

ファジー理論によるかご型誘導電動機定スベリ制御

Constant Slip Control of Cage-type Induction Motor on Fuzzy-theory

新宮 博康* 周 礼中** 鷺見 哲雄***
Hiroyasu SHINGU Li zhong Zhou Tetuo SUMI

Abstract The optimum control of a cage-type induction motor decreases the consumption of an electric power with a constant slip control. The control is established by a non-core coil device picking up a secondary current. It also requires to apply the driving characteristic of an recently advancing motor. The concept of the control will be investigated by Fuzzy theory and an optimum constant-slip control of the motor. this paper will be useful to decrease the consuming energy of the motor. Until now, these motors in a lot of manufacture have been independently driving with an each driving mode so this paper will participate to the low energy control for the driving technique of these motors.

1. はじめに

工場などで多数の電動機が同時に始動される場合、電源設備の容量を大きく越えることがある。この対策として、電源設備の容量を増やすなどの方法が取られる。しかし、同方法が困難な場合、コンピュータによる始動の集中制御を行い、同時に様々な負荷条件で運転される電動機の省エネルギー運転が考えられる。この基礎研究としてファジー理論を導入したかご型誘導電動機の定スベリ制御について研究を行った。

誘導電動機の定スベリ制御について、その基本的な原理はかなり以前から確立されている。本報告は汎用モータであるかご型誘導電動機を制御する場合2次電流を検出して、検出される2次電流を直接コンピュータの制御情報としてファジー導入され、定スベリ制御を行う研究である。基本的制御はインバータによる電圧制御であり、あらかじめ、モータの内部定数を把握していることが必要である。

2. 実験方法

2. 1 2次電流検出方法

実験に用いた電動機は3相4極1.5Kwのモ-

- * 愛知工業大学 電気工学科
- ** 揚州工学院 電気工程教研室(中国)
- *** 愛知工業大学 電気工学科

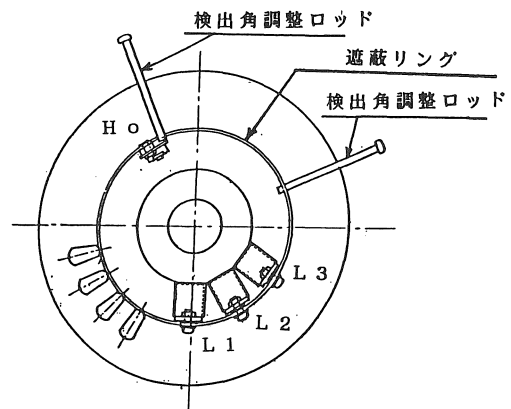


図1 検出部構造図

タである。回転子の端部にある冷却フィンを取り除き、エンドリングに流れる2次電流を検出する。その検出部の構造は図1に示す。検出コイル3個(極中心、進み、遅れコイル)と極中心コイルの対角線上に比較用検出素子としてホール素子を配置した。1次側漏洩磁束の影響をできるだけ少なくするため遮蔽リングを設け、このリング上に検出コイルとホール素子を取り付けた。このリングは固定子に対して角度調節ができるような構造とした。また、遮蔽リングの効果を検証するためプラスチック製リングと置き換え、実験を行った。検出コイルは15mm角空芯ボビンに0.35mm線35Tとした、ホール素子はTHS102Aを用いた。エンドリングと遮蔽リングのギャップは0.5mmとした。

2.2 2次電流信号処理

図2に信号処理回路を示す。検出コイルから検出される信号は振幅が広範囲に変化するのでオペアンプによって増幅される、スベリが少ないとき検出コイルから検出される信号は小さいので、リードリレーを用い、4段階の増幅度設定をして、増幅度の自動調整を行っている。また、検出コイルの出力は高次高調波を含んでいるので、増幅された信号は3段のローパスフィルタ回路によって、高次高調波を取り除き、2次電流の信号を得ている。得られた信号は次段のゼロクロス回路、微分回路および、単安定マルチバイブレート回路により、V-F変換をし、コンピュータの入力信号としている。

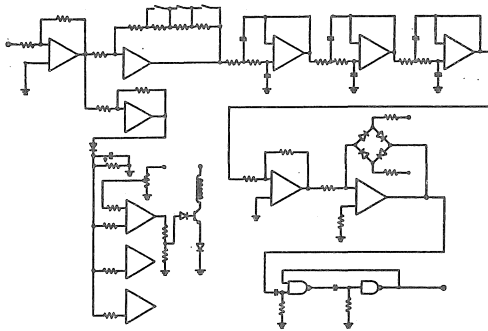


図2 信号処理回路

2.3 実験システム

図3に実験システムを示す。モータの特性実験によって省エネルギー及び安定化運転に最適なスベリS0を決定している。固定子側の周波数はf1、回転子の2次電流周波数はf2とし、スベリSを求めファジィ処理後、D-A変換によってインバータの周波数制御電圧としている。

コンピュータは日本電気製PC-8801、インバータは東芝製SF16J6A1とGU-3Aを用いた。

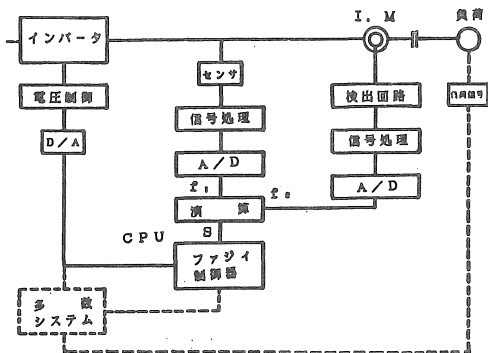


図3 実験システム

3. ファジィ制御概要

3.1 ファジィルール

本手法では制御に関する変数には次のものを使用した。

省エネルギー運転に最適な設定値S0とし、通常運転するときスベリ偏差E(i) = Si - S0、E(i)の変換分ΔE(i) = Si - Si-1 ファジィ制御器に対して、前件部入力変数としてE(i)とΔE(i)を、後件部出力変数としてはインバータ電圧Vを考えることにする。ファジィ制御規則を表1とする。ただしE, ΔE → V この9個

ΔE	NB	NS	ZO	PS	PB
E					
NB				NB	
NS				NS	
ZO	NB	NS	ZO	PS	PB
PS				PS	
PB					PB

表1 ファジィ制御規則

の制御規則ではE, ΔEよりVを評価するもので次のようにする。

- R1 if E = NB and ΔE = ZO then V = NB
- R2 if E = NS and ΔE = ZO then V = NS
- ...
- R8 if ΔE = PS and E = ZO then V = PS
- R9 if ΔE = PB and E = ZO then V = PB (1)

NB - PBは図4のようなメンバーシップ関数を

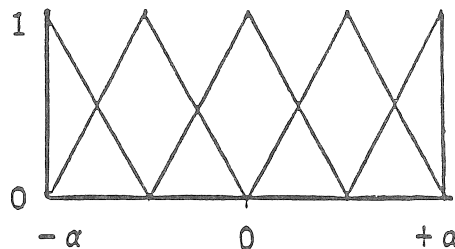


図4 EおよびΔEのメンバーシップ関数

定義している。これらのメンバーシップ関数は次のように示される。

$$\mu(x) = \frac{1}{a} (-|x - b| + a) \vee 0 \quad (2)$$

3. 2 ファジィ推論

以上に述べた制御ルールの実行には min-max 重心法を用いている。これは次のように処理をした。式(1)の制御ルールから関係付けられる前件部と後件部の適合度 ω_i を次式(3)より求める。

$$\omega_i = \mu_{i1} \wedge \mu_{i2} \quad (3)$$

ω_i の関係に対し重心法を用いて非ファジィ化を行い、式(4)に示すように制御操作量 V を求める。

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n W_i V_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (4)$$

ファジィ推論はコンピュータによって演算をおこなった。この演算プログラムは付録に付した。

4. 実験結果及び考察

本手法ではファジィ制御を導入することによってモータの軽負荷時に於ける効果は良好な結果が得られる。この結果は表2に示す。P0はモータの

E (V)	μ (%)	T (kgm)	P0 (W)	Pi (W)	Vp-p (V)
117	60.4	146	260	430	3.75
134	67.5	218	385	570	5.16
145	68.9	280	496	720	6.63
154	69.6	304	536	770	6.38
161	71.2	321	570	950	7.75
172	70.2	395	702	1000	7.69
181	66.7	395	700	1050	7.50
189	66.4	404	717	1080	7.13
200	68.0	464	820	1300	8.25

E (V)	μ (%)	$\cos\theta$	P0 (W)	S (%)	Pj / Ph (%)
200	66.1	74.2	631	2.9	4.2
168	70.2	83.5	631	4.0	
200	60.3	63.5	433	2.5	2.8
138	68.4	86.0	433	4.0	

P0/Phが50%以上のとき、省エネルギー効果はよくない。
 P0/Phが30%以下のとき、省エネルギー効果はよい。
 P0/Phが10%以下のとき、省エネルギー効果は非常によい。

表2 結果

出力、PHはモータの定格出力で、P0/PHの比が50%以上のとき省エネルギー効果はよくない、P0/PHの比が30%以下のとき省エネルギー効果がよい、P0/PHの比が15%以下のとき非常によい。

現段階では1台のモータについての実験である。今後の課題では、省エネルギー運転を目的とした、多数のモータを起動から全負荷、無負荷時にわたる集中制御すなはち省エネルギーシステムについて検討する。このとに付いてファジィ制御の省エネルギー効果が期待される。

参考文献

- 菅野道夫 "ファジィ制御" 日刊工業新聞社(1988)
- L.A.ZADEH "Fuzzy Sets Information and control 8, 318-353"(1965)
- L.A.ZADEH "Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes" IEEE Trans Systems Man and Cybernetics Vol.1 SMC-3 NO.1 28/44(1973)
- 水本雅晴 "ファジィ制御向きのファジィ推論法" <計測と制御> Vol.28 NO.11(1989)

付録

演算プログラム

```

100 '
110 DIM E(1), Z(1,2), W(9), V(2)
120 DEFINT I, J
130 DEF FNPS(X)=(-ABS(X-0.015)+0.015)
140 DEF FNPB(X)=(-ABS(X-0.030)+0.015)
150 DEF FNZO(X)=(-ABS(X-0.0)+0.015)
160 DEF FNNS(X)=(-ABS(X+0.015)+0.015)
170 DEF FNNB(X)=(-ABS(X+0.030)+0.015)
1000 '
1010 INPUT " *T1="; T1
1020 INPUT " *T2="; T2
1030 F1=1/T1
1040 F2=1/T2
1050 S0=F2/F1
1100 '
1110 INPUT " T1="; T1
1120 INPUT " T2="; T2
1130 F1=1/T1
    
```

```

1140 F2=1/T2
1150 S1=F2/F1
1200 '
1210 E(0)=S1-0.04
1230 E(1)=S1-S0
1300 '
1310 FOR I=0 TO 1
1320 IF E(1)>= 0.015 AND E(1)<0.03 THEN
      Z(1,3)=FNPS(E(1)):Z(1,4)=FNPB(E(1))
1330 IF E(1)>= 0.0 AND E(1)<0.015 THEN
      Z(1,3)=FNPS(E(1)):Z(1,2)=FNPB(E(1))
1340 IF E(1)>=-0.015 AND E(1)<0.0 THEN
      Z(1,2)=FNPS(E(1)):Z(1,1)=FNPB(E(1))
1350 IF E(1)>=-0.030 AND E(1)<-0.015 THEN
      Z(1,1)=FNPS(E(1)):Z(1,0)=FNPB(E(1))
1360 NEXT I
1400 '
1410 FOR I=0 TO 4
1420 IF Z(0,1)<Z(1,2) THEN W(1)=Z(0,1)
      ELSE W(1)=Z(1,2)
1430 NEXT I
1500 '
1510 FOR I=0 TO 4
1520 IF Z(0,2)<Z(1,1) THEN W(1+5)=Z(0,2)
      ELSE W(1+4)=Z(1,1)
1520 NEXT I
1600 '
1610 V(0)=W(0)*-40+W(1)*-20+W(3)*20+W(4)*40
      +W(5)*-40+W(6)*-20+W(8)*20+W(9)*40
1620 V(1)=0
1630 FOR I=0 TO 9
1640 V(1)=V(1)+W(I)
1650 NEXT I
1660 V(1)=V(1)-W(7)
1700 '
1710 IF V(1)=0 THEN V(2)=0 ELSE V(2)=V(0)
      /V(1)
1720 PRINT 160+V(2)
1800 '
1810 FOR I=0 TO 1
1820 FOR J=0 TO 4
1830 Z(I,J)=0
1840 NEXT J
1850 NEXT I
1860 '
1870 FOR I=0 TO 9
1880 W(I)=0

```

```

1890 NEXT I
1900 '
1910 S0=S1
1920 GOTO 1100

```

(受理 平成3年3月20日)