ブラシレス励磁機なし三相同期発電機における 励磁電流の検討

正員 柴田 福夫 (金沢工大) 正員 直江 伸至 (金沢高専)

Brushless and Exciterless, Three-Phase Synchronous Generator for Exciting Current

Fukuo Shibata, Member (Kanazawa Institute of Technology), Nobuyuki Naoe, Member
(Kanazawa Technical College)

キーワード：同期機，発電機，ブラシレス励磁

1. ま え が き

著者らはさきに，ブラシレス励磁機なし同期発電機⁽¹⁾⁽²⁾を提案した。これらは，励磁機の機能を同期発電機本体に内蔵しようとするものであり，その基礎特性は既に報告した⁽²⁾。

本報告は，ブラシレス励磁機なし三相同期発電機の励磁電流について，検討を行ったものである。原動機
の速度が変化したときに定電圧特性となるための，固定子励磁電流の制御の例を述べている。また，励磁系の M_{esr}/L_{er} と固定子励磁電流との関係を数値計算した結果を述べている。

2. ブラシレス励磁機なし三相同期発電機⁽²⁾

図1は，本報告で述べるブラシレス励磁機なし三相同期発電機の回路構成である。固定子には，電機子巻線 W_a が施され，回転子には，界磁巻線 W_f が設けられている。 W_a および W_f には，実線の電機子負荷電流と界磁電流，および破線の固定子と回転子の励磁電流を流す。 N_1 および N_2 は W_a の中性点を示す。固定子励磁電流 I_{es} と界磁電流 I_f の関係は次式となる⁽²⁾。

$$I_f = \frac{4}{3} \frac{M_{esr}}{L_{er}} I_{es} \dots\dots\dots (1)$$

ここで， M_{esr} ：励磁機として働く系の W_a と W_f との間の相互インダクタンスの最大値，
 L_{er} ： W_f の M_1, M_2 間の自己インダクタンス

M_{esr}/L_{er} は，ほぼ実効巻数比に等しく，ほぼ一定値であるが，磁気飽和，周波数，漏れリアクタンスなどの影響で若干変化する。しかし本報告では，この影響を無視する。

端子電圧 V_a は，次式となる⁽²⁾。

$$V_a = \sqrt{\frac{8}{3}} \frac{M_{esr}}{L_{er}} \frac{x_{af}}{\sqrt{1+(x_a/R)^2}} I_{es} \dots\dots\dots (2)$$

ただし， $x_{af} = \omega M_{af}$ ； M_{af} ： W_a と W_f との間

図1 ブラシレス励磁機なし三相同期発電機の回路構成

Fig.1. Circuit diagram of brushless and exciterless, three - phase synchronous generator.

の相互インダクタンスの最大値， R ：負荷の抵抗， $x_a = \omega L_a$ ； L_a ： W_a の自己インダクタンス， $\omega = 2\pi f$ ； f ：周波数

3. 実験結果

実験機⁽²⁾は，2kW，220V，4極（励磁極：8極）の同期発電機を使用した。

図2は端子電圧をそれぞれ100V一定，150V一定および200V一定としたときの発電機の回転速度に対する界磁電流の関係に示す。計算値は，(1)，(2)式を用いて， x_{af}, x_a に各周波数を代入して，端子電圧がそれぞれ一定値になるような界磁電流を数値計算し

図 2 回転速度と界磁電流の関係
Fig. 2. Relations of revolution speed and field current.

図 3 負荷特性
Fig. 3. Load characteristics.

た。界磁電流は、発電機の回転速度が上昇するにつれて、同一電圧を得るには小さくなる必要があり、それを数値計算で求められることがわかる。

図 3 は、発電機の回転速度を 1,800, 1,200 および 600 rpm において、固定子励磁電流 $I_{es}=7A$ で、負荷の抵抗を可変したときの特性を示す。計算は、(2)式を用いて、各負荷抵抗における値を求めた。計算値は、実測値と比較的よく一致した。

図 4 は、定格値を基準値として、負荷電流に対する M_{est}/L_{er} の最適な値を求めた例である。定格値は次に示すとおりである。

$$P_n=2.0kW, V_{an}=220V, I_{an}=5.3A, \\ I_{esn}=13.6A, (M_{est}/L_{er})_n=0.25$$

端子電圧および出力が一定における $(M_{est}/L_{er})/(M_{est}/L_{er})_n$ の関係を示す。同一出力で固定子励磁電流をできるだけ小さくするには、 M_{est}/L_{er} を大きな値

図 4 $(M_{est}/L_{er})/(M_{est}/L_{er})_n$ の関係
Fig. 4. Relations of (M_{est}/L_{er}) and $(M_{est}/L_{er})_n$.

にすればよいことがわかる。しかし実際には M_{est}/L_{er} にも限界があるので、固定子励磁電流と M_{est}/L_{er} を考慮して決定する必要がある。

4. あとがき

本報告では、ブラシレス励磁機なし三相同期発電機の励磁電流について検討を行い、発電機設計における M_{est}/L_{er} の関係を与えた。

発電周波数を変化したときの負荷特性を示し、定電圧特性を得るのに必要な界磁電流を計算値と実測値により検討してその特性を明らかにした。

(平成 4 年 4 月 24 日受付)

文 献

- (1) F. Shibata : US Patent No. 3, 573, 578
- (2) 柴田・直江 : 電学論 D, 112, 65 (平 4-1)

柴田 福夫 (正員)

大正 13 年 10 月 31 日生。昭和 22 年京都帝国大学卒業。同年、川崎重工入社。現在、金沢工業大学電気工学科教授。工学博士。技術士。IEEE 会員。

直江 伸至 (正員)

昭和 39 年 12 月 27 日生。平成 4 年 3 月金沢工業大学大学院博士課程修了。現在、金沢工業高等専門学校電気工学科講師。工学博士。IEEE 会員。