正弦波励振装置の振動特性の検討*

尾林 康司[†]・岡田 昌丈[†]・北村 量明[†]

Investigation of Vibration Characteristics of Excitation Equipment*

Kouji ODAYASHI[†], Yoshitomo OKADA[†] and Kazuaki KITAMURA[†]

1. まえがき

近年、交・直流励磁した二相誘導電動機は、正弦波励振装置として、角加速度計の角加速度較正 [1]、慣性モーメントの実測装置 [2]、攪拌機、洗浄器および貴金属・宝石類または装飾品等の研磨機 [3] の励振源として広く利用されるかまたは、利用されようとしている。したがって、この交・直流励磁した二相誘導電動機を励振装置として利用するのに当たっては、本励振装置の振動特性を解明し、本励振装置の特徴やその有用性等を明らかにしておく必要がある。

本速報では、このような現状を考慮し、交・直流励磁した二相誘導電動機の実用振動トルク計算式に基づき励振装置の各種振動特性を検討・考察する。すなわち、①振動周波数-振動トルク特性および②振動周波数-振動振幅特性をそれぞれ定量的に検討および考察し、交・直流励磁した二相誘導電動機、特に二相サーボモータを主体とした正弦波励振装置が、可変振動周波数、可変振動振幅正弦波励振装置として十分に実用に供しうることを明らかにする。

2. 実用振動トルク計算式 [4]

交・直流励磁した二相誘導電動機の実用振動トルク計算式は、次式で与えられることが知られている。

$$T_v = \frac{\sqrt{2}x_m^2 V_m I_{dc} \cos(\omega_i t - \Phi)}{(4\pi f/P) \sqrt{\{r_1 r_2 - x_1(x_2 + x_m) - x_2 x_m\}^2 + \{r_1(x_2 + x_m) + r_2(x_1 + x_m)\}^2}} \quad [\text{N} \cdot \text{m}] \quad (1)$$

ここに、 $\Phi = \tan^{-1} \frac{x_2}{r_2}$

ここで

f : 電源周波数 [Hz]

P : 極数

V_m : 交流印加電圧 [V]

I_{dc} : 直流励磁電流 [A]

r_1 : 一次抵抗

x_1 : 一次漏れリアクタンス

x_m : 励磁リアクタンス

x_2 : 二次漏れリアクタンス

r_2 : 二次抵抗

すなわち、上記 (1) 式に、供試機の等価回路定数、印加交流電圧および直流電流を適用することにより、交・直流電圧印加時に発生する二相誘導電動機の振動トルクを容易に算定することができる。すなわち、上記 (1) 式に基づき正弦波励振装置の振動トルク特性等の検討・考察を行うことが可能である。

3. 振動特性の検討および考察

ここでは、実用振動トルク計算式 (1) 式に基づき、正弦波励振装置の振動特性の検討および考察を行う。すなわち、交・直流励磁した二相誘導電動機の①振動周波数-振動トルク特性および②振動周波数-振動振幅特性をそれぞれ定量的に検討および考察する。

Fig. 1 は、Table 1 に示した等価回路定数を持つ供試機 A, B (二相サーボモータ) および C, D (汎用機) の $V_m/f = 0.5, 1.0, 1.5, 2.0$, $I_{dc} = 150$ [mA] および振動周波数 $f = 10 \sim 150$ [Hz] 時の振動周波数 (f) - 振動トルク (T_v) 特性を算定し、その算定結果と振動トルクの実測値を併記したものである。なお、各供試機の $f = 50$ [Hz] 時の定格電圧は 100 [V] である。

Fig. 1 より、 T_v は f の増大に伴って、いずれの供試機の場合も同様の $f - T_v$ 特性を示すことが分かる。すなわち T_v は f の増大に伴って、次第に増大する傾向を示し、その増大の割合は V_m/f の大きいもの程、大きくなることが分かる。そして、 T_v は、電動機出力の大きいもの程大きく、また T_v の大きさは、同出力の電動機であっても、二相サーボモータの場合よりも汎用機の場合の方が大きくなる傾向が見られる。

Fig. 2 ないし 3 は、前者と同算定条件時の振動周波数

* 原稿受付 2000 年 12 月 18 日

[†] 足利工業大学 工学部 Faculty of Engineering, Ashikaga Institute of Technology; 268 Omae-cho, Ashikaga city, Tochigi 326-8558, JAPAN

Key Words: excitation equipment, vibrational amplitude, alternating torque, two-phase induction motor, vibrator.

Fig. 1 Vibration frequency vs. alternating torque characteristics

Table 1 Equivalent circuit parameters [$f = 50$ Hz]

Sample machine	Rated output [W]	Equivalent circuit parameters [Ω]				
		r_1	x_1	x_m	x_2	r_2
A	3	132	133	793	20	938
B	10	70	95	662	10	279
C	3	288	16	866	16	283
D	10	136	14	461	14	109

A, B: two-servomotor, C, D: ready-made machine

(f) - 振動振幅 (θ_n) 特性を

$$\theta_m = \frac{T_v}{J\omega_i^2} \quad [\text{rad}] \quad (2)$$

ここに,

T_v : 供試機の発生する振動トルクの大きさ [N·m]

J : 供試機の回転子慣性モーメント [$\text{Kg}\cdot\text{m}^2$]

ω_i : 振動角速度 ($= 2\pi f$)

より算定し, その算定結果と振動振幅の実測値 [5] を併記したものである.

Fig. 2ないし3より, θ_m は f の増大に伴っていずれの供試機の場合も指数関数的な減少傾向を示すことが分かる. すなわち, 交・直流励磁した二相誘導電動機を用いた正弦波励振装置は, 振動周波数の減少に伴って, 次第に小振動振幅のものから, 大振動振幅のものへと大幅に振動振幅が変化することが分かる. そしてこの振動振幅は, V_m/f が大きい場合程大きくかつ, 回転子慣性モー

Fig. 2 Vibration frequency vs. vibrational amplitude characteristics

Fig. 3 Vibration frequency vs. vibrational amplitude characteristics

メントの小さい, すなわち二相サーボモータ (A, B 機) の場合の方が汎用機 (C, D 機) のものよりもかなり大きくなることが分かる. これは, 同出力の電動機であっても, 二相サーボモータの回転子慣性モーメントの方が汎用機のものよりもかなり小さいことに起因している. したがって, 大振動振幅の正弦波励振装置として利用するには, 二相サーボモータを主体とした励振装置の方が汎

用機を使用した装置よりも、望ましい結果が得られることが分かる。なお、各供試機の慣性モーメント (J) は、それぞれ A 機: $J_A = 1.22 \times 10^{-6}$ [Kg·m²], B 機: $J_B = 2.94 \times 10^{-6}$ [Kg·m²], C 機: $J_C = 1.2 \times 10^{-5}$ [Kg·m²], D 機: $J_D = 2.66 \times 10^{-5}$ [Kg·m²] であった。

以上の各振動特性の検討および考察結果より、交・直流励磁した二相誘導電動機 (二相サーボモータ) を用いた正弦波励振装置は、 $f = 10 \sim 150$ [Hz] の範囲内で、振動周波数を変えることにより小振動振幅 ($\theta_m \doteq 0.008$ [rad]) から大振動振幅 ($\theta_m \doteq 1.80$ [rad]) に至る正弦波振動を容易に発生し得ることが分かった。すなわち、本正弦波励振装置は可変周波数、可変振動振幅正弦波励振装置として実用に供しうることが明らかになった。

4. あとがき

本速報では、交・直流励磁した二相誘導電動機を用いた正弦波励振装置の各種振動特性を定量的に検討および考察し、二相サーボモータを主体とした正弦波励振装置が、可変周波数、可変振動振幅正弦波励振装置として十

分に実用に供しうることを明らかにした。

参考文献

- [1] 須藤, 篠宮, 戸恒, 梅沢: 二相誘導発電機形加速度計の基礎特性の検討; 制御工学, Vol. 11, No. 6, pp. 308-313 (1967)
- [2] 尾林, 岡田, 前田, 土井: 慣性モーメントの一実測装置; システム制御情報学会論文誌, Vol. 11, No. 3, pp. 157-159 (1998)
- [3] たとえば, 杉浦: 磁気バレル研磨機による加工の現状; 機械と工具, pp. 33-37 (1996)
- [4] 岡田, 前田, 尾林: 交・直流電圧印加時の二相誘導電動機の振動トルク計算式; システム制御情報学会論文誌, Vol. 10, No. 9, pp. 502-504 (1997)
- [5] 岡田, 尾林, 北村, 大澤: 振動振幅の一実測法; システム制御情報学会論文誌, Vol. 13, No. 7, pp. 346-347 (2000)
- [6] 尾林, 岡田, 北村, 大澤: 正弦波励振装置の振動トルクの解析とその検討; 電気学会回転機研究会, RM-00-147 (2000)