速度ループを極配置法で設計した2慣性系の位置制御

学生員 池田英広 (九州工大)
 正員 花本剛士 (九州工大)
 正員 辻輝生 (九州工大)
 正員 田中良明 (北九州高専)

Position Control of 2-mass Systems with Speed Minor Loop Designed by Pole Placement Method

Hidehiro Ikeda, Student Member, Tsuyoshi Hanamoto, Member, Teruo Tsuji, Member (Kyushu Institute of Technology), Yoshiaki Tanaka, Member (Kitakyushu National College of Technology)

In this paper, we propose a vibration suppression method for position control including a speed minor loop designed by pole placement approach. Experimental results show the validity of our proposed.

キーワード：振動抑制制御，共振系，極配置法，位置制御系

1. ま え が き

近年，種々の共振系の振動抑制制御が盛んに行われている^{(1)~(3)}。筆者らは，極配置に基づいた共振系の振動抑制制御を提案し⁽⁴⁾，3慣性速度制御系の場合においても簡単な近似を行うことにより，モータ側の情報のみで制振制御が可能であることを示してきた。本論文では，この方法を位置制御系に適用し，供試機にて提案する方法の有効性を確認したので報告する⁽⁵⁾。

2. 振動抑制制御法

共振系の位置制御において，極配置法に基づいて設計した速度制御系をマイナーループに持つシステムを提案する。ここで，位置制御系全体を極配置法により設計する方法も考えられるが，それに比べて提案手法は，マイナーループで振動抑制制御を行なわせるため比較的簡単に設計ができ，応答速度については独立に設計ができる利点がある。

まず2慣性速度制御系を考える⁽⁶⁾。本論文で取り扱う制御系は，電気系の伝達関数も考慮する。さらに電流ループまでソフトウェアで実現したデジタル制御系としている。そうすると制御対象は(1)~(4)式で表わされる。

$$J_M \frac{d\omega_M}{dt} = K_t i_a - T_d \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$J_L \frac{d\omega_L}{dt} = T_d - T_L \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{dT_d}{dt} = K_s(\omega_M - \omega_L) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$L \frac{di_a}{dt} + Ri_a = K_0 u - K_e \omega_M \quad \dots\dots\dots (4)$$

ただし， i_a ：電機子電流， ω_M ：モータ角速度， ω_L ：負荷角

速度， T_d ：軸ねじれトルク， T_L ：負荷トルク， K_s ：ねじればね定数， J_M ：モータ慣性， J_L ：負荷慣性， K_t ：トルク定数， K_e ：誘起電圧定数， K_a ：電流帰還定数， R ：電機子抵抗， L ：電機子リアクタンス， K_0 ：コンバータゲイン， u ：制御入力である。この速度系に1型サーボ系を適用して，さらに離散系として取り扱うと

$$\mathbf{x}(k+1) = \mathbf{A}\mathbf{x}(k) + \mathbf{b}u(k) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$u(k) = -\mathbf{f}\mathbf{x}(k) \quad \dots\dots\dots (6)$$

となる。ただし，文献(4)に示した演算時間遅れは試供機システムの処理速度を高速化し無視できるようにしたため， $\mathbf{x}$ は5次の状態変数ベクトルでよいことになり(7)式で表わされる。

$$\mathbf{x}(k) = [i_a(k) \ \omega_M(k) \ \omega_L(k) \ T_d(k) \ z(k)]^T \quad \dots\dots (7)$$

このシステムに対し，振動抑制制御を実現しつつ，負荷側状態量が不要となるようなフィードバックゲインを極配置法を用いて設計する。すなわち図1の中で負荷側の2つのゲインが同時に0となる極を設計する。

$$K_{\omega_L} = 0, \ K_{T_d} = 0 \quad \dots\dots\dots (8)$$

本論文ではシステムの極 ρ が実根 α と虚根 β を用いて(9)式を満たすようにする。

$$(z - \alpha)[\{z - (\alpha + j\beta)\}\{z - (\alpha - j\beta)\}]^2 = 0 \quad \dots\dots (9)$$

上式を満たすフィードバックゲインを繰り返し計算で求めると，負荷状態量を必要としない制御系を設計することができる。

次に，この速度制御系をマイナーループに持つ位置制御

図1 位置制御系のブロック線図

Fig. 1. Block diagram of the position control system.

系の設計をする。マイナーループの振動抑制制御は達成されているので、位置制御部は比例制御のみで制振制御が達成できる。図1に提案する位置制御系のブロック線図を示す。ただし、図中の破線は、提案手法によりフィードバックが不要であることを示している。また K_P は比例ゲインである。

3. 実験

提案する方法を用いて、振動抑制制御ができることを実験にて確認する。実験は3慣性系で行っているが、近似を行い2慣性系として取り扱っている。供試機の場合、慣性比は0.761、共振周波数、反共振周波数は各々101.1[rad/s]、76.2[rad/s]である。図2は速度ループにPI制御器を用いた場合の実験結果で、位置の指令値を0[rad]から π [rad]にステップ変化させたときの位置および角速度の波形である。図3は提案する方法を用いた場合の応答波形である。図2は指令値の変化に対し角速度の振動が抑制されていないのがわかる。一方、図3は角速度の振動も抑制されており、位置の指令値に対し良好な結果が得られている。

4. まとめ

共振系の位置制御系において、極配置法に基づいて設計した負荷状態量を必要としない速度制御系をマイナーループに持つ系を提案し、比較的簡単にコントローラが設計でき、振動を抑制した位置制御が行えることを実験にて確認した。

(平成10年10月22日受付、同10年11月20日再受付)

文献

- (1) 堀, 澤田, 全:「遅い共振比制御における外乱オブザーバの最適推定速度について」電学論D, 117, 50~56 (平9-1)
- (2) 森本, 武田:「 H^∞ 制御理論を用いた共振機械系の2自由度速度制御」電学論D, 118, 65~70 (平8-1)
- (3) 真鍋:「係数図法による2慣性共振系制御器の設計」電学論D, 118, 58~66 (平10-1)
- (4) 花本・池田・田中・望月:「負荷状態量を必要としない2慣性共振系のデジタル速度制御システムの設計法」電学論D, 117, 1455~1462 (平9-12)
- (5) 池田・花本・田中・望月:「極配置法による共振系の振動抑制制御の位置制御への適用」電気学会九州支部論文集, 1446 (平10-10)

図2 速度ループにPI制御器を用いた場合の実験結果

Fig. 2. Experimental result using the conventional PI controller.

図3 速度ループに提案する方法を用いた場合の実験結果

Fig. 3. Experimental result using the proposed method.