UDC 621.316.726: 621.372.512.33
621.314.57.029.51インバータ・駆動強力超音波モータ系の
機械共振周波数追尾制御方式

正員 中岡 陸雄 (神戸大)・正員 丸橋 徹 (神戸大)

研究開発
ノート
54-B 10

本報告は 30 kHz 強力超音波振動子系駆動用自動式インバータの制御方式について述べている。強力超音波振動子系はボルト締めランジュバン形電わい超音波振動子 (BLT) と振動速度変換器であるエキスポネンシャルコーン、超音波パワの流体系への指向放射を与えるホーンから構成されている。BLT は電気・機械パワ変換部で超音波モータ (BLT-M) と称すると、コーンホーン流体系一体はその負荷 (流体系の液深変化により音響放射インピーダンス $\hat{Z}_a$ が自由に変えられる) となる。

第 1 図はインバータ駆動・BLT-M 系を負荷変動にかかわらず機械共振状態に保つための、PLL 応用共振周波数追尾系である。第 2 図は BLT-M 系の電気・機械変換等価回路である。BLT-M 系は半波長弾性共振体の結合系で、機械・音響系が共振状態 (振動速度 $\dot{V} = A\dot{E}/(\hat{Z}_b + \hat{Z}_a)$ が最大となる周波数条件) で運転させることが要求される。この共振条件は $\dot{V}$ の基本式からわかるように $\dot{V}$ と $\dot{E}$ が同相 (振動変位 $\dot{X}$ が $\dot{E}$ より 90° 進相) という位相条件になおして考えられる。第 3 図はこのことを実証する実験値例を示す。すなわち、これは、BLT-M 系の電気端自由アドミタンス $\dot{Y}_f = \dot{Y}_a + \dot{Y}_m = G(\omega) + jB(\omega)$ の $G(\omega)$, $B(\omega)$ および BLT-M 上端面装着的圧電形変位センサ ($\dot{X}$ に対応する信号 e_I) と自動インバータ出力 $\dot{E}$ に対応する PT 出力 e_{II} の位相差角 $|\theta(\omega)|$ の周波数特性を示す。共振動作 (共振周波数 $f_r = \omega_r/2\pi$) 時には、 $G(\omega_r) = Y_{m0}$ がほぼ最大値をとり、 $|\theta(\omega_r)|$ はほぼ 90° とな

第 2 図 電気・機械変換等価回路

Fig. 2. Electro-mechanical equivalent circuit.

第 3 図 周波数制御特性

Fig. 3. Frequency characteristics.

ている。他の負荷状態においては G_{m0} は大きく変化するが $|\theta(\omega_r)|$ は大体 90° 付近の値をとる。インバータ駆動・BLT-M 系を機械回路共振状態で運転する制御方策は BLT-M 系負荷変化に伴い e_I を e_{II} より 90° 進相固定することである。BLT-M の共振周波数追尾制御は 2 信号間位相差固定をすることにつけるので、PLL-IC が有効に適用される。PLL-IC 諸形のうちでも NAND ゲートによるラッチの組み合わせ構成のデジタル形 PD (パルス立下りエッジ比較), D/A 変換チャージポンプ, 能動 RC フィルタ内蔵の 1 チップ IC 応用の PLL が有効適用される。これによると、基準入力信号 e_I の方形波整形信号が 50% デュティでなくても帰還信号 e_{II} との定常位相誤差が零となり、精確に 90° ロックできる。これはロックレンジが VCO の発振可能域全体となり、能動 RC フィルタ効果のため、DC アンプがなくても高利得が得られ、高利得設計時でも系が減衰特性を示すほか、周波数トラッキング特性が改善される。本制御系は BLT-M 系のように Q の高い場合でも $(f_r \pm \Delta f_r)$ の範囲で f_r が変化しても十分 f_r 追尾制御が行なえる。なお $(f_r \pm \Delta f_r)$ 以外の副共振周波数帯は e_I 信号ループ内の狭帯域フィルタによってカットオフし、VCO は中心周波数で自走するように加算入力信号を設定している。(昭和 53 年 1 月 27 日受付, 同 53 年 10 月 17 日再受付)

第 1 図 インバータ駆動・強力超音波
振動子系の共振周波数追尾制御系Fig. 1. Mechanical resonant frequency
tracking control system.

A Mechanical Resonant Frequency Tracking Control System of Inverter Fed Ultrasonic Motor. By Mutsuo Nakaoka, Member & Toru Maruhashi, Member (Faculty of Engineering, Kobe University)

中岡陸雄: 正員, 神戸大学工学部
丸橋 徹: 正員, 神戸大学工学部