

第6章

20～2000 rpm, 1.5 kgf・cmをフィードバック制御で駆動する 30 W 級 DC モータ制御回路の設計実例

米谷 勝也
Katsuya Yonetani

本章では、約 30 V_{DC} で最大 2000 rpm 以上の回転数が得られる出力 30 W 程度の DC モータを使用し、負荷トルク 1.5 kgf・cm 以上まで速度を一定に保つ制御回路を設計します。

システム設計

■ 設計仕様

次の仕様のモータ制御回路を設計します。

● 制御回路

- 速度可変比：100:1 以上
- 制御可能な回転数：20～2000 rpm
- 速度指令信号： $-5\sim+5\text{V}_{\text{DC}}$
- 回転方向： $0\sim+5\text{V}_{\text{DC}}$ 入力時 CW 方向， $-5\sim 0\text{V}_{\text{DC}}$ 入力時 CCW 回転方向。なお回転方向は、モータをシャフト側から見た場合。

- PWM 周波数：16 kHz
- 応答性：ステップ入力時の立ち上がり時間 30 ms

● 電源電圧

- パワー MOSFET ゲート駆動電源電圧：15 V
- モータ電源電圧：30 V
- ロジック回路電源電圧：5 V

● モータ(ブラシ付き DC)

- トルク定数： $K_t = 0.62\text{ kgf}\cdot\text{cm}/\text{A}$
- ロータ・イナーシャ： $J_M = 0.12 \times 10^{-3}\text{ kgf}\cdot\text{cm}\cdot\text{s}^2$
- シャフトに取り付ける負荷のイナーシャ： $J_L = 0.369 \times 10^{-3}\text{ kgf}\cdot\text{cm}\cdot\text{s}^2$ ，直径 42 mm，厚さ 15 mm の鉄製のプーリを使用する

■ 設計する速度制御回路の概要

図6-1は速度制御回路のブロック図、図6-2は全回路図です。また写真6-1は、製作した基板および使用したモータの外観です。

● 回転速度の検出

モータの回転速度は、PG信号をF-V変換(周波数-電圧変換)して検出します。そしてこの電圧を速度アンプにフィードバックします。なお、モータに取り付けられたエンコーダのパルス信号(PG)の周波数は回転数に比例します。

● 速度を一定に保つ速度フィードバック

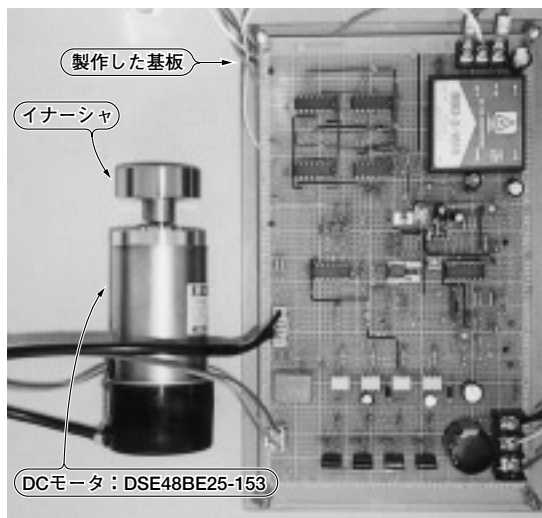
速度指令とこの速度フィードバック信号の差を速度アンプに入力し、回転速度が一定となるようPI(比例積分)制御を行います。速度アンプからはトルク指令を電流アンプに入力します。

● 電流フィードバックでトルクを一定に保つ

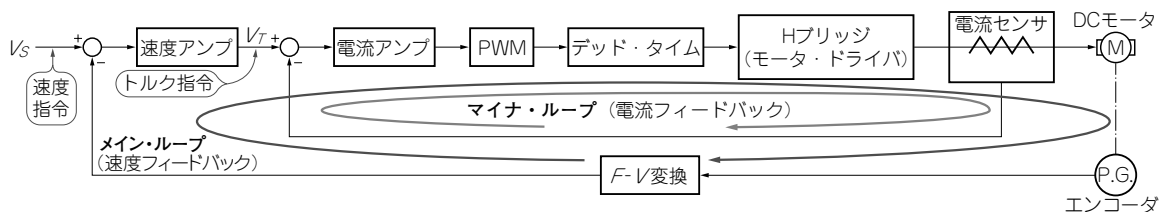
電流アンプは、電流センサで検出した電機子電流のフィードバック信号により、トルク指令に比例したトルクを発生させる電流制御を行います。このように速度ループ内にマイナ・ループである電流ループを挿入する制御(カスケード制御方式)を行い、速応性と安定性を向上させる構成にします。

● PWM変調回路から出力段まで

電流アンプ出力をPWM変調した後、デッド・タイムを付加します。そしてPWM信号のHレベルと



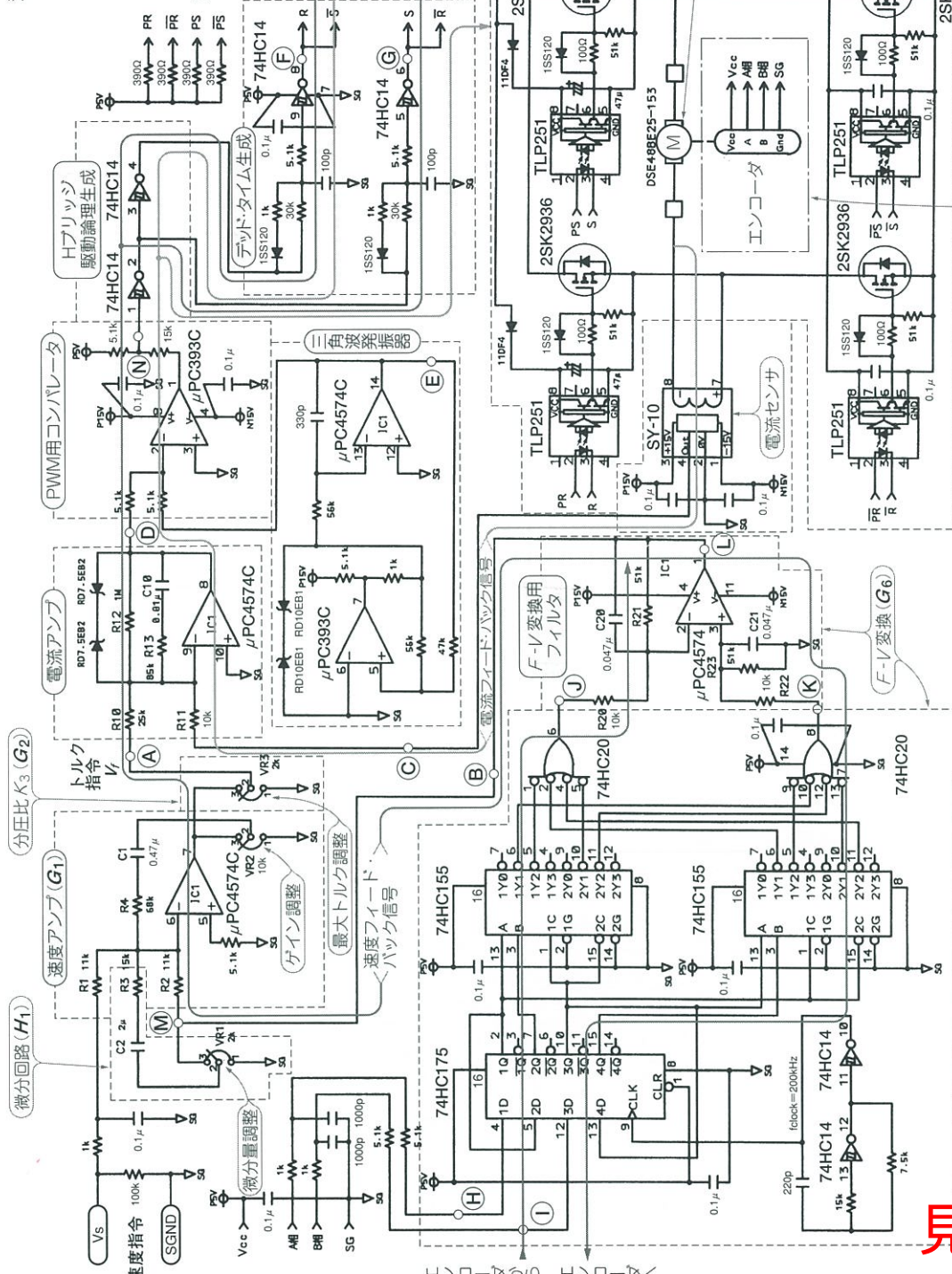
〈写真6-1〉
製作した制御回路基板とモータの外観



〈図6-1〉 実験用速度制御回路のシステム・ブロック図

注1▶ 図6-13のG3は電流ループ全体のクロックであるため、G3には電流アンプ、PWMコンパレータ、Hブリッジ、モータ、電流センサなどが含まれる

注2▶ — : 電流ループ、
--- : 速度ループ



4通倍回路(図6-6の単安定マルチバイブレータに相当) エンコーダ(G5)パルス数P=200ppr

〈図6-2〉 製作した定速度制御回路の全回路図