低慣性化制御による2慣性共振系の振動抑制法 におけるフィルタ時定数決定方法

正員 小倉 和也 (明電舎)
 正員 吉田 康宏 (明電舎)
 正員 山本 康弘 (明電舎)
 正員 山田 哲夫 (明電舎)

A Design Method of Characteristic Compensation Filter for Vibration Suppression Control of 2 Mass Resonant System using Inertia Control Method

Kazuya Ogura, Member, Yasuhiro Yoshida, Member,
 Yasuhiro Yamamoto, Member, Tetsuo Yamada, 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により結合されている場合には軸ねじり振動が発生し，速度応答を速くすることが困難となる。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にでも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。著者らはこの問題点を解決するために，すでに低慣性化制御を用いた2慣性共振系の振動抑制方法を提案した⁽³⁾。しかしながら，補償フィルタの時定数決定法については明確な方式を提示していなかった。

本報告では，負荷慣性がモータ慣性よりも小さく，より振動的な系に対するフィルタ時定数の決定法を提案する。本方式は，文献3で提示した根軌跡法による解析的な決定法でなく，定式化することでフィルタ時定数の決定を容易にしている。

2. 低慣性化制御とその変形

2慣性系は共振周波数 ω_r と反共振周波数 ω_z を持つ。また軸トルクオブザーバは，軸トルク推定値を一次遅れフィルタを通して推定するために，カットオフ周波数を持つ。そのため共振周波数よりもカットオフ周波数を低く設計すると，軸トルク推定値の中に含まれる共振周波数成分が一

次遅れフィルタを通過できず，軸トルク推定値に反映されないことになり，十分な振動抑制ができなくなる。よって，2慣性系の振動抑制を行う場合には，フィルタのカットオフ周波数を共振周波数や反共振周波数よりも高くしなければならぬ。

これらのことを考慮して，図1の低慣性化制御を用いた

図1 低慣性化制御による2慣性系振動抑制回路
 Fig1. 2 Mass Resonant System using Inertia
 Control Method.

図2 図1の変形図
 Fig2. Modified fig1.

2 慣性共振系の振動抑制方法を見てみる。ここでは振動抑制ブロックだけを示し、 τ_i を速度調節器の出力、 ω_m をモータ速度、 τ_s を軸トルク、 $\hat{\cdot}$ が付いたものを推定値とする。図1は図2のように変形できる。これは、前述したオブザーバのカットオフ周波数を十分高くできない場合を補償しようとするための変形である。ここでの T_F はフリーパラメータであり、フィルタBにおいてオブザーバのカットオフ周波数をキャンセルすることができる。

次に図2におけるフィルタA、Bの特性について着目する。軸トルク推定におけるクローズドループでは、フィルタA、Bはともに前述した理由により共振周波数と反共振周波数を通過させるような特性にしなければならない。そのため、フィルタA、Bのゲインが共振周波数において最大となるようにフィルタ時定数 T_F を決定する。共振周波数 ω_p において、フィルタA、Bのゲインは T_F に関して単調減少関数と単調増加関数であることから、条件式は次のようになる⁽⁴⁾。

$$|G_a(j\omega_p)| = |G_b(j\omega_p)| \quad \dots\dots\dots (1)$$

また、これを低慣性化ゲインKが十分大きいという仮定のもとで解くと T_F は次のようにできる⁽⁴⁾。

$$T_F = \sqrt{\frac{-1 + \sqrt{1 + \omega_p^2 T^2}}{\omega_p^2}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

表1 計算パラメータ
Table1. Calculation Parameter.

定数名	定数	フィルタ時定数
モータ単位慣性定数	0.4 sec	従来方式
弾性軸単位慣性定数	0.003 sec	(根軌跡法)
負荷単位慣性定数	0.1 sec	8.0 msec
モデル単位慣性定数	0.4 sec	本方式
オブザーバゲイン	25	8.8 msec
低慣性化ゲイン	16

(a) 従来方式

(b) 本方式

図3 シミュレーション結果
Fig3. Simulation Result.

3. シミュレーションによる比較と検討

文献3の方式と本方式をシミュレーションにより比較する。表1にそのパラメータと各方式によって求めたフィルタ時定数を示す。ここでフィルタの時定数は、文献3の方式と本方式の値がほぼ等しくなっている。また、これらの方式でのシミュレーション結果を図3に示す。これよりほぼ同一の特性が得られており良好な振動抑制が可能であることがわかる。以上より本方式の有効性が確認された。

4. 最後に

本報告では、低慣性化制御のフィルタ時定数決定方法を提案した。本方式によりフィルタの時定数の決定法を明確にすることができた。今後は低慣性化ゲインとフィルタ時定数の関係等を検討する予定である。

(平成6年12月26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) 山田・山本・足利：「低慣性化制御を用いた2慣性共振系の振動抑制制御」, 電学論D, 114, 1053(平6-10)
- (4) 小倉・吉田・山本・山田・市岡：「共振比制御への一次遅れフィルタの適用と低慣性化制御の有用性」, IEA-94-23

小倉 和也 (正員)

1994年3月電気通信大学電気通信学研究科電子工学専攻博士前期課程終了。同年4月(株)明電舎入社。現在に到る。

吉田 康宏 (正員)(写真:電学論D, 114, 423(平6-4)参照)
1991年中部大学大学院工学研究科電気工学専攻博士前期課程修了。同年4月(株)明電舎入社。現在に到る。

山本 康弘 (正員)(写真:電学論D, 112, 622(平4-7)参照)
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。

山田 哲夫 (正員)(写真:電学論D, 114, 423(平6-4)参照)
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。