

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

1 ข้อมูลของมอเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

Super-Line E

3 Phase Induction Motor

Type	SB-E	JIS C 4004
5 PH	4P	Rating cont.
Frame	112 M	Temp. Rise Limit 65 °C
Volt	220/380 V	
Amp	13.5/7.8 A	Date OCT 1872
RPM	1420	Serial A08358010

Mitsubishi Electric Cooperation Japan

ภาพที่ ก.1 ป้ายชื่อของมอเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

2 ข้อมูลของการทดสอบมอเตอร์

DC-test	$V_{DC} = 9.5 \text{ V}$	$I_{DC} = 3.724 \text{ A}$	Y - connection
No-Load test	$V_N = 220\text{V/Ph}$	$I_N = 3.84 \text{ A}$	$P_N = 119\text{W/Ph}$
Lock roter test	$V_L = 39\text{V/Ph}$	$I_L = 7.8\text{A}$	$P_L = 181.33\text{W/Ph}$

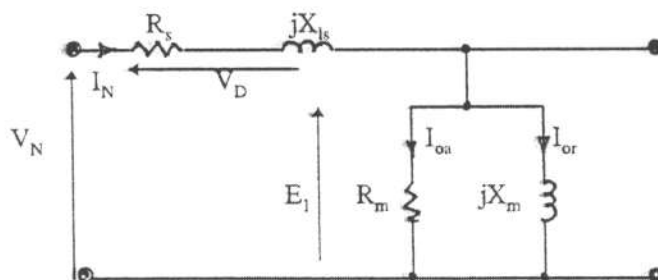
3 การคำนวณหาจรรยาเทียบเท่าของมอเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1 จาก DC-Test จะได้

$$R_s = \frac{1}{2} \left(\frac{9.5V}{3.7245A} \right)$$

$$R_s = 1.2755\Omega$$

3.2 จาก No-load test:



ภาพที่ ก.2 วงจรเทียบเท่าตอน No-load test

(R_m - แทน core losses + dynamic friction losses + windage losses)

$$Pf = \frac{P_N}{V_N I_N}$$

$$Pf = \frac{119}{220 \times 3.84} = 0.14 \text{ lagging}$$

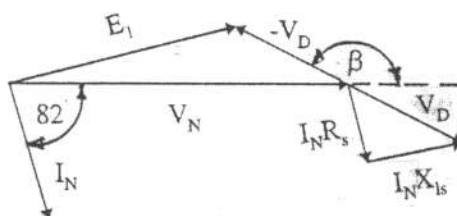
$$\theta_N = \tan^{-1}(0.14) = 82^\circ$$

เพราะว่า $\vec{V}_N = \vec{E}_1 + \vec{V}_D$

ดังนั้น $\vec{E}_1 = \vec{V}_N + (-\vec{V}_D)$

ปกติแล้วค่า V_D จะอยู่ระหว่าง 2-3 เปอร์เซ็นต์ของค่า V_N ในที่นี้จะคิดค่า V_D ประมาณ 3% เพราะฉะนั้นค่า V_D จึงเท่ากับ 6.6 V

จาก เวกเตอร์ไดอะแกรม (vector diagram)



ภาพที่ ก.3 เวกเตอร์ไดอะแกรมตอน no-load

$$\begin{aligned} \text{เพราะว่า } I_N X_{ls} &= \sqrt{V_D^2 - (I_N R_s)^2} \\ &= \sqrt{6.6^2 - (3.84 \times 1.2755)^2} = 4.4238 \, \Omega \end{aligned}$$

ดังนั้น $X_{ls} = \frac{4.4238}{3.84} = 1.1250 \Omega$

และ $L_{ls} = \frac{1.1520}{2\pi \times 50} = 0.0037 \text{ H}$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{X_{ls}}{R_s}\right)$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{1.1520}{1.2755}\right) = 42^\circ$$

$$\beta = 180 - (82 - 42) = 140$$

เพราะฉะนั้น $E_1 = \sqrt{220^2 + 6.6^2 + 2 \times 220 \times 6.6 \cos(140)} = 215 \text{ V}$

เพราะว่า $P_{(Core+F+W)} = P_N - I_N^2 R_s$

$$= 119 - (3.84)^2 \cdot 1.2755$$

$$= 114 \text{ W}$$

เพราะฉะนั้น $I_{oa} = \frac{P_{(Core+F+W)}}{E_1}$

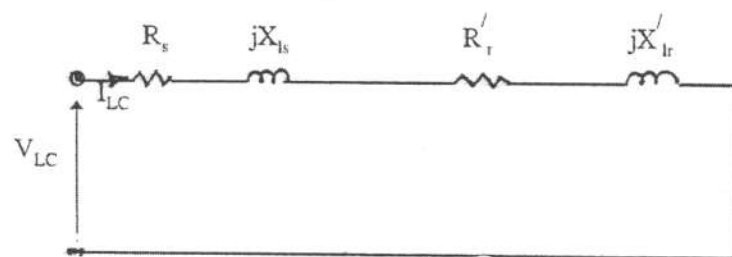
$$= \frac{114}{215} = 0.5307 \text{ A}$$

$$I_{or} = \sqrt{(3.84)^2 - (0.5307)^2} = 3.8032 \text{ A}$$

$$X_m = \frac{E_1}{I_{or}}$$

$$= \frac{215 \text{ V}}{3.8032 \text{ A}} = 56.5313 \Omega$$

$$L_m = \frac{56.5313}{2\pi \times 50} = 0.1799 \text{ H}$$



ภาพที่ ก.4 วงจรเทียบเท่าในขณะ Lock -rotor

จาก Equivalent circuit ของ Lock -rotor test

เพราะว่า $V_{LC} = 39 \text{ V}$, $I_{LC} = 7.8 \text{ A}$, $P_{LC} = 181.33 \text{ W}$

เพราะฉะนั้น $R'_r = \frac{P_{LC}}{I_{LC}^2} - R_s$

$$R_r' = \frac{181.33}{7.8^2} - 1.2755 = 1.7049 \, \Omega$$

$$Z_{LC} = \frac{V_{LC}}{I_{LC}} = \frac{39V}{7.8A} = 5 \, \Omega$$

$$(X_{ls} + X_{lr}') = \sqrt{Z_{LC}^2 - (R_s + R_r')^2} = \sqrt{5^2 - (2.9804)^2} = 4.0146 \, \Omega$$

เพราะว่า $L_{ls} + L_{lr}' = \frac{4.0146}{2\pi \times 50} = 0.0128 \, H$

เพราะฉะนั้น $L_{lr}' = 0.0128 - 0.0037 = 0.0091 \, H$

สรุปพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการจำลองมีค่าดังนี้

$$R_s = 1.2755 \, \Omega$$

$$R_r' = 1.7049 \, \Omega$$

$$L_{ls} = 0.0037 \, H$$

$$L_{lr}' = 0.0091 \, H$$

$$L_m = 0.01799 \, H$$

$$L_s = L_{ls} + L_m = 0.1836 \, H$$

$$L_r' = L_{lr}' + L_m = 0.1890 \, H$$

ภาคผนวก ข.

การคำนวณค่าโมเมนต์ของความเฉื่อยและแรงต้านของลม

1 การคำนวณโมเมนต์ของแรงเฉื่อยของโรเตอร์และล้อช่วยแรง

ข้อมูลทางกายภาพของโรเตอร์และล้อช่วยแรง

-โรเตอร์เป็นแบบกรงกระรอกหนัก	10.0 กิโลกรัม
-เส้นผ่าศูนย์กลางของโรเตอร์	11.0 เซนติเมตร
-น้ำหนักของล้อช่วยแรง	8.5 กิโลกรัม
-เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อช่วยแรง	30.5 เซนติเมตร

จากสูตรของโมเมนต์ของความเฉื่อย

$$J_m = \frac{1}{2} m R^2$$

ดังนั้นค่าโมเมนต์ของความเฉื่อยรวมของโรเตอร์และล้อช่วยแรงมีค่าเท่ากับ

$$J_t = \frac{1}{2} \times 10 \text{ Kg} \left(\frac{0.11}{2} \text{ m} \right)^2 + \frac{1}{2} \times 8.5 \text{ Kg} \left(\frac{0.305}{2} \text{ m} \right)^2$$

$$= 0.113964 \quad \text{Kg-m}^2$$

$$= 0.113964 \quad (\text{Kg-m/s}^2)(\text{-m-s}^2)$$

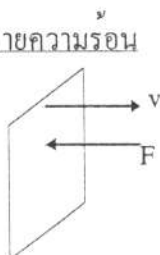
$$\text{หรือ} \quad = 0.113964 \quad \text{N-m-s}^2$$

2 การคำนวณแรงบิดเนื่องจากความเสียดและแรงต้านของลม(friction and windage torques)

เนื่องจากว่าโรเตอร์วางอยู่บนตลับลูกปืน(bearing) ดังนั้นแรงเสียดทานจึงมีค่าน้อยมาก
แรงบิดเนื่องจากแรงเสียดทานจึงมีค่าเป็นศูนย์

ส่วนแรงต้านของลมจะพิจารณาจากสองส่วนคือจากใบพัดระบายความร้อนและจากความหนืดของอากาศที่ผิวของโรเตอร์

2.1 แรงเสียดทานจากใบพัดระบายความร้อน



ภาพที่ ข.1 แสดงถึงแรงต้านที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุที่มีพื้นที่เคลื่อนที่ไปในอากาศ

จากสูตร $F = \rho_a Qv$

หรือ $F = \rho_a (Av)v$

หรือ $F = Av^2$

แต่ $v = \omega_r R$

ดังนั้น $F = \rho_a R^2 \omega_r^2$

และ $T_L = FR$

เพราะฉะนั้น $T_L = \rho (A_1 + A_2) R^3 \omega_r^2$

แทนค่า $A_1 = 7.4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$, $A_2 = 1.85 \times 10^{-4} \text{ m}^2$, $R = 5.5 \times 10^{-2} \text{ m}$, $\rho = 1.29 \text{ Kg/m}^3$

ดังนั้น $T_L = 8 (1.29 \text{ Kg/m}^3) (7.4 + 1.85) 10^{-4} \text{ m}^2 (5.5 \times 10^{-2} \text{ m})^3 \omega_r^2$

$T_L = 1.5882 \times 10^{-6} \omega_r^2 \quad \text{N-m-rad}^2$



ภาพที่ ข.2 แสดงขนาดของใบพัดระบายอากาศของโรเตอร์

2.2 แรงบิดต้านกลับเนื่องจากความหนืดของอากาศ

เพราะว่า $F = \eta A \frac{v}{d}$

$\eta = 181 \times 10^{-6} \text{ poise}$ (1 poise = 10^{-1} N-s/m^2) (ความหนืดของอากาศ)

$A = 2\pi Rl$ (พื้นที่ผิวของโรเตอร์)

$v = \omega R$ (ความเร็วผิวของโรเตอร์)

$d =$ ช่องว่างอากาศระหว่างโรเตอร์และสเตเตอร์เท่ากับ 0.05 cm

และ $T_a = FR$

$T_a = \eta A \frac{v}{d} R$

$T_a = \eta (2\pi Rl) \frac{R^3}{d} \omega_r$

$T_a = 2\pi (181 \times 10^{-7}) \frac{(11.5 \times 10^{-2})(5.5 \times 10^{-2})^3}{0.25 \times 10^{-2}} \omega_r$

ดังนั้น $T_a = 8.7037 \times 10^{-7} \omega_r \quad \text{N-m-rad}$

2.3 เปรียบเทียบแรงบิดต้านกลับเนื่องจากใบพัดระบายความร้อนและความหนืดของอากาศ

$$\frac{T}{T_a} = \frac{1.5882 \times 10^{-6} \omega_r^2}{8.7037 \times 10^{-7} \omega_r}$$

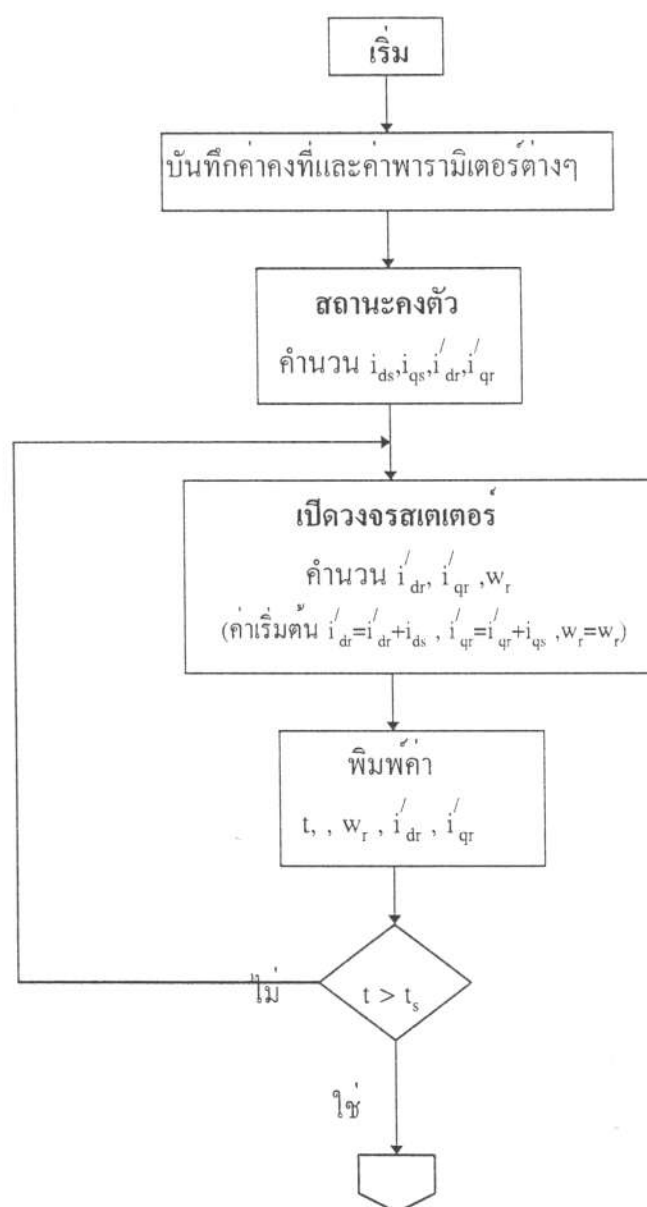
$$T = (1.825 \omega_r) T_a$$

จะเห็นว่า T มากกว่า T_a มากๆ ดังนั้นจึงตัดแรงบิดต้านกลับเนื่องจากความหนืดของอากาศทิ้งได้

ภาคผนวก ค.

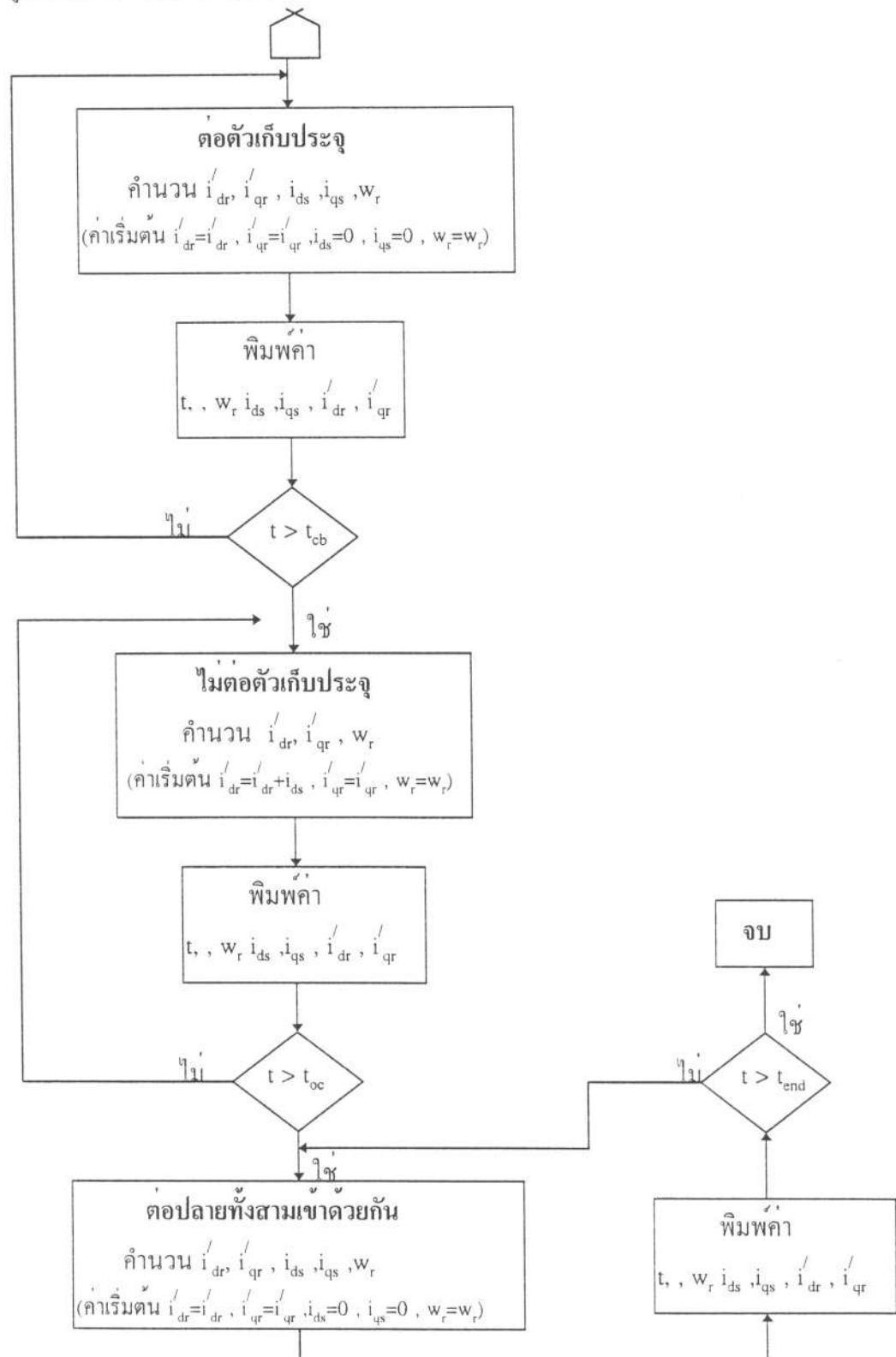
แผนภูมิและโปรแกรม

1.1 แผนภูมิของโปรแกรมการจำลอง



ภาพที่ ค.1 แผนภูมิโปรแกรมการจำลองการเบรคมอเตอร์

แผนภูมิโปรแกรมการจำลอง(ต่อ)



ภาพที่ ค.1 แผนภูมิโปรแกรมการจำลองการเบรคมอเตอร์(ต่อ)

1.2 โปรแกรมการจำลองการเบรคมอเตอร์

```
CLS
DEFDBL A-Z
REM *****
REM "Constant values and Parameters"
REM *****
r = 0: c = 700 * .000001
REM *****
rs = 1.2755: rr = 1.7049
Lls = .0037: Llr = .0091: lm = .1799
p = 4: jm = .113964: tl = 1.5882 * .000001
REM *****
REM "Steady State Condition"
REM *****
n = 1500: vl = 380: il = 4.2
f = 50
wr = (2 * (22 / 7) * (n / 60)) * (p / 2)
w = 2 * (22 / 7) * f
ls = Lls + lm: lr = Llr + lm
REM *****
vas = vl / 1.732: vbs = vl / 1.732
ias = il: ibs = il
vqs = vas: iqs = ias
vds = (-2 * vbs - vqs) / 1.732
ids = (-2 * ibs - iqs) / 1.732
REM *****
idr = (vqs - rs * iqs - w * (Lls + lm) * ids) /
(w * lm)
iqr = (vds - rs * ids - w * (Lls + lm) * iqs) /
(w * lm)
```

```
REM *****
PRINT USING "###.##"; TAB(10); t; TAB(20)
; n; TAB(30); idr; TAB(40); iqr; TAB(50); ids;
TAB(60); iqs
REM *****
a1 = -rr / lr;
e1 = (.375 * (p ^ 2) * lm) / jm: e2 = (tl * p) /
2 * jm
REM *****
h = .001: t = 0: ts = .1: tcb = ts + .4: toc =
tcb + .005:
tsc = toc + 1
REM *****
REM initial condition
REM *****
i1 = idr + (lm / lr) * ids: i2 = iqr + (lm / lr) * iqs:
vc = 0: ic = 0: sc = 0
REM *****
DO
FOR i = 1 TO 100
k11 = h * (a1 * i1 - wr * i2)
k12 = h * (wr * i1 + a1 * i2)
m1 = h * (-e2 * (wr ^ 2))
k21 = h * (a1 * (i1 + k11 / 2) - (wr + m1 / 2)
* (i2 + k12 / 2))
k22 = h * ((wr + m1 / 2) * (i1 + k11 / 2) +
a1 * (i2 + k12 / 2))
m2 = h * (-e2 * ((wr + m1 / 2) ^ 2))
```

โปรแกรมการจำลอง(ต่อ)

```

k31 = h * (a1 * (i1 + k21 / 2) - (wr + m2 / 2)
* (i2 + k22 / 2))
k32 = h * ((wr + m2 / 2) * (i1 + k21 / 2) +
a1 * (i2 + k22 / 2))
m3 = h * (-e2 * ((wr + m2 / 2) ^ 2))

k41 = h * (a1 * (i1 + k31) - (wr + m3) * (i2
+ k32))
k42 = h * ((wr + m3) * (i1 + k31) + a1 * (i2
+ k32))
m4 = h * (-e2 * ((wr + m3) ^ 2))

i1 = i1 + (k11 + 2 * k21 + 2 * k31 + k41) / 6
i2 = i2 + (k12 + 2 * k22 + 2 * k32 + k42) / 6
wr = wr + (m1 + 2 * m2 + 2 * m3 + m4) / 6
n = ((60 * wr) / (44 / 7)) / (p / 2)
idr = i1
iqr = i2
t = t + h
ids = 0: iqs = 0

IF i = 4 THEN GOTO prn
NEXT

prn:
PRINT USING "####.##"; TAB(10); t; TAB
(20); n; TAB(30); idr; TAB(40); iqr; TAB(50);
ids; TAB(60); iqs

IF t > ts THEN EXIT DO
LOOP

```

```

REM *****
REM      "Single Capacitor Self Exited"
REM *****

k = 1 - lm ^ 2 / (ls * lr)
b1 = -1 / (2 * k * c * ls); b2 = -(rs + r / 2) /
(k * ls)
b3 = (rr * lm) / (k * ls * lr); b4 = lm / (k * ls)
c1 = lm / (2 * k * c * ls * lr); c2 = ((rs + r
/ 2) * lm) / (k * ls * lr)
c3 = -rr / (k * lr); c4 = -1 / k
d1 = lm / lr; d2 = -rr / lr

REM *****
x2 = ids; x3 = idr; x4 = iqr

REM *****
DO
k11 = h * (x2)
k12 = h * (b1 * X1 + b2 * x2 + b3 * x3 + b4
* x4 * wr)
k13 = h * (c1 * X1 + c2 * x2 + c3 * x3 + c4
* x4 * wr)
k14 = h * (d1 * x2 * wr + x3 * wr + d2 * x4)
k15 = h * (-e1 * x2 * x4 - e2 * (wr ^ 2))

k21 = h * (x2 + k12 / 2) k22 = h * (b1 *
(X1 + k11 / 2) + b2 * (x2 + k12 / 2) + b3 * (x3
+ k13 / 2) + b4 * (x4 + k14 / 2) * (wr + k15 /
2))
k23 = h * (c1 * (X1 + k11 / 2) + c2 * (x2 +
k12 / 2) + c3 * (x3 + k13 / 2) + c4 * (x4 + k14
/ 2) * (wr + k15 / 2))

```

โปรแกรมการจำลอง(ต่อ)

```

k24 = h * (d1 * (x2 + k12 / 2) * (wr + k15 /
2) + (x3 + k13 / 2) * (wr + k15 / 2) + d2 * (x4
+ k14 / 2))

K25 = h * (-e1 * (x2 + k12 / 2) * (x4 + k14 /
2) - e2 * ((wr + k15 / 2) ^ 2))

k31 = h * (x2 + k22 / 2)

k32 = h * (b1 * (X1 + k21 / 2) + b2 * (x2 +
k22 / 2) + b3 * (x3 + k23 / 2) + b4 * (x4 + k24
/ 2) * (wr + K25 / 2))

k33 = h * (c1 * (X1 + k21 / 2) + c2 * (x2 +
k22 / 2) + c3 * (x3 + k23 / 2) + c4 * (x4 + k24
/ 2) * (wr + K25 / 2))

k34 = h * (d1 * (x2 + k22 / 2) * (wr + K25 /
2) + (x3 + k23 / 2) * (wr + K25 / 2) + d2 * (x4
+ k24 / 2))

K35 = h * (-e1 * (x2 + k22 / 2) * (x4 + k24 /
2) - e2 * ((wr + K25 / 2) ^ 2))

k41 = h * (x2 + k32)

k42 = h * (b1 * (X1 + k31) + b2 * (x2 + k32)
+ b3 * (x3 + k33) + b4 * (x4 + k34) * (wr +
K35))

k43 = h * (c1 * (X1 + k31) + c2 * (x2 + k32)
+ c3 * (x3 + k33) + c4 * (x4 + k34) * (wr +
K35))

```

```

k44 = h * (d1 * (x2 + k32) * (wr + K35) +
(x3 + k33) * (wr + K35) + d2 * (x4 + k34))

K45 = h * (-e1 * (x2 + k32) * (x4 + k34) - e2
* ((wr + K35) ^ 2))

X1 = X1 + (k11 + 2 * k21 + 2 * k31 + k41) / 6
x2 = x2 + (k12 + 2 * k22 + 2 * k32 + k42) / 6
x3 = x3 + (k13 + 2 * k23 + 2 * k33 + k43) / 6
x4 = x4 + (k14 + 2 * k24 + 2 * k34 + k44) / 6

prc:
PRINT USING "####.###", TAB(10); t; TAB(20)
; n; TAB(30); x3; TAB(40); x4; TAB(50); x2;
TAB(60); iqr

IF t > tcb THEN EXIT DO

LOOP

REM *****
REM      Open Circuit Capacitor
REM *****

a1 = -rr / (lm + Llr);

REM *****
REM      initial condition
i1 = x2 + (lm / lr) * x3; iqr = x4

REM *****
DO

k11 = h * (a1 * i1 - wr * iqr)

k12 = h * (wr * i1 + a1 * iqr)

m1 = h * (-e2 * (wr ^ 2))

```

โปรแกรมการจำลอง(ต่อ)

```

k21 = h * (a1 * (i1 + k11 / 2) - (wr + m1 / 2)
* (iqr + k12 / 2))
k22 = h * ((wr + m1 / 2) * (i1 + k11 / 2) +
a1 * (iqr + k12 / 2))
m2 = h * (-e2 * ((wr + m1 / 2) ^ 2))
k31 = h * (a1 * (i1 + k21 / 2) - (wr + m2 / 2)
* (iqr + k22 / 2))
k32 = h * ((wr + m2 / 2) * (i1 + k21 / 2) +
a1 * (iqr + k22 / 2))
m3 = h * (-e2 * ((wr + m2 / 2) ^ 2))
k41 = h * (a1 * (i1 + k31) - (wr + m3) * (iqr
+ k32))
k42 = h * ((wr + m3) * (i1 + k31) + a1 * (iqr
+ k32))
m4 = h * (-e2 * ((wr + m3) ^ 2))
i1 = i1 + (k11 + 2 * k21 + 2 * k31 + k41) / 6
iqr = iqr + (k12 + 2 * k22 + 2 * k32 + k42) / 6
wr = wr + (m1 + 2 * m2 + 2 * m3 + m4) / 6
n = ((60 * wr) / (44 / 7)) / (p / 2)
idr = i1
t = t + h
ids = 0: iqs = 0

PRINT USING "####.##"; TAB(10); t; TAB
(20); n; TAB(30); idr; TAB(40); iqr; TAB(50);
ids; TAB(60); iqs;

IF t > toc THEN EXIT DO
LOOP
REM *****
REM      Short Circuit All Leads

```

```

REM *****
a1 = -rs / (k * ls); a2 = (lm * rr) / (k * ls * lr)
a3 = lm ^ 2 / (k * ls * lr); a4 = lm / (k * ls)
b1 = (lm * rs) / (k * ls * lr); b2 = -rr / (k * lr)
b3 = -lm / (k * lr); b4 = -1 / k
c1 = -lm ^ 2 / (k * ls * lr); c2 = -lm / (k * ls)
c3 = -rs / (k * ls); c4 = (lm * rr) / (k * ls * lr)
d1 = lm / (k * lr); d2 = 1 / k
d3 = (lm * rs) / (k * ls * lr); d4 = -rr / (k * lr)

DO
FOR i = 1 TO 100
    k11 = h * (a1 * ids + a2 * idr + a3 * wr *
iqr + a4 * iqr * wr)
    k12 = h * (b1 * ids + b2 * idr + b3 * iqs *
wr + b4 * iqr * wr)
    k13 = h * (c1 * ids * wr - c2 * idr * wr +
c3 * iqs + c4 * iqr)
    k14 = h * (d1 * ids * wr - d2 * idr * wr +
d3 * iqs + d4 * iqr)
    m1 = h * (e1 * (iqs * idr - ids * iqr) - e2 * (wr
^ 2))

    k21 = h * (a1 * (ids + k11 / 2) + a2 * (idr +
k12 / 2) + a3 * (wr + m1 / 2) * (iqs + k13 / 2) +
a4 * (iqr + k14 / 2) * (wr - m1 / 2))
    k22 = h * (b1 * (ids + k11 / 2) + b2 * (idr +
k12 / 2) + b3 * (iqs + k13 / 2) * (wr + m1 / 2)
+ b4 * (iqr + k14 / 2) * (wr - m1 / 2))

```

โปรแกรมการจำลอง(ต่อ)

```

k23 = h * (c1 * (ids + k11 / 2) * (wr + m1 / 2) + c2 * (idr + k12 / 2) * (wr + m1 / 2) + c3 * (iqs + k13 / 2) + c4 * (iqr + k14 / 2))

k24 = h * (d1 * (ids + k11 / 2) * (wr + m1 / 2) + d2 * (idr + k12 / 2) * (wr + m1 / 2) + d3 * (iqs + k13 / 2) + d4 * (iqr + k14 / 2))

m2 = h * (e1 * ((iqs + k13 / 2) * (idr + k12 / 2) - (ids + k11 / 2) * (iqr + k14 / 2)) - e2 * ((wr + m1 / 2) ^ 2))

k31 = h * (a1 * (ids + k21 / 2) + a2 * (idr + k22 / 2) + a3 * (wr + m2 / 2) * (iqs + k23 / 2) + a4 * (iqr + k24 / 2) * (wr + m2 / 2))

k32 = h * (b1 * (ids + k21 / 2) + b2 * (idr + k22 / 2) + b3 * (iqs + k23 / 2) * (wr + m2 / 2) + b4 * (iqr + k24 / 2) * (wr + m2 / 2))
k33 = h * (c1 * (ids + k21 / 2) * (wr + m2 / 2) + c2 * (idr + k22 / 2) * (wr + m2 / 2) + c3 * (iqs + k23 / 2) + c4 * (iqr + k24 / 2))

k34 = h * (d1 * (ids + k21 / 2) * (wr + m2 / 2) + d2 * (idr + k22 / 2) * (wr + m2 / 2) + d3 * (iqs + k23 / 2) + d4 * (iqr + k24 / 2))

m3 = h * (e1 * ((iqs + k23 / 2) * (idr + k22 / 2) - (ids + k21 / 2) * (iqr + k24 / 2)) - e2 * ((wr + m2 / 2) ^ 2))

k41 = h * (a1 * (ids + k31) + a2 * (idr + k32) + a3 * (wr + m3) * (iqs + k33) + a4 * (iqr + k34) * (wr + m3))

```

```

k42 = h * (b1 * (ids + k31) + b2 * (idr + k32) + b3 * (iqs + k33) * (wr + m3) + b4 * (iqr + k34) * (wr + m3))

k43 = h * (c1 * (ids + k31) * (wr + m3) + c2 * (idr + k32) * (wr + m3) + c3 * (iqs + k33) + c4 * (iqr + k34))

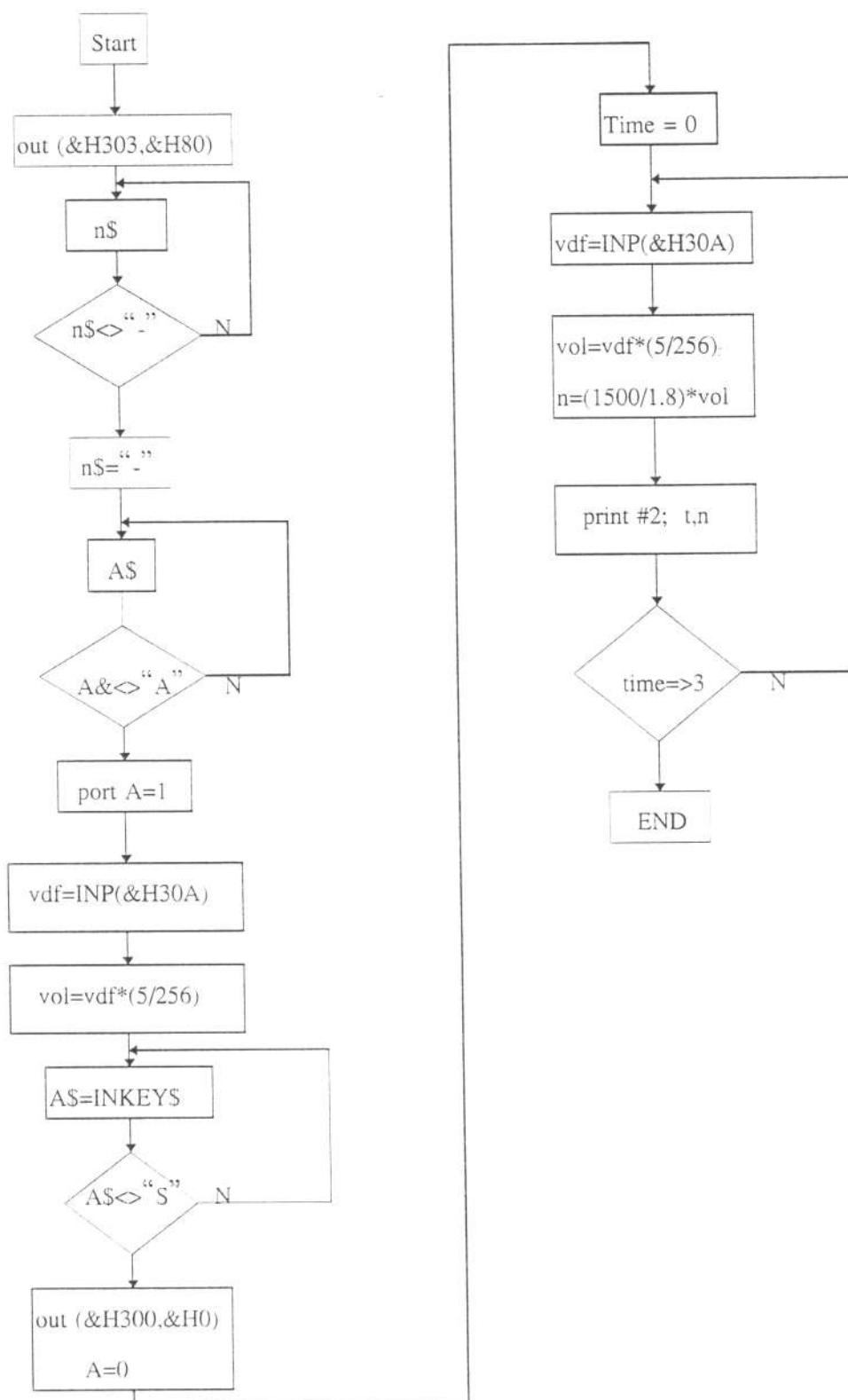
k44 = h * (d1 * (ids + k31) * (wr + m3) + d2 * (idr + k32) * (wr + m3) + d3 * (iqs + k33) + d4 * (iqr + k34))

m4 = h * (e1 * ((iqs + k33) * (idr + k32) - (ids + k31) * (iqr + k34)) - e2 * ((wr + m3) ^ 2))

ids = ids + (k11 + 2 * k21 + 2 * k31 + k41) / 6
idr = idr + (k12 + 2 * k22 + 2 * k32 + k42) / 6
iqs = iqs + (k13 + 2 * k23 + 2 * k33 + k43) / 6
iqr = iqr + (k14 + 2 * k24 + 2 * k34 + k44) / 6
wr = wr + (m1 + 2 * m2 + 2 * m3 + m4) / 6
n = ((60 * wr) / (44 / 7)) / (p / 2)
t = t + h
IF i = 1 THEN GOTO psc:
NEXT
psc:
PRINT USING "###.###"; TAB(10); t; TAB(20); n; TAB(30); idr; TAB(40); iqr; TAB(50); ids; TAB(60); iqs;
IF t > tsc THEN EXIT DO
LOOP
END

```

1.3 แผนภูมิโปรแกรมการทดลองเบรคมือเตอร์



ภาพที่ ค.2 แผนภูมิโปรแกรมการทดลองเบรคมือเตอร์

1.4 โปรแกรมการทดลองเบรคมือเตอร์

```

COLOR 2, 1
CLS
OUT &H303, &H80

inn:
    CLS
    INPUT "Enter files name save data:", n$
    IF n$ = "" OR n$ = " " THEN BEEP: GOTO
inn:
    OPEN "c:\e7S5.out" FOR OUTPUT AS #2
    a$ = "q"
    CLS
    DO
        OUT &H300, &H0
        LOCATE 9, 25: PRINT "-----"
        LOCATE 10, 25: PRINT " Press 'a' or 'A' to
start "
        LOCATE 11, 25: PRINT "-----"
        a$ = INKEY$
        LOOP WHILE UCASE$(a$) <> "A"
            OUT &H300, &HFF
            COLOR 3, 1
            DO
                OUT &H300, &HFF
                vdf = INP(&H30A)
                vol = vdf * (5 / 256)
                n = (1500 / 1.803) * vol

                LOCATE 15, 20: PRINT "
                LOCATE 15, 25: PRINT vol, n
                LOCATE 9, 25: PRINT "=====
                LOCATE 10, 25: PRINT " Press 's' or 'S' to stop
                LOCATE 11, 25: PRINT "=====

```

```

a$ = INKEY$
    LOOP WHILE UCASE$(a$) <> "S"
    COLOR 7, 1
    LOCATE 9, 25: PRINT "*****"
    LOCATE 10, 25: PRINT " Record data Volt to
file "; n$
    LOCATE 11, 25: PRINT "*****"
        OUT &H300, &H0
        TIMES = "00:00:00"
        a = 1
        DO
            FOR j = 0 TO 50
                tns = TIMER
                vdf = INP(&H30A)
                vol = vdf * (5 / 256)
                n = (1500 / 1.803) * vol
                NEXT j

        PRINT USING "####.####": tns; TAB(20); n;
        TAB(30); vol
        PRINT #2, USING "####.####": tns; TAB(20);
n; TAB(30); vol

        a = a + 1
        ax:
        DO
            LOOP WHILE TIMER <= tns
            LOOP WHILE TIMER <= 3
        CLOSE #2
    END

```