

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของไอจีบีที เบอร์ 2MBI50L-060

2MBI50L-060(50A)

富士パワーモジュール

IGBTモジュール

IGBT MODULE

■特長: Features

- 高速スイッチング High Speed Switching
- 低飽和電圧 Low Saturation Voltage
- 高入力ゲート抵抗(MOSゲート構造) High Input Impedance
- モジュールパッケージ Module Packaging

■用途: Applications

- 汎用インバータ General Purpose Inverter
- 無停電電源装置 Uninterruptible Power Supply
- AC, DCサーボアンプ AC-DC Servo Drive Amplifier
- 溶接機のスイッチング電源 Switching Power Supplies for Welding Machine

■定格と特性: Maximum Ratings and Characteristics

●絶対最大定格: Absolute Maximum Ratings

Items	Symbols	Ratings	Units
コレクタ・エミッタ間電圧	V_{CES}	600	V
ゲート・エミッタ間電圧	V_{GES}	± 20	V
コレクタ電流	連続	I_C	50
	1ms	$I_{C\ peak}$	100
	Duty=83%	$-I_C$	50
	1ms	$-I_{C\ peak}$	100
最大損失	P_C	250	W
接合部温度	T_J	$+150$	$^{\circ}C$
保存温度	T_{stg}	$-40 \sim +125$	$^{\circ}C$
絶縁耐量	AC, 1min.	V_{ISO}	2500
締付けトルク	Mounting *1	3.5	N·m
	Terminals *1	3.5	

*1 推奨値: Recommendable Value 2.5~3.5 N·m (25~35 kgf·cm) (M5)

●電気的特性: Electrical Characteristics ($T_J=25^{\circ}C$)

Items	Symbols	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
コレクタ・エミッタ間遮断電流	I_{CES}	$V_{GE}=0V$ $V_{CE}=600V$ $T_J=25^{\circ}C$			1.0	mA
ゲート・エミッタ間漏れ電流	I_{GES}	$V_{CE}=0V$ $V_{GE}=\pm 20V$			100	nA
ゲート・エミッタ間しきい値電圧	$V_{GE(th)}$	$V_{CE}=20V$ $I_C=50mA$	3.0		6.0	V
コレクタ・エミッタ間飽和電圧	$V_{CE(sat)}$	$V_{GE}=15V$ $I_C=50A$		2.7	3.5	V
入力容量	C_{iss}	$V_{CE}=0V$		4750		
出力容量	C_{oss}	$V_{CE}=10V$		—		pF
遷延容量	C_{riss}	$f=1MHz$		—		
ターンオン時間 *2	t_{on}	$V_{CE}=300V$		0.4	0.8	μs
	t_r	$I_C=50A$		0.3	0.6	
ターンオフ時間 *3	t_{off}	$V_{CE}=15V$		0.6	1.0	μs
	t_s	$R_g=51\Omega$		0.2	0.35	
ダイオード順電圧	V_F	$I_F=50A$ $V_{GE}=0V$			2.5	V
逆回復時間	t_{rr}	$I_F=50A$ $-di/dt=150A/\mu s$ $V_{GE}=-10V$			300	ns

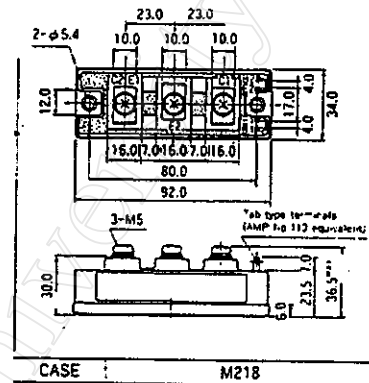
*2 抵抗負荷: Resistive load

*3 誘導負荷: Inductive load

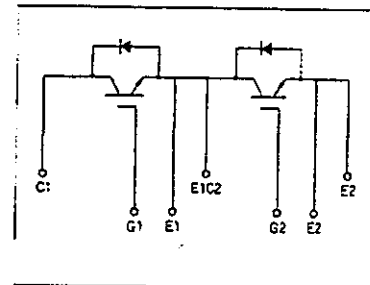
●熱的特性: Thermal Characteristics

Items	Symbols	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
熱抵抗	$R_{th(j-c)}$	IGBT			0.5	$^{\circ}C/W$
	$R_{th(j-e)}$	Diode			1.0	
	$R_{th(e-a)}$	With Thermal compound		0.05		

■外形寸法: Outline Drawings



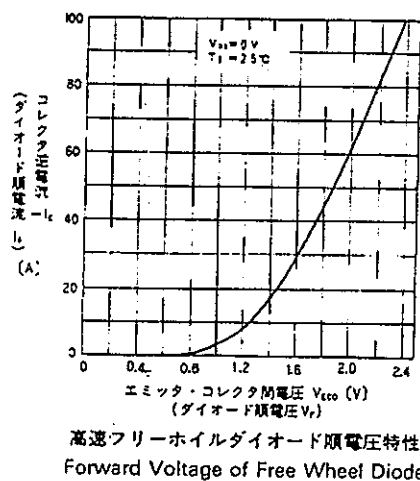
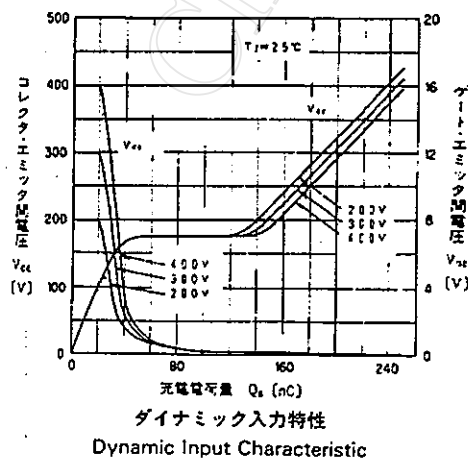
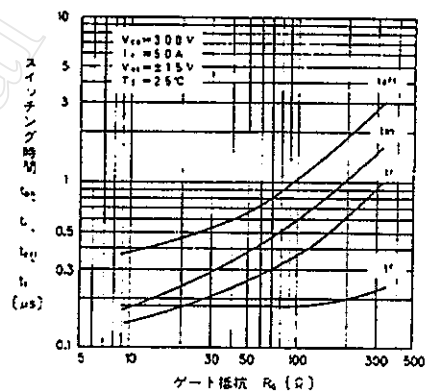
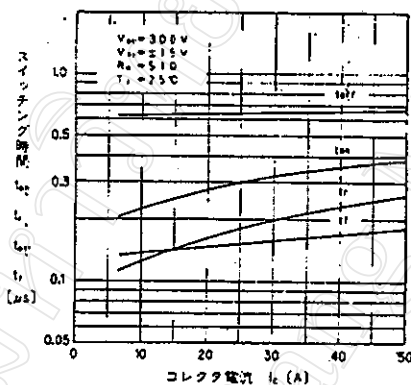
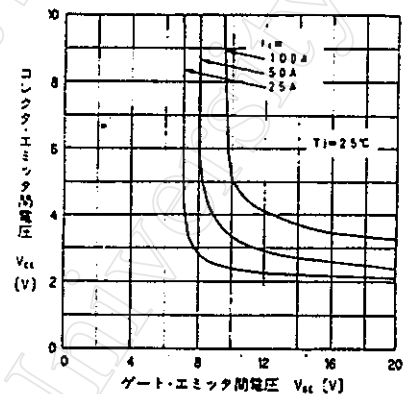
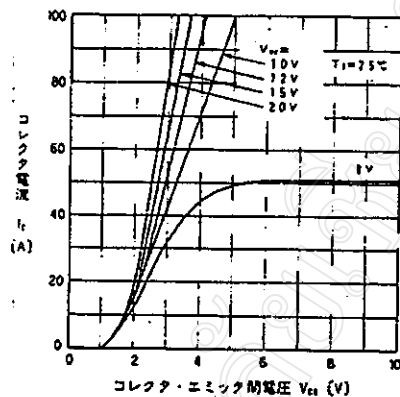
■等価回路: Equivalent Circuit Schematic



富士パワーモジュール

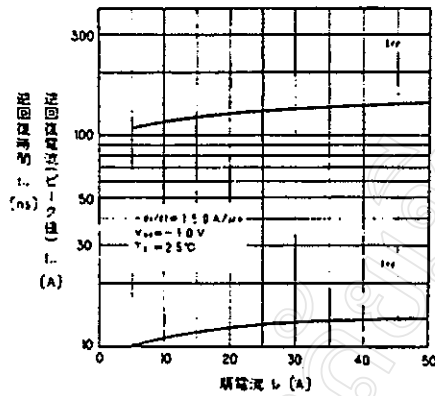
2MBI50L-060(50A)

■特性曲線: Characteristics

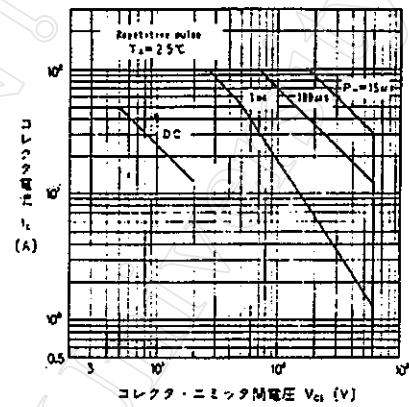


2MBI50L-060(50A)

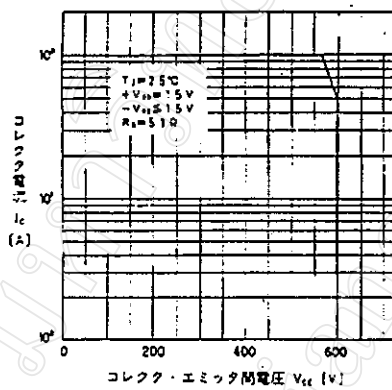
富士パワーモジュール



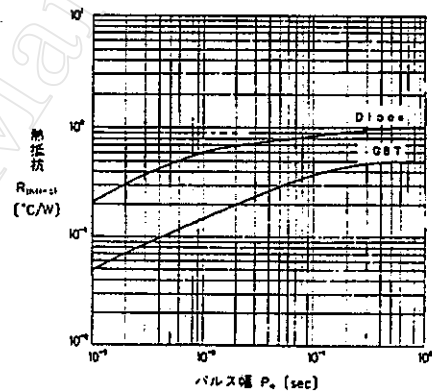
t_{rr} , I_{rr} - I_f 特性
 t_{rr} , I_{rr} - I_f



コレクタ・エミッタ間電圧 V_{ce} (V)
 安全動作領域(繰り返し)
 Safe Operating Area



コレクタ・エミッタ間電圧 V_{ce} (V)
 安全動作領域(逆バイアス)
 Reverse Biased Safe Operating Area



パルス幅 P_p (sec)
 過渡熱抵抗
 Transient Thermal Resistance

ภาคผนวก ข

รายละเอียดทางเทคนิคของ AD636



Low Level, True RMS-to-DC Converter

AD636

FEATURES

True RMS-to-DC Conversion
200 mV Full Scale
Laser-Trimmed to High Accuracy
0.5% max Error (AD636K)
1.0% max Error (AD636J)
Wide Response Capability:
Computes RMS of AC and DC Signals
1 MHz -3 dB Bandwidth: $V_{RMS} > 100$ mV
Signal Crest Factor of 6 for 0.5% Error
dB Output with 50 dB Range
Low Power: 800 μ A Quiescent Current
Single or Dual Supply Operation
Monolithic Integrated Circuit
Low Cost
Available in Chip Form

PRODUCT DESCRIPTION

The AD636 is a low power monolithic IC which performs true rms-to-dc conversion on low level signals. It offers performance which is comparable or superior to that of hybrid and modular converters costing much more. The AD636 is specified for a signal range of 0 mV to 200 mV rms. Crest factors up to 6 can be accommodated with less than 0.5% additional error, allowing accurate measurement of complex input waveforms.

The low power supply current requirement of the AD636, typically 800 μ A, allows it to be used in battery-powered portable instruments. A wide range of power supplies can be used, from ± 2.5 V to ± 16.5 V or a single +5 V to +24 V supply. The input and output terminals are fully protected; the input signal can exceed the power supply with no damage to the device (allowing the presence of input signals in the absence of supply voltage) and the output buffer amplifier is short-circuit protected.

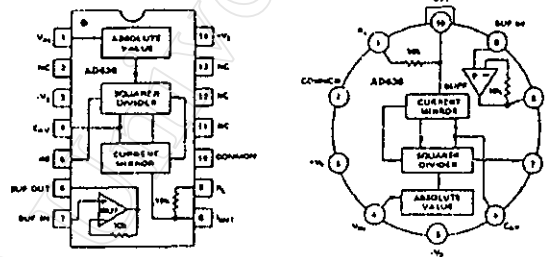
The AD636 includes an auxiliary dB output. This signal is derived from an internal circuit point which represents the logarithm of the rms output. The 0 dB reference level is set by an externally supplied current and can be selected by the user to correspond to any input level from 0 dBm (774.6 mV) to -20 dBm (77.46 mV). Frequency response ranges from 1.2 MHz at a 0 dBm level to over 10 kHz at -50 dBm.

The AD636 is designed for ease of use. The device is factory-trimmed at the wafer level for input and output offset, positive and negative waveform symmetry (dc reversal error), and full-scale accuracy at 200 mV rms. Thus no external trims are required to achieve full-rated accuracy.

AD636 is available in two accuracy grades; the AD636J total error of ± 0.5 mV $\pm 0.06\%$ of reading, and the AD636K

PIN CONNECTIONS & FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM

"D" Package (TO-116) "H" Package (TO-100)



is accurate within ± 0.2 mV to $\pm 0.3\%$ of reading. Both versions are specified for the 0°C to $+70^\circ\text{C}$ temperature range, and are offered in either a hermetically sealed 14-pin DIP or a 10-pin TO-100 metal can. Chips are also available.

PRODUCT HIGHLIGHTS

1. The AD636 computes the true root-mean-square of a complex ac (or ac plus dc) input signal and gives an equivalent dc output level. The true rms value of a waveform is a more useful quantity than the average rectified value since it is a measure of the power in the signal. The rms value of an ac-coupled signal is also its standard deviation.
2. The 200 millivolt full-scale range of the AD636 is compatible with many popular display-oriented analog-to-digital converters. The low power supply current requirement permits use in battery powered hand-held instruments.
3. The only external component required to perform measurements to the fully specified accuracy is the averaging capacitor. The value of this capacitor can be selected for the desired trade-off of low frequency accuracy, ripple, and settling time.
4. The on-chip buffer amplifier can be used to buffer either the input or the output. Used as an input buffer, it provides accurate performance from standard $10\text{ M}\Omega$ input attenuators. As an output buffer, it can supply up to 5 milliamps of output current.
5. The AD636 will operate over a wide range of power supply voltages, including single +5 V to +24 V or split ± 2.5 V to ± 16.5 V sources. A standard 9 V battery will provide several hundred hours of continuous operation.

REV. A

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 617/329-4700 Fax: 617/326-8703

AD636—SPECIFICATIONS (@ +25°C, and +V_S = +3 V, -V_S = -5 V, unless otherwise noted)

Model	Min	AD636 Typ	Max	Min	AD636K Typ	Max	Units
TRANSFER FUNCTION	$V_{OUT} = \sqrt{2V_S} (V_{IN})^2$			$V_{OUT} = \sqrt{2V_S} (V_{IN})^2$			
CONVERSION ACCURACY Total Error, Internal Trim ¹ vs. Temperature, 0°C to +70°C vs. Supply Voltage dc Reversal Error at 200 mV Total Error, External Trim ¹			$\pm 0.5 \pm 1.0$ $\pm 0.1 \pm 0.01$ ± 0.2 $\pm 0.3 \pm 0.3$			$\pm 0.2 \pm 0.5$ $\pm 0.1 \pm 0.005$ $\pm 0.1 \pm 0.01$ ± 0.1 $\pm 0.1 \pm 0.2$	mV $\pm$ % of Reading mV $\pm$ % of Reading/°C mV $\pm$ % of Reading/V % of Reading mV $\pm$ % of Reading
ERROR VS. CREST FACTOR ¹ Crest Factor 1 to 2 Crest Factor = 3 Crest Factor = 6		Specified Accuracy	-0.2 -0.5		Specified Accuracy	-0.2 -0.5	% of Reading % of Reading
AVERAGING TIME CONSTANT		25			25		mμF CAV
INPUT CHARACTERISTICS Signal Range, All Supplies Continuous rms Level Peak Transient Inputs +3 V, -5 V Supply ±2.5 V Supply ±5 V Supply Maximum Continuous Nondestructive Input Level (All Supply Voltages) Input Resistance Input Offset Voltage		0 to 200	±2.8 ±2.0 ±5.0		0 to 200	±2.8 ±2.0 ±5.0	mV rms V pk V pk V pk V pk kΩ mV
FREQUENCY RESPONSE ^{2,3} Bandwidth for 1% Additional Error (0.09 dB) V _{IN} = 10 mV V _{IN} = 100 mV V _{IN} = 200 mV ±3 dB Bandwidth V _{IN} = 10 mV V _{IN} = 100 mV V _{IN} = 200 mV		14 90 130			14 90 130		kHz kHz kHz kHz MHz MHz
OUTPUT CHARACTERISTICS ⁴ Offset Voltage, V _{IN} = COM vs. Temperature vs. Supply Voltage Swing +3 V, -5 V Supply ±5 V to ±16.5 V Supply Output Impedance		±10 ±0.1	±0.5		±10 ±0.1	±0.2	mV μV/°C mV/V V V kΩ
dB OUTPUT Error, V _{IN} = 7 mV to 300 mV rms Scale Factor Scale Factor Temperature Coefficient I _{OUT} for 0 dB = 0.1 V rms I _{OUT} Range		±0.3 -3.0 +0.33 -0.033	±0.5		±0.1 -3.0 +0.33 -0.033	±0.2	dB mV/dB % of Reading/°C dB/°C μA μA
LOAD TERMINAL I _{OUT} Scale Factor I _{OUT} Scale Factor Tolerance Output Resistance Voltage Compliance		100 ±10 10 -V _S to (+V _S - 2 V)	+20 12		100 ±10 10 -V _S to (+V _S - 2 V)	+20 12	μA/V rms % kΩ V
BUFFER AMPLIFIER Input and Output Voltage Range Input Offset Voltage, R _S = 10k Input Bias Current Input Resistance Output Current Short Circuit Current Small Signal Bandwidth Slew Rate ⁵		-V _S to (+V _S - 2 V) ±0.8 100 10 ³ (+5 mA, -130 μA) 20 1 5	±2 300		-V _S to (+V _S - 2 V) ±0.5 100 10 ³ (+5 mA, -130 μA) 20 1 5	±1 300	V mV nA Ω mA MHz V/μs
POWER SUPPLY Voltage, Rated Performance Dual Supply Single Supply Quiescent Current ⁶		+2, -2.5 +5	+3, -5 ±16.5 +24 1.00		+2, -2.5 +5	+3, -5 ±16.5 +24 1.00	V V V mA

AD636

Model	Min	AD636J Typ	Max	Min	AD636K Typ	Max	Units
TEMPERATURE RANGE							
Rated Performance	0		+70	0		+70	°C
Storage	-55		+150	-55		+150	°C
TRANSISTOR COUNT		62			62		

NOTES

*Accuracy specified for 0 mV to 200 mV rms, dc or 1 kHz sine wave input. Accuracy is degraded at higher rms signal levels.

*Measured at Pin 8 of DIP (100 μ), with Pin 9 tied to common.

*Error vs. crest factor is specified as additional error for a 200 mV rms rectangular pulse train, pulse width = 200 μ s.

*Input voltages are expressed in volts rms.

*With 10 k Ω pull down resistor from Pin 6 (BUF OUT) to -V_{EE}.

*With BUF input tied to Common.

Specifications subject to change without notice.

All min and max specifications are guaranteed. Specifications shown in boldface are tested on all production units at final electrical test and are used to calculate outgoing quality levels.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS¹

Supply Voltage	
Dual Supply	± 16.5 V
Single Supply	+24 V
Internal Power Dissipation ²	500 mW
Maximum Input Voltage	± 12 V Peak
Storage Temperature Range N, R	-55°C to +150°C
Operating Temperature Range	
AD636J/K	0°C to +70°C
Lead Temperature Range (Soldering 60 sec)	+300°C
ESD Rating	1000 V

NOTES

¹Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational section of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

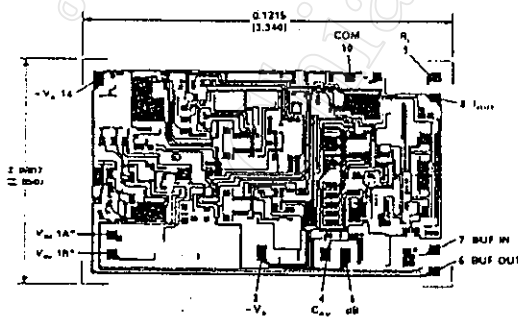
²10-Pin Header: $\theta_{JA} = 150^\circ\text{C/Watt}$.

14-Pin Side Brazed Ceramic DIP: $\theta_{JA} = 95^\circ\text{C/Watt}$

METALIZATION PHOTOGRAPH

Contact factory for latest dimensions

Dimensions shown in inches and (mm).



PAD NUMBERS CORRESPOND TO PIN NUMBERS FOR THE TO-118 14-PIN CERAMIC DIP PACKAGE

NOTE

*BOTH PADS SHOWN MUST BE CONNECTED TO V_{EE}.

ORDERING GUIDE

Model	Temperature Range	Package Description	Package Option
AD636JD	0°C to +70°C	Side Brazed Ceramic DIP	D-14
AD636KD	0°C to +70°C	Side Brazed Ceramic DIP	D-14
AD636JH	0°C to +70°C	Header	H-10A
AD636KH	0°C to +70°C	Header	H-10A
AD636J Chip	0°C to +70°C	Chip	
AD636K Chip	0°C to +70°C	Chip	

STANDARD CONNECTION

The AD636 is simple to connect for the majority of high accuracy rms measurements, requiring only an external capacitor to set the averaging time constant. The standard connection is shown in Figure 1. In this configuration, the AD636 will measure the rms of the ac and dc level present at the input, but will show an error for low frequency inputs as a function of the filter capacitor, C_{AV}, as shown in Figure 5. Thus, if a 4 μ F capacitor is used, the additional average error at 10 Hz will be 0.1%, at 3 Hz it will be 1%. The accuracy at higher frequencies will be according to specification. If it is desired to reject the dc input, a capacitor is added in series with the input, as shown in Figure 3; the capacitor must be nonpolar. If the AD636 is driven with power supplies with a considerable amount of high frequency ripple, it is advisable to bypass both supplies to ground with 0.1 μ F ceramic discs as near the device as possible. C_F is an optional output ripple filter, as discussed elsewhere in this data sheet.

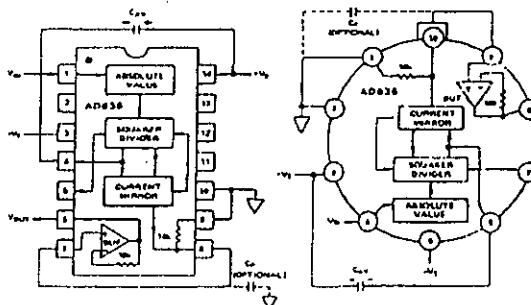
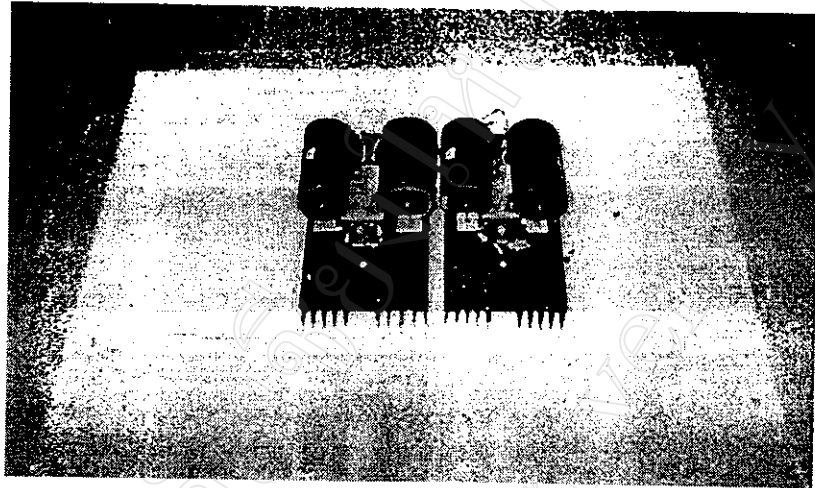


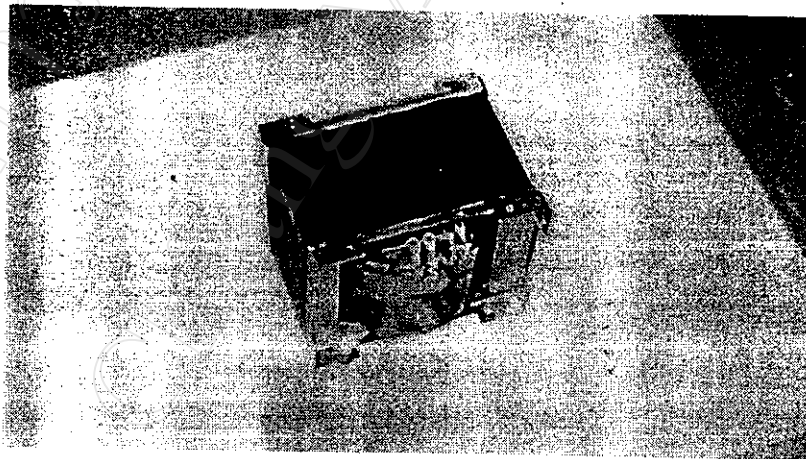
Figure 1. Standard RMS Connection

ภาคผนวก ก

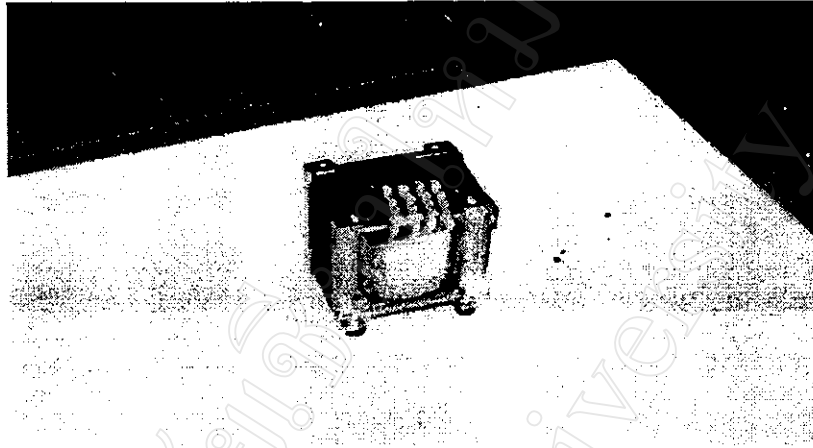
รูปถ่ายของอินเวอร์เตอร์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์



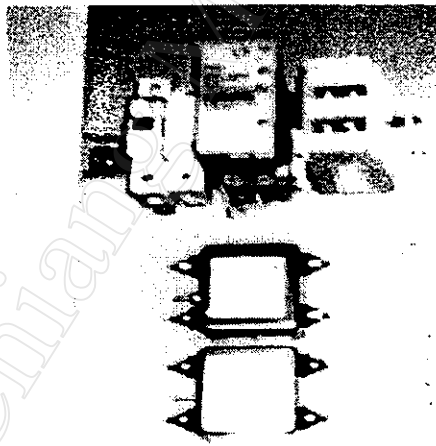
รูปที่ 1 ค รูปถ่ายตัวเก็บประจุ Cd และวงจรสับเบอร์ยัดติดกับบัลลูนกระแสนตรงและไอจีบีที



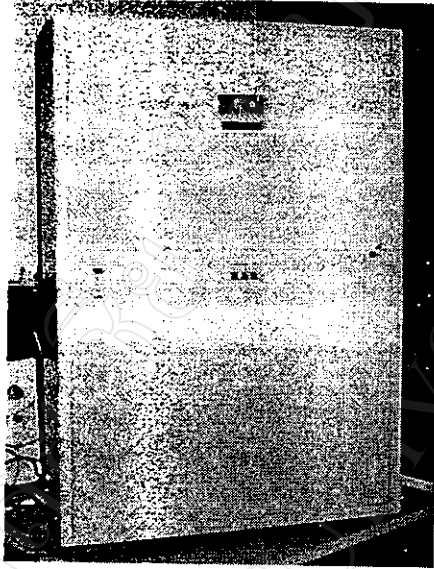
รูปที่ 2 ค รูปถ่ายหม้อแปลงกำลัง ขนาด 2,400 วีเอ



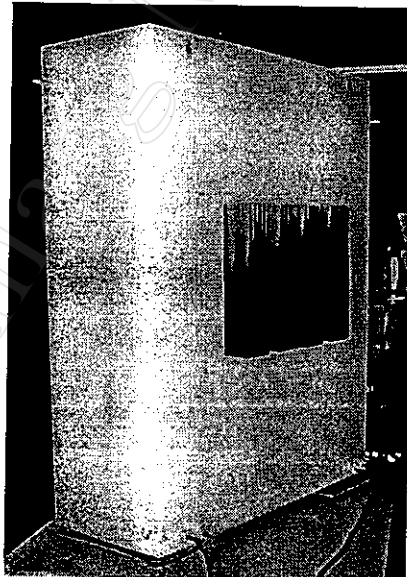
รูปที่ 3 ค รูปถ่ายตัวเหนี่ยวนำ L_g



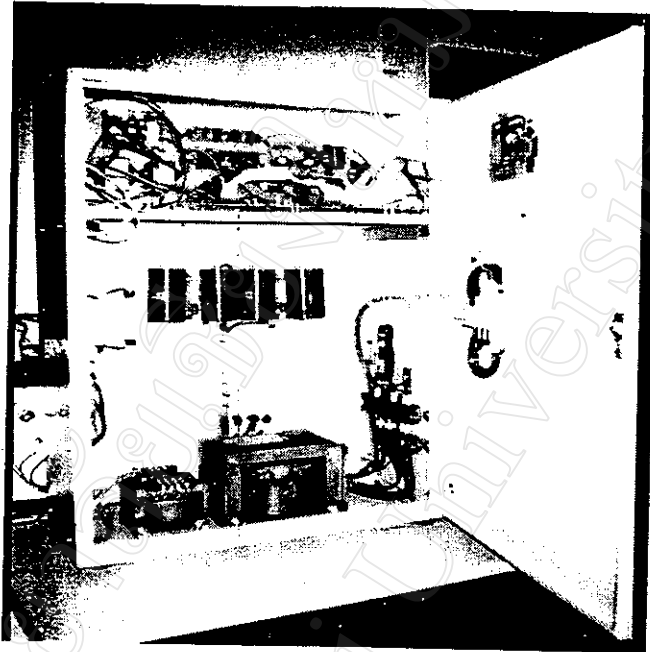
รูปที่ 4 ค รูปถ่ายโซลิตสเตตรีเลย์ และ EMI filter



รูปที่ 5 ค รูปถ่ายแสดงรูปร่างภายนอกด้านหน้าของเครื่องอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 6 ค รูปถ่ายแสดงรูปร่างภายนอกด้านหลังของเครื่องอินเวอร์เตอร์

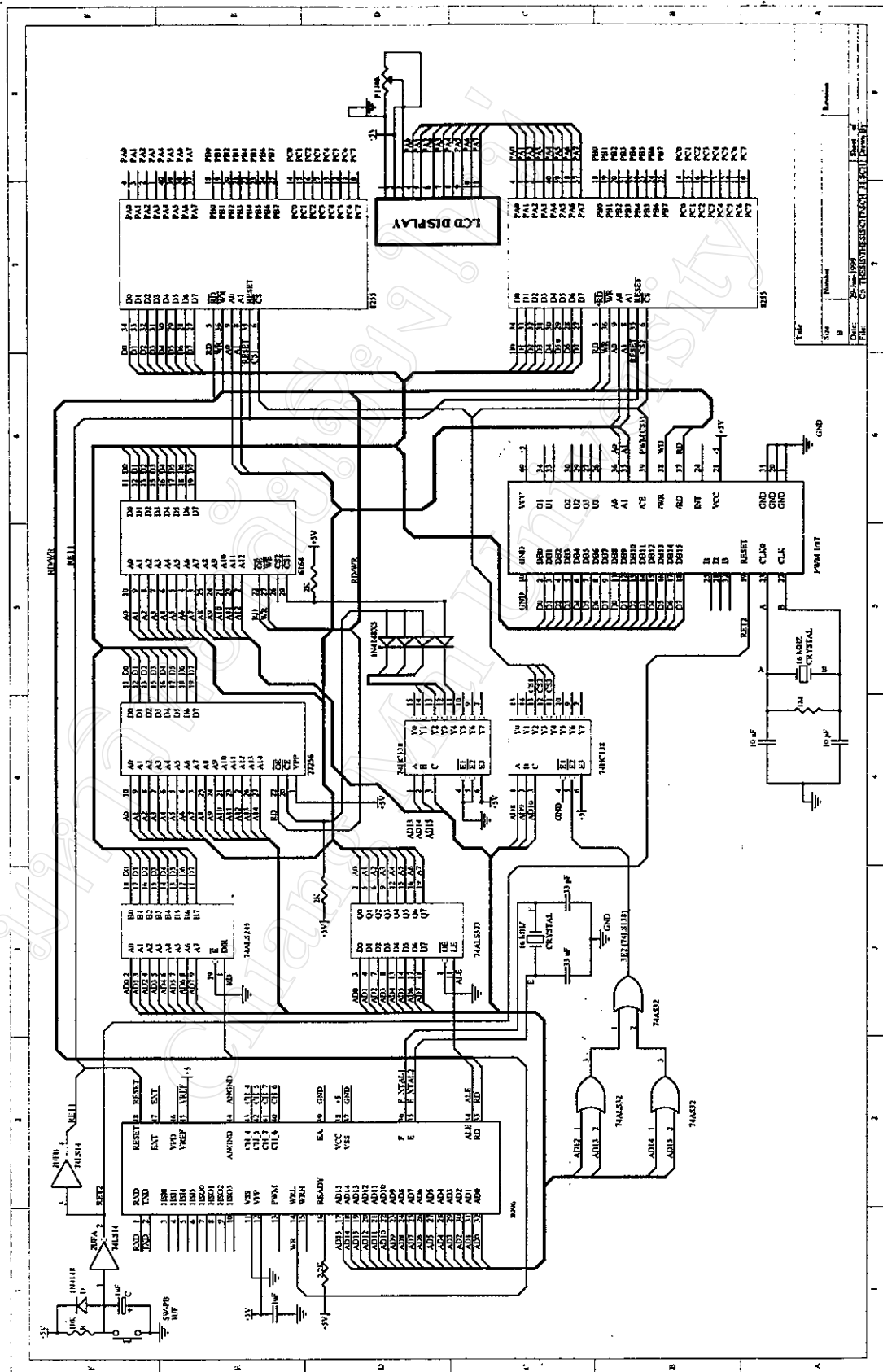


รูปที่ 7 ค รูปถ่ายแสดงการติดตั้งอุปกรณ์กำลังต่าง ๆ ภายในตู้เหล็ก

ภาคผนวก ง

รายละเอียดวงจรควบคุม

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



รูปที่ 1 ง แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 96 และ PWM chip

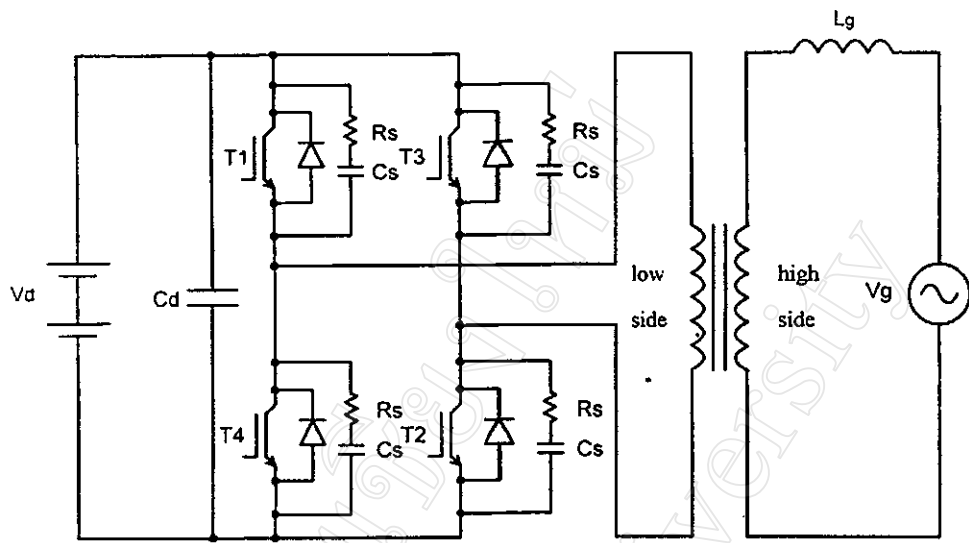
ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ขนาดตัวเหนี่ยวนำ L_g โปรแกรม Pspice

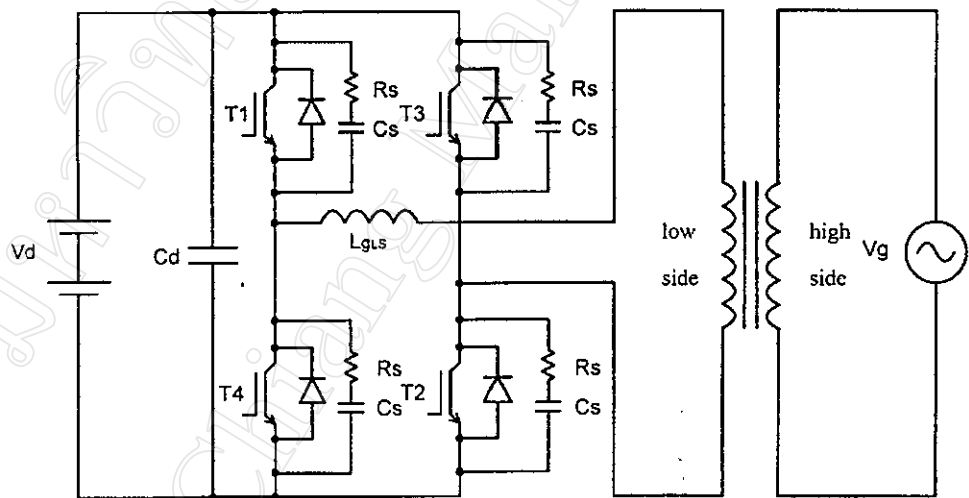
จากคุณลักษณะอินเวอร์เตอร์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้าในบทที่ 2 นั้น การออกแบบอินเวอร์เตอร์นี้ประเด็นที่สำคัญ คือ ค่าตัวเหนี่ยวนำ L_g ซึ่งจะมีผลต่อมูมกำลัง ตัวประกอบกำลัง การคำนวณค่าตัวเหนี่ยวนำโดยคำนวณทางคณิตศาสตร์นั้น เป็นเพียงการออกแบบเบื้องต้นเท่านั้น จำเป็นต้องทดสอบภาคปฏิบัติประกอบการออกแบบด้วย ผลที่ได้อาจจะไม่เป็นไปตามทฤษฎีทั้งหมด เนื่องจากอินเวอร์เตอร์มีการสวิตช์ที่ความถี่สูงเพื่อสร้างแรงดันอินเวอร์เตอร์ ทำให้เกิดความผิดปกติของรูปคลื่นแรงดันและกระแสกริดระบบไฟฟ้า การทดสอบภาคปฏิบัติและนำไปปรับปรุงจนได้สมรรถนะที่ต้องการนั้นมีข้อจำกัดทางด้านฮาร์ดแวร์ทำให้ไม่สามารถทดสอบได้ครอบคลุม เช่น ต้องการตัวเหนี่ยวนำ 10 ค่า แรงดันกระแสตรงปรับค่าได้ แรงดันกระแสสลับปรับค่าได้ พิกัดกำลังของอุปกรณ์มีขนาดสูง รวมถึงระบบควบคุมที่ต้องเปลี่ยนแปลงตัวแปรต่างๆ การจัดหาอุปกรณ์เหล่านี้ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสูง อาจจัดซื้อไม่ได้ มีระยะเวลาจัดหา หรือเมื่อทดสอบไปแล้วไม่ได้ผลตามที่ต้องการก็เกิดการสูญเสีย

การวิเคราะห์หาค่าตัวเหนี่ยวนำ L_g ด้วยโปรแกรม Pspice โดยประมวลผลกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูง สามารถที่จะศึกษาและวิเคราะห์ผลการทดสอบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ ทำให้ประมาณค่าตัวเหนี่ยวนำที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น โดยลดการจัดหาเครื่องมือวัดไฟฟ้าต่างๆ ช่วยลดการทดสอบภาคปฏิบัติ ทำให้ประหยัดอุปกรณ์และค่าใช้จ่าย และช่วยลดระยะเวลาออกแบบ ในวิทยานิพนธ์นี้ใช้โปรแกรม Pspice Evaluation Version 8.0 ของ MicroSim Corporation ช่วยในการหาค่าตัวเหนี่ยวนำ L_g

การคำนวณหาค่าตัวเหนี่ยวนำจะต้องพิจารณามูมกำลัง เนื่องจากมูมกำลังจะเป็นตัวแปรควบคุมกำลังไฟฟ้า และมูมกำลังจะมีผลต่อค่าตัวประกอบกำลัง ซึ่งตัวประกอบกำลังสูงจะทำให้ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์สูง กล่าวคือจะต้องให้อินเวอร์เตอร์จ่ายกำลังรีแอกทีฟน้อยที่สุดเพื่อให้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายกำลังแอกทีฟจริงมากที่สุด ตัวเหนี่ยวนำ L_g ซึ่งต่อในวงจรอินเวอร์เตอร์ดังแสดงในรูปที่ 1 จ ได้คำนวณตัวเหนี่ยวนำที่ตามข้อกำหนดและสมการดังต่อไปนี้



ก) ตัวเหนี่ยวนำ L_g ต่อทางด้านแรงดันสูง



ข) ตัวเหนี่ยวนำ L_{gLS} ต่อทางด้านแรงดันต่ำ

รูปที่ 1 จ วงจรกำลังของอินเวอร์เตอร์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้า

วงจรอินเวอร์เตอร์ต่อกับกริกระบบไฟฟ้า สำหรับวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Pspice นั้น จะมีอุปกรณ์ต่าง ๆ ไม่เหมือนกับอุปกรณ์จริง ทั้งนี้เนื่องจากเป็นข้อจำกัดของโปรแกรม แต่ผลการวิเคราะห์ที่ได้ จากการประมวลผลของโปรแกรม Pspice พอที่จะอนุมานได้ว่าใกล้เคียงภาคปฏิบัติ อุปกรณ์ต่าง ๆ ของวงจรอินเวอร์เตอร์ในรูปที่ 1 จ ข) แทนลงในโปรแกรม Pspice มีดังต่อไปนี้

- แรงดันอินพุตกระแสตรงจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

แทนด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (Vd)

- แรงดันระบบไฟฟ้า 230 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์

แทนด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นไซน์ (V_g) มีขนาดแรงดันเท่ากับด้านแรงดันต่ำของหม้อแปลง คือ 58.54 โวลต์

- หม้อแปลงกำลัง 230/58.54 โวลต์ (อัตราส่วน 3.9285)

แทนด้วยวงจรสมมูลของหม้อแปลงกำลังแต่ไม่คิดผลของแกนเหล็ก โดยรวมค่าความเหนี่ยวนำและค่าความต้านทานไว้ที่ L_{gLS} และ R_{gLS}

- ตัวเหนี่ยวนำ L_g

แทนด้วยค่าความเหนี่ยวนำ L_{gLS} ซึ่งอยู่ทางด้านแรงดันต่ำของหม้อแปลงกำลัง โดยรวมกับค่าความเหนี่ยวนำของหม้อแปลงกำลัง ส่วนค่าความต้านทานที่มีขดลวดตัวเหนี่ยวนำนำไปรวมกับค่าความต้านทานของหม้อแปลงกำลังเป็น R_{gLS}

- ไอจีบีที ($Z_1 - Z_4$) พิกัด 600 โวลต์ 50 แอมแปร์

แทนด้วยไอจีบีทีรุ่น IXGH40N60-X ไอจีบีที พิกัด 600 โวลต์ 40 แอมแปร์

- วงจรสแน็บเบอร์ ($R_{s1}, C_{s1} - R_{s4}, C_{s4}$)

ค่าความต้านทาน 100 โอห์ม ค่าเก็บประจุ 0.05 ไมโครฟารัด

- สัญญาณเกต 4 สัญญาณ ($V_{G1} - V_{G4}$)

ได้จากการผสมความถี่ตามความกว้างพัลส์ตามหลักการในหัวข้อที่ 2.2.1

กำหนดความถี่สวิตช์ 15.625 กิโลเฮิร์ตซ์

สัญญาณเกตสองระดับ คือ +15 โวลต์ และ -5 โวลต์

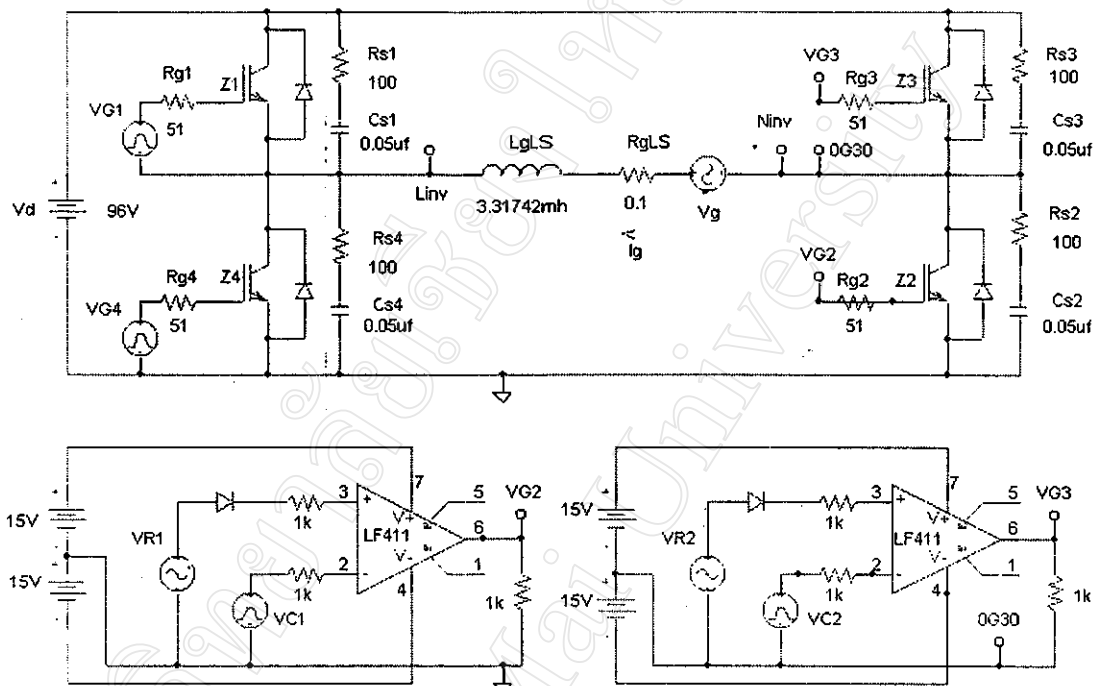
- ดัชนีโมดูลเกต (ma)

ค่าขอดแรงดันพาหะ V_{C1} และ V_{C2} เท่ากับ 10 โวลต์

ค่าขอดแรงดันอ้างอิง V_{R1} และ V_{R2} เท่ากับ 0-10 โวลต์

(ดัชนีโมดูลเกต คือ อัตราส่วนระหว่างค่าขอดแรงดันอ้างอิงกับค่าขอดแรงดันพาหะ)

อุปกรณ์ต่าง ๆ ของวงจรอินเวอร์เตอร์ใน โปรแกรม Pspice แสดงในรูปที่ 2 จ และสัญญาณ
 เกตที่ได้จากคัทนึมอดูเลตที่ 1.0 และมุมกำลังเท่ากับศูนย์องศา แสดงในรูปที่ 3 จ



รูปที่ 2 จ วงจรอินเวอร์เตอร์แบบต้อกับกริกระบบไฟฟ้าด้วยโปรแกรม Pspice

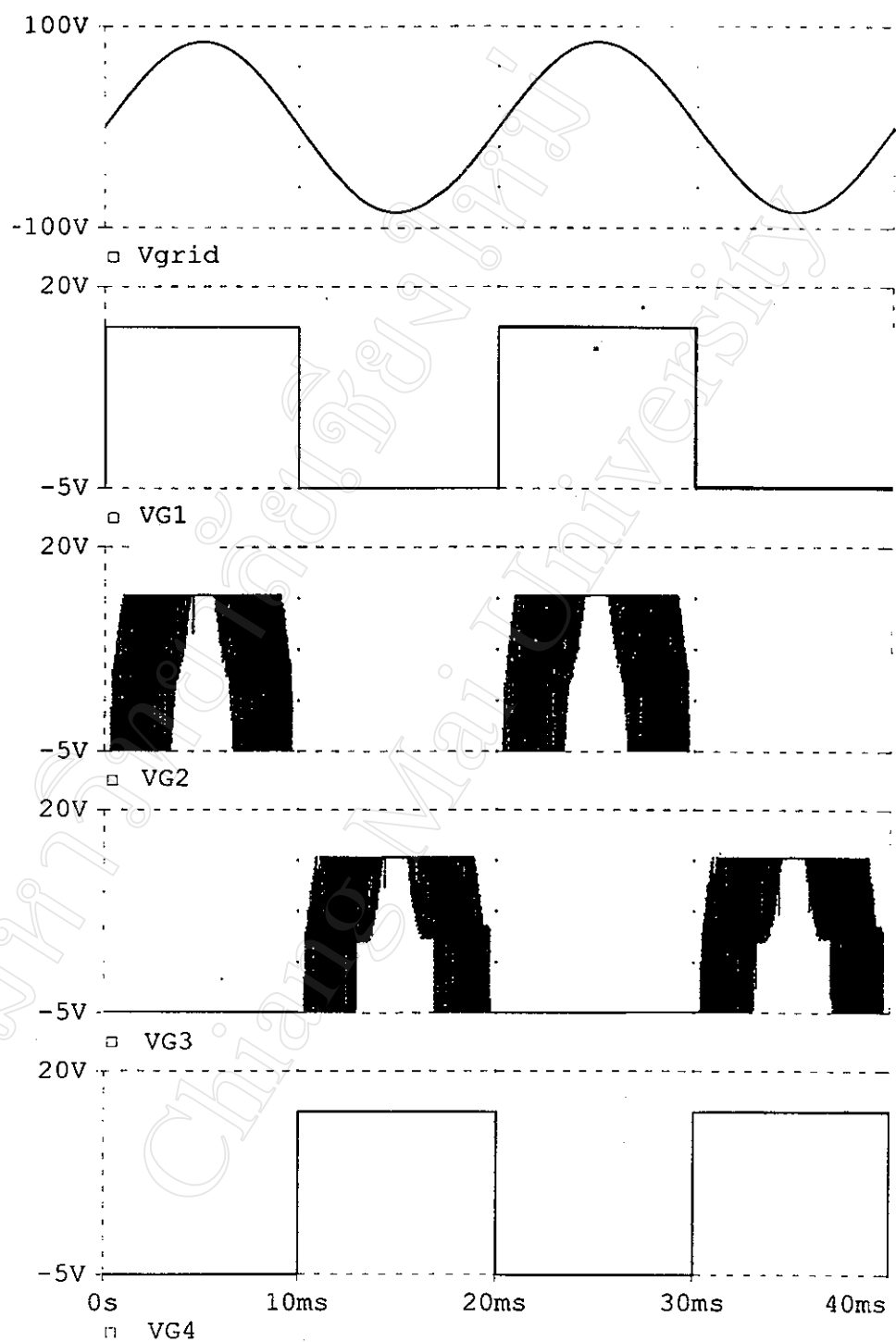
การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Pspice เลือกค่าตัวเหนี่ยวนำด้านแรงดันต่ำ L_{gLS} ที่ค่าคือ 0.7127 2.241 3.374 และ 5.2057 มิลลิเฮนรี่ ซึ่งเป็นค่าตัวเหนี่ยวนำที่ตรงกับตัวเหนี่ยวนำที่มีอยู่

ข้อมูลที่ได้จากผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Pspice คือ กระแสกริกระบบไฟฟ้า (I_g) ค่าความผิดเพี้ยนเชิงฮาร์โมนิกรวมของกระแสกริกระบบไฟฟ้า (THD) กระแสอินพุต (I_d) มุมเฟสกริกระบบไฟฟ้า (ϕ) จากข้อมูลที่ได้จะต้องคำนวณเพิ่มเติมอีก คือ กำลังอินพุต (P_d) กำลังเอาต์พุต (P_g) ตัวประกอบกำลัง (PF) และประสิทธิภาพ (η) มีสมการดังต่อไปนี้

$$P_d = V_d \times I_d \quad (1)$$

$$PF = \cos \phi \times DPF \quad (2)$$

$$DPF = 1 / (1 + THD^2)^{0.5} \quad (3)$$



รูปที่ 3 จ สัญญาณเกต VG1-VG4 ไอจีบีที Z1 - Z4 ($m_a = 1.0, \delta = 0^\circ$)

$$S_g = V_g \times I_g \quad (4)$$

$$P_g = S_g \times PF \quad (5)$$

$$Q_g = (S_g^2 - P_g^2)^{0.5} \quad (6)$$

$$\eta = P_d / P_g \times 100 \% \quad (7)$$

$$V_d = \text{แรงดันกระแสตรง} \quad (\text{โวลต์ : ค่าเฉลี่ย})$$

$$I_d = \text{กระแสอินพุต} \quad (\text{แอมแปร์ : ค่าเฉลี่ย})$$

$$P_d = \text{กำลังอินพุต} \quad (\text{วัตต์})$$

$$V_g = \text{แรงดันกริดระบบไฟฟ้า} \quad (\text{โวลต์ : ค่าอาร์เอ็มเอส})$$

$$I_g = \text{กระแสกริดระบบไฟฟ้า} \quad (\text{โวลต์ : ค่าอาร์เอ็มเอส})$$

$$S_g = \text{กำลังปรากฏ ที่กริดระบบไฟฟ้า} \quad (\text{วีเอ})$$

$$P_g = \text{กำลังเอาต์พุต ที่กริดระบบไฟฟ้า} \quad (\text{วัตต์})$$

$$Q_g = \text{กำลังรีแอกทีฟ ที่กริดระบบไฟฟ้า} \quad (\text{วาร์})$$

$$PF = \text{ตัวประกอบกำลัง ที่กริดระบบไฟฟ้า}$$

$$\phi = \text{มุมเฟสระหว่างแรงดันและกระแสกริดระบบไฟฟ้า ที่ความถี่พื้นฐาน(50 เฮิรตซ์)}$$

$$DPF = \text{Displacement power factor}$$

$$THD = \text{ค่าความผิดเพี้ยนเชิงฮาร์โมนิกรวมของกระแสกริดระบบไฟฟ้า (Total harmonic distortion of grid current)}$$

$$\eta = \text{ประสิทธิภาพ ของอินเวอร์เตอร์ (Efficiency)}$$

$$\delta = \text{มุมกำลัง (คือมุมเฟสระหว่างแรงดันอินเวอร์เตอร์และแรงดันกริด)}$$

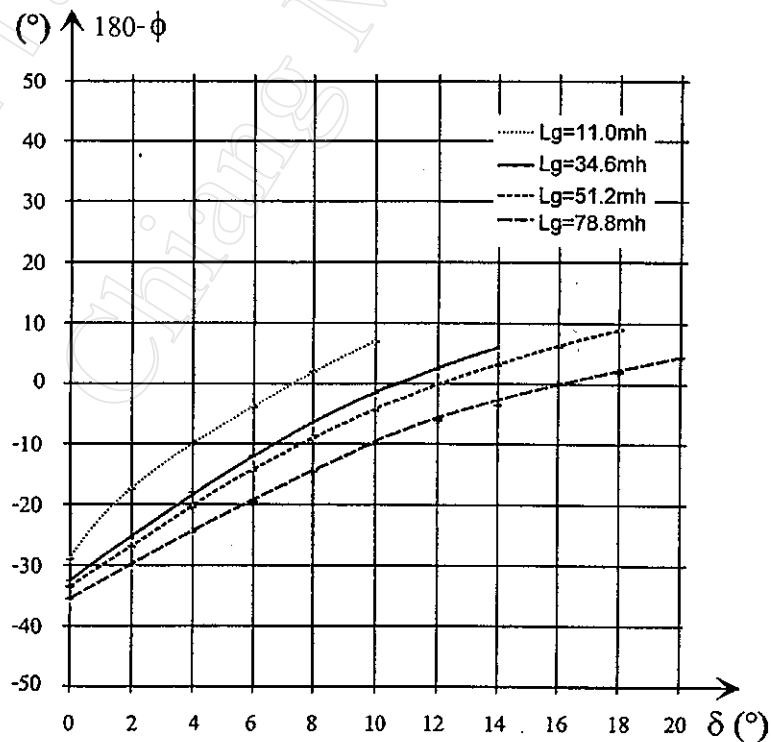
การวิเคราะห์ผลของตัวเหนี่ยวนำค่าต่าง ๆ ที่แรงดันกระแสตรงคงที่ เพื่อหาค่าตัวเหนี่ยวนำที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้กระแสกริระบบไฟฟ้ามีค่า ค่าความผิดพลาดเชิงฮาร์มอนิกรวมต่ำที่สุด และมีตัวประกอบกำลังสูงกว่า 0.95 ที่กำลังเอาต์พุตเต็มพิกัด การวิเคราะห์มีข้อกำหนดดังนี้

- แรงดันกระแสตรง 96 โวลต์
- แรงดันกริระบบไฟฟ้าที่ 59.81 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์
- ดัชนีโมดูลเลชัน $ma = 1.0 - 0.95$
- ตัวเหนี่ยวนำ $L_g = 11.0 \ 34.6 \ 51.2$ และ 78.8 มิลลิเฮนรี่
(แทนค่าเป็น $L_{gLS} = 0.7127 \ 2.241 \ 3.374$ และ 5.2057 มิลลิเฮนรี่ ตามลำดับ)
- มุมกำลัง ปรับตั้งแต่ 0 - 20 องศา ทั้งนี้กำลังเอาต์พุตต้องได้ประมาณ 1,000 วัตต์

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Pspice แสดงในตารางที่ 1 จ ถึง 6 จ และแสดงเป็นความสัมพันธ์ด้วยกราฟในรูปที่ 4 จ ถึง 8 จ ตามลำดับ และแสดงรูปคลื่นแรงดันและกระแสกริระบบไฟฟ้า ในรูปที่ 9 จ

ตารางที่ 1 จ มุมเฟสแรงดันและกระแสกริดระบบไฟฟ้า

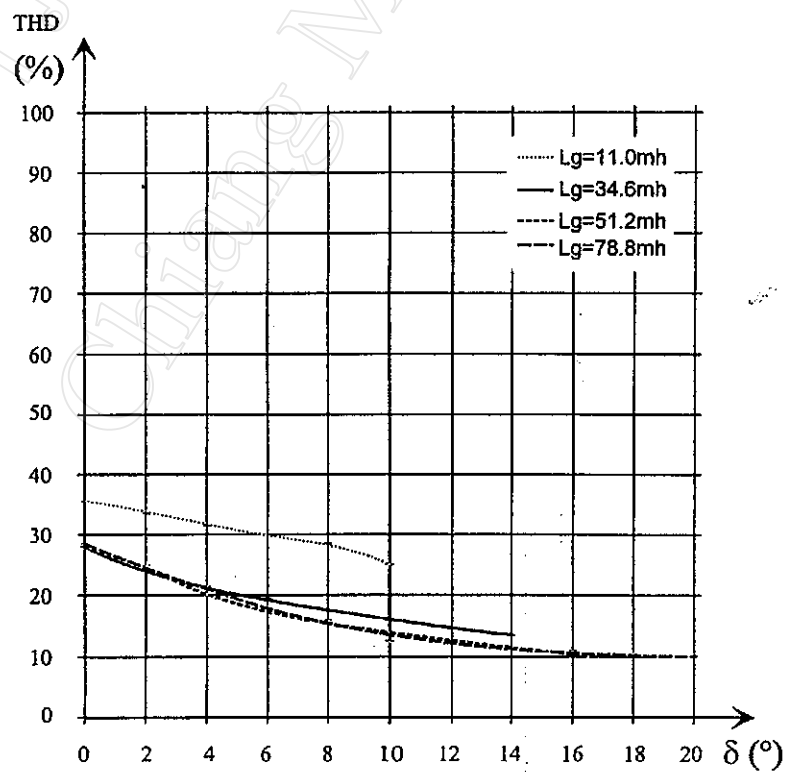
δ (degree)	$180-\phi$ (degree)			
	$L_g=11.0\text{mH}$	$L_g=34.6\text{mH}$	$L_g=51.2\text{mH}$	$L_g=78.8\text{mH}$
0	-24.90	-32.81	-33.99	-35.42
2	-17.43	-25.56	-27.07	-29.91
4	-10.0	-18.50	-20.47	-24.50
6	-3.82	-12.33	-14.48	-19.51
8	2.03	-6.57	-9.15	-14.89
10	7.00	-1.71	-4.40	-10.06
12	-	2.23	0.42	-6.95
14	-	-	2.93	-3.60
16	-	-	5.82	0.6
18	-	-	9.11	2.21
20	-	-	-	4.66



รูปที่ 4 จ กราฟความสัมพันธ์มุมเฟสแรงดันและกระแสกริดระบบไฟฟ้า และมุมกำลัง

ตารางที่ 2 จ ค่าความผิดเพี้ยนเชิงฮาร์โมนิกรวมของกระแสจลระบบไฟฟ้า (THD)

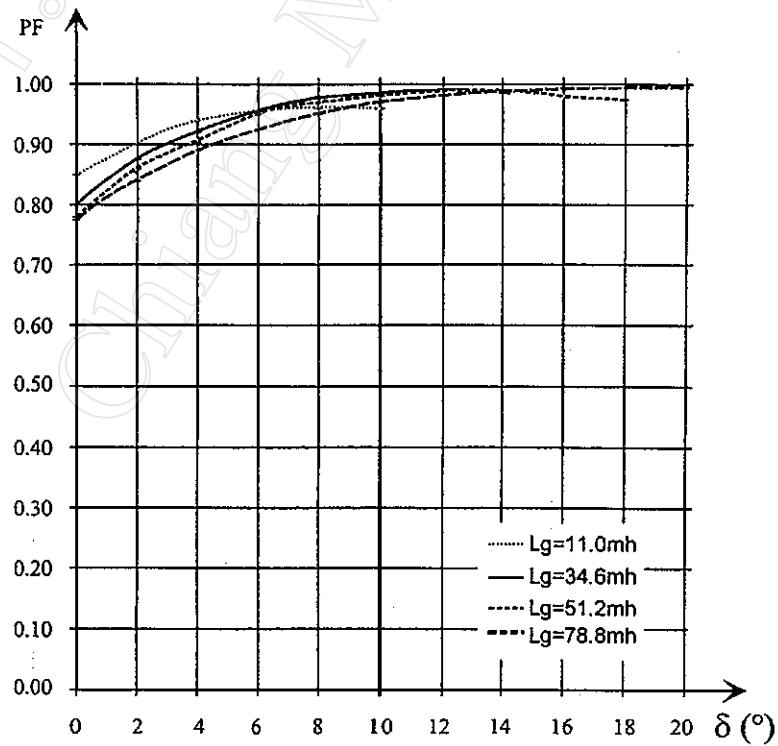
δ (degree)	THD (%)			
	$L_g=11.0\text{mH}$	$L_g=34.6\text{mH}$	$L_g=51.2\text{mH}$	$L_g=78.8\text{mH}$
0	35.71	28.28	28.33	28.41
2	33.82	24.62	24.06	24.57
4	31.63	21.75	20.00	21.03
6	30.12	19.8	17.87	18.23
8	28.35	17.87	15.84	16.05
10	25.91	16.15	14.17	12.24
12	-	14.76	12.85	12.90
14	-	-	11.69	11.86
16	-	-	10.84	11.14
18	-	-	10.32	10.49
20	-	-	-	10.03



รูปที่ 5 จ กราฟความสัมพันธ์ความผิดเพี้ยนเชิงฮาร์โมนิกรวมกับมุมกำลัง

ตารางที่ 3 จ ตัวประกอบกำลัง (PF)

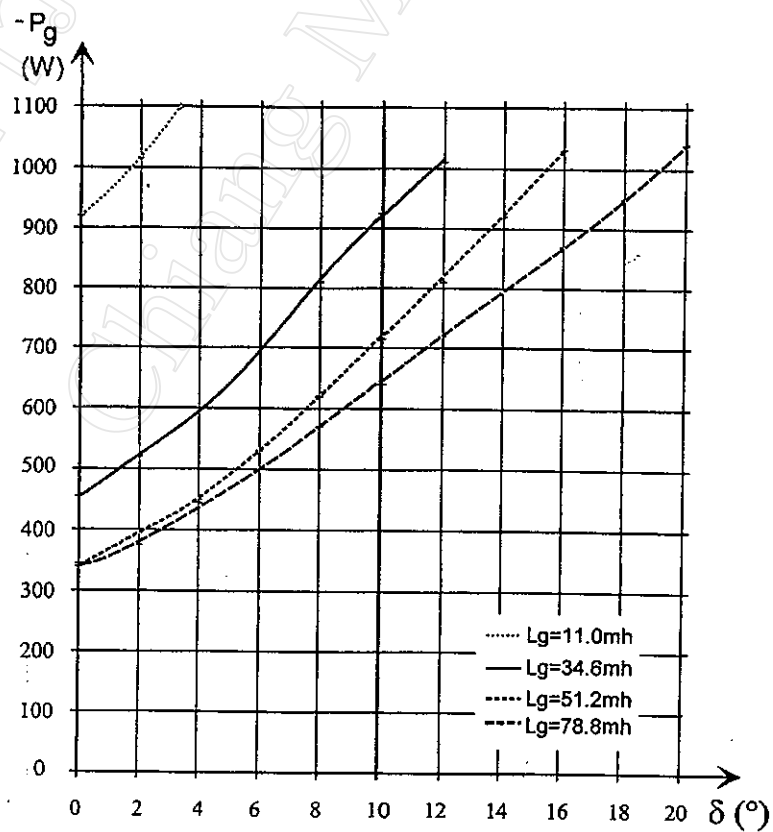
δ (degree)	Power Factor (PF)			
	$L_g=11.0\text{mH}$	$L_g=34.6\text{mH}$	$L_g=51.2\text{mH}$	$L_g=78.8\text{mH}$
0	0.854	0.809	0.787	0.784
2	0.904	0.876	0.866	0.842
4	0.939	0.927	0.919	0.890
6	0.955	0.958	0.953	0.927
8	0.961	0.978	0.975	0.954
10	0.961	0.987	0.987	0.977
12	-	0.989	0.992	0.984
14	-	-	0.992	0.991
16	-	-	0.989	0.994
18	-	-	0.982	0.994
20	-	-	-	0.989



รูปที่ 6 จ กราฟความสัมพันธ์ตัวประกอบกำลังและมุมกำลัง

ตารางที่ 4 จ กำลังเอาต์พุต (P_g)

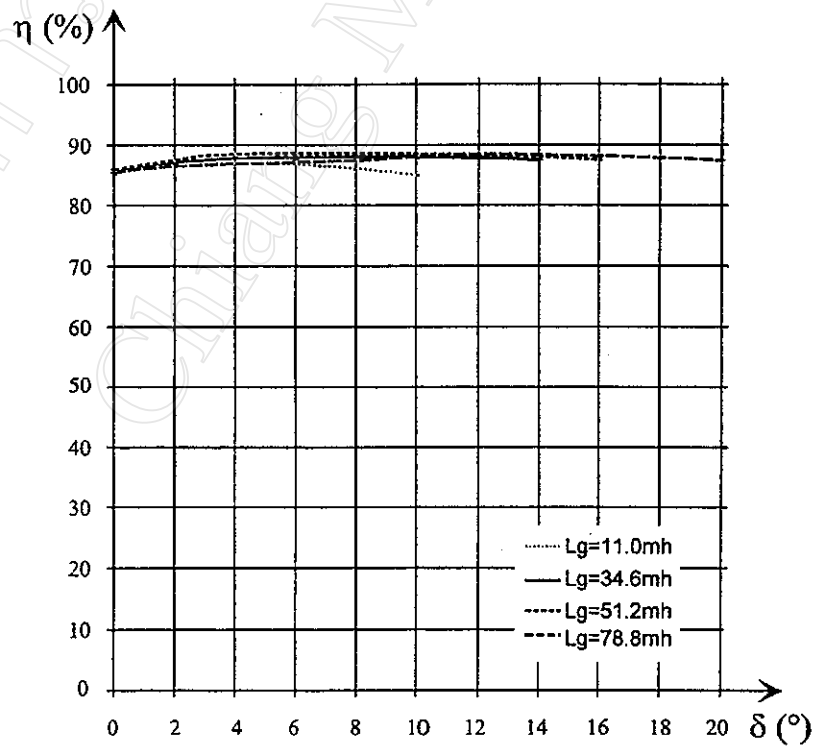
δ (degree)	P_g (W)			
	$L_g=11.0\text{mH}$	$L_g=34.6\text{mH}$	$L_g=51.2\text{mH}$	$L_g=78.8\text{mH}$
0	919.63	452.76	345.92	352.11
2	1,028.55	518.68	394.05	369.73
4	1,168.67	600.24	455.50	448.98
6	1,319.97	696.41	529.60	505.81
8	1,494.01	811.85	618.79	572.42
10	1,703.88	938.40	715.02	645.92
12	-	1,068.37	815.66	720.13
14	-	-	921.95	797.86
16	-	-	1,031.67	874.94
18	-	-	1,173.19	953.41
20	-	-	-	1,038.01



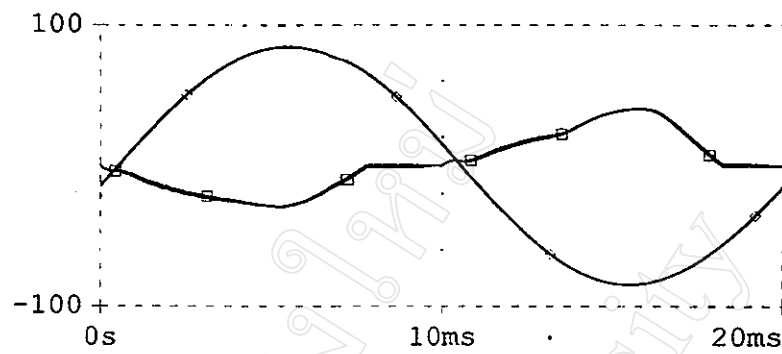
รูปที่ 7 จ กราฟความสัมพันธ์กำลังเอาต์พุต และมุมกำลัง

ตารางที่ 5 จ ประสิทธิภาพ (η)

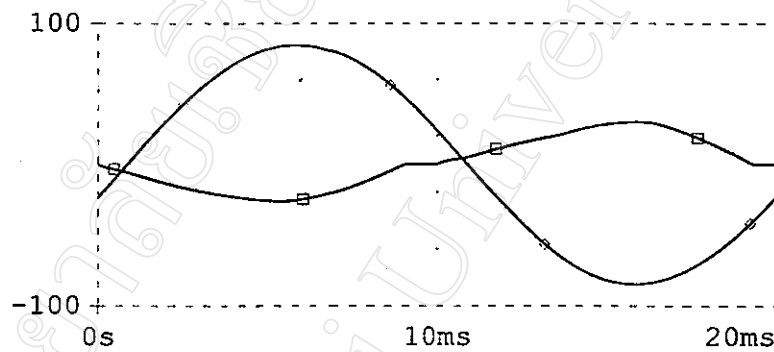
δ (degree)	η (%)			
	$L_g=11.0\text{mH}$	$L_g=34.6\text{mH}$	$L_g=51.2\text{mH}$	$L_g=78.8\text{mH}$
0	85.91	86.22	86.20	84.90
2	86.86	87.43	87.52	86.46
4	87.14	88.06	88.36	87.09
6	86.97	88.25	88.55	87.67
8	86.32	88.18	88.66	87.95
10	85.54	87.75	88.35	88.53
12	-	87.12	88.05	88.04
14	-	86.55	87.62	87.85
16	-	-	87.02	87.55
18	-	-	86.46	87.27
20	-	-	-	86.85



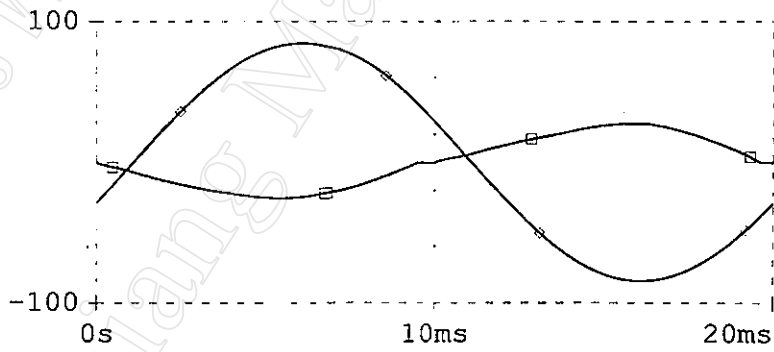
รูปที่ 8 จ กราฟความสัมพันธ์ประสิทธิภาพและมุมกำลัง



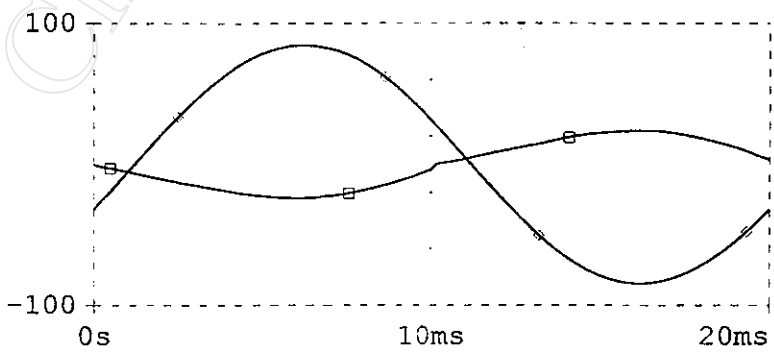
ก) $L_g=11.0\text{mh}$, $\delta=2^\circ$, $\phi=162.5^\circ$, $\text{THD}=33.82\%$, $\text{PF}=0.90$, $P_g=1,028\text{W}$, $\eta=86.86\%$



ข) $L_g=34.6\text{mh}$, $\delta=12^\circ$, $\phi=164.1^\circ$, $\text{THD}=14.70\%$, $\text{PF}=0.989$, $P_g=1,068\text{W}$, $\eta=87.12\%$



ค) $L_g=51.2\text{mh}$, $\delta=16^\circ$, $\phi=174.18^\circ$, $\text{THD}=10.84\%$, $\text{PF}=0.989$, $P_g=1,034\text{W}$, $\eta=87.02\%$



ง) $L_g=78.8\text{mh}$, $\delta=20^\circ$, $\phi=175.34^\circ$, $\text{THD}=10.03\%$, $\text{PF}=0.989$, $P_g=1,031\text{W}$, $\eta=86.85\%$

รูปที่ 9 จ รูปคลื่นแรงดันและกระแสกริดระบบไฟฟ้า

จากสมการที่ 2 ตัวประกอบกำลังแปรผันตาม $\cos \phi$ และ DPF ตัวประกอบกำลังจะต้องมีค่าสูงกว่า 0.95 ดังนั้น $\cos \phi$ ต้องมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.95 หรือมุมเฟสกริระบบไฟฟ้า มีค่าระหว่าง $162^\circ < \phi < 198^\circ$ หรือแสดงเป็นอีกอย่างคือ $180 - \phi$ ควรจะมีค่าระหว่าง -18° ถึง $+18^\circ$ จากตารางที่ 1 จ พบว่าตัวเหนี่ยวนำ L_g 78.8 มิลลิเฮนรี่ มีค่า $180 - \phi$ เท่ากับ 4.66 องศาซึ่งน้อยที่สุดที่กำลังเอาต์พุตสูงสุด ดังนั้นจะทำให้ค่า $\cos \phi$ มีค่าสูงตามด้วย

ค่าความผิดเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิกรวมของกระแสกริระบบไฟฟ้าควรจะมีค่าต่ำที่สุด จากตารางที่ 2 จ พบว่าตัวเหนี่ยวนำ L_g 78.8 มิลลิเฮนรี่ มีค่าความผิดเพี้ยนเชิงฮาร์มอนิกรวมของกระแสกริระบบไฟฟ้าต่ำที่สุดประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ที่กำลังเอาต์พุตสูงสุด ดังนั้นจะทำให้ตัวประกอบกำลังมีค่าสูงตามด้วย ดังแสดงในตารางที่ 3 จ จะพบว่าตัวประกอบกำลังที่ค่าสูงสุดที่ 0.989 กับตัวเหนี่ยวนำ 78.8 มิลลิเฮนรี่ ที่มุมกำลังเท่ากับ 20 องศา ซึ่งมีกำลังเอาต์พุตประมาณ 1,038 วัตต์ และประสิทธิภาพประมาณ 86.85 เปอร์เซ็นต์ ตามตารางที่ 4 จ และ 5 จ ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Pspice แสดงรูปคลื่นแรงดันและกระแสกริระบบไฟฟ้าที่กำลังเอาต์พุตประมาณ 1,000 วัตต์ แสดงในรูปที่ 9 จ เมื่อพิจารณารูปคลื่นกระแสเทียบกับแรงดันกริระบบไฟฟ้าแล้วแสดงให้เห็นว่าตัวเหนี่ยวนำ 78.8 มิลลิเฮนรี่ รูปคลื่นกระแสกริระบบไฟฟ้ามีลักษณะใกล้เคียงไซน์มากที่สุด จึงไม่ได้ทดสอบตัวเหนี่ยวนำที่มีค่าสูงกว่านี้เนื่องจากได้ค่าตัวประกอบกำลังสูงกว่าที่กำหนดไว้คือ 0.95

ส่วนการควบคุมกำลังเอาต์พุตซึ่งแสดงในตารางที่ 6 จ และ รูปที่ 5 จ แสดงให้เห็นว่ากำลังเอาต์พุตแปรผันตาม มุมกำลัง ตัวเหนี่ยวนำ 11.0 34.6 51.2 และ 78.8 มิลลิเฮนรี่มีค่ามุมกำลังที่พิกัดกำลังเอาต์พุตเต็มพิกัด 2 12 16 และ 20 องศา ตามลำดับ ดังนั้นการควบคุมมุมกำลังที่มีช่วงกว้างจึงเลือกค่าตัวเหนี่ยวนำ 78.8 มิลลิเฮนรี่

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Pspice พบว่าตัวเหนี่ยวนำ ขนาด 78.8 มิลลิเฮนรี่ มีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในทางปฏิบัติเนื่องจาก การควบคุมมุมกำลังที่มีช่วงกว้าง และตัวประกอบกำลังมีค่าสูงสุด

ภาคผนวก ก

โปรแกรมภาษาซี

โปรแกรมภาษาซีที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้โปรแกรมระบบควบคุมอินเวอร์เตอร์ต่อกับกริดระบบไฟฟ้าแสดงใน INCERTER.C ดังต่อไปนี้

/***** INVERTER.C 19/02/42 *****/

SP	EQU	\$18	Stack pointer
BP	EQU	SP+2	Stack base pointer
AX	EQU	\$1C	Accumulator
DX	EQU	AX+2	Accumulator extension
CX	EQU	AX+4	Runtime parameter
BX	EQU	AX+6	Temporary location
SI	EQU	AX+8	Index register
DI	EQU	AX+10	Stack addressing
?SPSTAT	EQU	DI+2	Serial port status temporary

* 8096 Internal register definitions

?IOC1	EQU	\$16	I/O control 1
?IOPOR1	EQU	\$0F	I/O port 1
?SPDATA	EQU	\$07	Serial port DATA register
?SPCTRL	EQU	\$11	Serial port CONTROL register
?SPBAUD	EQU	\$000E	Serial port BAUDRATE register

* Interrupt vectors

*	ORG	\$8000	
*	DW	tovvec	00: Timer Overflow
*	DW	ADCVEC	02: A/D Conversion Complete

```

*   ORG     $8004
*   DW      HSIVEC      04: HSI Data Available
*   DW      HSOVEC      06: High Speed Outputs
*   ORG     $8008
*   DW      HS0VEC      00:
*   DW      TIMVEC      0A: Software Timers
*   DW      SERINT      0C: Serial Port
*   ORG     $800E
*   DW      EXTINT      00:
*   DW      BRKTRAP     10: TRAP (breakpoint)
*   ORG     $2018
*   DB      $FD
*   ORG     $2080
*   LD      SP,$B000    Initial stack pointer
*   LCALL   main        Execute user function

```

```

ORG     $8080
LD      SP,$B000    Initial stack pointer
LCALL   main        Execute user function

```

```

?eq  CMP    AX,CX      AX == CX
      JE     ?true
      CLR    AX
      RET

```

```

?ne  CMP    AX,CX      AX != CX
      JNE    ?true
      CLR    AX
      RET

```

```

?lt  CMP    AX,CX      AX < CX
      JLT    ?true
      CLR    AX
      RET

```

```

?le  CMP    AX,CX      AX <= CX
      JLE    ?true
      CLR    AX
      RET

```

```

?gt  CMP  AX,CX      AX > CX
      JGT  ?true
      CLR  AX
      RET
?ge  CMP  AX,CX      AX >= CX
      JGE  ?true
      CLR  AX
      RET
?ult CMP  AX,CX      AX < CX (unsigned)
      JNC  ?true
      CLR  AX
      RET
?ule CMP  AX,CX      AX <= CX (unsigned)
      JNH  ?true
      CLR  AX
      RET
?ugt CMP  AX,CX      AX > CX (unsigned)
      JH   ?true
      CLR  AX
      RET
?uge CMP  AX,CX      AX >= CX (unsigned)
      JC   ?true
?false CLR  AX
      RET

```

* logically negate (AX)

```

?not  AND  AX,AX      Test for non-zero
      JNE  ?false     Not zero, invert
?true LD   AX,#1      Create a true value
      AND  AX,AX      Set condition code
nargs RET

```

```
int line[5] = { 0,0,64,16,80 };    /* LINE LCD DISPLAY */
```

```
char CNUM[13]={ '0','1','2','3','4','5','6','7','8','9',' ','.' };

```

```
unsigned int time1;

```

```
unsigned int time2;

```

```

unsigned int time3;
unsigned int time4;
unsigned int time;
unsigned int freq;
char PLU;
int RUN;
int DELTA;
int UAA;
int ma;
int SETUA=1;
int AUTO=1;
int setcode=10;
char OV;
int base;
char hh;
char GRID;
char INTP;
char vkey;

```

```

/***** LOOP MAIN *****/

```

```

main()
{
  disable();
  initialLCD();
  poke( 0x0303,129 ); /* initial 8255 #2 */

```

```

  Lshow( 0 , "  INVERTER " );
  Lshow( 0 , "  Connected " );

```

```

  base=1;  INTP=0;  GRID=0;
  time1=0;  time2=0;  time3=0;  OV=0;
  PLU=1;  RUN=0;  vkey=0;

```

```

  DELTA=50; /* DELTA 50 = 0 degree */

```

```

/***** delta angle *****/

```

40 = 5.4 degree
 35 = 7.2 degree
 30 = 12.6 degree
 20 = 16.2 degree
 15 = 21.6 degree
 0 = 27.0 degree

```

/*****                               *****/
UAA=29500;          /* 29500 ma = 1.00 */
SETUA=1;
poke( 0x08,0x01 ); /* set interrupt TOVVEC */
poke( 0x09,0x00 ); /* set Interrupt Pending */
poke( 0x15,0x01 ); /* set interrupt HSO */
poke( 0x16,0x04 ); /* set interrupt TOVVEC */

do /* BEGIN MAIN LOOP OPERATION */
{
  if( INTP != 3 & PLU==0 )
  { time2 = peekw( 0x0A );
    delay( DELTA );
    poke( 0x0300,0x00 ); /* Port A On */
    PLU=1;
    if( OV == 1 ) /* time2 is End of Vzing 1/2 cycle */
    { OV=0;
      time3 = (time2-time1); /* 50 Hz = 5000 dif */
      time2 = time3*10;
      time1 = time2/500;
      time4 = time2 - (time1*500);
      freq = (50000-time4)/time1; /* 35 < Freq < 100 Hz */

      if( base % 5 == 0 ) Pshow( 24,freq );

/* if( base % 11 == 0 ) if( DELTA > 45 ) DELTA=1; */
      if( freq > 510 ) { /* OVER FREQ */
        RUN=3; /* STOP INV */
        Lshow( 0 , " GRID FAULT " );
      }
    }
  }
}

```

```

    }
}
INTP = peek( 0x06 ) & 03;      /* Read End of HSI.0 */
if( INTP == 3 && PLU==1 )      /* Begin of Vzing */
{
    time1 = peekw( 0x0A );
    if( RUN > 0 )              /* SET_DELTA(); */
    {
        delay( DELTA );
        poke( 0x0300,0xFF );      /* Port A On */
        CheckWR(); poke( 0x0403, 0x0002 ); /* command DELTA */
        CheckWR(); pokew( 0x0400,0x0150 ); /* WR data DELTA */

        if( SETUA == 1 )
        {
            CheckWR(); poke( 0x0403, 0x0000 ); /* command UAA */
            CheckWR(); pokew( 0x0400,UAA ); /* WR data UAA */
            SETUA=0;
        }
        if( RUN == 2 )
        {
            poke( 0x0301,0xFF); /* Port B On On Vgate */
            RUN=1;
        }
        if( RUN == 3 )
        {
            PBM_STOP();
        }
    }
}

if( GRID == 1 )
{
    poke( 0x0302,0x20 ); /* Port C On SSR Relay */
    GRID=2;
}

```

```

if( time1 < 7000 )      /* time1 is Begin of Vzing */
{
    OV=1; base++;
    if( base > 11 ) base=1;
}
else
{
    if( base % 3 == 0 ) READ_KEY();
    /* if( base % 5 == 0 ) Pshow( 0,DELTA ); */
}
PLU=0;
}
}while( 1 ); /* STOP MAIN LOOP OPERATION */
}
SET_PBM()
{ /* RESET PBM BY 8255#2 Port PC4 */
    poke( 0x0302,0x00); delay( 1000 );
    poke( 0x0302,0x10); delay( 1000 );
    poke( 0x0302,0x00);
    CheckWR(); pokew( 0x0402, 0x0000 ); /* initial PWM set 8 bit mode */
    CheckWR(); pokew( 0x0400, UAA ); /* WR UA old 7CCC,6700 */
    /* 5/1/42 = 7A00 UA = 31500 19/02/42 */
    CheckWR(); pokew( 0x0400, 0x0000 ); /* WR UB */
    CheckWR(); pokew( 0x0400, 0x0000 ); /* WR PHI1 */
    CheckWR(); pokew( 0x0400, 0x0026 ); /* WR DPHI1 50Hz 0026 */
    CheckWR(); pokew( 0x0400, 0x0000 ); /* WR PHI0 */
    CheckWR(); pokew( 0x0400, 0xA05F ); /* WR DPHI0 50Hz 105F */
    CheckWR(); pokew( 0x0400, 0x0000 ); /* WR PHIADD */
    CheckWR(); pokew( 0x0400, 0x0000 ); /* WR NOT USER */
    CheckWR(); pokew( 0x0400, 0x0018 ); /* WR TAUS 0018 */
    CheckWR(); pokew( 0x0400, 0x002C ); /* WR TTOTO 002C 16/11/41=05 */
    CheckWR(); pokew( 0x0400, 0x0018 ); /* WR TMIN 0018 */
    CheckWR(); pokew( 0x0400, 0x0000 ); /* WR VORTL */
    CheckWR(); pokew( 0x0400, 0x00BE ); /* WR TSTAR */
    CheckWR(); pokew( 0x0402, 0x0001 ); /* WR DSTAR STAR PBM */
}

```

CheckWR() /* check WRFLAG == 0 when write data of PBM */

```
{
    /* read status WRFLAG==0 */
    while( peek( 0x0401 ) & 1 == 0 );
}
```

READ_KEY()

```
{
    vkey = peek( 0x0202 ) & 0x0F; /* Read 8255# 1 of KeyPad */
    if( vkey > 0 )
    {
        if( vkey == 1 ) /* GRID CONNECTED */
        {
            if( GRID == 0 && RUN == 1 ) GRID=1; /* On Relay */
            if ( GRID != 1 )
            {
                setcode++;
                Pshow( 82,setcode );
            }
        }
        if( vkey == 2 )
        {
            if( setcode % 2 == 0 )
            {
                if( UAA < 29401 ) UAA+=100;
                if( setcode % 2 != 0 )
                {
                    if( DELTA < 50 ) DELTA++;
                }
            }
            ma = UAA / 10;
            Pshow( 18,ma );
            Pshow( 66,DELTA );
            SETUA=1;
        }
        if( vkey == 3 )
        {
            if( setcode % 2 == 0 )
            {
                if( UAA > 100 ) UAA-=100;
            }
        }
    }
}
```

```

    if( setcode % 2 != 0 )
    if( DELTA > 0 ) DELTA--;
    SETUA=1;
    ma = UAA / 10;
    Pshow( 18,ma );
    Pshow( 66,DELTA );
}
if( vkey == 4 && RUN == 0 ) /* RUNNING */
{
    SET_PBM();
    RUN=2; base=1;
    SETUA=1;
}
if( vkey == 5 )
{
    if ( RUN == 1 ) RUN=3; /* STOP PBM */
}
vkey=0;
}
}
PBM_STOP() /* STOP PWM PULSE */
{
    if( GRID != 0 ) /* STOP Relay */
    {
        /* Set Switch Relay */
        poke( 0x0302,0x00); delay( 300 ); /* Port C off Relay */
        GRID=0;
    }
    if( RUN > 0 )
    {
        CheckWR(); pokew( 0x0402, 0x0000 ); /* WR DSTOP */
        poke( 0x0301,0x00 ); /* Port B On On Vgate */
        RUN=0;
    }
}
}

```

```

Pshow( xy,num )    /* show number on xy address */
char xy;
unsigned int num; /* xy=address ; num= number value */
{
    unsigned int x1,x2,x3,x4;
    unsigned int tem;
    if( num < 10 )
    { x1=num; num=32000; x2=x3=x4=10;
    }
    if( num < 100 )
    { x1=num%10; tem=num-x1; x2=num/10; num=32000; x3=x4=10;
    }
    if( num < 1000 )
    {
        x1=num%10; tem=(num-x1)/10; x2 =tem%10;
        x3 =(tem-x2)/10; num=32000; x4=10;
    }
    if( num < 10000 )
    { x1=num%10; tem=(num-x1)/10; x2 =tem%10;
      tem=(tem-x2)/10; x3 =tem%10; x4 =(tem-x3)/10;
    }
    Tshow( CNUM[x4],xy++ ); Tshow( CNUM[x3],xy++ );
    Tshow( CNUM[x2],xy++ ); Tshow( '.' ,xy++ );
    Tshow( CNUM[x1],xy );
}

Tshow( text,m ) /* text=charactor m= address display */
char text;
char m;
{
    char z;
    poke( 0x0200, m );
    z = peek( 0x0200 ); z = z | 128;
    poke( 0x0200,z );          /* set DD ram */
    z = z ^ z;
    if( z == 0 ) z=0;
    else if( z == 1 ) z=16;
}

```

```

else if( z==2 )    z=32;
else z = 48;
poke( 0x0202,z );          /* set Rs=0,R/W=0 */
epluse();
poke( 0x0202, 0x10 );      /* data write */
poke( 0x0200, text );      /* data byte */
epluse();
}
epluse()
{
char a;
a = peek( 0x0202 ); a=a | 0x40;
    poke( 0x0202,a );      /* set bit 2=1 */
    delay( 5 );    a=a & 0xBF;
    poke( 0x0202,a );      /* set bit 2=0 */
}
initiaLCD()
{
    poke( 0x0203,0x81 );    /* control port 129 = old 100*/
    poke( 0x0200,56 );      /* function set */
    epluse(); delay( 1550 );
    poke( 0x0200,12 );      /* display on/off control */
    epluse(); poke( 0x0200,6 ); /* entry mode set */
    epluse(); poke( 0x0200,1 ); /* clear all display */
    epluse(); delay( 1550 );
}
Lshow( c,h )    /***** LCD Display *****/
char c;
char h[16];
{
char f;
    for(f=0;f<=15;f++,c++) Tshow( h[f],c );
}

```

ประวัติผู้เขียน

- ชื่อ นายสุรศักดิ์ อยู่สวัสดิ์
- วันเดือนปีเกิด 25 พฤศจิกายน 2514
- ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปีการศึกษา 2535
- ประวัติการทำงาน บรรจุเข้ารับราชการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล สังกัดวิทยาเขตภาค
พายัพ แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ตั้งแต่ปีการศึกษา 2536 จนถึงปัจจุบัน
ตำแหน่ง อาจารย์ 1 ระดับ 4