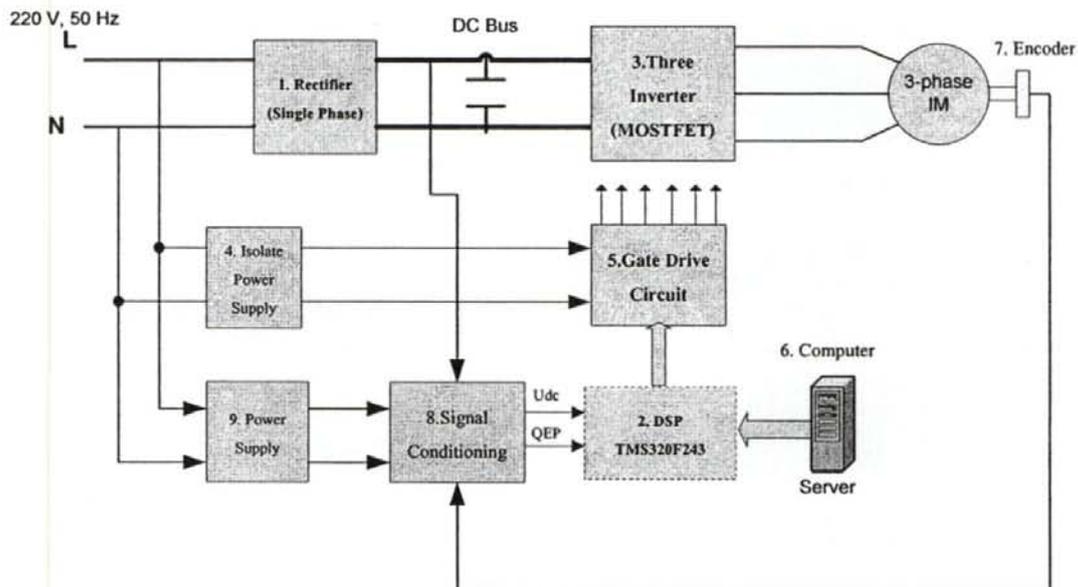


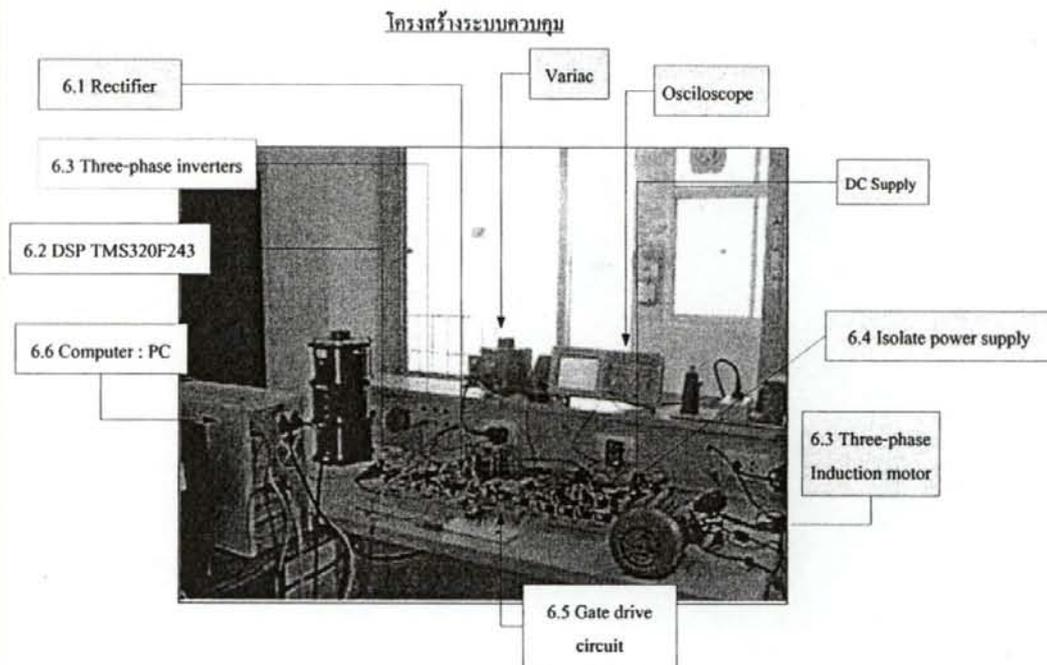
บทที่ 6 โครงสร้างฮาร์ดแวร์และผลการทดลอง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างของฮาร์ดแวร์ของระบบการควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส และผลการทดสอบมอเตอร์ทั้งสภาวะไร้โหลดและสภาวะที่จ่ายโหลด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การควบคุมในทางโครงสร้างจริงของการควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยการปรับแรงดันและความถี่โดยดีเอสพี ที่ใช้หลักการควบคุมแบบแยกการเชื่อมร่วมซึ่งสามารถแสดงส่วนประกอบของระบบทั้งหมดดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 แสดงโครงสร้างโดยรวมของระบบการควบคุม



รูปที่ 6.2 แสดงส่วนประกอบจริงของระบบการควบคุม

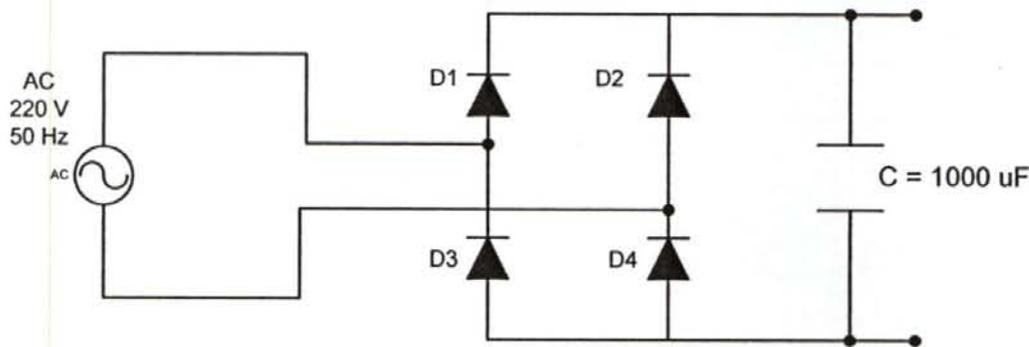
จากรูปที่ 6.1 แสดงบล็อกส่วนต่างๆของระบบการควบคุม โดยรวม และรูปที่ 6.2 แสดงโครงสร้างจริงของส่วนประกอบต่างๆของการควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ซึ่งสามารถแบ่งเป็นหัวข้อต่างๆ ดังนี้

6.1 ส่วนของวงจรจริง

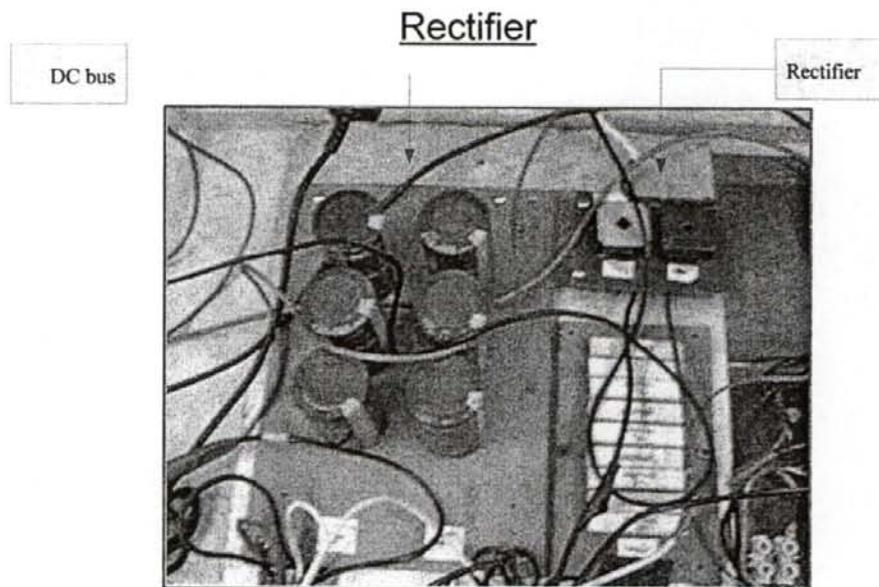
- 6.1.1 วงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit)
- 6.1.2 ดีเอสพี (TMS320F243)
- 6.1.3 อินเวอร์เตอร์ 3 เฟส (Three-phase Inverter)
- 6.1.4 วงจรขับนำอินเวอร์เตอร์ (Gate-drive Circuit)
- 6.1.5 คอมพิวเตอร์ (Computer)
- 6.1.6 ตัวตรวจจับความเร็ว (Encoders)
- 6.1.7 วงจรรับค่าสัญญาณอินพุท (Signal conditioning)
- 6.1.8 แหล่งจ่ายไฟ (Power supply)
- 6.1.9 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส
- 6.1.10 เครื่องมือวัดค่า

6.1.1 วงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit)

ในงานวิจัยนี้วงจรเรียงกระแส (Rectifier) คือการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อเป็นแหล่งจ่ายให้กับอินเวอร์เตอร์ โดยวงจรที่ใช้เป็นวงจรเรียงกระแส 1 เฟส ซึ่งจะมีตัวเก็บประจุต่อขนาดกับวงจรทำหน้าที่กรองกระแสให้ได้รูปคลื่นแรงดันที่ราบเรียบ ดังรูปที่ 6.3 และรูปจริงของวงจรเรียงกระแส ดังรูปที่ 6.4



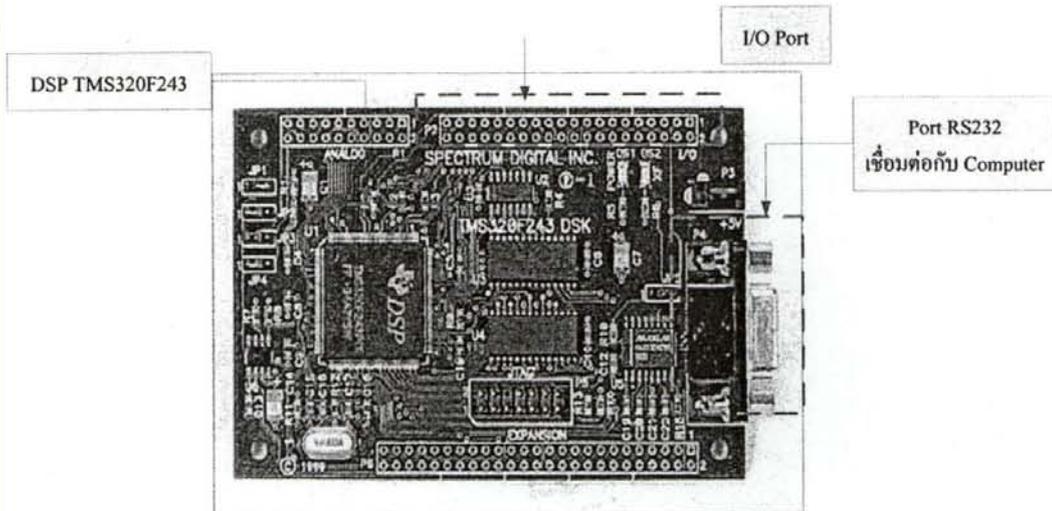
รูปที่ 6.3 แสดงวงจรเรียงกระแส



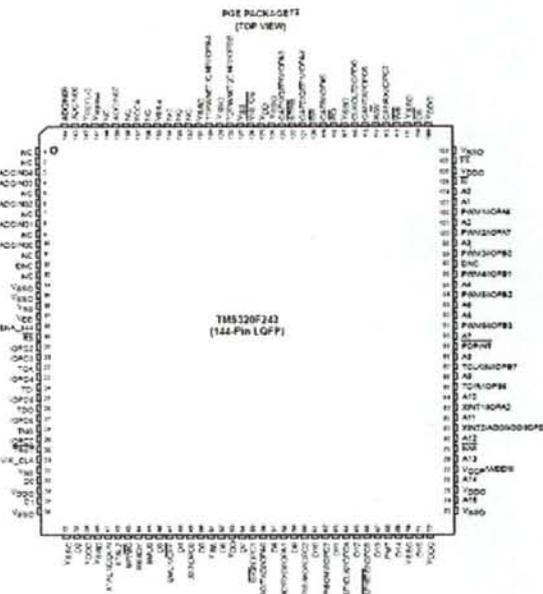
รูปที่ 6.4 แสดงโครงสร้างจริงของ Rectifier

6.1.2 ดีเอสพี (TMS320F243)

ในงานวิจัยนี้ใช้ตัวประมวลผลคำสั่งเป็นตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal Processing: DSP) ของบริษัท TEXAS INSTRUMENTS รุ่น TMS320F243 ดังรูปที่ 6.5 และในรูปที่ 6.6 ได้แสดงตำแหน่งของขา DSP TMS320F243 และในรูปที่ 6.7 ได้แสดงตำแหน่งการเชื่อมต่อดีเอสพีเข้ากับส่วนต่างๆทั้งในส่วนของการควบคุมจากคอมพิวเตอร์และส่วนของการสั่งงาน

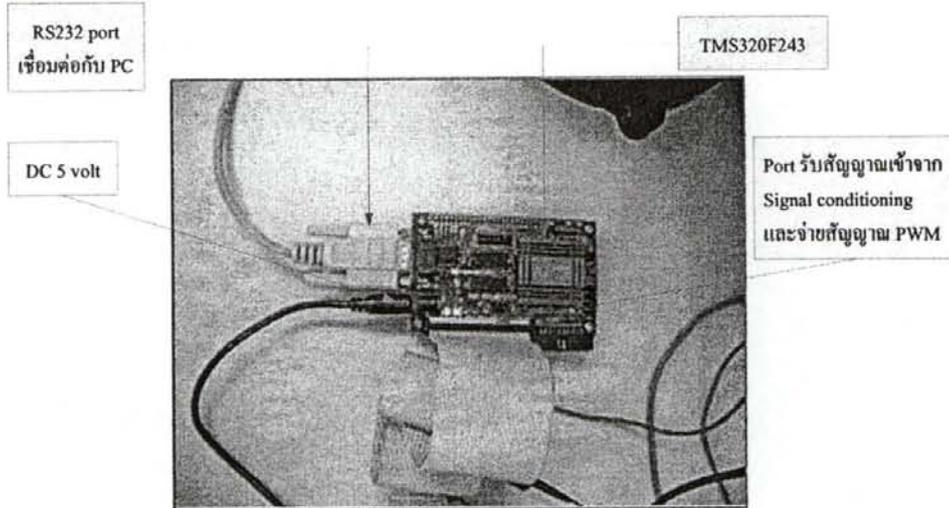


รูปที่ 6.5 แสดงบอร์ด DSP รุ่น TMS320F243



รูปที่ 6.6 แสดงตำแหน่งขา DSP TMS320F243

DSP TMS320F243



รูปที่ 6.7 แสดงการเชื่อมต่อ DSP

ตารางที่ 6.1 แสดงรายละเอียดตำแหน่งขา DSP TMS320F243

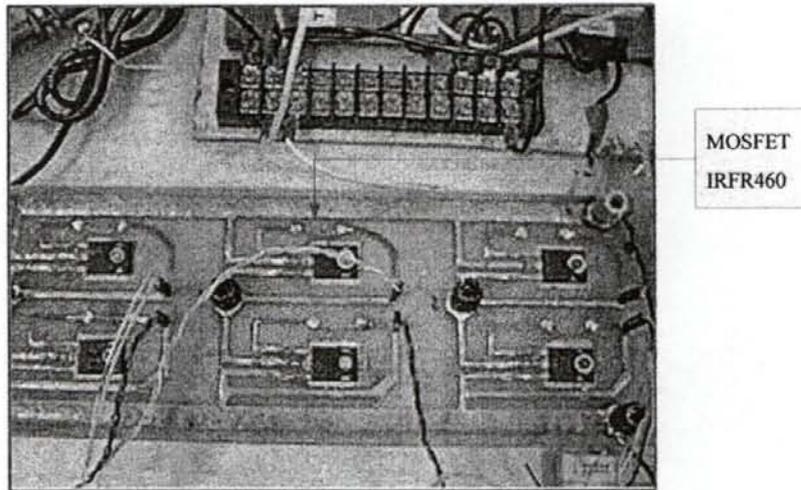
Terminal Functions - F243 PGE Package

NAME	144 LQFP NO.	TYPE†	RESET STATE‡	DESCRIPTION
ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER (ADC) INPUTS				
ADCIN00	10	I	I	Analog inputs to the ADC
ADCIN01	8			
ADCIN02	6			
ADCIN03	4			
ADCIN04	3			
ADCIN05	144			
ADCIN06	143			
ADCIN07	139			
VCCA	137	-	-	Analog supply voltage for ADC (5 V). It is highly recommended to isolate VCCA from the digital supply voltage (and VCCA from digital ground) to maintain the specified accuracy and improve the noise immunity of the ADC.
VSSA	136	-	-	Analog ground reference for ADC
VREFHI	141	-	-	ADC analog high-voltage reference input
VREFLO	142	-	-	ADC analog low-voltage reference input
EVENT MANAGER				
T1PWM/T1CMP/IOPB4	130	I/O-Z	I	Timer 1 compare output/general-purpose bidirectional digital I/O (GPIO).
T2PWM/T2CMP/IOPB5	126	I/O-Z	I	Timer 2 compare output/GPIO
TDIR/IOPB6	85	IO	I	Counting direction for general-purpose (GP) timer/GPIO. If TDIR=1, upward counting is selected; if TDIR=0, downward counting is selected.
TCLKIN/IOPB7	87	IO	I	External clock input for GP timer/GPIO. Note that timer can also use the internal device clock.
CAP1/QEP0/IOPA3	123	IO	I	Capture Input #1/quadrature encoder pulse input #0/GPIO
CAP2/QEP1/IOPA4	121	IO	I	Capture Input #2/quadrature encoder pulse input #1/GPIO
CAP3/IOPA5	119	IO	I	Capture Input #3/GPIO
PWM1/IOPA6	102	I/O-Z	I	Compare/PWM output pin #1 or GPIO
PWM2/IOPA7	106	I/O-Z	I	Compare/PWM output pin #2 or GPIO
PWM3/IOPB0	98	I/O-Z	I	Compare/PWM output pin #3 or GPIO
PWM4/IOPB1	95	I/O-Z	I	Compare/PWM output pin #4 or GPIO
PWM5/IOPB2	94	I/O-Z	I	Compare/PWM output pin #5 or GPIO
PWM6/IOPB3	91	I/O-Z	I	Compare/PWM output pin #6 or GPIO
PDPINT	82	I	I	Power drive protection interrupt input. This interrupt, when activated, puts the PWM output pins in the high-impedance state should motor drive/power converter abnormalities, such as overvoltage or overcurrent, etc., arise. PDPINT is level-sensitive and can cause multiple interrupts when held low.

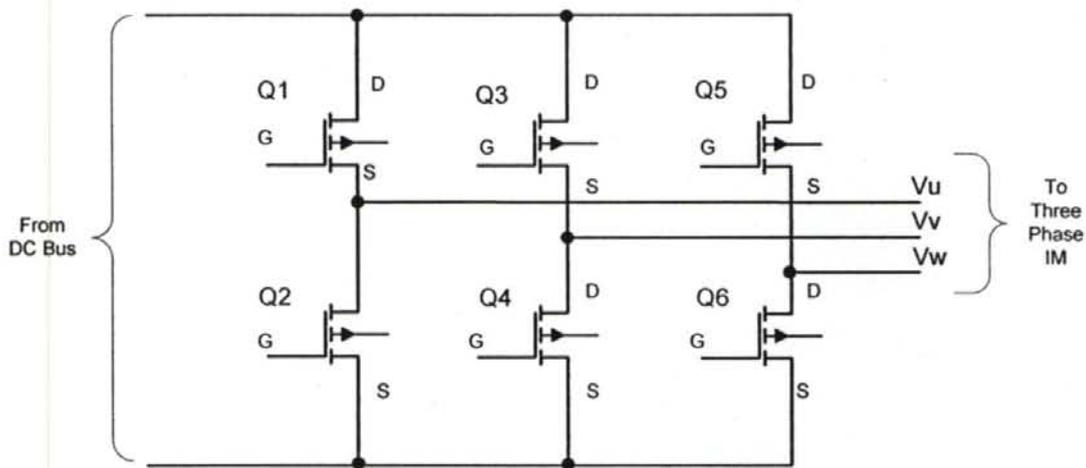
6.1.3 อินเวอร์เตอร์ 3 เฟส (Three-phase Inverter)

อินเวอร์เตอร์ที่จะใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส จะใช้ มอสเฟต (Mosfet) รุ่น IRFP 460 ถึง 6 ตัว โดยพิจารณาวงจรอินเวอร์เตอร์จริงดังรูปที่ 6.8 และในรูปที่ 6.9 แสดงการต่อของมอสเฟต และในรูปที่ 6.10 แสดงตำแหน่งขาของมอสเฟต

Three-phase Inverter

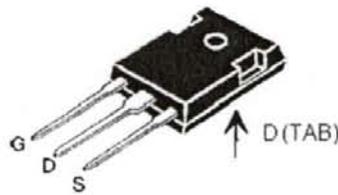


รูปที่ 6.8 แสดง โครงสร้างจริงของอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส



รูปที่ 6.9 แสดงวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส

TO-247 AD

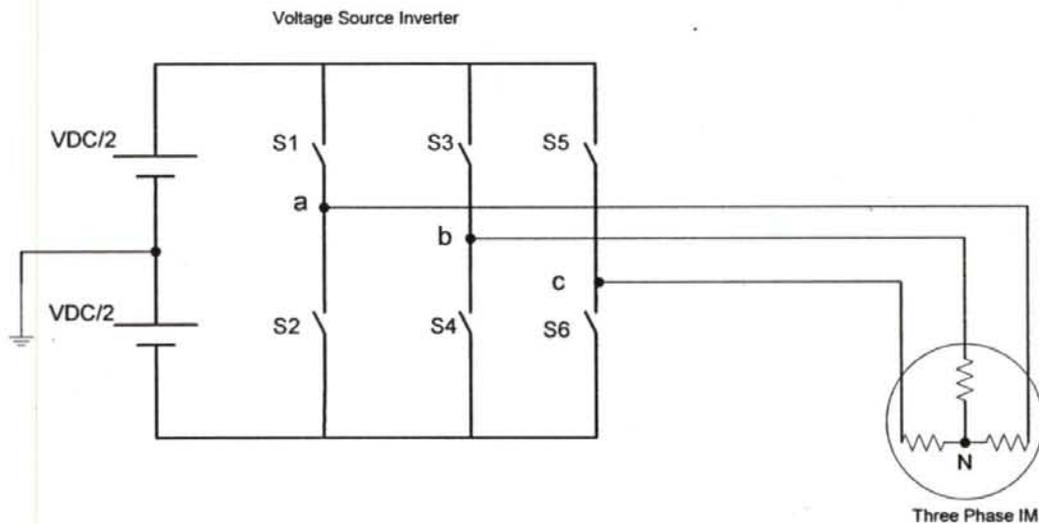


G = Gate, D = Drain,
S = Source, TAB = Drain

รูปที่ 6.10 แสดงตัวมอสเฟส

6.1.3.1 การทำงานของอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ที่ใช้จะเป็นแบบแหล่งจ่ายแรงดัน (Voltage source Inverters) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในงานอินเวอร์เตอร์งานอุตสาหกรรม เพราะง่ายต่อการทำระบบควบคุม ซึ่งมอสเฟสแต่ละตัวก็เป็นการทำงานเหมือนสวิตช์ดังรูปที่ 6.11



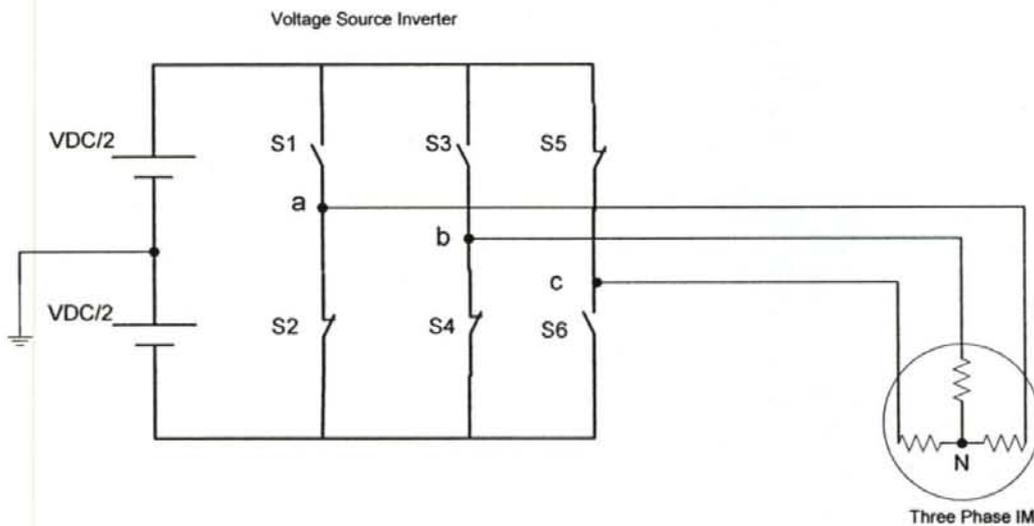
รูปที่ 6.11 แสดงวงจรการทำงานอินเวอร์เตอร์

จากรูปที่ 6.11 สวิตช์ที่อยู่ในแถวเดียวกันจะไม่ทำงานพร้อมกันเพราะจะทำให้อินเวอร์เตอร์เกิดการลัดวงจร เช่น สวิตช์ (S1) กับ สวิตช์ (S2) จะต้องไม่ทำงานพร้อมกัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปรูปแบบการสวิตช์ของวงจรอินเวอร์เตอร์ได้ทั้งหมด 8 รูปแบบดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 แสดงตำแหน่งการสวิตช์

รูปแบบการสวิตช์			แรงดัน		
1	2	3	V_{un}	V_{vn}	V_{wn}
0	0	0	0	0	0
0	0	1	$-V_{DC}/3$	$-V_{DC}/3$	$2V_{DC}/3$
0	1	0	$-V_{DC}/3$	$2V_{DC}/3$	$-V_{DC}/3$
0	1	1	$-2V_{DC}/3$	$V_{DC}/3$	$V_{DC}/3$
1	0	0	$2V_{DC}/3$	$-V_{DC}/3$	$-V_{DC}/3$
1	0	1	$V_{DC}/3$	$-2V_{DC}/3$	$V_{DC}/3$
1	1	0	$V_{DC}/3$	$V_{DC}/3$	$-2V_{DC}/3$
1	1	1	0	0	0

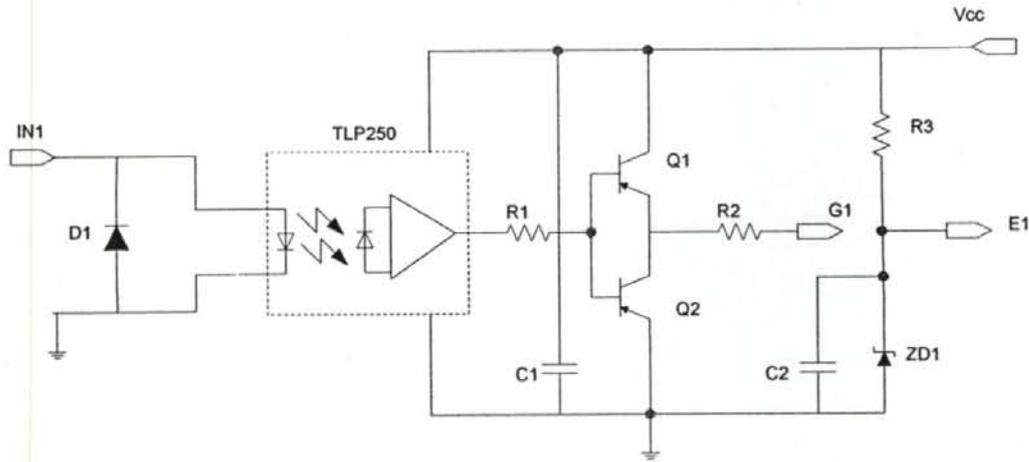
ตัวอย่างกรณีสวิตช์ทำงานที่ตำแหน่ง(001) เมื่อสวิตช์ $S1=0$ สวิตช์จะเปิด, $S2=1$ สวิตช์จะปิด เมื่อสวิตช์ $S3=0$ สวิตช์จะเปิด, $S4=1$ สวิตช์จะปิด และเมื่อสวิตช์ $S5=1$ สวิตช์จะปิด, $S6=0$ สวิตช์จะเปิด ดังแสดงดังรูปที่ 6.12



รูปที่ 6.12 การทำงานอินเวอร์เตอร์ที่ตำแหน่ง 001

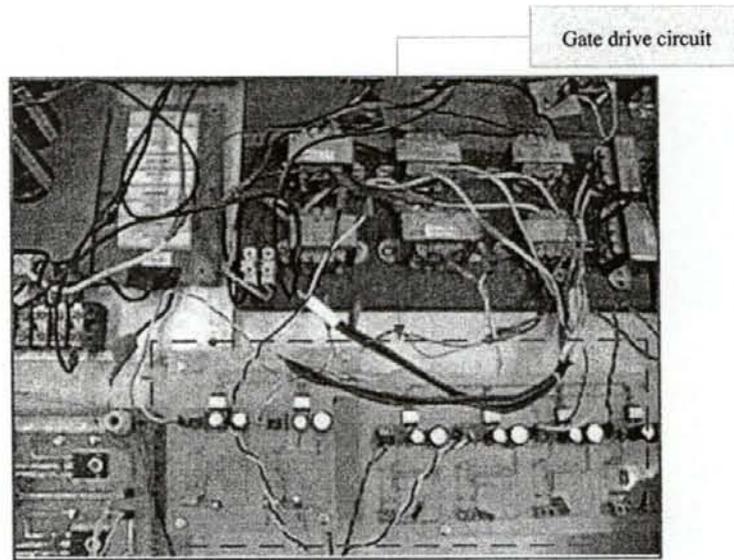
6.1.4 วงจรขั้วนำอินเวอร์เตอร์ (Gate-drive Circuit)

ในการที่จะให้มอสเฟตทำงานได้จะต้องมีแรงดันที่ใช้ การขั้บนำที่ขา G กับขา S ที่ไม่น้อยกว่า 15 v ฉะนั้นสัญญาณขั้บนำที่ออกจาก DSP แค่ 5 v เท่านั้นจึงต้องมีวงจรขั้บนำและแยกโคคทางไฟฟ้าซึ่งแสดงดังรูปที่ 6.13 และส่วนของวงจรแสดงดังภาพจริงในรูปที่ 6.14 และในรูปที่ 6.15 แสดงการนำเกตไดร์ (Gate drive) ต่อไปขั้บนามอสเฟต (Mosfet)

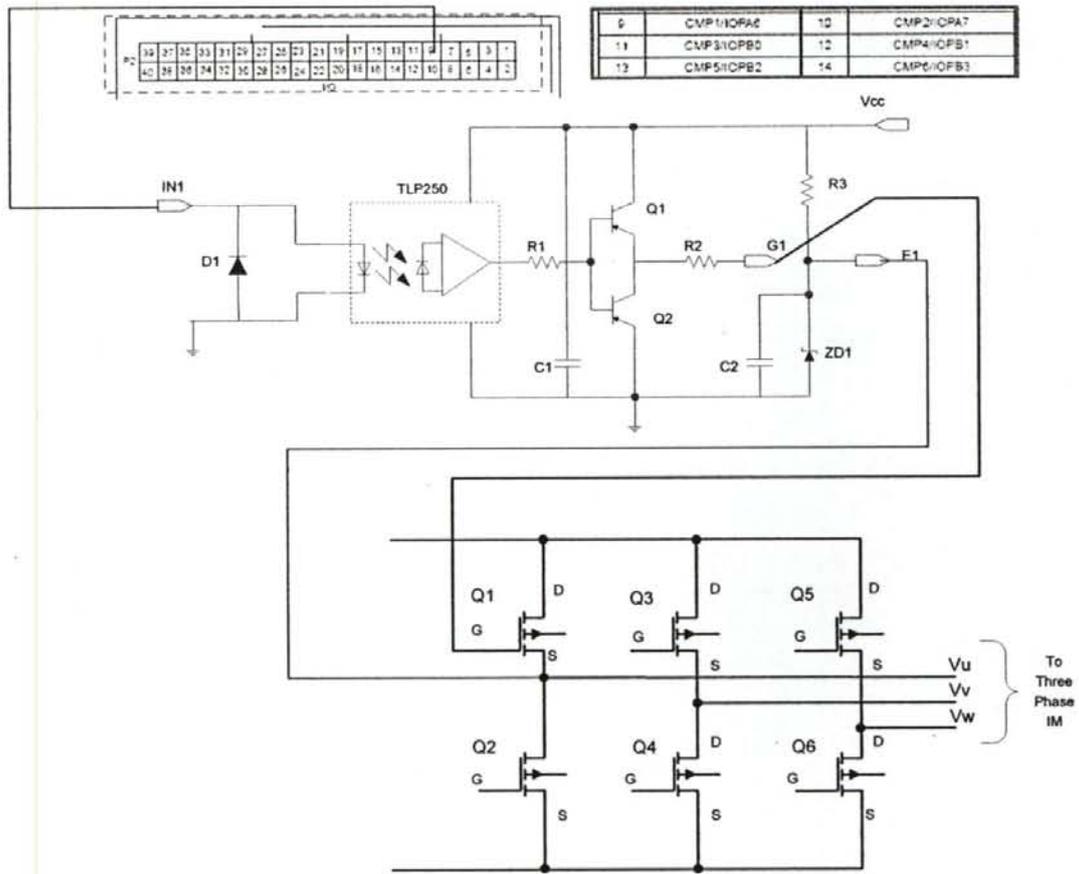


รูปที่ 6.13 วงจร Gate drive

Gate drive circuit



รูปที่ 6.14 ภาพจริงวงจร Gate drive

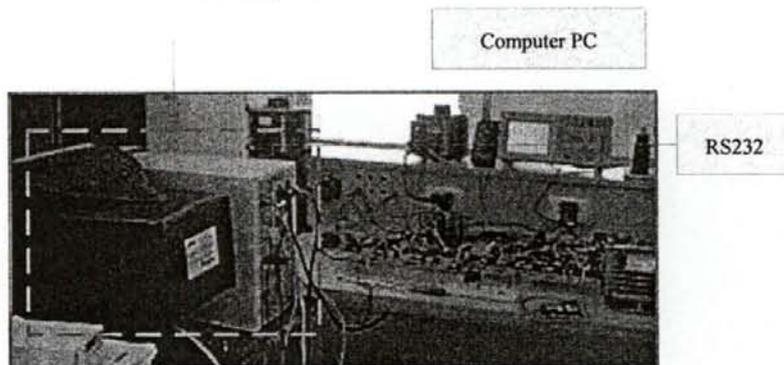


รูปที่ 6.15 แสดงการต่อวงจรระหว่างเกตไคร์กับมอสเฟต

6.1.5 คอมพิวเตอร์ (Computer)

คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมใช้คอมพิวเตอร์ PC ดังแสดงในรูปที่ 6.16 ที่แสดงการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับบอร์ดคิเอสพี โดยต่อเชื่อมผ่านสายพอร์ท RS232

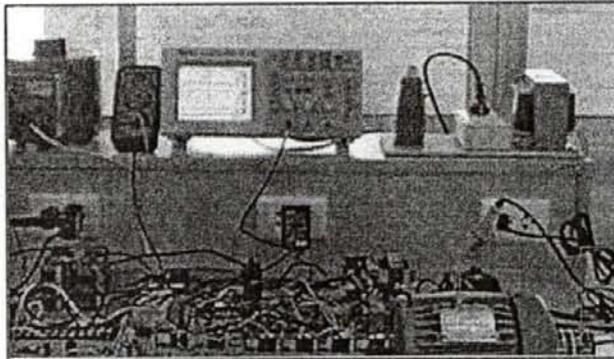
Computer



รูปที่ 6.16 แสดงคอมพิวเตอร์ต่อเชื่อมกับคิเอสพี

6.1.6 ตัวตรวจจับความเร็ว (Encoder)

เอ็นโคเดอร์ (Encoder) ในรูปที่ 6.17 แสดงการต่อ encoder เข้ามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ในโครงการวิจัยนี้ได้ใช้ตัวตรวจจับความเร็ว ของออมนอนรุ่น (omron model E6C2-CWZ) ดังรูปที่ 6.18

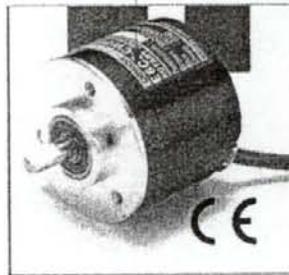


Three-phase induction motor

5.7 Encoder

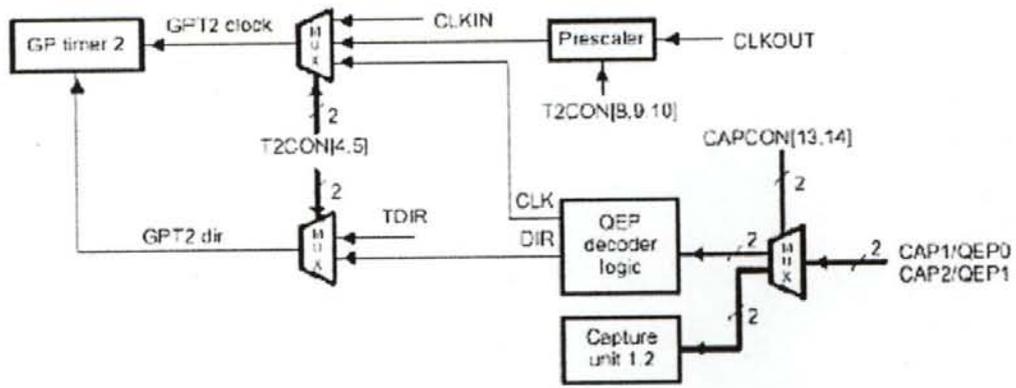
รูปที่ 6.17 แสดงการต่อเอ็นโคเดอร์กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

Omron
E6C2-CWZ

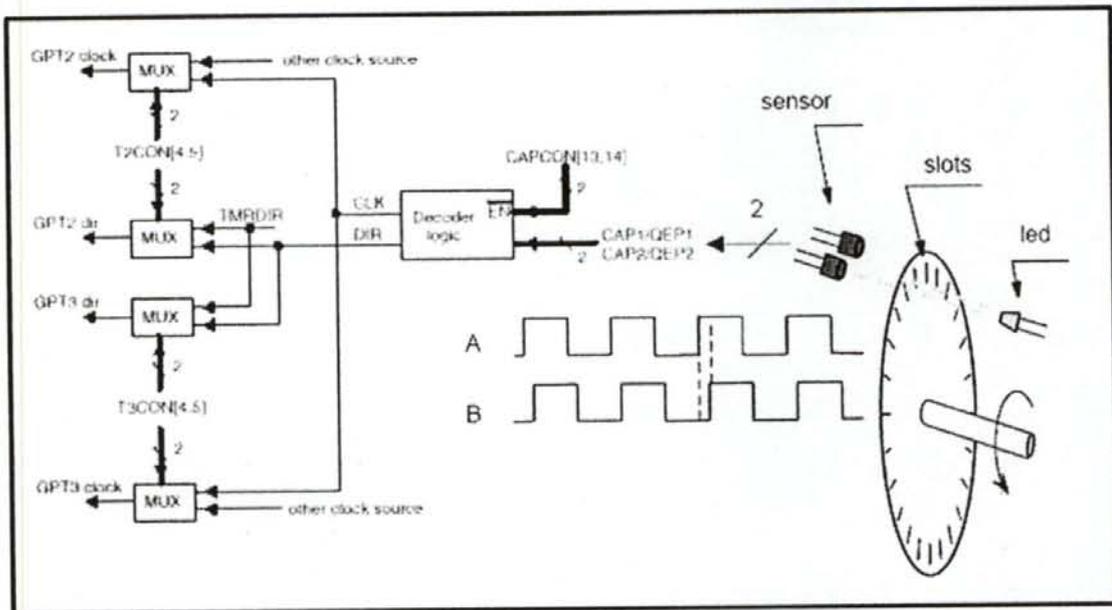


รูปที่ 6.18 แสดงรูปจริงของ encoder

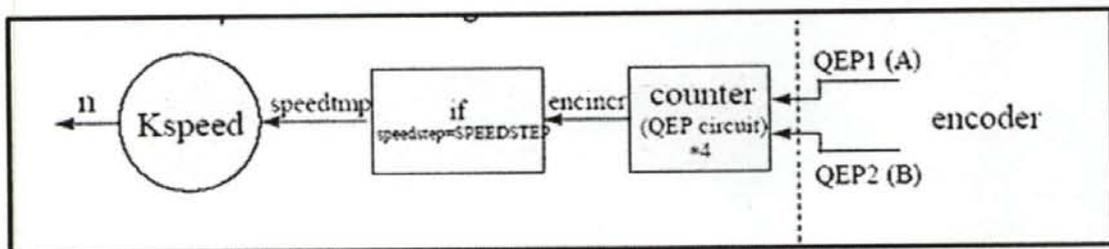
ในรูปที่ 6.19 เป็นส่วนของการตรวจจับสัญญาณพัลส์จากเอ็นโคเดอร์เข้าคิเอสพีโดยใช้ส่วนของ QEPO และ QEP1 และในรูปที่ 6.20 แสดงสัญญาณที่ถูกส่งมายังเอ็นโคเดอร์ที่สัญญาณพัลส์ A กับสัญญาณพัลส์ B จะทำมุมต่างกัน 90 องศา ส่วนในรูปที่ 6.21 เป็นส่วนของการที่จะนำไปเขียนโปรแกรมในส่วนของการตรวจจับความเร็ว ความเร็วที่ตรวจจับได้จะต้องนำมาคูณด้วยค่า Kspeed ถึงจะได้ค่าของความเร็ว n ที่จะนำไปเขียนในโปรแกรมอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 6.19 แสดงส่วนของการแปลงค่าความเร็วใน TMS320F243



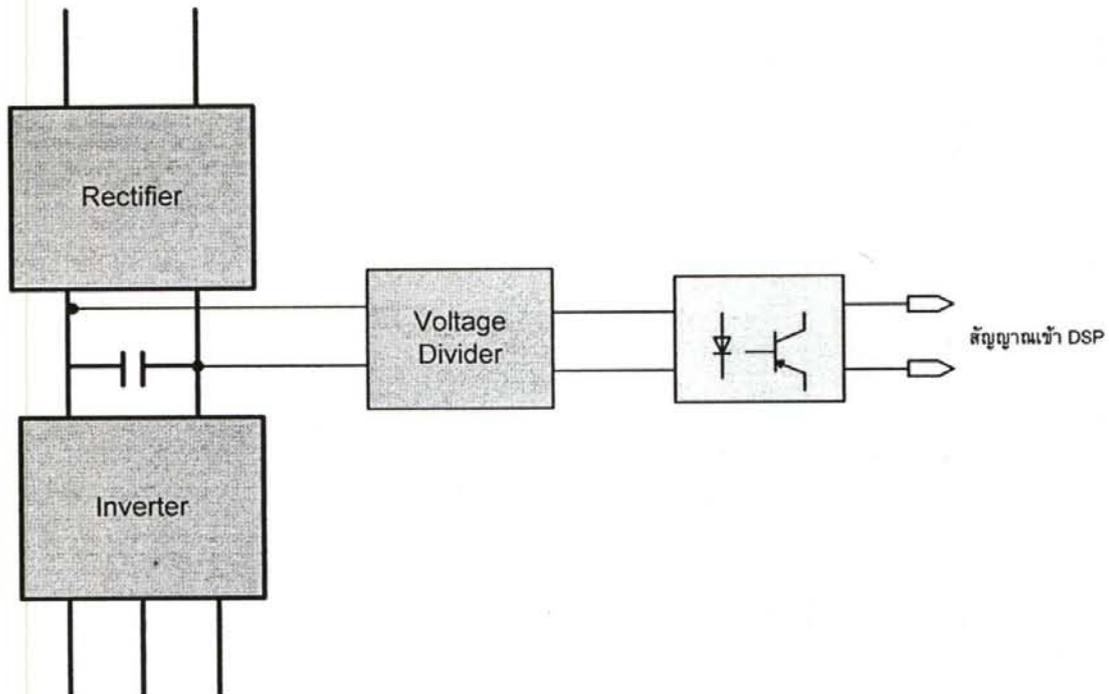
รูปที่ 6.20 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ส่งออกจาก encoder



รูปที่ 6.21 การแปลงรับค่าและการแปลงค่าความเร็วจาก QEP

6.1.7 การตรวจจับสัญญาณบัสไฟตรง

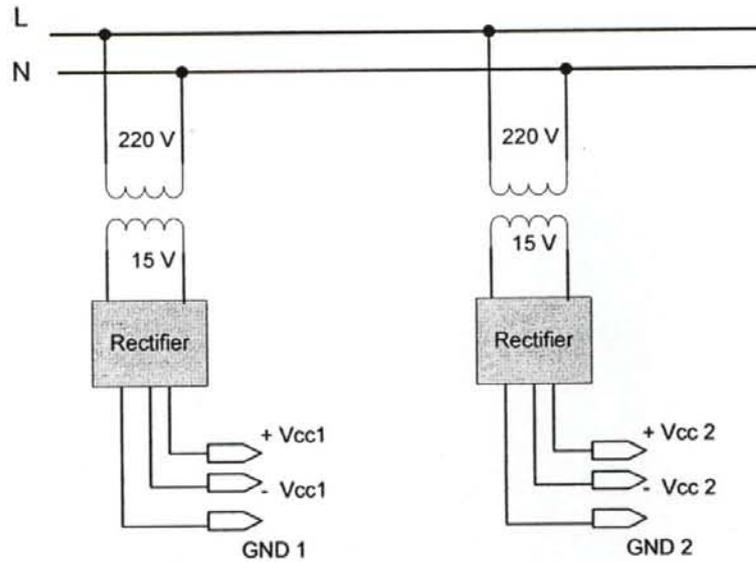
การควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบปรับความเร็วรอบโดยการปรับแรงดันและความถี่ด้วยวิธีการควบคุมแบบแยกการเชื่อมร่วมนั้น ข้อมูลที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือค่าแรงดันบัสไฟตรง (DC bus) โดยพิจารณาวงจรดังรูปที่ 6.22



รูปที่ 6.22 แสดงส่วนของการตรวจจับสัญญาณไฟตรง

6.1.8 แหล่งจ่ายไฟ (Power supply)

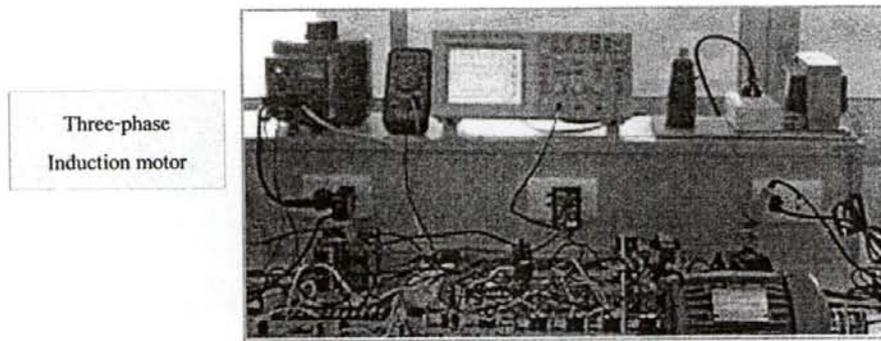
แหล่งจ่ายไฟแบ่งออกเป็น 2 ชุด โดยชุดแรกเป็นแหล่งจ่ายไฟ +15V, -15 V สำหรับวงจรการจับแรงดันบัสไฟตรงและอีกชุดเป็นแรงดัน +15V, -15 V สำหรับจ่ายให้กับ encoder ดังรูปที่ 6.23



รูปที่ 6.23 ภาคนำไฟให้กับวงจรเกตไดร์

6.1.9 มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

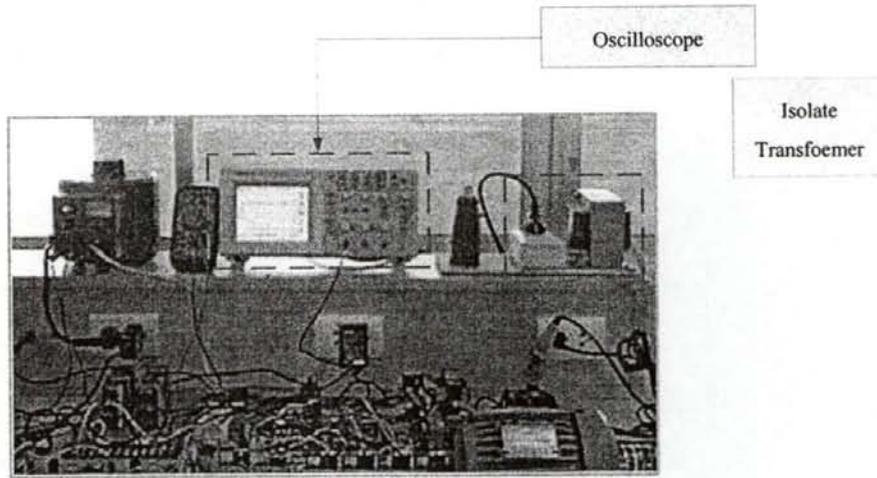
ในรูปที่ 6.24 แสดงมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสที่ใช้ในงานวิจัย และได้แสดงการหาค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำดังกล่าว ก.



รูปที่ 6.24 แสดงภาพจริงมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

6.1.10 เครื่องมือวัดค่า

เครื่องมือวัดที่ใช้ในงานวิจัยจะใช้ฮอสซิลโลสโคปใช้ของ Tektronix รุ่น TDS1200 ในการวัดค่ากระแส และ แรงดัน และในรูปที่ 6.25 แสดงตัวอย่างในการใช้ฮอสซิลโลสโคปในการวัดค่ากระแส

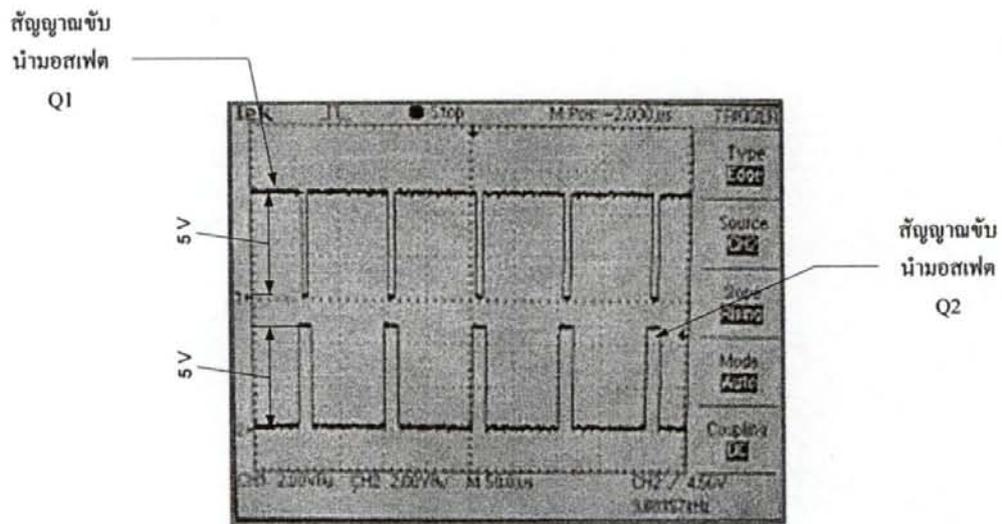


รูปที่ 6.25 แสดงการใช้ออสซิลโลสโคปวัดค่า

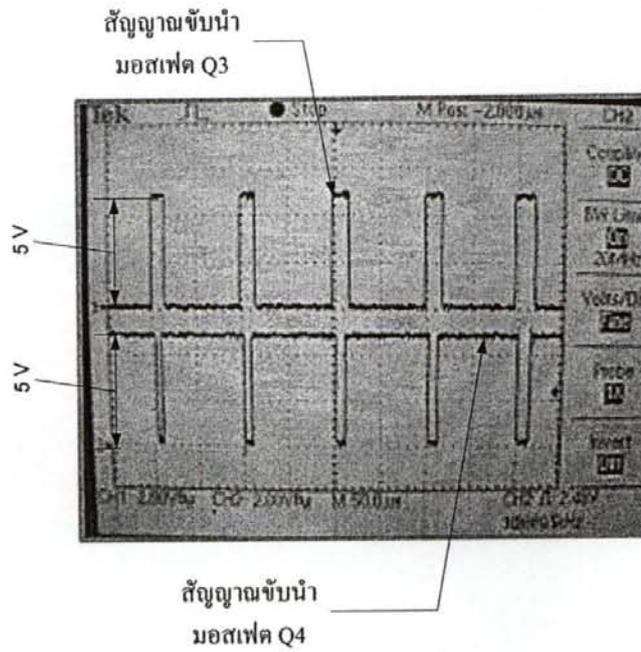
6.2 ผลการทดลอง

6.2.1 สัญญาณขั้วนำมอสเฟต

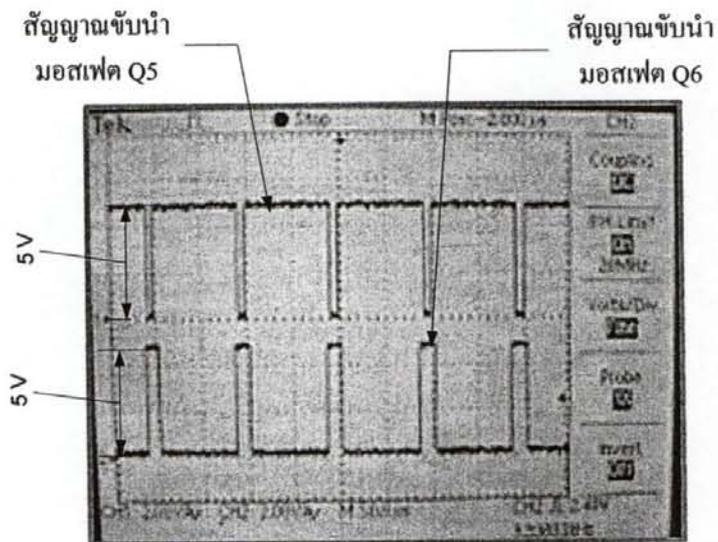
ในส่วนนี้จะแสดงสัญญาณที่ใช้ในการขับสวิตช์ อิเล็กทรอนิกส์กำลังในงานวิจัยนี้ได้ใช้มอสเฟตเป็นอุปกรณ์กำลัง โดยค่าสัญญาณขั้วนำในรูปที่ 2.26 เป็นสัญญาณขั้วนำสวิตช์ Q1-Q2 ในรูปที่ 2.27 เป็นสัญญาณขั้วนำสวิตช์ Q3-Q4 และในรูปที่ 2.28 เป็นสัญญาณขั้วนำสวิตช์ Q5-Q6



รูปที่ 6.26 สัญญาณขั้วนำ PWM ขั้วนำ Q1 และ Q2

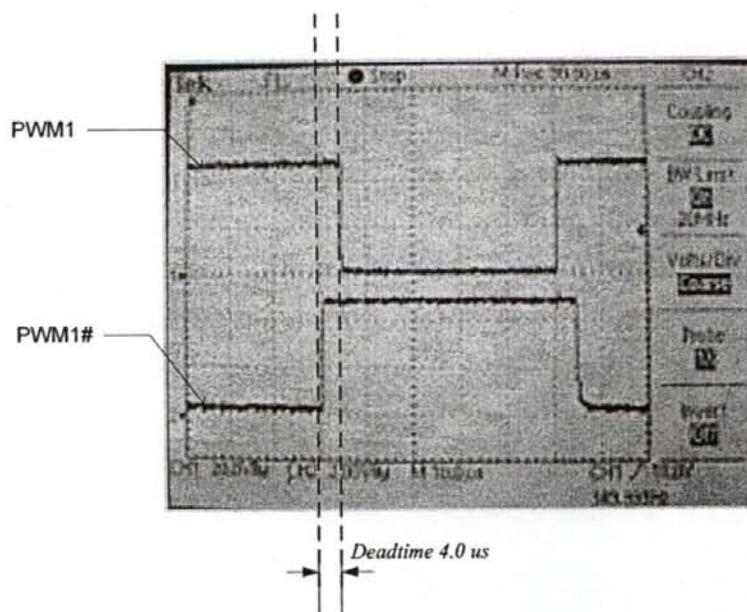


รูปที่ 6.27 สัญญาณขั้วนำ PWM ขั้วนำ Q3 และ Q4



รูปที่ 6.28 สัญญาณขั้วนำ PWM ขั้วนำ Q5 และ Q6

6.2.2 ผลการทดลองการแก้การประวิงเวลา



รูปที่ 6.29 สัญญาณขั้วนำที่มีการแก้การประวิงเวลา

จากรูปที่ 6.29 เป็นรูปคลื่นของสัญญาณขั้วนำสวิตช์ Q1 และ Q2 โดยที่สัญญาณ PWM1 เป็นสัญญาณขั้วนำสวิตช์ Q1 และสัญญาณ PWM1# เป็นขั้วนำสวิตช์ Q2 ในการสั่งให้สวิตช์ทำงานจะต้องมีการแก้การประวิงเวลา (Dead-time) ของสวิตช์ตัวบนและสวิตช์ตัวล่างไม่ให้ทำงานพร้อมกัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ให้เวลา Dead-time = 4.0 μ S

6.2.3 แรงดันอินเวอร์เตอร์สภาวะไร้โหลด

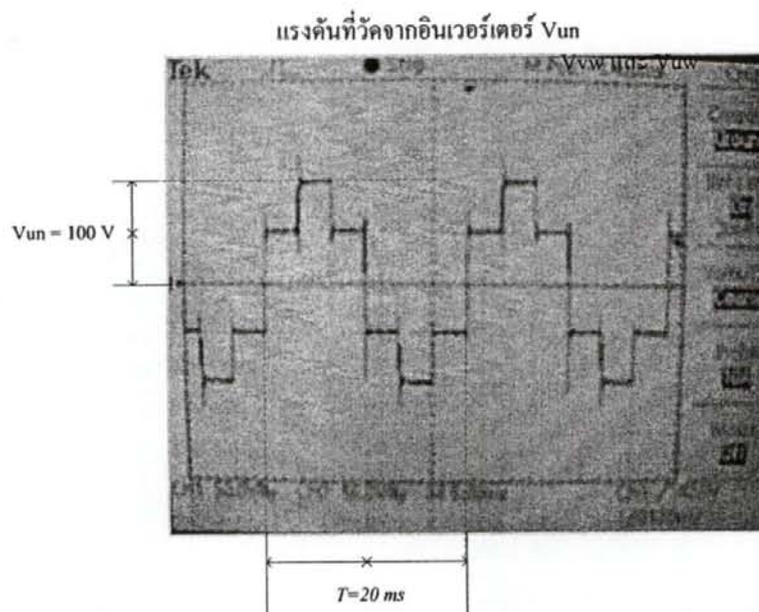
ในการวัดค่าสัญญาณอินเวอร์เตอร์ได้ทำการทดสอบที่ความเร็ว 1500 rpm ที่สภาวะไร้โหลดโดยสามารถวัดค่าแรงดันต่างๆ ดังนี้

1) แรงดันอินเวอร์เตอร์

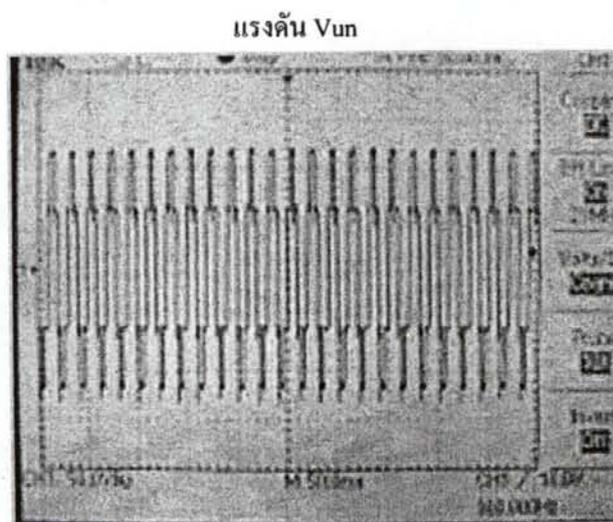
พิจารณาในรูปที่ 6.30 เป็นรูปคลื่นแรงดันระหว่างเฟส u กับจุด n (V_{un}) และรูปที่ 6.31 เป็นรูปคลื่นแรงดันระหว่างเฟส u กับจุด n ที่ทำการปรับความถี่ของออสซิลโลสโคปที่เวลา $M = 500$ ms เมื่อ M คือจำนวนช่องของแกนเวลา

ในรูปที่ 6.32 เป็นรูปคลื่นแรงดันระหว่างเฟส v กับจุด n (V_{vn}) ที่ปรับขนาดของแรงดัน $V_{vn} = 100$ V ที่ความถี่ $f = 50$ Hz

และในรูปที่ 6.33 เป็นรูปคลื่นแรงดันระหว่างเฟส w กับจุด n (V_{wn}) ที่ปรับขนาดของแรงดัน $V_{wn} = 100$ V ที่ความถี่ $f = 50$ Hz เช่นกัน และในรูปที่ 6.34 เป็นค่าแรงดัน V_{wn} ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ที่โดยวัดที่ $M = 500$ ms

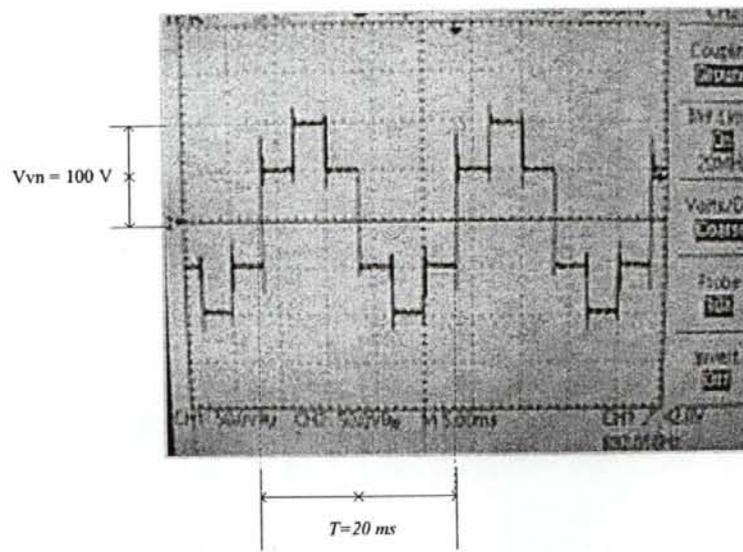


รูปที่ 6.30 แรงดัน V_{un} ที่จ่ายให้กับมอเตอร์



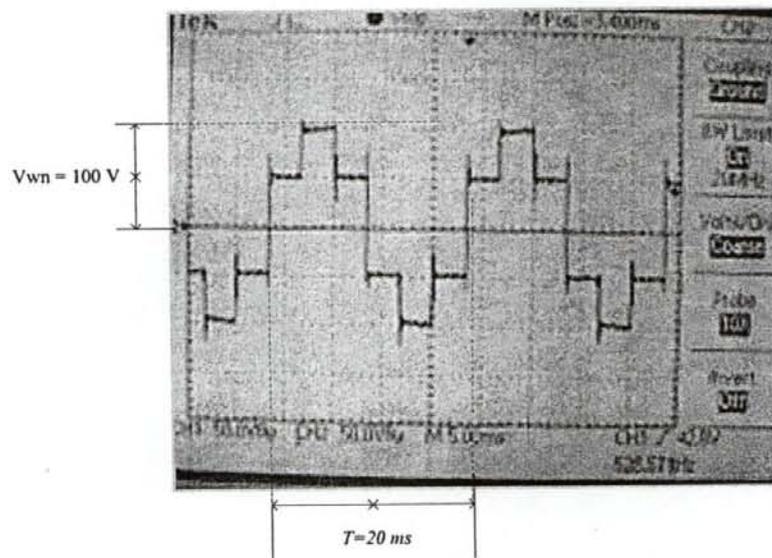
รูปที่ 6.31 แรงดัน V_{un} ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ที่ $M = 500\text{ ms}$

แรงดันที่วัดจากอินเวอร์เตอร์ V_{vn}

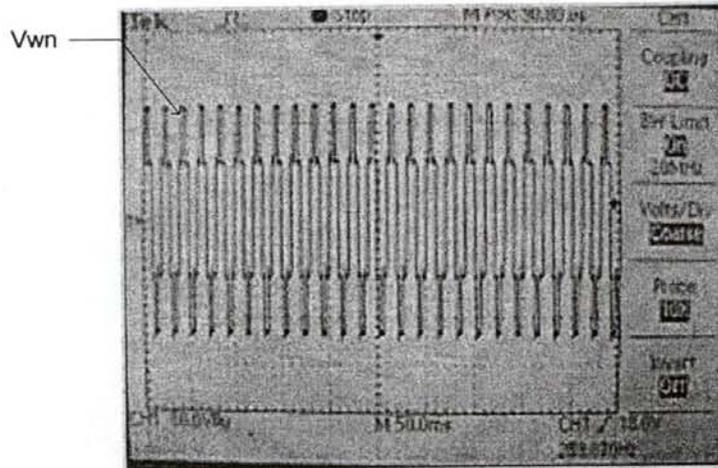


รูปที่ 6.32 แรงดัน V_{vn} ที่จ่ายให้กับมอเตอร์

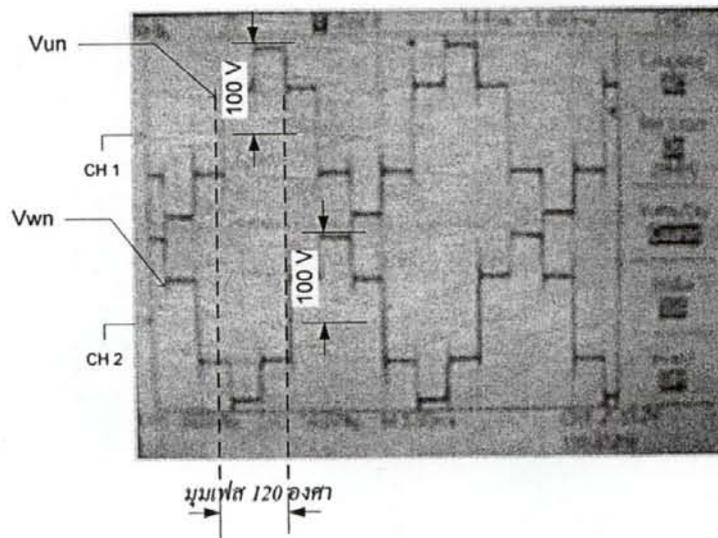
แรงดันที่วัดจากอินเวอร์เตอร์ V_{wn}



รูปที่ 6.33 แรงดัน V_{wn} ที่จ่ายให้กับมอเตอร์



รูปที่ 6.34 แรงดัน V_{wn} ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ที่ $M = 500$ ms



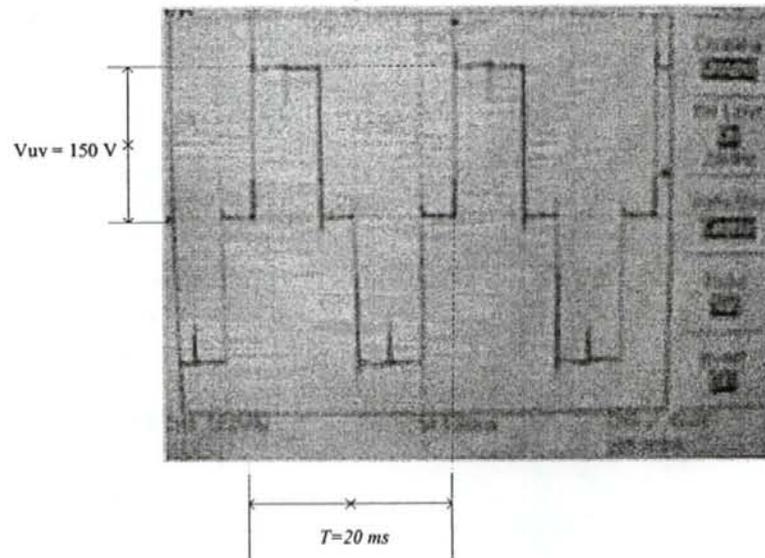
รูปที่ 6.35 แรงดันระหว่าง V_{un} และ V_{wn} ที่จ่ายให้กับมอเตอร์

จากรูปที่ 6.35 เป็นการวัดค่าแรงดันระหว่างแรงดันเฟส u เทียบกับ จุด n และแรงดันระหว่างเฟส w เทียบกับจุด n ที่ทำการปรับแรงดันทั้งสองมีค่า 100 V

ส่วนในรูปที่ 6.36 และรูปที่ 6.37 เป็นการวัดค่าแรงดันระหว่างเฟส u กับ v และ เฟส v กับ w ตามลำดับ โดยค่าแรงดันที่วัดได้เท่ากับ 150 V โดยค่าความถี่ $f = 50$ Hz

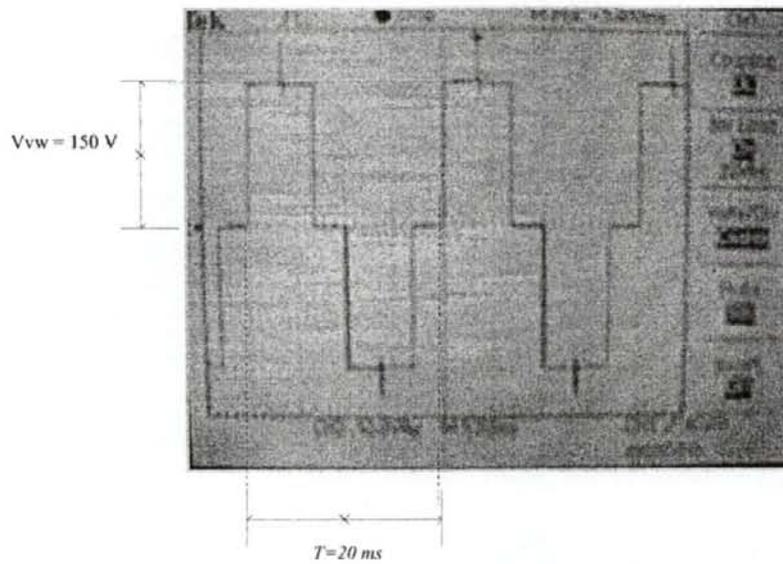
แรงดัน V_{uv} , V_{vw}

แรงดันที่วัดจากอินเวอร์เตอร์ V_{uv}



รูปที่ 6.36 แรงดัน V_{uv} ที่จ่ายให้กับมอเตอร์

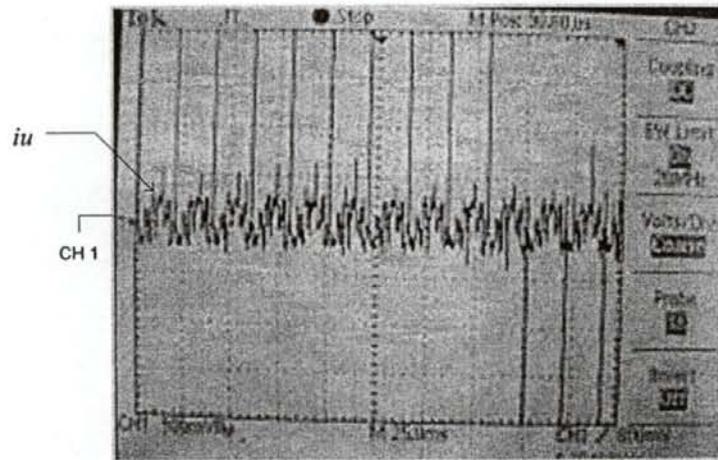
แรงดันที่วัดจากอินเวอร์เตอร์ V_{vw}



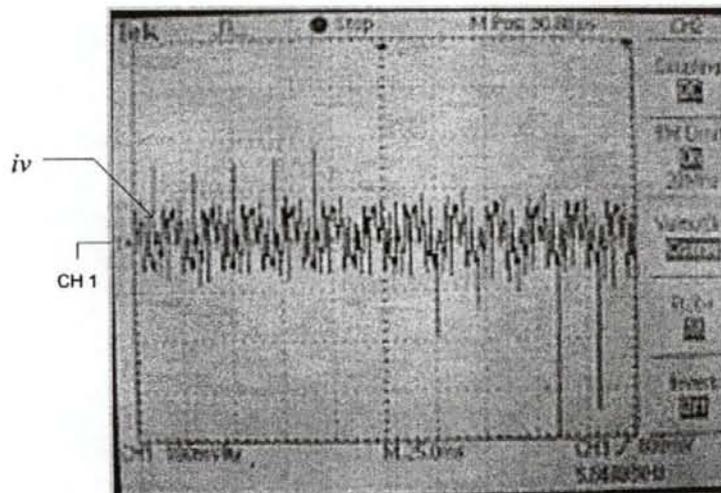
รูปที่ 6.37 แรงดัน V_{vw} ที่จ่ายให้กับมอเตอร์

6.2.4 การทดสอบกระแสที่สภาวะไร้โหลด

ในการทดสอบสถานะไร้โหลดจะวัดค่ากระแสเดเตอร์ โดยการสั่งความเร็วคำสั่งจากโปรแกรมที่ 1500 rpm โดยแสดงค่ากระแสที่ทำการตรวจวัดที่เฟส u ดังรูปที่ 6.38 และทำการตรวจวัดค่ากระแสเดเตอร์ที่เฟส v ดังรูปที่ 6.39



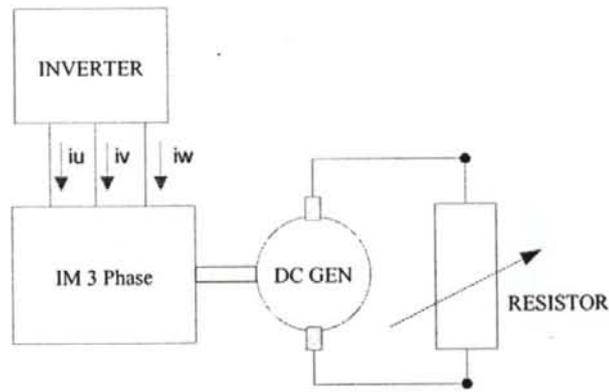
รูปที่ 6.38 กระแส iu ที่จ่ายให้กับมอเตอร์



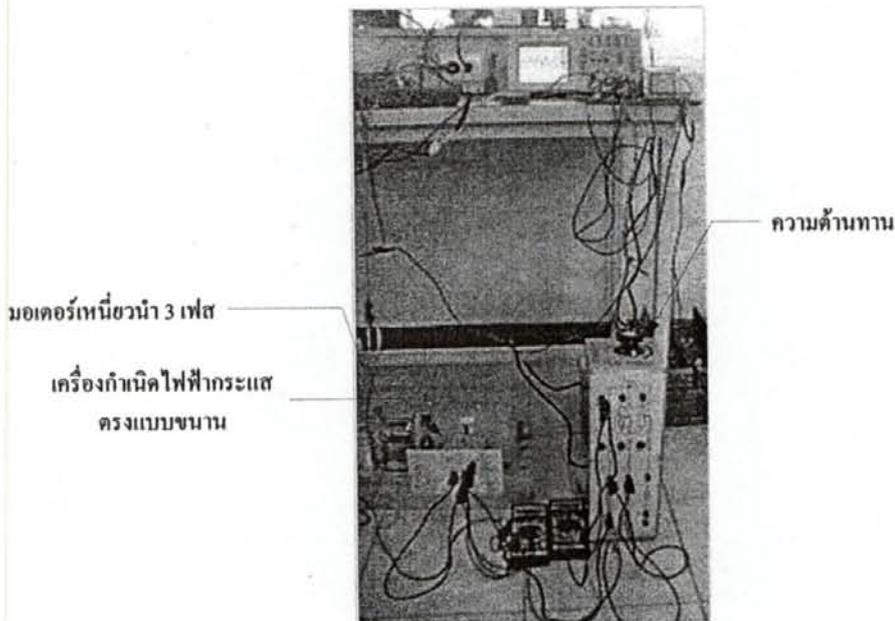
รูปที่ 6.39 กระแส iv ที่จ่ายให้กับมอเตอร์

6.2.5 ผลการทดสอบที่สถานะมีโหลด

โหลดที่นำมาต่อกับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานและทำการเพิ่มโหลดโดยการ ลดค่าความต้านทานที่นำมาต่อขนานกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน แสดงดังรูปที่ 6.40 แสดงวงจรการต่อและวิธีการต่อจริงแสดงดังรูปที่ 6.41



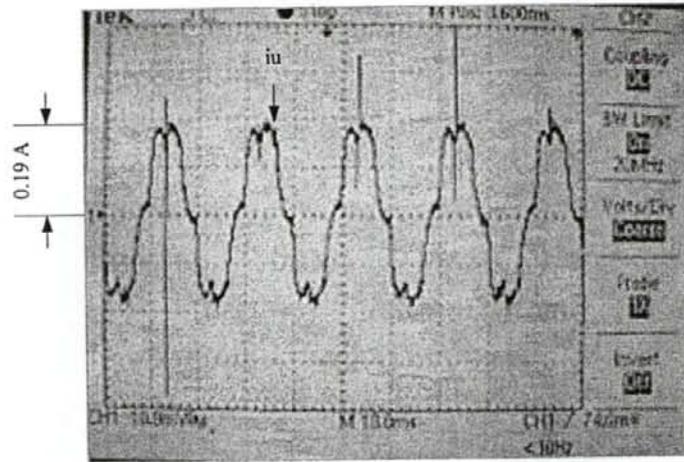
รูปที่ 6.40 วงจรการต่อโหลด



รูปที่ 6.41 การต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเป็นโหลด

ผลการทดสอบกระแส

ในสถานะที่จ่ายโหลดให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส และทำการวัดค่ากระแสสเตเตอร์ที่เฟส u ดังรูปที่ 6.42 มีค่าเท่ากับ 0.19 A ซึ่งเกือบเท่ากับค่ากระแสพิสัยของมอเตอร์ และวัดค่ากระแสด้วยดิจิตอลแอมป์มิเตอร์ดังรูปที่ 6.43



รูปที่ 6.42 ค่ากระแสสแตเตอร์ i_u

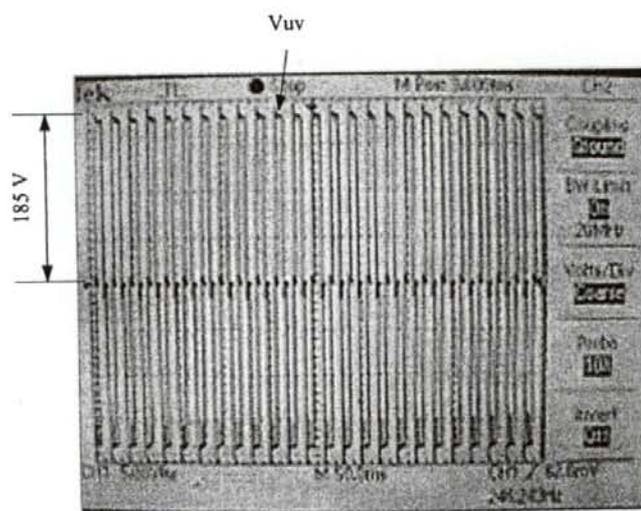
กระแสสแตเตอร์ที่เฟส u



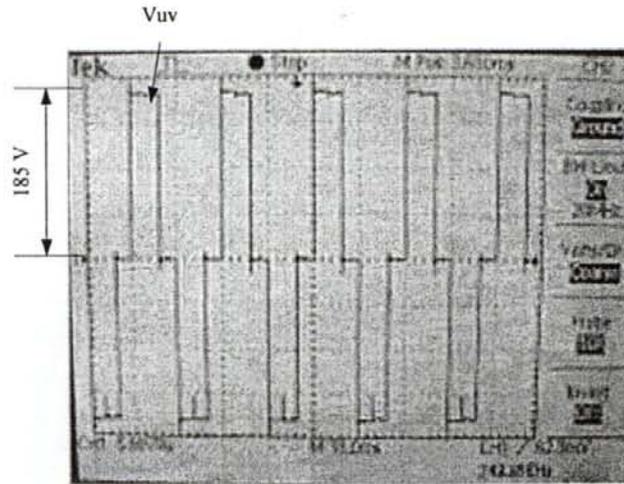
รูปที่ 6.43 ค่ากระแสสแตเตอร์ i_u ที่วัดด้วยคิจิตอลมิเตอร์

ผลการทดสอบแรงดัน

ผลการวัดแรงดันที่ขั้วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ระหว่างเฟส u กับเฟส v ได้ค่าแรงดันเท่ากับการปรับค่าที่บัสไฟตรงคือ 185 V ดังรูปที่ 6.44 และในรูปที่ 6.45 เมื่อทำการขยายความถี่



รูปที่ 6.44 แสดงค่าแรงดัน V_{uv}

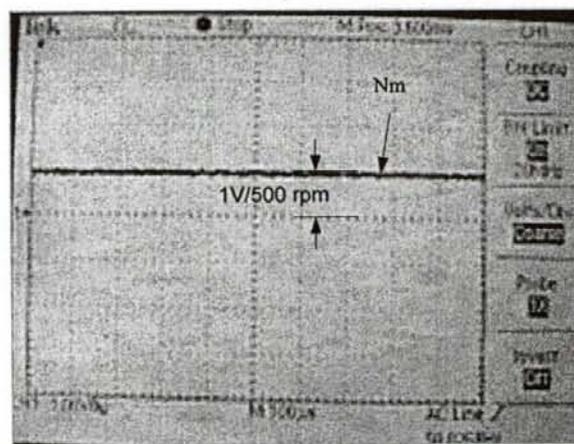


รูปที่ 6.45 แสดงค่าแรงดัน V_{uv} เมื่อขยายความถี่

ผลการทดสอบความเร็ว

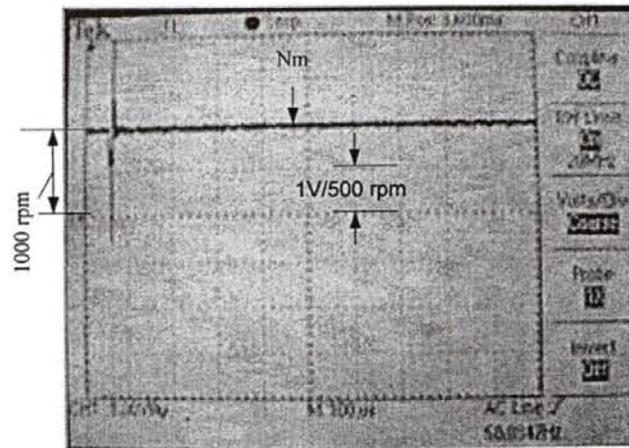
ในการทดสอบความเร็วของมอเตอร์ทำการทดสอบที่สภาวะจ่ายโหลดโดยทำการทดสอบความเร็วสามระดับที่ $N_m = 500$ rpm, $N_m = 1000$ rpm และ $N_m = 1500$ rpm ดังรูปที่ 6.46, 6.47 และ รูปที่ 6.48 ตามลำดับ

ที่ความเร็ว $N_m = 500$ rpm



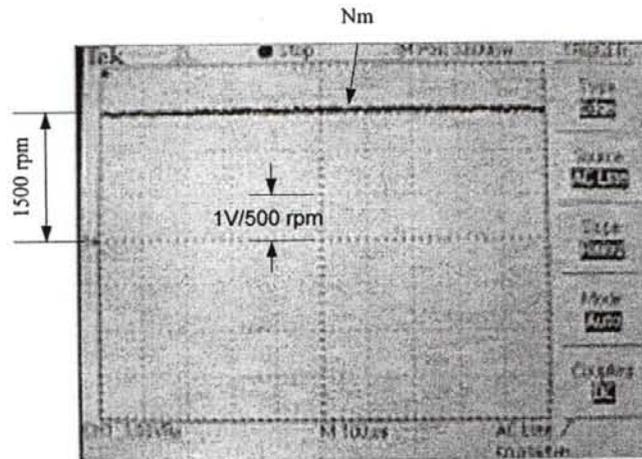
รูปที่ 6.46 ค่าความเร็วจริงที่ $N_m = 500$ rpm

ที่ความเร็ว $N_m = 1000$ rpm



รูปที่ 6.47 ค่าความเร็วจริงที่ $N_m = 1000$ rpm

ที่ความเร็ว $N_m = 1500$ rpm



รูปที่ 6.48 ค่าความเร็วจริงที่ $N_m = 1500$ rpm