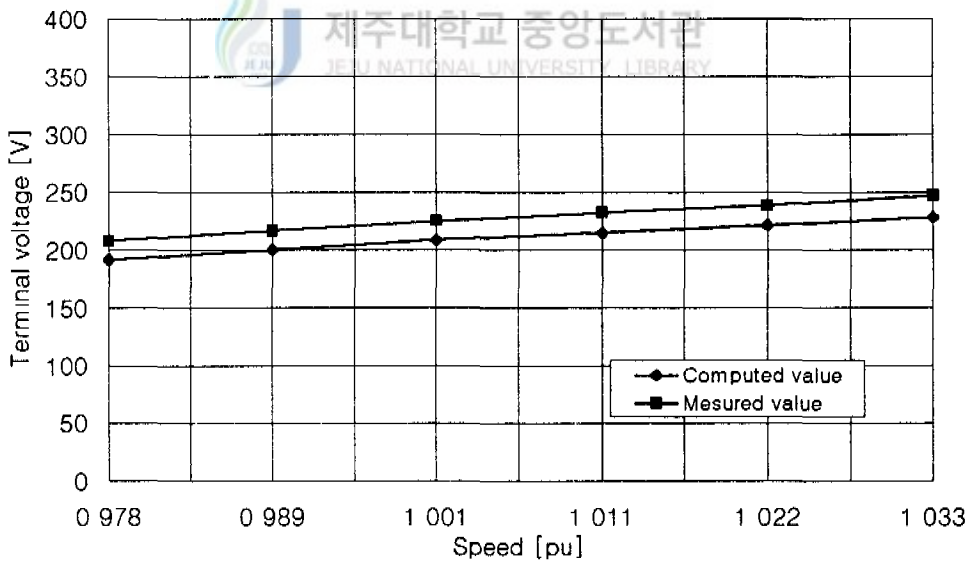
본 연구에서 제안한 방법으로 계산한 공시 자기조절형 자기여자 유도발전기의 직병렬컨덴서의 단자커패시턴스는 Table 4와 같다.

Table 4 Computed and terminal capacitances

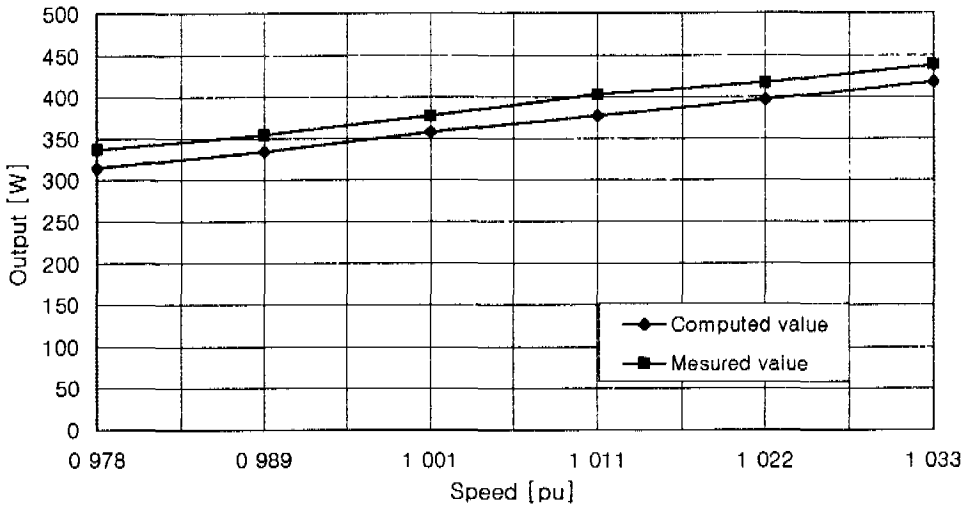
Capacitances	C_s [μF]	C_p [μF]
Computed values	21.18	11.70
Measured values	20.135	10.369

Table 4에서의 커패시턴스들은 단자전압 220[V], 출력 356.406[W], 그리고 회전속도는 1800[rpm]으로 운전할 때의 계산값과 계산값에 근사한 커패시터를 사용하여 측정된 결과를 보였다.

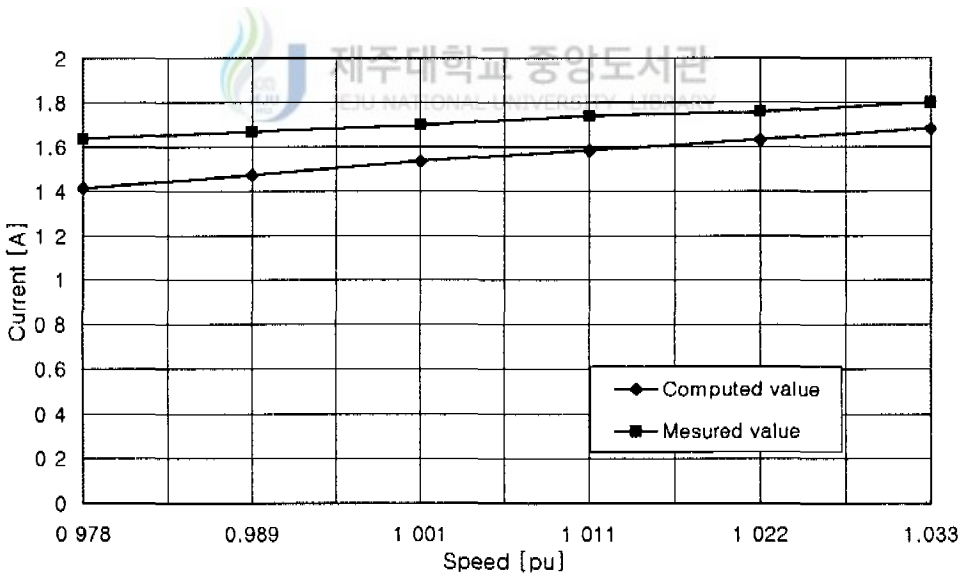
계산시 사용한 초기값은 $a=0.99$, $x_m=108.872$, $x_{cs}=x_{cp}=108.872/2$ 을 사용하였다. 계산된 x_{cs} 와 x_{cp} 를 사용하여 저항부하($R=135.8[\Omega]$)에 대한 속도특성을 계산하여 Fig. 4에 보였다.



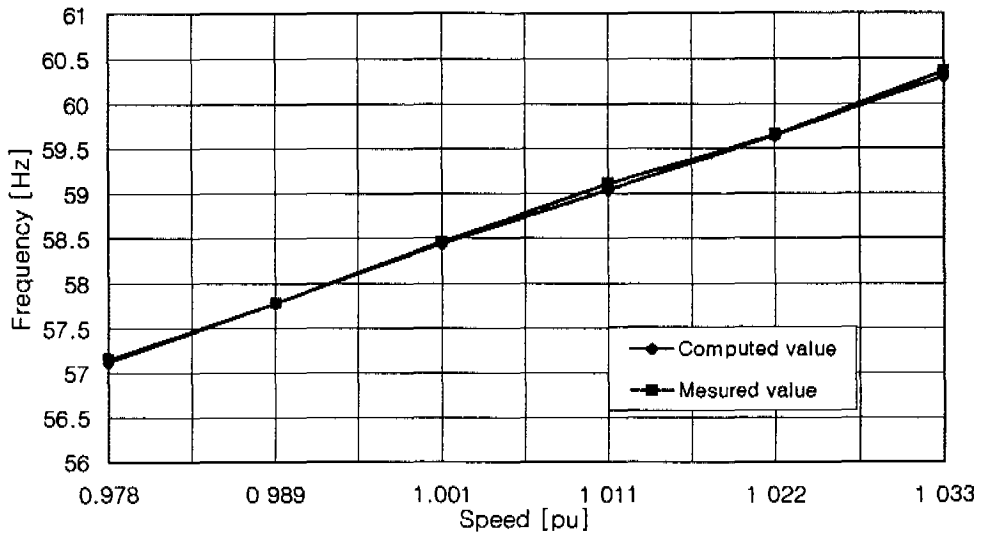
(a) Terminal voltage vs speed at $Z_L = 135.8 [\Omega]$



(b) Output vs speed at $Z_L = 135.8[\Omega]$



(c) Current vs speed at $Z_L = 135.8[\Omega]$



(d) Frequency vs speed at $Z_L = 135.8[\Omega]$

Fig. 4 Speed characteristics
 제주대학교 중앙도서관
 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

이들 결과에서 보듯이 전압, 출력, 전류 그리고 주파수 특성이 회전 속도 증가에 따라 모두 증가하는 경향을 나타내고 있다. 또한 Fig. 4에서 보는 바와 같이 실측치와 계산치가 비교적 잘 접근하고 있으므로 제안한 방법이 자기여자 유도발전기의 단자커패시턴스 결정법으로서 활용 가능할 뿐만 아니라 발전기 운전과 설계자료로도 활용될 수 있을 것이다.

IV. 결 론

3상 농형유도기를 사용한 자기조절형의 자기여자 단상유도발전기의 직병렬 커패시턴스를 해석식에 의하여 산정하는 방법을 제안하였다. 이를 위하여 이 발전기의 속도 변화시의 출력특성을 얻기 위한 등가 회로를 대칭좌표법에 의하여 재구성하고 이 회로로부터 자기여자 발전 조건식과 출력식을 이용하여 지정된 운전조건에서 직병렬 커패시턴스를 동시에 결정하였다.

방법의 타당성을 검토하기 위하여 Tadashi 등이 제안한 실험에 의하여 결정된 직병렬 커패시턴스와 비교하여 검토하였다. 또한 공시 유도기에 제안한 방법을 적용하여 직병렬 커패시턴스를 결정하고 속도특성을 계산하여 실측치와 비교하였다.

그 결과 본 연구에서 제안한 방법이 실험결과와 비교적 잘 일치하고 있음을 확인하였다.

참고문헌

深見正, 今村道德, 宮本紀男, 1995, 自己調節形自勵單相誘導發電機の特性算定法, 日本電氣學會, 電學論D, 115卷 7号, pp. 867-873.

Al-Bahrani, A. H., and Malik, N. H., 1990, Steady State Analysis and Performance Characteristics of A Three Phase Induction Generator Self Excited with A Single Capacitor, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 5, No. 4, pp. 725-732.

Rahim, Y. H. A., Aloah, A. I., and Al-Mudaiheem, R.I, 1993, Performance of Single Phase Induction Generators, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 8, No. 3, pp. 389-395.

Murthy, S. S., 1993, A Novel Self-Excited Self-Regulated Single Phase Induction Generator, Part-I: Basic System and Theory, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 8, No. 3, pp. 377-382.

Murthy, S. S., Ri, H. C., and Tandon, A.K., 1993, A Novel Self-Excited Self-Regulated Single Phase Induction Generator Part-II Experimental Investigation, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 8, No. 3, pp. 383-387.

深見正, 蕪城裕一, 宮本紀男, 1996, 3相かご形誘導機を用いた新しい自己調節形自勵單相誘導發電機, 電氣學會産業應用部門全國大會論文集, pp. 363-366.

Mcpherson, G, and Laramore, R. D., 1981, An introduction to Electrical Machines and Transformers, John Wiley & Sons, pp. 305-306.

김재민, 좌종근, 1999, 3상 농형유도기를 사용한 자기조절형 단상유도발전기의 단자 커패시턴스의 결정, 제주대학교 산업기술연구소 논문집, 제10권, 1호, pp.153-159.



감사의 글

새로운 만남을 시작한지 1년이 지날 무렵 어려움과 고민에 빠져 있을 때 용기와 격려로 자신감을 갖게 하고, 논문이 완성될 수 있도록 지난 2년 반 동안 물심양면으로 도움을 주신 좌종근 교수님께 진심으로 머리 숙여 감사 드립니다.

아울러 바쁜 일정에도 불구하고 새로운 학문에 접할 수 있게 많은 가르침을 주시고, 논문이 완성되기까지 세심한 지도와 조언을 해주신 오성보 교수님, 이개명 교수님, 김일환 교수님, 김세호 교수님, 김호찬 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

그리고 항상 바쁜 가운데서도 실험을 같이하고 자료 정리에 도움을 준 전기기기 연구실의 홍문석, 진충민 대학원생과 물심양면으로 많은 도움을 주신 문경주 선배님과 동료 원생에게도 고마움을 전합니다.

끝으로 오늘이 있기까지 사랑과 희생을 아끼지 않으신 어머니와 어려움 속에서도 뒷바라지 해주며 희망과 용기를 주었던 사랑하는 아내 옥자와 두 아들 철오, 현오에게 이 작은 결실이 위안의 선물이 되었으면 합니다.

2000년 6월

김 재 민 올림