方形差動変圧器による大変位の位置検出

正員 鹿野 快男 (東京農工大)
 正員 宮路 廣 (鹿児島大)
 正員 長谷部 信也 (東京農工大)
 正員 花岡 資泰 (職業訓練短大)

Long Stroke Position Detector by Square Coil Type Linear Variable Differential Transformer

Yoshio Kano, Member (Tokyo University of Agr. & Tech), Hiroshi Miyaji, Member (Kagoshima University), Shinya Hasebe, Member (Tokyo University of Agri. & Tech.), Motoyasu Hanaoka, Member (Tokyo Vocational Training College)

キーワード：差動変圧器，リニアモータ位置検出，ロングストローク，リニアドライブ，リニアモータ

従来の円筒形の差動変圧器 (LVDT) は位置検出器として既に良い精度が得られているが，その直線範囲はたかだか数 cm の短いものが大部分である。近年，OA・FA 機器などに使用される直線状駆動装置についてその高精度位置決め，高速化，長ストローク化などが強く望まれているが，これらの駆動装置に使用する長ストロークで高精度の位置検出器の優れたものは数少なく，それぞれ一長一短がある⁽¹⁾。

ここでは，励磁コイルと検出コイルを長方形に巻いた，長ストロークで精度の高い方形 LVDT を提案し，位置検出特性について報告する。

本 LVDT の構造は図 1 に示すように，LVDT の長手方向に巻いた長方形励磁コイルの両側に 2 個の検出コイルが斜めに巻いてあり，透磁率の高いコアの移動によって生じる磁束分布の変化を検出コイルに誘導される差動電圧変化として位置を検出している。20×4×20 mm のフェライトコアを励磁コイルの内部に 1 個挟いた場合と励磁および検出コイルを挟んで 2 個用いた場合について述べる。コア内磁束比 (コア内磁束/励磁% 断面積内全磁束) %，コア 1 個のとき 29.7%，2 個のとき 33.0% であった。この比率は大きいことが望ましく，ストロークを長くすれば小さくなるので，感度が小さくならないようにしなければならない。

図 2 に位置検出特性を示す。図中の X 方向変位に対する各点の印は実測値であり，直線はそれぞれの位置検出特性より最小二乗法によって求めた一回帰直

図 1 方形作動変圧器の構造

Fig. 1. Structure of square coil type LVDT.

図 2 方形作動変圧器の位置検出特性

Fig. 2. Position detecting characteristic of square coil type LVDT.

線で，直線性と誤差計算に用いる理論値としている。励磁は 90 mV，5 kHz の交流で行った。変位 X が正のときは励磁電流と同相の，負のときは逆相の出力電圧が得られるようにしている。特性は正負方向でほぼ

図3 位置検出の誤差分布
Fig. 3. Error distribution of position detecting.

対称であり、変位とそれに対する検出電圧は比例している。正負の最大ストローク付近ではLVDTの厚み方向の巻線が検出電圧に影響を及ぼすので、本器ではコアの移動距離より正負両側に5%除いた部分を直線範囲としている。従って、直線範囲は ± 45 mmである。この直線範囲内では理論値と実測値はよく一致しており、高精度で最大ストローク90 mmの位置検出が可能である。

図3に検出特性の理論値に対する誤差を示す。

コア1個のとき最大誤差 $\xi_m = 1.41\%$ 、サンプルの標準偏差 $s = 0.056$ であるが、コアを2個にすれば $\xi_m = 0.45\%$ 、 $s = 0.036$ と小さくなり良い検出特性を示している。一方、直線範囲をコア移動距離の100 mmとした場合コア1個のとき $\xi_m = 3.74\%$ 、 $s = 0.149$ 、コア2個のとき $\xi_m = 0.86\%$ 、 $s = 0.056$ と共に大きくなっており、特にコア1個のときの直線性はあまり良くない。直線範囲の大小にかかわらず、コアを2個使用したときが直線性、最大誤差、感度ともに優れている。その理由は、直線性および誤差については、コア長の中心を対称にしてY方向にガウス分布的に変化しているコア内磁束の分布が、コア1個の場合に比べより直線状に変化しているためであり、また感度についてはコア内磁束の比率が大きくなるためである。

本方形差動変圧器は構造が簡単で大変位の良好な検出精度が得られるところに特徴があり、直線範囲をコア移動距離の90%程度とすれば、検出精度をより高めることができる。また、わくやコアの支持、コイルの巻方などを正確にすればもっと長ストロークで高精度の位置検出が十分期待される。

文 献

- (1) 磁気アクチュエータ調査専門委員会編：リニアモータとその応用，p. 3：65 (昭59) 電気学会
- (2) 鹿野・長谷部・伊藤・黄・山田：「新しい支持・位置検出機構を用いたリニア直流モータの動作特性」，電気学会リニア

ドライブ研資，LD-88-22 (昭63)

- (3) 鹿野・長谷部・荒木・嶋津・山田：「へん平差動変圧器による位置検出」，電気学会マグネティックス・リニアドライブ合同研資，MAG-89-109；LD 89-21 (平元)
- (4) 鹿野・長谷部・三輪・黄・山田：「可動へん平コイル形差動変圧器の解析」，電学論D，108，715 (昭63-7)
- (5) Y. Kano, S. Hasebe, C. Huang & T. Yamada: "New Type Linear Variable Differential Transformer Position Transducer", IEEE Trans. Instrum. Meas., 38, 407 (1989)

鹿野 快男 (正員)

昭和13年8月4日生。45年3月明治大学大学院博士課程修了。同年東京農工大学工学部助手。現在、同学部電気工学科教授。主として、磁気回路、電磁アクチュエータおよび農業、土木、生物に関する応用計測を研究。応用物理学会、計測自動制御学会、農業機械学会、日本生物環境調節学会会員。

宮路 廣 (正員)

昭和10年3月10日生。35年3月鹿児島大学教育学部卒業。同年4月同大学教育学部職業科助手，同技術科助手，現在に至る。技術科教育，産業計測制御，リニアドライブに関する研究に従事。日本産業技術教育学会会員。

長谷部 信也 (正員)

昭和21年2月8日生。43年3月山形大学工学部電気工学科卒業。44年2月東京農工大学工学部電気工学科勤務。現在同学部助手。主として、磁界の数値解析法の研究に従事。工学博士。応用磁気学会，日本シミュレーション学会会員。

花岡 資泰 (正員)

昭和18年2月12日生。46年3月明治大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年4月雇用促進事業団に勤務，現在東京職業訓とも短期大学校電気科教員。主として、電磁アクチュエータ，リニア誘導モータに関する研究に従事。