低慣性化制御を用いた2慣性共振系の振動抑制制御

正員 山 田 哲 夫 (明電舎)

正員 山 本 康 弘 (明電舎)

正員 足 利 正 (明電舎)

Vibration Suppression Control of 2 Mass Resonant System using Inertia Control Method

Tetsuo Yamada, Member, Yasuhiro Yamamoto, Member, Tadashi Ashikaga, Member (Meidensha Corporation)

キーワード：2慣性共振系，低慣性化制御，軸トルクオブザーバ，振動抑制

1. まえがき

モータと負荷が低剛性な軸で結合されていると、軸ねじり振動が発生する。その振動状態は、モータと負荷との慣性モーメントの比によって大きく影響され、特に負荷の慣性モーメントがモータよりも小さいときには、より振動的となる。負荷慣性が小さいときでも2慣性共振系の振動抑制が可能な方式として、共振比制御が提案されている⁽¹⁾⁽²⁾。共振比制御では高速の軸トルクオブザーバが必要とされるが、速度検出ノイズ等を考慮するとその実現は非常に困難であろう。本報告では、すでに提案した低慣性化制御⁽³⁾と共振比制御との等価性を説明し、低慣性化制御を用いた2慣性共振系の振動抑制法を提案する⁽⁴⁾。本方式は低速の軸トルクオブザーバを用いても、2慣性共振系の振動抑制効果が高いという点に特長があり、シミュレーションによりその効果を明らかにする。

2. 低慣性化制御と共振比制御の等価性

図1に低慣性化制御の構成図を示す。低慣性化制御はモータと負荷を1慣性系として取扱い、その慣性を見かけ上小さく制御する方式である。文献(2)の共振比制御と比較すると、負荷トルクオブザーバのモータモデル時定数を1

図1 低慣性化制御の構成図

Fig. 1. Block diagram of inertia control.

慣性系として設計する点と、トルクゲイン低下を補償するための補償ゲインループに破線ブロックで示すような一次遅れフィルタが挿入されている点異なる。

本方式では、低慣性化制御の負荷トルクオブザーバのモデル時定数を2慣性系のモータ時定数に設定し、軸トルクオブザーバを構成する。そして、補償ゲインループの一次遅れフィルタの時定数をオブザーバのフィルタ時定数とは分離して設計する。図2に低慣性化制御を用いた振動抑制回路を示す。ただし、軸トルクオブザーバ部は等価変換して表現している。文献(2)の方式とは破線ブロックの一次

(a) 2慣性系のブロック図

(b) 振動抑制回路の構成図

図2 低慣性化制御を用いた振動抑制回路

Fig. 2. Vibration suppression circuit.

(a) 共振比制御のとき ($K_{Ls}=200$)

(b) 共振比制御のとき ($K_{Ls}=25$)

(c) 低慣性化制御のとき ($K_{Ls}=25$, $T_F=8\text{ms}$)

図3 シミュレーション結果

Fig. 3. Simulation Results of speed response.

遅れフィルタが追加されている点のみが異なる。この一次遅れフィルタの時定数を最適設計することにより、低速の軸トルクオブザーバを用いても振動抑制制御が可能となる。

シミュレーションの条件は、 $T_M = T_M^* = 0.4\text{s}$, $T_L = 0.1\text{s}$, $T_S = 0.003\text{s}$, $T_{ML}^* = T_L^* + T_M^*/K = 0.125\text{s}$, $K_L = 4$, $K = 16$, 速度応答 30rad/s とした。2%の速度ステップ応答と10%のインパクト負荷時の応答を図3に示す。紙面の都合で省略するが、速度アンプのみで制御したときの応答は、非常に振動的となる。共振比制御を用いると良好な振動抑制効果が得られるが、軸トルクオブザーバのゲインを小さくしたときには、その振動抑制効果が低減し、振動的となることが分る。これに対して、低慣性化制御を用いたときは、一次遅れフィルタの時定数 T_F を最適値に設計することにより、軸トルクオブザーバのゲインを小さくしても振動抑制が可能となることが分る。ここで、調整要素のゲインや時定数の最適値は、図2の閉ループ伝達関数の根軌跡より決定した。

3. まとめ

本報告では、低慣性化制御を用いた2慣性共振系の振動抑制法について提案した。特長としては、低速の軸トルクオブザーバを用いても振動抑制効果が有り、共振比制御の改善法の一つとして実用的な方式と考えられる。今後は実機での検証を行い、その有効性を確認したい。

(平成 6年 4月20日受付)

文 献

- (1) 結城・村上・大西：「共振比制御による2慣性共振系の振動抑制制御」, 電学論D, 113, 1162(平5-10)
- (2) 堀：「共振比制御とSFCによる2慣性系の制御」, 平5電学大全, No. 669
- (3) 中野・原・足利・片岡・寺嶋：「誘導機を用いた低慣性化制御方式」, 平3電学産業応用大全, No. 142
- (4) 山田・吉田・山本・足利・寺嶋：「低慣性化制御を用いた2慣性共振系の振動抑制制御」, 電気学会産業電力電気応用研究会資料, IEA-94-12

山田 哲夫 (正員) (写真省略)

1978年 3月明治大学大学院工学研究科電気工学専攻博士前期課程終了。同年 4月(株)明電舎入社。現在に至る。

山本 康弘 (正員) (写真省略)

1983年 3月長岡技術科学大学大学院工学研究科電気・電子システム工学専攻修士課程終了。同年 4月(株)明電舎入社。現在に至る。

足利 正 (正員) (写真省略)

1975年 3月秋田工業高等専門学校電気工学科卒業。同年 4月(株)明電舎入社。現在に至る。