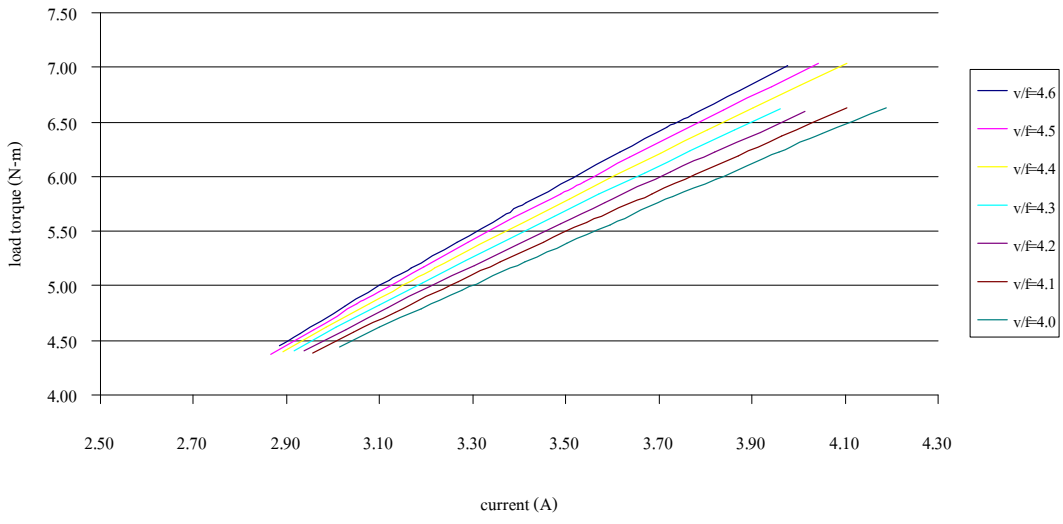
บทที่ 3

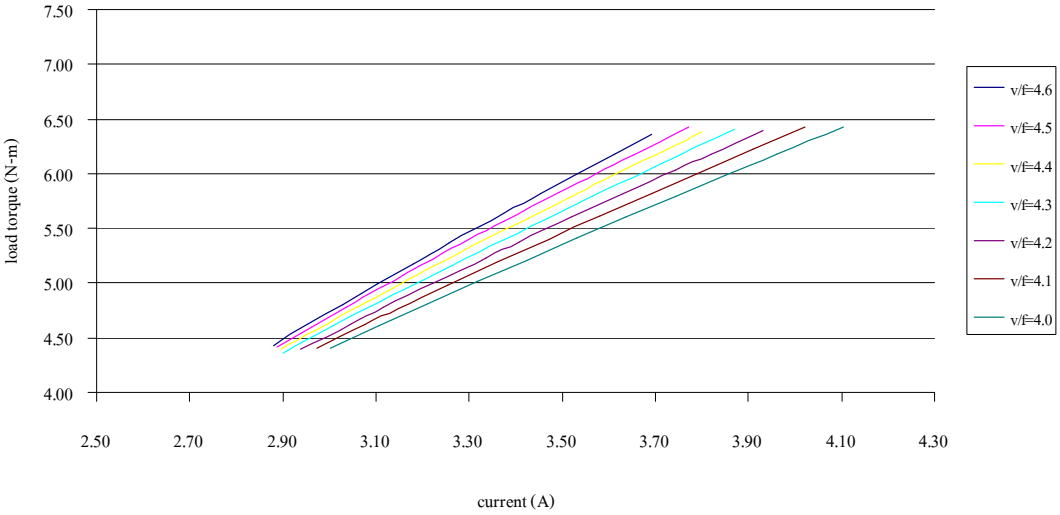
การออกแบบระบบควบคุม

3.1 การศึกษาการทำงานของมอเตอร์

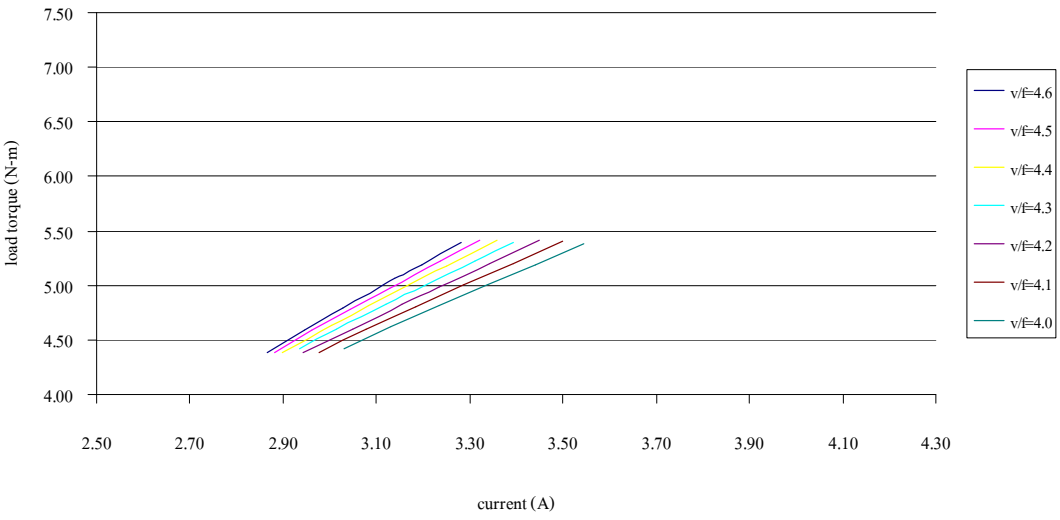
การศึกษาการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำเพื่อหาคุณลักษณะการทำงานที่สภาวะต่างๆ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลที่ใช้ในการสอนโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ให้สามารถรับรู้ปริมาณโหลดภาระของมอเตอร์ เมื่อทราบค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์สามารถศึกษาคุณลักษณะการทำงานได้ด้วยการ Simulation ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยการป้อนแรงดันไฟฟ้าและความถี่ให้กับมอเตอร์ เมื่อโหลดมีค่าต่างๆกัน สามารถหาความสัมพันธ์ต่างๆของ สลิป ความเร็ว กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า และค่าตัวประกอบกำลังของมอเตอร์ได้ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโหลด แรงดันเฟส ความถี่ไฟฟ้า และกระแส เป็นความสัมพันธ์ที่สามารถใช้ในการสอนโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ให้สามารถรับรู้ปริมาณโหลดภาระของมอเตอร์ได้ ตัวอย่างความสัมพันธ์กันที่สภาวะการทำงานต่างๆแสดงดังภาพประกอบ 3-1 ถึง ภาพประกอบ 3-3



ภาพประกอบ 3-1 ความสัมพันธ์ของปริมาณโหลด แรงดันเฟส และกระแสของมอเตอร์เมื่อแหล่งจ่ายมีความถี่ 50 Hz



ภาพประกอบ 3-2 ความสัมพันธ์ของปริมาณโหลด แรงดันเฟส และกระแสของมอเตอร์ เมื่อแหล่งจ่ายมีความถี่ 40 Hz



ภาพประกอบ 3-3 ความสัมพันธ์ของปริมาณโหลด แรงดันเฟส และกระแสของมอเตอร์ เมื่อแหล่งจ่ายมีความถี่ 30 Hz

3.2 การออกแบบโครงข่ายประสาทในการประมาณโหลดของมอเตอร์

3.2.1 อินพุตและเอาท์พุตของโครงข่ายประสาท

โครงข่ายประสาทที่ใช้ประกอบด้วย 3 อินพุต โดยการรับค่าแรงดัน ความถี่ และกระแส มาปรับค่าทางตัวเลขให้มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งทำได้โดยการนำค่าสูงสุดที่มีโอกาสเป็นไปได้ของแรงดัน ความถี่ และกระแส มาเป็นตัวหารค่าดังแสดงในตาราง 3-1

ตารางที่ 3-1 การปรับปรุงค่าตัวเลขสำหรับสอนโครงข่ายประสาท

ข้อมูลของมอเตอร์			ข้อมูลที่ใช้สอนโครงข่ายประสาท		
ค่า	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่า	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
แรงดัน (V)	0	230	p1	0	1
ความถี่ (Hz)	0	50	p2	0	1
กระแส (A)	0	5	p3	0	1
แรงบิด (N-m)	0	7	output	0	1

ตารางที่ 3-2 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้สอนโครงข่ายประสาท

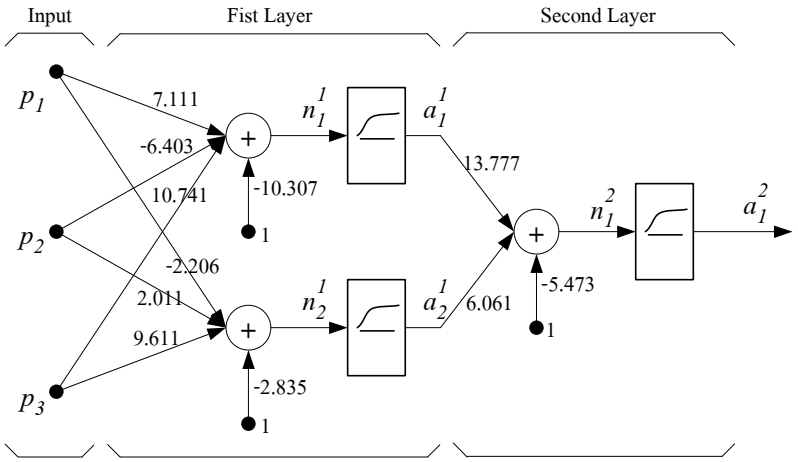
ข้อมูลของมอเตอร์				ข้อมูลที่ใช้สอนโครงข่ายประสาท			
Input			Output	p1	p2	p3	Output
V	F	I	T	(V/230)	(F/50)	(I/5)	(T/7)
230	50	3.977	7.0191	1	1	0.7954	1.0027286
202.5	45	3.547	5.9613	0.8804348	0.9	0.7094	0.8516143
172	40	3.19	5.0074	0.7478261	0.8	0.638	0.7153429
202.5	45	2.74	4.0418	0.8804348	0.9	0.548	0.5774
143.5	35	2.358	3.0149	0.623913	0.7	0.4716	0.4307
176	40	2.068	1.9898	0.7652174	0.8	0.4136	0.2842571

เมื่อรู้ค่าแรงดัน(V) ความถี่ (F) และกระแส (I) ที่สภาวะโหลด (T) ต่างๆของมอเตอร์ แล้วนำความสัมพันธ์เหล่านี้มาปรับปรุงค่าเพื่อเป็นอินพุตและเอาท์พุตเป้าหมายในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาท เพื่อความน่าเชื่อถือของผลการเรียนรู้ข้อมูลในการเรียนรู้จะต้องกระจายครอบคลุมจุดทำงานของมอเตอร์ให้ได้มากที่สุด ในที่นี้ได้ใช้จุดทำงานของมอเตอร์จำนวน 210 จุดทำงานเป็นข้อมูลในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาท ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้สอนโครงข่ายประสาทแสดงดังตาราง 3-2

3.2.2 ผลการสอนโครงข่ายประสาท

โครงข่ายประสาทเป็นโครงข่ายที่มี 3 อินพุต โดยใช้โครงข่ายประสาทที่มี 2 ชั้น คือชั้นซ่อน (hidden layer) และชั้นเอาท์พุตที่มี 1 เอาท์พุต การเลือกจำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนสามารถปรับเปลี่ยนได้ เพื่อให้ได้ผลการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ในการทดลองได้นำข้อมูลไปสอนโครงข่ายประสาท 3-2-1, 3-3-1, 3-4-1 และ 3-5-1 ซึ่งพบว่าโครงข่ายประสาทแต่ละชนิดมีความสามารถที่ดีเหมือนกัน จึงเลือกใช้โครงข่ายประสาท 3-2-1 เนื่องจากมีพารามิเตอร์น้อยกว่าโครงข่ายแบบอื่นลักษณะโครงข่ายไม่ซับซ้อน Transfer function ที่ใช้เป็น Log-Sigmoid transfer function การเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทด้วยโปรแกรม NEURAL SKELETON ได้ผลดังนี้

```
In 3
Hidden 2
Out 1
Eta 1.90476190476e-02
Alpha 7.00000e-01
Criterion 1.00000e-04
MaxEpoch -24288
MonitorInterval 1000
whi
7.11143576348e+00 -6.40294550284e+00      1.07406327015e+01
-2.20617303999e+00      2.01127750157e+00 9.61077341758e+00
woh
1.37768558498e+01 6.06102313355e+00
bh
1.03065935108e+01 2.83533864258e+00
bo
5.47269337392e+00
```



ภาพประกอบ 3-4 โครงข่ายประสาทสำหรับการประมาณโหลดของมอเตอร์

$$W^1 = \begin{bmatrix} 7.111 & -6.403 & 10.741 \\ -2.206 & 2.011 & 9.611 \end{bmatrix} \quad (3\text{-}1)$$

$$b^1 = \begin{bmatrix} -10.307 \\ -2.835 \end{bmatrix} \quad (3\text{-}2)$$

$$W^2 = \begin{bmatrix} 13.777 & 6.061 \end{bmatrix} \quad (3\text{-}3)$$

$$b^2 = \begin{bmatrix} -5.473 \end{bmatrix} \quad (3\text{-}4)$$

$$n^1 = W^1 p + b^1 \quad (3\text{-}5)$$

$$a^1 = \text{logsig}\,(n^1) = \frac{1}{1+e^{-n^1}} \quad (3\text{-}6)$$

$$n^2 = W^2 a^1 + b^2 \quad (3\text{-}7)$$

$$a^2 = \text{logsig}\,(n^2) = \frac{1}{1+e^{-n^2}} \quad (3\text{-}8)$$

3.2.3 ผลการทดสอบโครงข่ายประสาท

เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆแล้วจะได้โครงข่ายประสาทดังภาพประกอบ 3-4 ซึ่งพารามิเตอร์ต่างๆ จะใช้ถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 3 ผลการทดสอบการทำงานของโครงข่ายประสาทและเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดแสดงดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ผลการทดสอบการทำงานของโครงข่ายประสาท

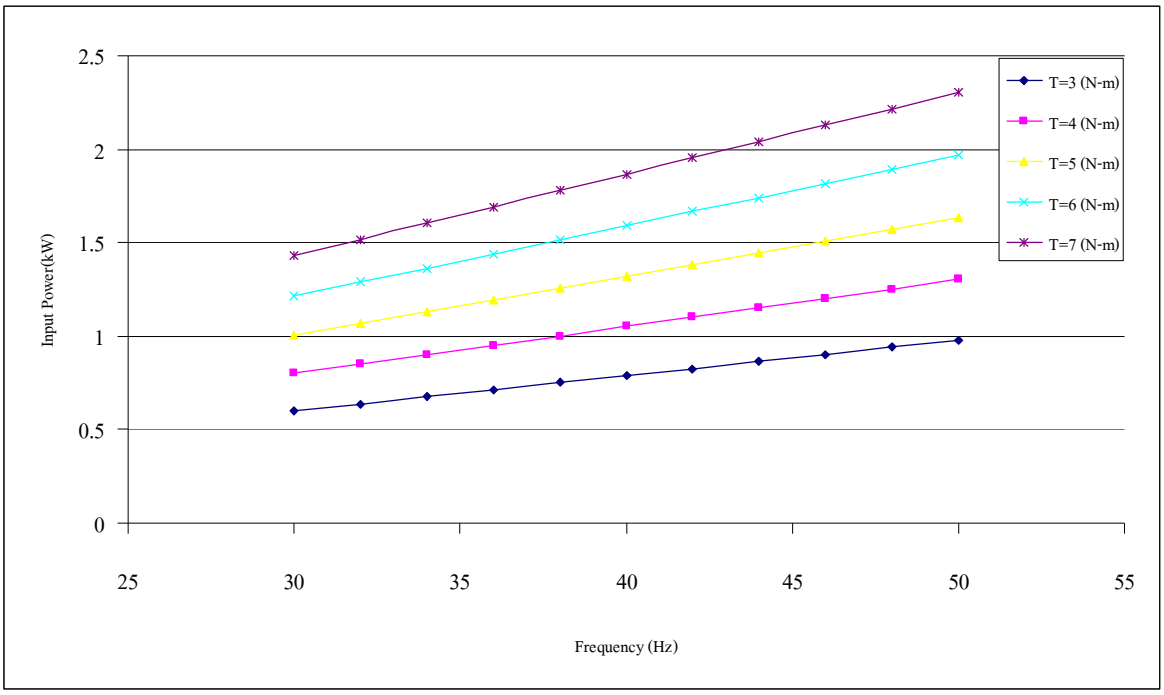
Input			**output**		**error**
p1	**p2**	**p3**	**เป้าหมาย**	**จริง**	**(%)**
1	1	0.7954	1.0027286	0.983456	1.92
0.8804348	0.9	0.7094	0.8516143	0.864057	-1.46
0.7478261	0.8	0.638	0.7153429	0.705356	1.40
0.8804348	0.9	0.548	0.5774	0.57511	0.40
0.623913	0.7	0.4716	0.4307	0.436286	-1.30

0.7652174	0.8	0.4136	0.2842571	0.285572	-0.46

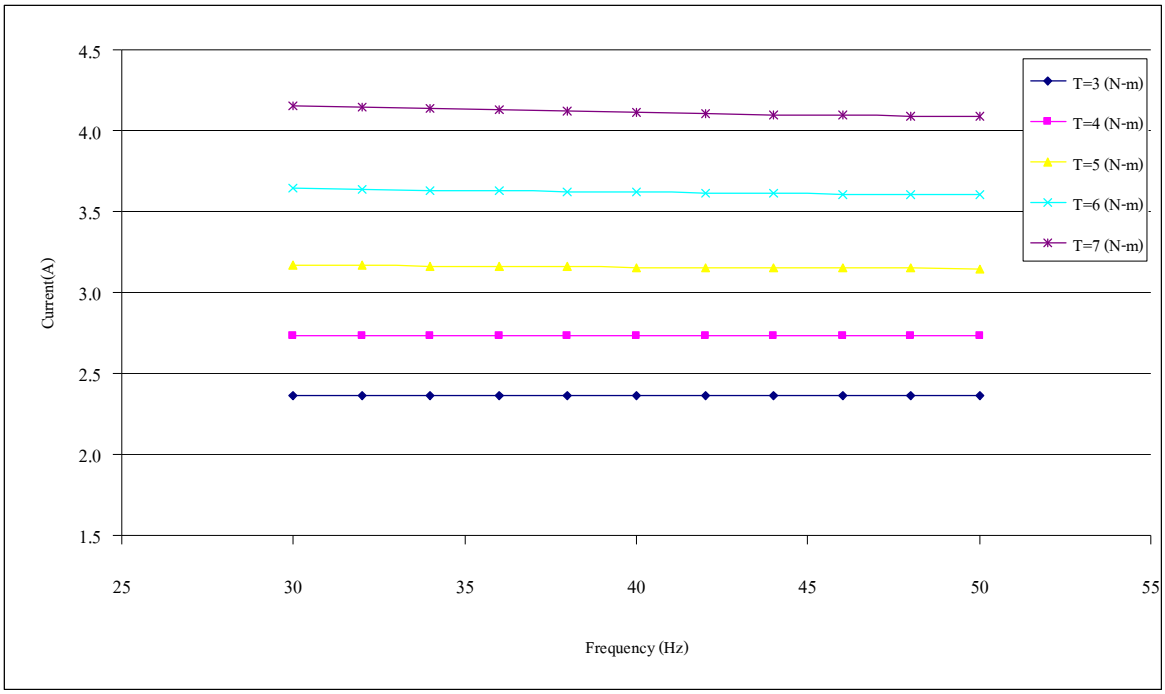
จากตาราง 3-3 สรุปได้ว่าโครงข่ายประสาทสามารถเรียนรู้และประมาณโหลดของมอเตอร์โดยการใช้ข้อมูลของแรงดัน ความถี่ และกระแสมาเป็นอินพุตของโครงข่ายประสาท

3.3 การศึกษาการใช้พลังงานของเครื่องเลื่อยไม้เมื่อปรับความถี่ของแหล่งจ่าย

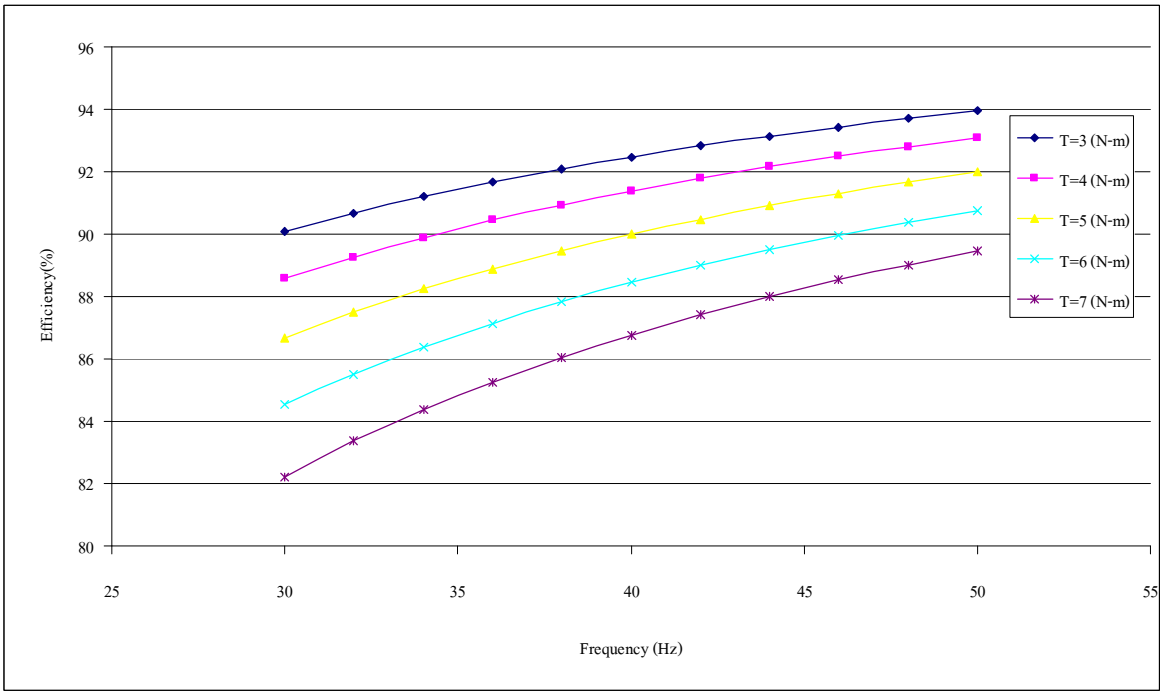
การหาจุดทำงานที่ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานมากที่สุดโดยไม่เกิดผลกระทบต่อการทำงานของมอเตอร์และไม่ส่งผลเสียหายกับไม้ที่เลื่อย จะต้องศึกษาการทำงานของมอเตอร์ที่ความถี่แหล่งจ่ายมีค่าต่างๆ โดยที่ขนาดของโหลดภาระมีค่าคงที่ แล้วหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ที่จุดทำงานต่างๆกันไป เนื่องจากการทำงานของอินเวอร์เตอร์เป็นการทำงานโดยรักษาอัตราส่วนแรงดันต่อความถี่คงที่ (v/f คงที่) เพื่อไม่ให้กระแสของมอเตอร์เกินพิกัดจึงเลือกให้อินเวอร์เตอร์รักษาอัตราส่วนแรงดันต่อความถี่ที่พิกัดของมอเตอร์ คือ v/f = 4.4 จุดที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุดและไม่ส่งผลเสียหายกับมอเตอร์เครื่องเลื่อยจะถือว่าเป็นจุดที่เหมาะสมที่สุดของการเลื่อย



ภาพประกอบ 3-5 กำลังไฟฟ้าเมื่อปรับความถี่แหล่งจ่ายขณะโหลดมีค่าต่างๆ

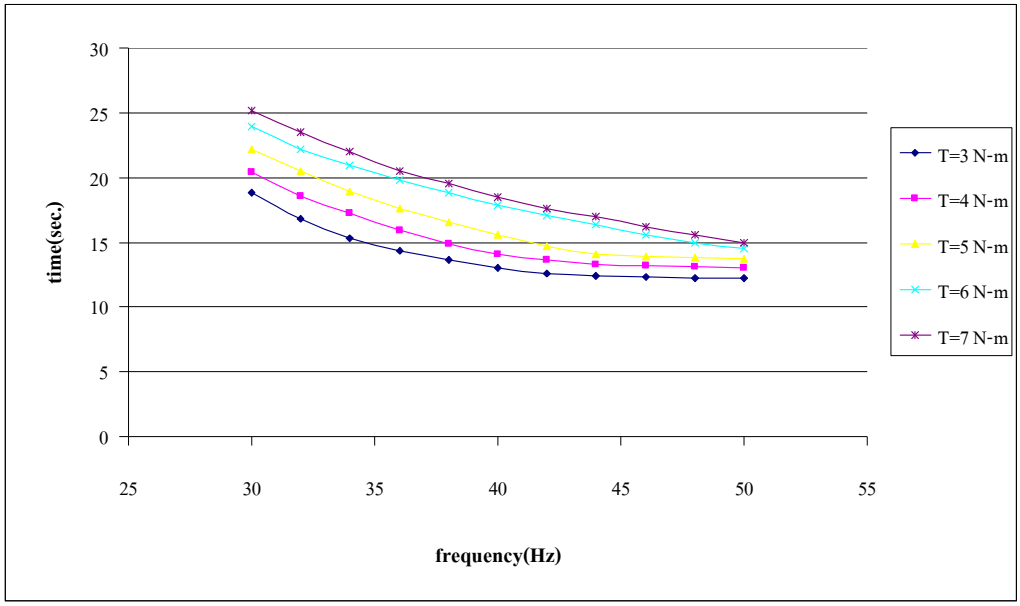


ภาพประกอบ 3-6 กระแสไฟฟ้าเมื่อปรับความถี่แหล่งจ่ายขณะโหลดมีค่าต่างๆ

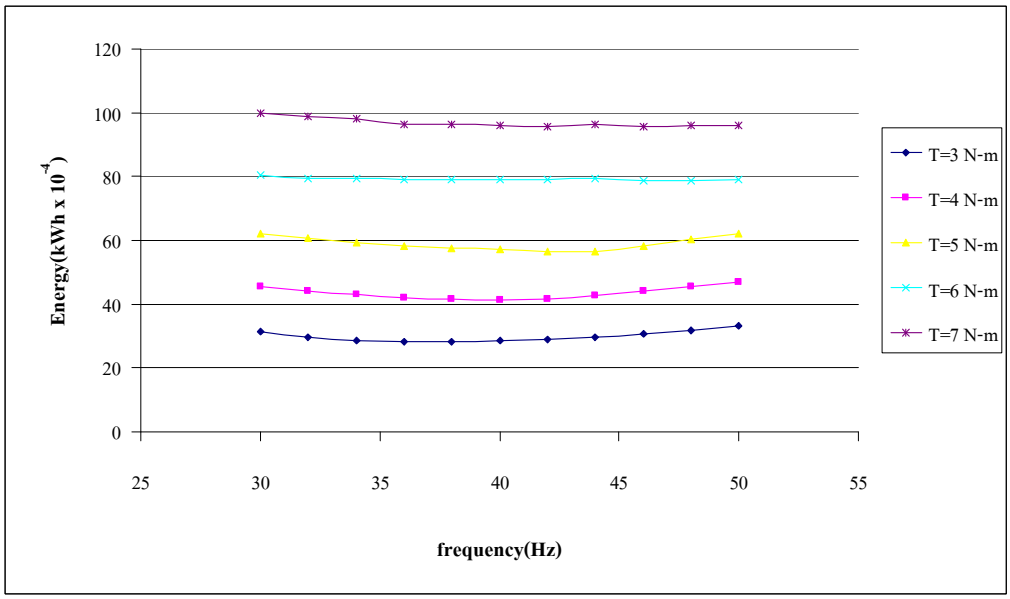


ภาพประกอบ 3-7 ประสิทธิภาพของมอเตอร์เมื่อปรับความถี่แหล่งจ่ายขณะโหลดมีค่าต่างๆ

การทดลองเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าเมื่อปรับความถี่แหล่งจ่ายที่ใช้ในการเลื่อยไม้ขนาดต่างๆ ทำได้โดยการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ใช้และระยะเวลาในการเลื่อยของแต่ละความถี่เมื่อไม้มีขนาดที่เท่ากัน โดยเมื่อปรับความถี่ของแหล่งจ่าย เวลาที่ใช้ในการเลื่อยไม้ความยาวเท่ากันขนาดต่างๆกันแสดงดังภาพประกอบ 3-8 และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้แสดงดังภาพประกอบ 3-9



ภาพประกอบ 3-8 เวลาที่ใช้ในการเลื่อยไม้แต่ละขนาดเมื่อปรับความถี่แหล่งจ่าย



ภาพประกอบ 3-9 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเลื่อยไม้แต่ละขนาดเมื่อปรับความถี่แหล่งจ่าย

ตารางที่ 3-4 จุดทำงานที่ประหยัดพลังงานที่สุด

Torque (N-m)	Frequency (Hz)
7	50
6	50
5	44
4	40
3	36
2	36
1	36
0	36

จากภาพประกอบ 3-5 ถึงภาพประกอบ 3-9 สามารถสรุปถึงความถี่ที่เหมาะสมในการเลื่อยไม้ที่จะทำให้การเลื่อยไม้ประหยัดพลังงานที่สุดดังตารางที่ 3-4 ซึ่งถ้าหากสามารถกำหนดจุดทำงานในแต่ละสภาวะโหลดได้ดังตารางที่ 3-4 ก็จะได้การเลื่อยไม้ที่ประหยัดพลังงานที่สุด

3.4 การออกแบบโครงข่ายประสาทในการกำหนดความถี่ของแหล่งจ่าย

3.4.1 อินพุตและเอาท์พุตของโครงข่ายประสาท

โครงข่ายประสาทที่ใช้ประกอบด้วย 1 อินพุต โดยการรับค่าโหลด (แรงบิด) มาปรับค่าทางตัวเลขให้มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งทำได้โดยการนำค่าสูงสุดที่มีโอกาสเป็นไปได้ของแรงดัน ความถี่ และกระแสมาเป็นตัวหารค่าดังแสดงในตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 การปรับปรุงค่าตัวเลขสำหรับสอนโครงข่ายประสาท

ข้อมูลโหลด		ข้อมูลที่ใช้สอนโครงข่ายประสาท		
ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่า	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
0	7	output	0	1

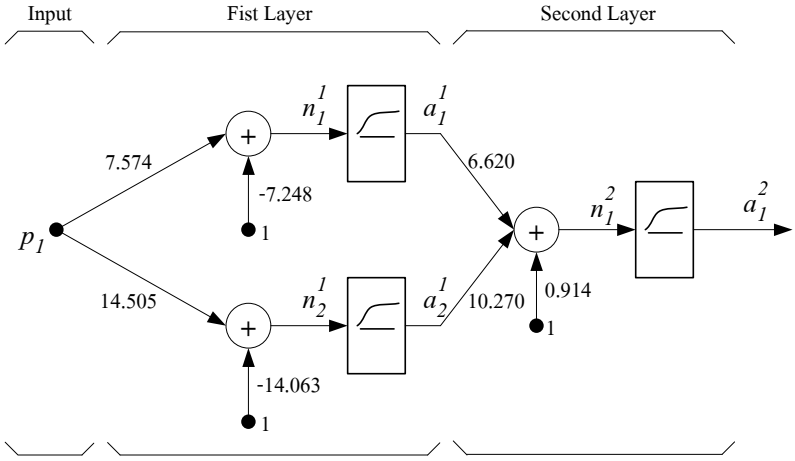
ตารางที่ 3-6 ข้อมูลที่ใช้สอนโครงข่ายประสาท

ข้อมูลจริง		ข้อมูลที่ใช้สอนโครงข่ายประสาท	
Input (T)	Output (f)	p1 (T/7)	Output (f/50)
7	50	1	1
6	50	0.857142857	1
5	44	0.714285714	0.88
4	40	0.571428571	0.8
3	36	0.428571429	0.72
2	36	0.285714286	0.72
1	36	0.142857143	0.72
0	36	0	0.72

3.4.2 ผลการสอนโครงข่ายประสาท

โครงข่ายประสาทเป็นโครงข่ายที่มี 1 อินพุต โดยใช้โครงข่ายประสาทที่มี 2 ชั้น คือชั้นซ่อน (hidden layer) และชั้นเอาท์พุตที่มี 1 เอาท์พุต transfer function ที่ใช้เป็น Log-Sigmoid transfer function การเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทด้วยโปรแกรม NEURAL SKELETON ได้ผลดังนี้

```
In 1
Hidden 2
Out 1
Eta 6.25000000000e-01
Alpha 5.00000e-01
Criterion 1.00000e-04
MaxEpoch -31616
MonitorInterval 1000
whi
7.57418164748e+00
1.45050829390e+01
woh
6.62008144221e+00 1.02697123690e+01
bh
7.24770859833e+00 1.40630727857e+01
bo
-9.13534239944e-01
```



ภาพประกอบ 3-10 โครงข่ายประสาท 1-2-1 สำหรับการกำหนดความถี่ของอินเวอร์เตอร์

$$W^1 = \begin{bmatrix} 7.574 \\ 14.505 \end{bmatrix} \quad (3\text{-}9)$$

$$b^1 = \begin{bmatrix} -7.248 \\ -14.063 \end{bmatrix} \quad (3\text{-}10)$$

$$W^2 = \begin{bmatrix} 6.620 & 10.270 \end{bmatrix} \quad (3\text{-}11)$$

$$b^2 = \begin{bmatrix} 0.914 \end{bmatrix} \quad (3\text{-}12)$$

$$n^1 = W^1 p + b^1 \quad (3\text{-}13)$$

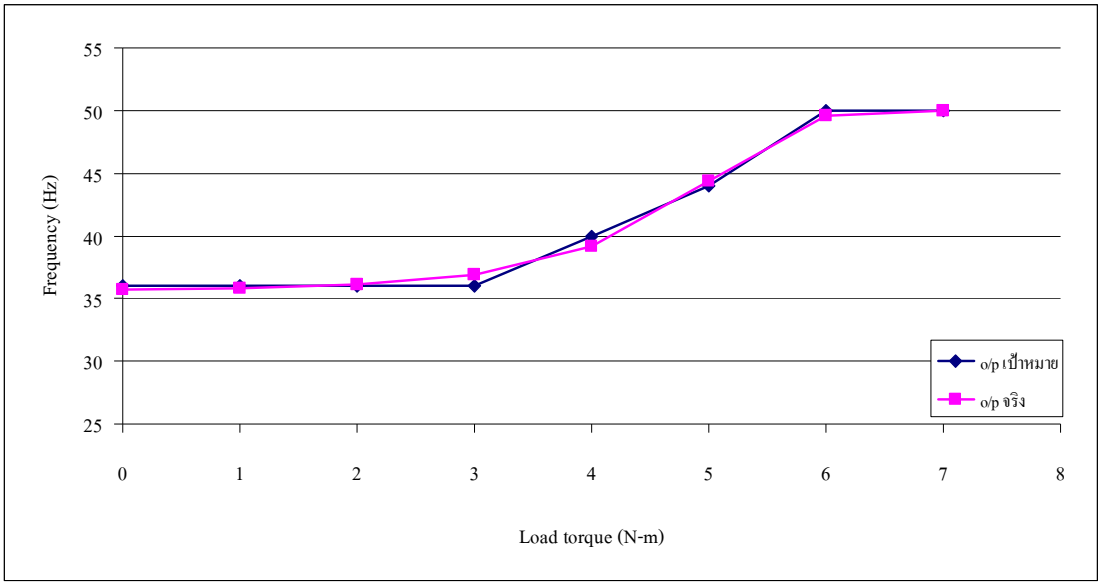
$$a^1 = \text{logsig}\,(n^1) = \frac{1}{1+e^{-n^1}} \quad (3\text{-}14)$$

$$n^2 = W^2 a^1 + b^2 \quad (3\text{-}15)$$

$$a^2 = \text{logsig}\,(n^2) = \frac{1}{1+e^{-n^2}} \quad (3\text{-}16)$$

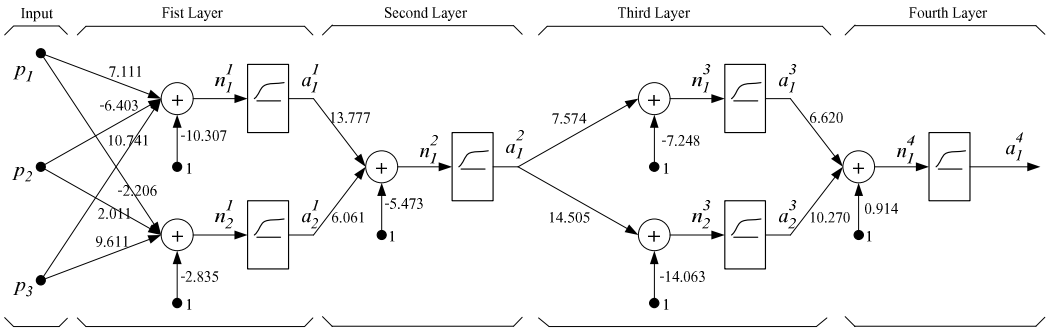
3.4.3 ผลการทดสอบโครงข่ายประสาท

เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆแล้วจะได้โครงข่ายประสาทดังภาพประกอบ 3-10 ซึ่งพารามิเตอร์ต่างๆจะใช้ถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 3 ผลการทดสอบการทำงานของโครงข่ายประสาทและเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดแสดงดังภาพประกอบ 3-11



ภาพประกอบ 3-11 ผลการทดสอบการทำงานของโครงข่ายประสาท

3.5 โครงข่ายประสาทที่ใช้ประมาณโหลดและกำหนดความถี่ของแหล่งจ่าย



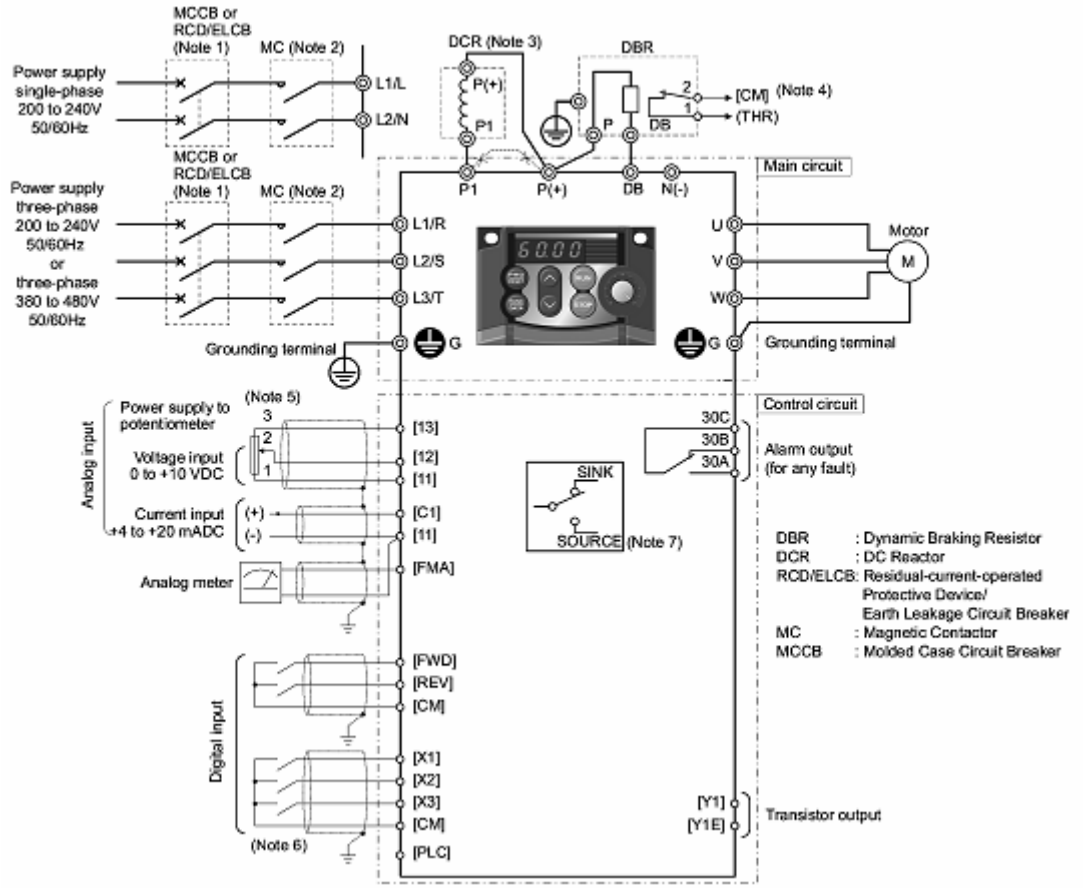
ภาพประกอบ 3-12 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในระบบควบคุมความเร็วตามสภาวะโหลด

การควบคุมความถี่ของแหล่งจ่ายตามสภาวะโหลดโดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) จำแนกสภาวะโหลดจากสัญญาณแรงดัน ความถี่และกระแสของมอเตอร์ และใช้

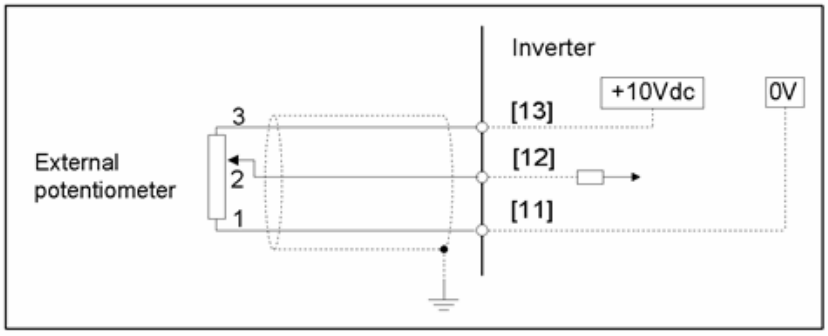
โครงข่ายประสาทเทียมคำนวณหาความถี่ที่มอเตอร์ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด โครงข่ายประสาทเทียมดังภาพประกอบ 3-12 เป็นโครงข่ายประสาทที่ใช้ในงานวิจัยนี้ โดยประกอบด้วยโครงข่ายที่ที 3 อินพุต 4 ชั้น โดยชั้นที่ 1 และ ชั้นที่ 2 เป็นโครงข่ายที่ใช้ในการประมาณโหลดภาระของมอเตอร์ ส่วนชั้นที่ 3 และ ชั้นที่ 4 เป็นโครงข่ายใช้สำหรับคำนวณหาความถี่แหล่งจ่ายที่เหมาะสมในการขับมอเตอร์

3.6 อินเวอร์เตอร์

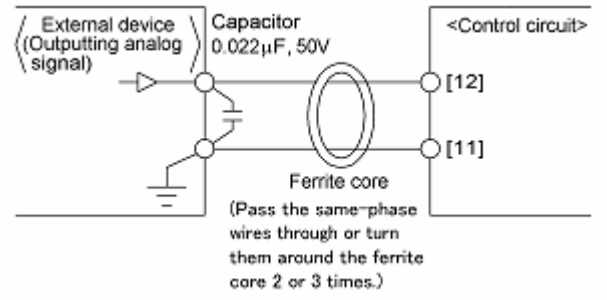
การควบคุมความถี่ของแหล่งจ่ายสามารถทำได้โดยการใช้อินเวอร์เตอร์ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้อินเวอร์เตอร์ยี่ห่อ FUJI รุ่น FRENIC-Mini Model:FRN3. 7C1S-4A ซึ่งสามารถควบคุมความถี่ได้จากภายนอก การใช้ Analog input (ขา 12) ขนาด 0-10VCD สามารถปรับความถี่ได้ในลักษณะเชิงเส้นตั้งแต่ 0-50Hz ในการปรับความถี่สามารถใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ (potentiometer) ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดัน 10V (ขา 13 และ ขา 11) หรือการใช้อุปกรณ์ภายนอกอื่นๆดังภาพประกอบ 2-23 ถึง 2-25



ภาพประกอบ 3-13 การควบคุมความถี่ของอินเวอร์เตอร์จากภายนอก



ภาพประกอบ 3-14 การใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Potentiometer) ปรับค่าความถี่



ภาพประกอบ 3-15 การปรับค่าความถี่จากอุปกรณ์ภายนอก

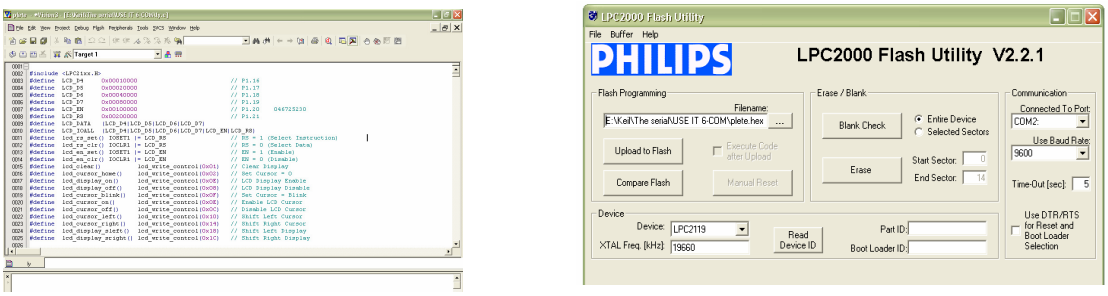
3.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ในขั้นตอนการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อคำนวณหาปริมาณโหลดภาระและสร้างสัญญาณควบคุม Analog Input ของอินเวอร์เตอร์ ตามโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้ ได้พิจารณาใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ LPC 2119 ที่ติดตั้งอยู่บนบอร์ด ET-ARM7 Stamp LPC2119 ของบริษัทอีทีทีจำกัด โดยใช้ร่วมกับ ET-ARM7 Starter Kit V1 ของบริษัทอีทีทีจำกัด

ภาพประกอบ 3-16 บอร์ด ET-ARM7 Stamp LPC2119

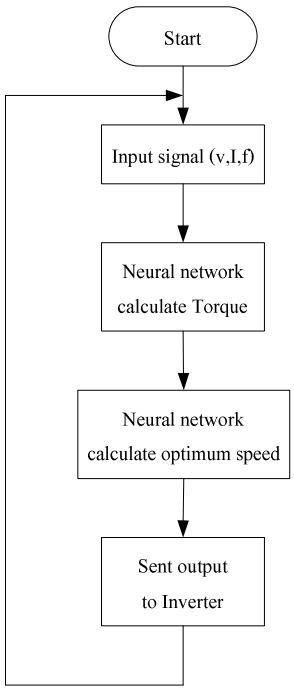
(ที่มา : http://www.ett.co.th)

โปรแกรมสำหรับบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ ARM-7 ใช้โปรแกรม Keil แสดงดังภาพประกอบ 3-17(a) ในการเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษาซีและคอมไพล์ (Compile) เพื่อให้เป็นนามสกุล .hex จากนั้น File Download ด้วยโปรแกรม LPC2000 แสดงดังภาพประกอบ 3-17(b) โดยมีลำดับขั้นการทำงานดังภาพประกอบ 3-18



(a) (b)

ภาพประกอบ 3-17 (a) โปรแกรม Keil สำหรับเขียนโปรแกรม
(b) โปรแกรม File Download หรือ LPC 2000



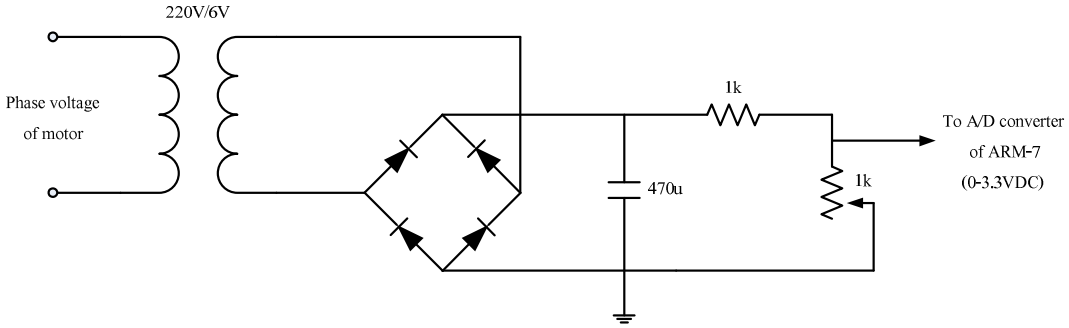
ภาพประกอบ 3.18 ลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรม

3.8 สัญญาณอินพุต (Input signal)

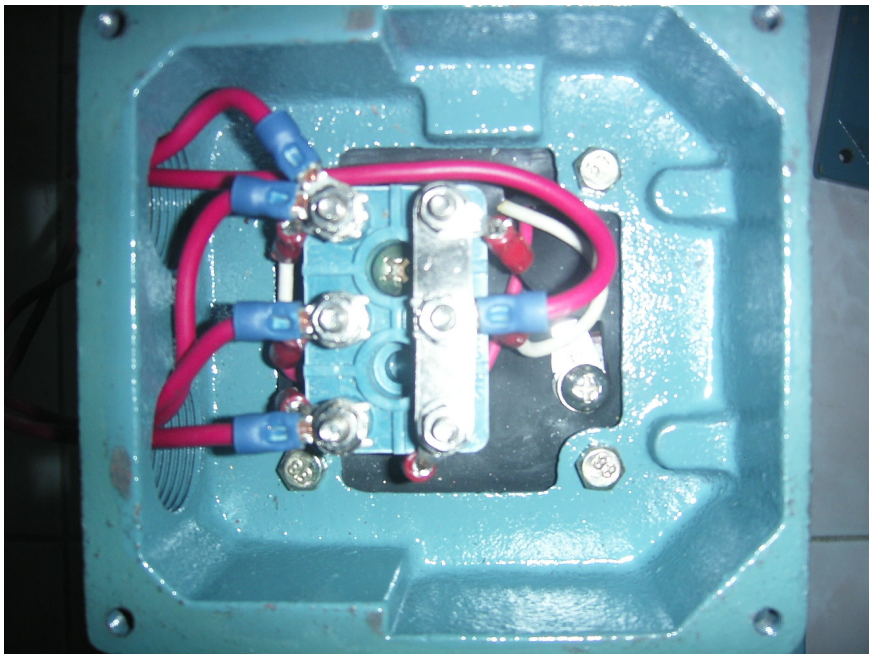
โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ตามสภาวะโหลดโดยการปรับความถี่ของอินเวอร์เตอร์ตามปริมาณโหลดภาระ จะต้องตรวจรู้สัญญาณอินพุตเพื่อประมวลผลการประมาณโหลดภาระและสร้างสัญญาณควบคุม โดยอินพุตของโครงข่ายประสาทเทียมมี 3 อินพุต คือ

3.8.1 สัญญาณแรงดัน (Voltage signal)

สัญญาณแรงดันสำหรับเป็นอินพุตที่ 1 ของโครงข่ายประสาทเทียม (p1) คือสัญญาณแรงดันเฟสของมอเตอร์ สามารถตรวจรู้โดยการนำแรงดันเฟสของมอเตอร์มาลดระดับแรงดันโดยการใช้หม้อแปลงไฟฟ้า วงจรเรียงกระแสเพื่อแปลงสัญญาณที่ได้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง แล้วปรับระดับแรงดันให้เหมาะสมก่อนเข้า A/D CONVERTER ของไมโครคอนโทรลเลอร์



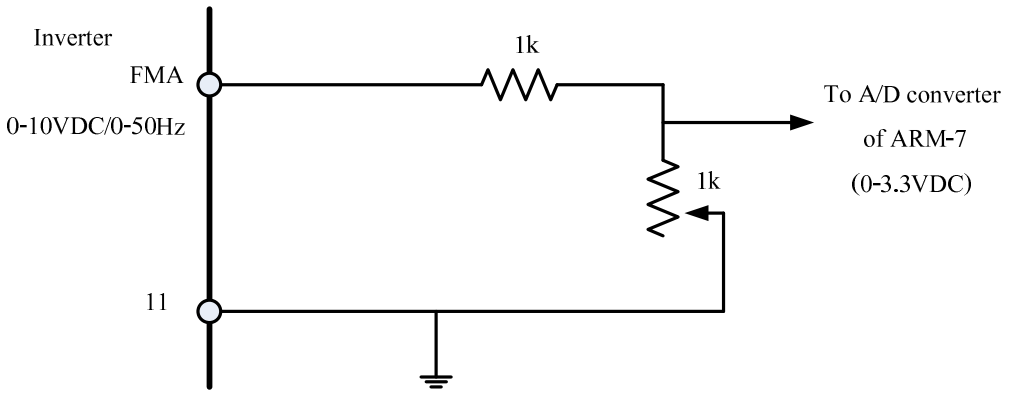
ภาพประกอบ 3.19 วงจรตรวจรู้แรงดันเฟสของมอเตอร์



ภาพประกอบ 3.20 การตรวจวัดแรงดันเฟสขอมอเตอร์

3.8.2 สัญญาณความถี่ (Frequency signal)

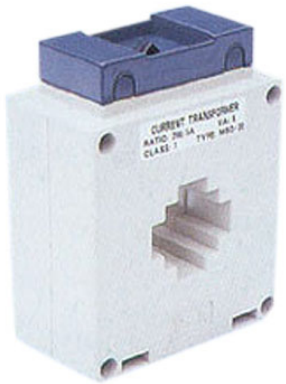
สัญญาณความถี่สำหรับเป็นอินพุตที่ 2 ของโครงข่ายประสาทเทียม (p2) คือสัญญาณความถี่ของแหล่งจ่ายที่ป้อนเข้ามอเตอร์ในขณะนั้น เนื่องจากอินเวอร์เตอร์ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายของมอเตอร์จะมี analog output สำหรับรับรู้ความถี่ จึงสามารถนำสัญญาณนี้มาปรับระดับแรงดันให้เหมาะสมเพื่อเป็นสัญญาณอินพุตเข้า A/D CONVERTER ของไมโครคอนโทรลเลอร์



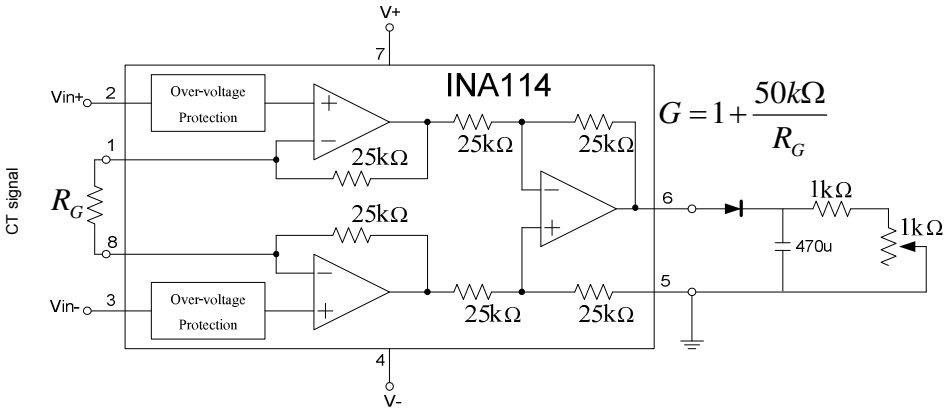
ภาพประกอบ 3.21 วงจรตรวจรู้ความถี่ของแหล่งจ่าย

2.8.3 สัญญาณกระแส (Current signal)

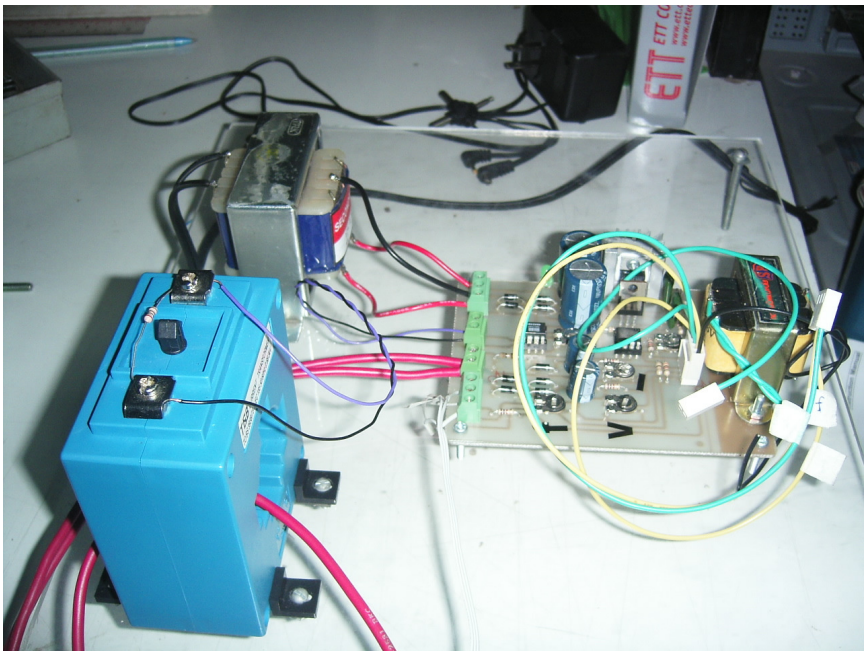
สัญญาณกระแสสำหรับเป็นอินพุตที่ 3 ของโครงข่ายประสาทเทียม (p3) คือสัญญาณกระแสเฟสของมอเตอร์ สามารถตรวจรู้โดยการใช้หม้อแปลงกระแส (Current transformer) มาตรวจวัดกระแสของมอเตอร์ ผ่านวงจรขยายสัญญาณซึ่งได้เลือกใช้ Instrument amplifier เบอร์ INA114 ผ่านวงจรเรียงกระแสเพื่อแปลงสัญญาณที่ได้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง แล้วปรับระดับแรงดันให้เหมาะสมก่อนเข้า A/D CONVERTER ของไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพประกอบ 3.22 หม้อแปลงกระแส (Current transformer) สำหรับตรวจรู้กระแสของมอเตอร์
(ที่มา: http://www.9engineer.com, October 2004.)



ภาพประกอบ 3.23 วงจรตรวจรู้กระแสของมอเตอร์

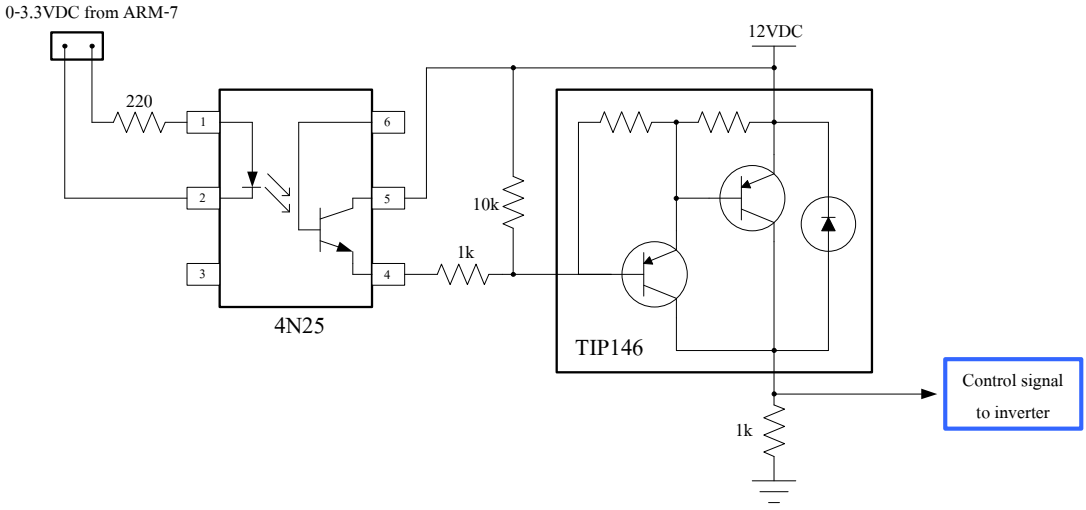


ภาพประกอบ 3.24 วงจรขยายสัญญาณอินพุตของโครงข่ายประสาทเทียม

3.9 การสร้างสัญญาณควบคุมความถี่ของอินเวอร์เตอร์

เมื่อโครงข่ายประสาทเทียมจำแนกสภาวะของโหลดของเครื่องเลื่อยและเลือกความถี่ที่เหมาะสมสำหรับการเลื่อยแล้ว จะสามารถควบคุมอินเวอร์เตอร์ให้ทำงานสอดคล้องตามการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม โดยการนำสัญญาณเอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งก็คือสัญญาณ PWM OUTPUT ของไมโครคอนโทรลเลอร์ (0-3.3Vdc) มาสร้างสัญญาณสำหรับควบคุมความถี่ของอินเวอร์เตอร์

(0-10Vdc) ซึ่งได้พิจารณาการทำงานของ Phototransistor 4N25 และ Transistor TIP146 ดังภาพประกอบ 3-24



ภาพประกอบ 3-25 วงจรสร้างสัญญาณควบคุมความถี่ของอินเวอร์เตอร์