

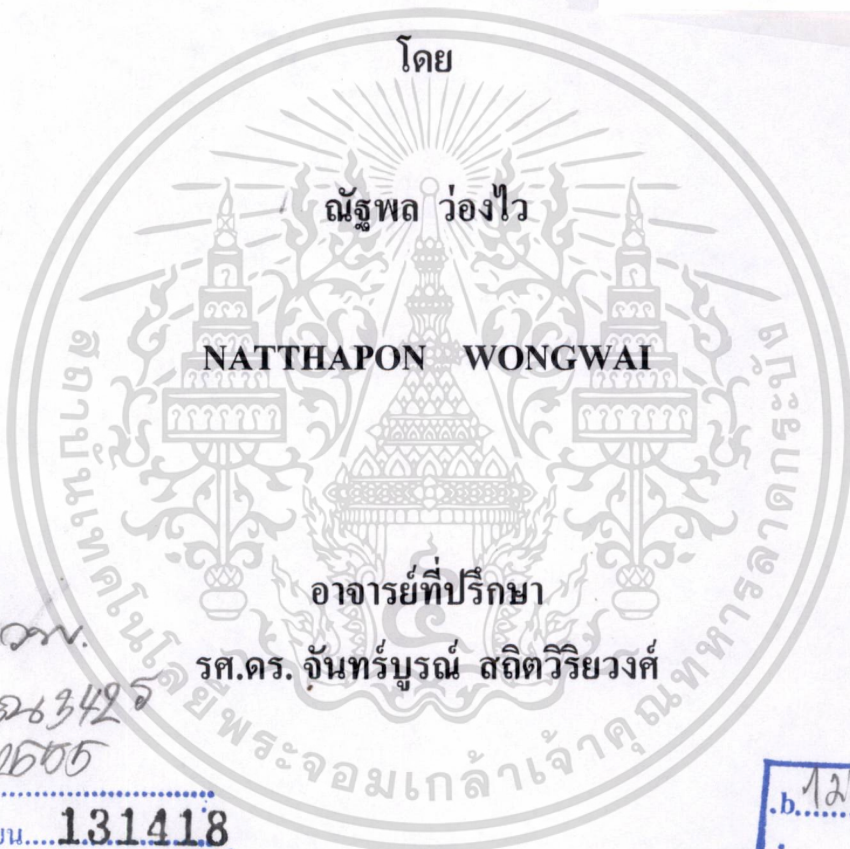
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่

BATTERY MANAGEMENT SYSTEM



T131418



โดย

ณัฐพล ว่องไว

NATTHAPON WONGWAI

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. จันทร์บุรณ์ สถิตวิริยวงศ์

ดพ.

๑๖๓๔๒

๑๖๐๕

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....131418

วัน,เดือน,ปี..... 2 ส.ย. 2557

.b. 1260916x
.i.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาการศึกษาระดับ 2
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BATTERY MANAGEMENT SYSTEM



**A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS OF THE COURSE
INDEPENDENT STUDY 2
MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2/2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2013

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่
นักศึกษา	นายณัฐพล ว่องไว
รหัสนักศึกษา	54660767
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศและการจัดการ
ปีการศึกษา	2555
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. จันทร์บุรณีย์ สถิตวิริยวงศ์

บทคัดย่อ

การติดต่อสื่อสารเป็นปัจจัยสำคัญส่วนหนึ่งในการดำเนินชีวิตและการดำเนินธุรกิจ ซึ่งปัจจุบันมีผู้ให้บริการด้านเครือข่ายระบบโทรศัพท์จำนวนมากที่ต้องแข่งขันกันพัฒนาอุปกรณ์หรือระบบให้มีความสามารถตามความต้องการของลูกค้าและทำให้ระบบมีความเสถียรภาพ ความน่าเชื่อถือเพื่อให้การติดต่อสื่อสารและการใช้งานระบบอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากอุปกรณ์ในระบบสื่อสารเป็นอุปกรณ์ที่ใช้แหล่งพลังงานจากระบบไฟฟ้าทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับจึงจำเป็นต้องมีระบบสำรองไฟฟ้าเพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ปัจจัยสำคัญในระบบสำรองไฟฟ้าคือแบตเตอรี่ ที่จะต้องมีการดูแลบำรุงรักษาให้สามารถสำรองไฟ การศึกษาโครงการนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาบริหารจัดการแบตเตอรี่ ซึ่งประกอบไปด้วยระบบบริหารจัดการข้อมูลแบตเตอรี่และเครื่องมือวัดและบันทึกการคายประจุของแบตเตอรี่ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานโดยศึกษาวิเคราะห์ระบบงานเดิม ออกแบบระบบงานใหม่ พัฒนาระบบด้วยเทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชัน และทำการทดสอบการใช้งานระบบ ออกแบบการสร้างเครื่องมือวัดและบันทึกการทดสอบการคายประจุของแบตเตอรี่และนำผลการทดสอบการคายประจุที่ได้จากเครื่องมือมาวิเคราะห์ผล เพื่อช่วยให้เพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการ

Title	Battery Management System
Student	Mr. Natthapon Wongwai
Student ID.	54660767
Degree	Master of Science
Program	Information Technology
Major	Information Technology and Management
Academic Year	2012
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Chanboon Sathitwiriawong

ABSTRACT

Communication is importance for business and another activity. Currently, Mobile Operators are competing for develop an Equipment and increase system Stability that meet the requirement of customers In order To provide reliable communication and to use the system continuously. Most of communication devices are using electrical systems. Therefore, it necessary to have an electrical backup system with battery component such as uninterruptible power supply (UPS) and Rectifier in order to operate continuously. As the result, battery is a main factor in electrical backup system. To be able to use the system continuously. The purpose of this project is study and develop a battery management system. The project includes the data management system and implement the discharging battery test and measurement equipment. The procedure includes analysis system, design and development new software by using web application technology. Beside, design and implement the discharging battery test and measurement equipment to record and import to the developed software for analysis the result. the expected benefits are increasing efficiency of data collection and management , more comfortable for discharging battery test and measurement operation and reduce human resource

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ขั้นตอนของการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2	2
2.1 ทฤษฎีของแบตเตอรี่ (Theory of Battery)	2
2.2 แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด	6
2.3 คุณสมบัติเชิงสมรรถนะของแบตเตอรี่	14
2.4 ปัจจัยที่ทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ	21
บทที่ 3	27
3.1 ลักษณะทั่วไปของหน่วยงาน	27
3.2 แผนผังของส่วนงานปฏิบัติการ	27
3.3 การทำงานของระบบปัจจุบัน	30
3.4 ปัญหาและข้อจำกัดของระบบปัจจุบัน	35
บทที่ 4	36
4.1 ความต้องการของระบบ	36
4.2 ยูสเคสไดอะแกรม	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 การออกแบบฐานข้อมูล	44
4.4 การออกแบบฮาร์ดแวร์	51
บทที่ 5	53
5.1 การพัฒนาซอฟต์แวร์	53
5.2 การพัฒนาฮาร์ดแวร์	66
บทที่ 6	72
6.1 สรุปผลโครงการ	72
6.2 ข้อจำกัดของการพัฒนาระบบ	73
6.3 ข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนาระบบเพิ่มเติม	73
บรรณานุกรม	74
ภาคผนวก	76
ประวัติผู้เขียน	103

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 รายละเอียดของยูสเคส Manage Battery Detail	39
4.2 รายละเอียดของยูสเคส Manage Battery Usage Detail	40
4.3 รายละเอียดของยูสเคส Import Data Log	41
4.4 รายละเอียดของยูสเคส Display Result	42
4.5 รายละเอียดของยูสเคส Create Report	43
4.6 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี EMPLOYEE	47
4.7 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี BATTERY_DETAIL	47
4.8 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี SITE	48
4.9 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี PLAN_SCHEDULE	48
4.10 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี LOG_FILE	49



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 เซลล์พื้นฐานของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด	2
2.2 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม	5
2.3 การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน	5
2.4 การต่อแบตเตอรี่แบบผสม	5
2.5 โครงสร้างของแบตเตอรี่ตะกั่ว – กรด	7
2.6 ประเภทของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด	8
2.7 แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด แบบปิด	10
2.8 โครงสร้างวาล์วระบายแก๊ส	11
2.9 เปรียบเทียบระหว่างแบตเตอรี่แบบ Flooded กับ VRLA	11
2.10 แบตเตอรี่แบบเจล (Gelled Battery)	12
2.11 แบตเตอรี่ Absorbed Glass Mat (AGM)	12
2.12 แผ่นธาตุในน้ำกรดซัลฟูริก	22
2.13 ผลของอุณหภูมิกับอายุการใช้งานของแบตเตอรี่	22
2.14 ผลของแรงดันกับอายุการใช้งานของแบตเตอรี่	23
2.15 แรงดันของแบตเตอรี่แต่ละลูก	24
2.16 ช่วงเกิด Gassing และ Discharge	25
2.17 กราฟการทดสอบจำนวนครั้งของแบตเตอรี่	26
3.1 แผนผังแสดงโครงสร้างของหน่วยงานวิศวกรรม	28
3.2 แผนผังแสดงโครงสร้างของหน่วยงานวิศวกรรม	31
3.3 แผนผังแสดงโครงสร้างของหน่วยงานวิศวกรรม	31
3.4 แผนผังแสดงโครงสร้างของหน่วยงานวิศวกรรม	32
3.5 แผนผังแสดงโครงสร้างของหน่วยงานวิศวกรรม	33
3.6 แผนผังแสดงโครงสร้างของหน่วยงานวิศวกรรม	34
4.1 ยูสเคส ไดอะแกรมระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่	37
4.2 ER-Diagram ของระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่	45
5.1 โครงสร้างระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการข้อมูลแบตเตอรี่	54
5.2 แสดงหน้าจอการเข้าสู่ระบบ	55
5.3 แสดงหน้าจอหลักหลังจากเข้าสู่ระบบ	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.4 แสดงหน้าจอเมนูหลักของระบบ.....	56
5.5 แสดงหน้าจอเมนูย่อยของระบบ.....	56
5.6 แสดงหน้าจอการเพิ่มข้อมูลเบตเตอร์ี.....	58
5.7 แสดงหน้าจอแสดงข้อมูลเบตเตอร์ี.....	59
5.8 แสดงหน้าจอแสดง Log File.....	59
5.9 แสดงหน้าจอการเพิ่มข้อมูล Log File.....	60
5.10 แสดงหน้าจอข้อมูลพนักงาน.....	60
5.11 แสดงหน้าจอการเพิ่มข้อมูลพนักงาน.....	61
5.12 แสดงหน้าจอข้อมูล Site.....	62
5.13 แสดงหน้าจอการเพิ่มข้อมูล Site.....	62
5.14 แสดงหน้าจอข้อมูลตารางแผนการทดสอบ.....	64
5.15 แสดงหน้าจอการเพิ่มข้อมูลแผนการทดสอบ.....	64
5.16 แสดงหน้าจอข้อมูลรายงาน.....	65
5.16 แสดงลักษณะของ FiO Std Board.....	67
5.18 แสดงโมเดลการทำงานรวมของหน่วยประมวลผลกลาง.....	68
5.19 แสดงโมเดลการควบคุมการรวมส่งสัญญาณร่วมสื่อ.....	68
5.20 แสดงโมเดลการรับค่ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำรองของ CPU.....	69
5.21 แสดงโมเดลการเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำรองของ CPU.....	69
5.22 แสดงโมเดลการนำข้อมูลจากหน่วยความจำรองไปเก็บในหน่วยความจำสำรอง.....	70
5.23 แสดงการออกแบบการต่ออุปกรณ์ทั้งหมด.....	71

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การให้บริการระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ จำเป็นต้องดูแลรักษาระบบให้พร้อมใช้งานได้ตลอดเวลา เพื่อตอบสนองความต้องการการใช้งานของลูกค้า ซึ่งการทำงานของอุปกรณ์เครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ใช้กำลังงานจากกระแสไฟฟ้าและมีระบบสำรองไฟฟ้าเพื่อรองรับในเวลาที่เกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้อง โดยจะมีแบตเตอรี่เป็นส่วนประกอบในระบบสำรองไฟ จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบความสามารถและเวลาในการสำรองไฟของแบตเตอรี่เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการใช้งานแบตเตอรี่

บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) หรือ เอไอเอส เป็นบริษัทที่ดำเนินธุรกิจด้านระบบโทรคมนาคมที่ให้บริการระบบเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ ที่มุ่งเน้นการให้บริการต่อลูกค้าเพื่อตอบสนองการใช้งานของลูกค้าได้อย่างต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องมีการดูแลรักษาระบบให้สามารถใช้งานได้ตลอดเวลาเพื่อตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้น

ดังนั้นการตรวจสอบความสามารถของแบตเตอรี่แบบเดิมเป็นการจำลองการจ่ายโหลดของแบตเตอรี่ โดยต่อแบตเตอรี่กับโหลดและบันทึกค่าแรงดันและกระแสในขณะการคายประจุของแบตเตอรี่ในแต่ละช่วงเวลา และนำผลการบันทึกมาวิเคราะห์ความสามารถและเวลาในการสำรองไฟฟ้า ซึ่งการตรวจสอบดังกล่าวจะใช้คนในการวัดและบันทึกค่าด้วยเอกสารทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากรคนและเวลาในการตรวจสอบ จึงได้พัฒนาระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่เพื่อช่วยจัดการข้อมูล เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของแบตเตอรี่

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่มีจุดประสงค์เพื่อนำระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นไปใช้สนับสนุนการทำงานของพนักงาน โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

- 1 เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทดสอบการคายประจุแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2 เพื่อให้ผู้บริหารตัดสินใจได้เร็วยิ่งขึ้น
- 3 เพื่อลดความซ้ำซ้อนในการจัดเก็บข้อมูล
- 4 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูล

1.3 ขอบเขตของโครงการ

การพัฒนาระบบบริหารจัดการเบตเตอร์มีขอบเขต ดังนี้

1. การจัดการข้อมูลและรายละเอียดการใช้งานเบตเตอร์
2. การนำข้อมูลผลการทดสอบการกายประจุของเบตเตอร์เข้าระบบและแสดงผล
3. การจัดทำรายงานสรุปผลประสิทธิภาพและการสำรองไฟของเบตเตอร์
4. การสร้างเครื่องมือบันทึกผลการทดสอบการกายประจุของเบตเตอร์

1.4 ขั้นตอนของการศึกษา

การศึกษาจะใช้ทฤษฎีของวงจรการพัฒนาระบบ เพื่อให้การพัฒนาระบบบริหารจัดการเบตเตอร์เป็นไปอย่างมีระเบียบและเป็นมาตรฐาน โดยมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1. กำหนดปัญหาเพื่อเป็นการกำหนดโจทย์และขอบเขตของโครงการพัฒนาระบบซึ่งเป็นขั้นตอนแรกในการพัฒนาระบบเพื่อนำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศมาเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานจากระบบเดิม
2. ศึกษาการดำเนินงานของระบบงานปัจจุบันจากวิธีการปฏิบัติงาน สัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งเอกสารและรายงานต่างๆ
3. ศึกษาความเป็นไปได้ของการพัฒนาระบบใหม่ ในแง่ความเป็นไปได้ด้านเทคนิคและความเป็นไปได้ในการปฏิบัติงาน
4. วิเคราะห์และออกแบบระบบงานใหม่ โดยใช้หลักการพัฒนาระบบสารสนเทศ แนวคิดเชิงวัตถุ และยูเอ็มแอลเป็นเครื่องมือในการออกแบบระบบงาน
5. ศึกษาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ภาษาคอมพิวเตอร์ และเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ
6. พัฒนาระบบสารสนเทศตามความต้องการของผู้ใช้งาน
7. ทดสอบระบบตามความต้องการของผู้ใช้งาน
8. สรุปผลการศึกษาโครงการและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการพัฒนาระบบบริหารจัดการเบตเตอร์ คือ

- 1 ลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทดสอบการคายประจุเบตเตอร์
- 2 เพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูล



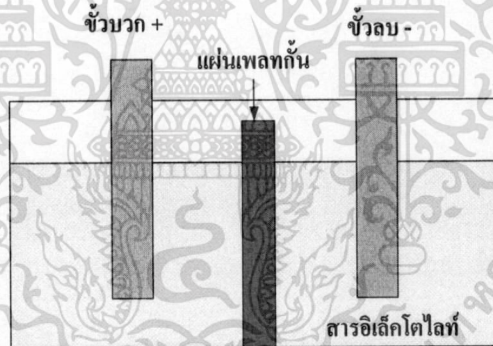
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีของแบตเตอรี่ (Theory of Battery)

แบตเตอรี่ (Battery) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงโดยใช้ เซลล์กัลวานิก (Galvanic Cell) ที่ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte Solution) ซึ่งแบตเตอรี่อาจประกอบด้วยเซลล์กัลวานิกเพียง 1 เซลล์หรือมากกว่าก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 เป็นเซลล์พื้นฐานของแบตเตอรี่ที่ประกอบด้วย ขั้วบวก ขั้วลบ มีสารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) และมีแผ่นกั้น เพื่อป้องกันไม่ให้ขั้วบวกและขั้วลบสัมผัสกันโดยตรง โดยที่แต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่มีแรงดันเท่ากับ 2 โวลต์ ดังนั้นแบตเตอรี่ 12 โวลต์ จึงประกอบด้วย 6 เซลล์ ต่อกันแบบอนุกรม เซลล์ทั้งหมดอาจบรรจุอยู่ในกล่องเดียวหรือแยกกล่อง ซึ่งการต่อแบตเตอรี่มีแสดงดังรูปที่ 2.1

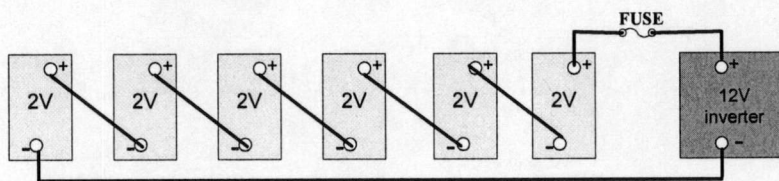


รูปที่ 2.1 เซลล์พื้นฐานของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

2.1.1 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม

การต่อแบตเตอรี่ที่แบตเตอรี่ถูกเชื่อมต่อกันโดยขั้วบวกต่อเข้ากับขั้วลบของตัวถัดไป ในการต่อแบบอนุกรมความจุที่ได้จะเท่ากับแบตเตอรี่แบบเดี่ยว แรงดันไฟฟ้าจะเท่ากับผลรวมแรงดันของแบตเตอรี่แต่ละตัว ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2.2 และค่ากระแสจะเท่ากับที่ได้จะเท่ากับค่ากระแสของแบตเตอรี่แต่ละลูก ในการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมที่จะนำมาต่อควรมีความจุเท่ากัน เพราะถ้าแบตเตอรี่ที่ความจุน้อยจะเกิดการคายประจุแบบลึก (Deep Discharge) ได้ง่ายกว่าแบตเตอรี่ที่ความจุสูงกว่า

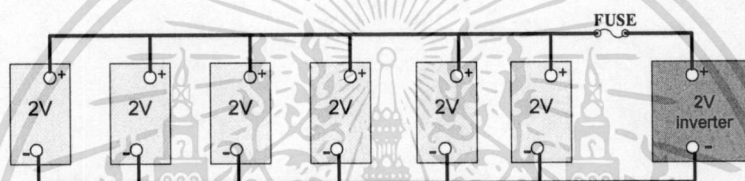
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม

2.1.2 การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน

การต่อแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนาน จะต้องนำขั้วบวกทั้งหมดต่อร่วมกันและขั้วลบทั้งหมดต่อกัน โดยที่แรงดันไฟฟ้าที่ได้ของแบตเตอรี่แต่ละตัวจะมีขนาดเท่ากัน ดังรูปที่ 2.3

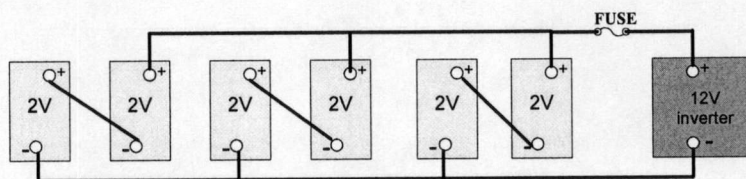


รูปที่ 2.3 การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน

ดังนั้นถ้ามีความต้องการกระแสที่มากขึ้น ทำได้โดยนำแบตเตอรี่ 2 ลูกหรือมากกว่านั้นต่อกันแบบขนานจนได้กระแสที่ต้องการ การต่อแบตเตอรี่แบบขนานควรมีอัตราแรงดันเท่ากัน เพราะแบตเตอรี่ที่อัตราแรงดันสูงกว่าจะจ่ายกระแสให้กับตัวที่อัตราต่ำกว่าจะทำให้เกิดความเสียหายได้

2.1.3 การต่อแบตเตอรี่แบบผสม

เป็นการนำการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนานมาต่อร่วมกันทำให้ได้แรงดันและความจุเพิ่มขึ้นดังรูปที่ 2.4



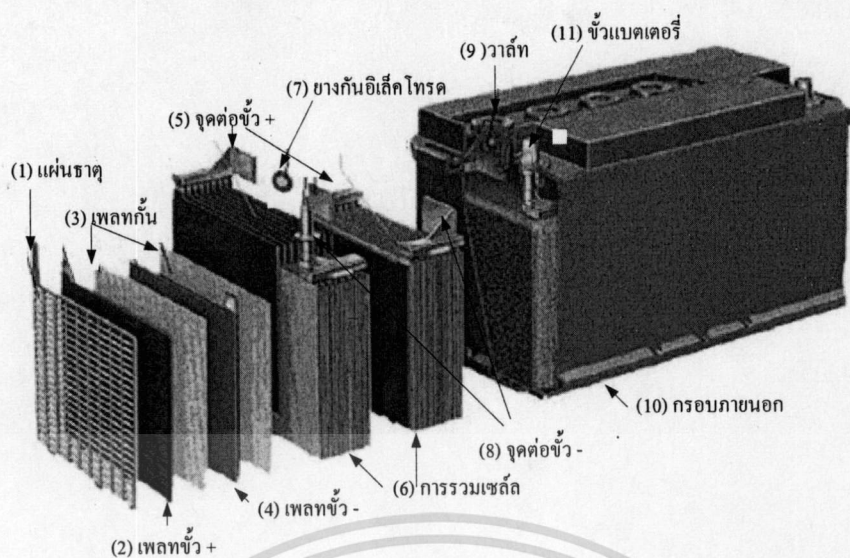
รูปที่ 2.4 การต่อแบตเตอรี่แบบผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตแบตเตอรี่ในระดับอุตสาหกรรม เป็นลักษณะอุตสาหกรรมที่ใช้วัสดุที่เป็นพิษ และมีของเสียที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปแล้วจะทำเป็นลักษณะผลิตเชิงปริมาณที่ประกอบด้วยกระบวนการต่างๆ หลังจากประกอบเป็นแบตเตอรี่แล้ว ยังต้องทำการประจุและคายประจุ ก่อนที่จะส่งแบตเตอรี่ถึงลูกค้า โดยที่โรงงานผลิตแบตเตอรี่จะมีรายละเอียดของโครงสร้างแบตเตอรี่มากมายแตกต่างกันแต่จะมีลักษณะส่วนประกอบพื้นฐานที่เหมือนกัน โดยทั่วไปเรียกว่าแบตเตอรี่น้ำ (Storage Battery) ประกอบด้วยเซลล์ 6 เซลล์ ต่อกัน แบบอนุกรม ซึ่งแต่ละเซลล์จะมีแรงดัน 2 โวลต์ จึงจ่ายแรงดันได้ 12 โวลต์ มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนพลังงานเคมีแล้วจ่ายเป็นพลังงานไฟฟ้า ชนิดกระแสตรง แบตเตอรี่ประเภทนี้ใช้งานจนไฟหมดหรือเล็กลงใช้งานแล้ว สามารถนำไปประจุไฟเพิ่มได้ เป็นการปรับสภาพทางเคมี ให้กลับสู่สภาพพร้อมใช้งานเหมือนเดิมได้ คือ สามารถใช้หมุนเวียนได้จนกว่าแบตเตอรี่นั้น จะเสื่อมสภาพ แบตเตอรี่ชนิดนี้ส่วนมากทำจากตะกั่ว-กรด ใช้ในรถยนต์และในการใช้พลังงานไฟฟ้าสำรองในระบบต่างๆ

2.2 แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

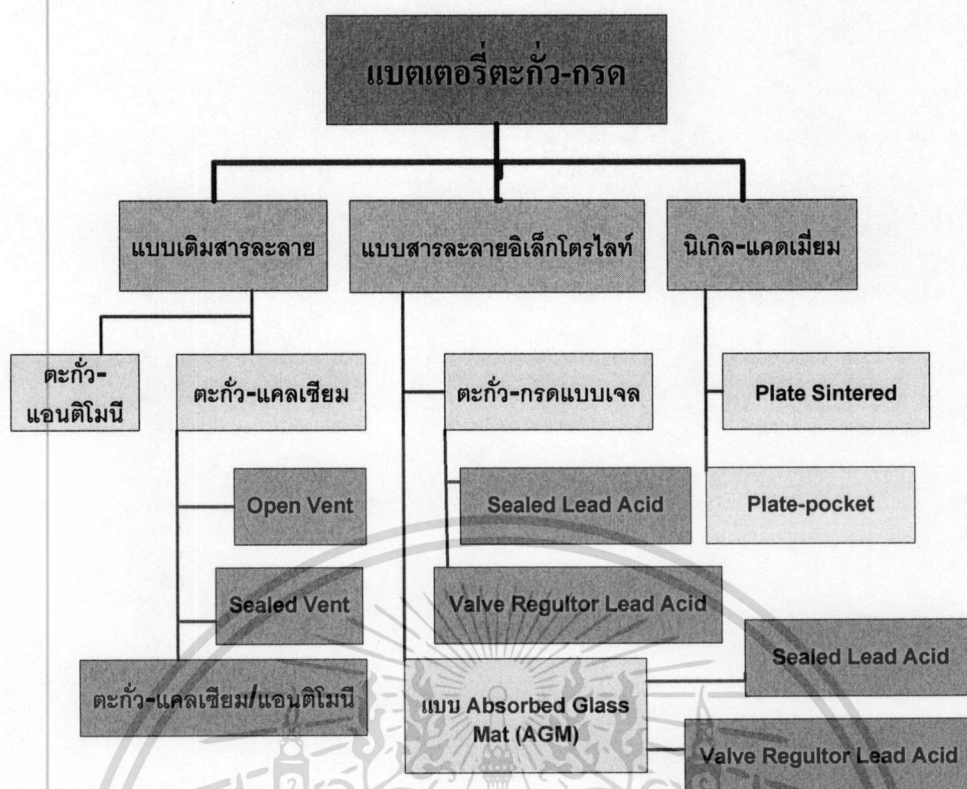
แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดมีส่วนประกอบสำคัญภายใน ดังรูปที่ 2.5 ประกอบไปด้วยแผ่นตะกั่วที่เป็นขั้วบวกและลบจมอยู่ในสารละลายกรดซัลฟิวริกหรือเรียกว่าสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เมื่อเซลล์มีการจ่ายประจุ โมเลกุลของซัลเฟตจากสารละลายอิเล็กโทรไลต์จะติดอยู่กับแผ่นตะกั่ว และปล่อยอิเล็กตรอนออกมามากมาย เมื่อเซลล์มีการประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่อิเล็กตรอนจำนวนมากจะกลับเข้าไปในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แบตเตอรี่จึงเกิดแรงดันได้จากปฏิกิริยาเคมีนี้เอง และไฟฟ้าเกิดขึ้นได้จากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนภายในแต่ละเซลล์ของแบตเตอรี่ให้แรงดัน 2 โวลต์ต่อเซลล์ แบตเตอรี่ 12 โวลต์ จึงมี 6 เซลล์ต่อกันแบบอนุกรมเซลล์ทั้งหมดอาจบรรจุอยู่ในกล่องเดียวหรือแยกกล่องก็ได้



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของแบตเตอรี่ตะกั่ว - กรด

ปัจจุบันมีแบตเตอรี่ชนิดเติมสารละลายหรือแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรด ผลิตออกมาจำหน่ายหลายชนิด ที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นชนิดที่มีการนำมาประยุกต์ใช้ในพลังงานไฟฟ้าสำรองในระบบต่างๆ โดยจะมี 3 ชนิด คือ แบบเติมสารละลาย (Flooded Lead Acid Battery) แบบสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (VRLA Battery) และแบบนิกเกิล-แคดเมียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ประเภทของแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด

2.2.1 แบตเตอรี่แบบเติมสารละลาย

เป็นแบตเตอรี่ที่ต้องมีการเติมสารละลายอยู่เป็นช่วงเวลาเพื่อรักษาระดับของสารละลาย ซึ่งประกอบไปด้วย แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-แอนติโมนี และแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-แคลเซียม

2.2.1.1 แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-แอนติโมนี เป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดแบบหนึ่งที่ใช้สารแอนติโมนี (Sb) ผสมกับตะกั่วในกริดเพลท การใช้สารแอนติโมนีผสมกับตะกั่วในเพลทมีข้อดี คือ การเพิ่มความแข็งแรงทนทานของแผ่นกริดเพลท ให้มากกว่าใช้ตะกั่วธรรมดา และทำให้สามารถใช้งานในคายประจุมาก หรือที่เรียกว่า ประจวบลึก และงานที่มีอัตราการคายประจุสูงได้เป็นอย่างดี กริดแบบตะกั่ว-แอนติโมนี ยังจำกัดการปลดปล่อยตัวของสารทำปฏิกิริยาทำให้มีอายุการใช้งานมากกว่าแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-แคลเซียมเมื่อใช้งานในสภาพแวดล้อมอุณหภูมิสูง และข้อเสีย คือการมีอัตราการคายประจุในตัวเองสูง และจากที่ต้องการการประจุเกินบ่อยทำให้ต้องเติมน้ำกลั่นบ่อยๆ ขึ้นกับอุณหภูมิและจำนวนครั้งของการประจุเกิน

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-แอนติโมนี ส่วนใหญ่เป็นแบบเติมสารละลายมีช่องระบายก๊าซ เป็นเกลียวเปิดไว้สำหรับเปิดเติมน้ำ แบตเตอรี่แบบนี้เหมาะสมกับการใช้งานระบบเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากความสามารถในการคายประจุมาก และแบตเตอรี่ชนิดนี้ต้องมีการเติมน้ำเป็นระยะเวลาที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แน่นอน การลดความถี่ของการเติมน้ำอาจจะทำได้โดยการใช้ฝาปิดที่ดักจับน้ำที่ระเหยไปกลับ หรือ การออกแบบแบตเตอรี่ที่มีการแลกเปลี่ยนสารละลายจากด้านนอก การเช็คดูความผิดปกติของ แบตเตอรี่ชนิดนี้ ทำได้โดยการวัดความถ่วงจำเพาะของสารละลายโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์

แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-แอนติโมนี แบบเพลทหนาและการออกแบบที่แข็งแรง ส่วนใหญ่แล้วจะถูกจัดอยู่ในกลุ่มแบตเตอรี่สำหรับรถไฟฟ้า เพราะเป็นลักษณะการใช้งานที่ต้องการลักษณะ การคายประจุสูงและอายุการใช้งานนาน

2.2.1.2 แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-แคลเซียม เป็นแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดแบบหนึ่งที่ใช้สาร แคลเซียม (Ca) ผสมกับตะกั่วในกริดเพลท เหมือนแบบตะกั่ว-แอนติโมนี เช่นเดียวกันการใช้ ส่วนผสมแคลเซียมในเพลทตะกั่วมีทั้งประโยชน์และข้อเสีย ส่วนที่เป็นข้อดี คือการเพิ่มความ แข็งแรงของแผ่น กริดเพลท มีอัตราการคายประจุในตัวเองต่ำ และลดผลการเกิดก๊าซซึ่ง ทำให้มีการ สูญเสียน้ำน้อยลง การบำรุงรักษาก็ลดลงด้วย ข้อเสียของการผสมแคลเซียมคือ มีคุณสมบัติการ ประจุที่ไม่ดีในสถานะที่คายประจุมากๆ และเมื่อนำไปใช้งานในสภาวะอุณหภูมิสูง หรือใช้งานคาย ประจุมากกว่า 25 % DOD บ่อยๆ อายุการใช้งานจะสั้นลง สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. **แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-แคลเซียม Open Vent** แบตเตอรี่ชนิดนี้ มักจัดอยู่ในชนิดใช้ สำหรับระบบไฟฟ้า ส่วนใหญ่แล้วจะมีขนาดลูกกล 2 โวลต์ มีความจุหลายขนาดและมากถึง 1000 แอมแปร์-ชั่วโมง แบตเตอรี่ชนิดนี้ มีข้อดีที่มีอัตราการคายประจุด้วยตัวเองต่ำและมีการสูญเสียน้ำ น้อย และอาจมีอายุการใช้งานนานถึง 20 ปี ถ้าใช้ในโหมดไฟฟ้าสำรอง แต่ยังมีปัญหาเรื่อง ปรากฏ การณ์ชัลเฟชันและปรากฏการณ์แบ่งชั้นของสารละลาย (Stratification)

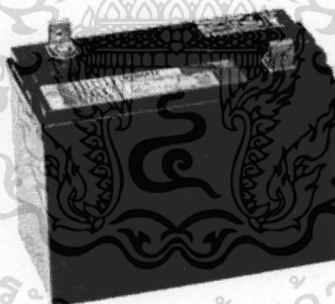
2. **แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-แคลเซียม Sealed Vent** การพัฒนาแบตเตอรี่ชนิดนี้เริ่มต้นใช้ชื่อ Maintenance Free ใช้กับรถยนต์มีความจุในช่วง 50 แอมแปร์-ชั่วโมง ถึง 200 แอมแปร์-ชั่วโมง ขนาด 12 โวลต์ และมีคุณสมบัติเหมือนกับแบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-แคลเซียมธรรมดา คือทนต่อการ ประจุเกิน สภาวะแวดล้อมอุณหภูมิสูง และการทำงานในลักษณะคายประจุมาก ความหมายของ การไม่มีการบำรุงรักษา คือ การไม่ต้องเติมน้ำกลั่น ซึ่งมีผลต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่ ดังนั้น การออกแบบแบตเตอรี่จะมีการสำรองสารอิเล็กโทรไลต์เพื่อให้แบตเตอรี่ทำงานได้ตลอดอายุการใช้ งาน แบตเตอรี่ชนิดนี้มีการนำมาใช้กับระบบโซลาร์เซลล์ขนาดเล็ก เช่นระบบที่ใช้ในบ้าน ระบบ แสงสว่าง แต่ต้องระมัดระวังในการประจุ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่สูงสุดและอายุงาน ที่สุด ถึงแม้จะมีราคาถูก แต่แบตเตอรี่ชนิดนี้ ได้รับการออกแบบสำหรับการคายประจุน้อย (Shallow Cycle)

3. **แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-แอนติโมนี/แคลเซียม ไฮบริด** แบตเตอรี่ชนิดนี้ ส่วนใหญ่จะเป็น ชนิดเติมน้ำกลั่น มีความจุถึง 200 แอมแปร์-ชั่วโมง ลักษณะการออกแบบที่สำคัญของแบตเตอรี่ชนิด นี้ คือการใช้ตะกั่ว-แคลเซียม เป็นกริดแบบแท่งในขั้วบวก และใช้ตะกั่ว-แอนติโมนีในขั้วลบ การ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบนี้ได้รวมข้อดีของแบตเตอรี่ทั้งสองชนิด คือมีประสิทธิภาพดีที่การคายประจุมาก มีการสูญเสียเล็กน้อย และอายุการใช้งานนาน แต่ปัญหาปรากฏการณ์ซัลเฟชันและปรากฏการณ์แบ่งชั้นของสารละลาย ยังคงมีอยู่ แบตเตอรี่ชนิดนี้ มีการนำมาใช้งานกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ในระบบขนาดใหญ่

2.2.2 แบตเตอรี่แบบสารละลายอิเล็กโทรไลต์

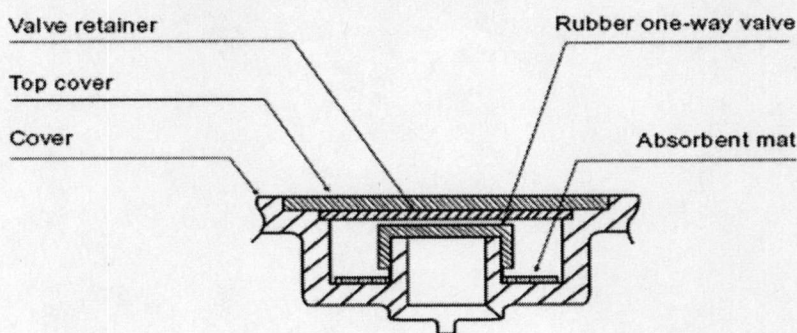
เป็นแบตเตอรี่ที่มีการบรรจุสารอิเล็กโทรไลต์โดยสารอิเล็กโทรไลต์จะถูกอิมโมบิไลซ์ (Immobilized) และปิดผนึกในภาชนะบรรจุ ถ้าเกิดสถานะประจุเกิน ช่องระบายอากาศจะเปิดโดยแรงดันอากาศภายใน ดังรูปที่ 2.8 แบตเตอรี่ส่วนใหญ่แล้วจะเรียกแบตเตอรี่ชนิดนี้ว่าแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด แบบปิด Valve Regulated Lead-Acid (VRLA) สารอิเล็กโทรไลต์จะไม่สามารถเติมได้ในแบตเตอรี่ชนิดนี้ ดังนั้นในการใช้แบตเตอรี่ชนิดนี้ต้องไม่ทำการประจุเกินแบตเตอรี่ชนิดนี้เป็นที่นิยมนำมาใช้กับระบบเซลล์แสงอาทิตย์และกักเก็บลมผลิตไฟฟ้า เพราะได้รับการพิสูจน์ใช้งานแล้ว และสะดวกต่อการขนส่ง และที่สำคัญคือไม่ต้องเติมน้ำกลั่นซึ่งเป็นแบตเตอรี่ในอุดมคติของระบบเซลล์แสงอาทิตย์และกักเก็บลมผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ห่างไกล แต่การประจุเกินทำให้สูญเสียสารอิเล็กโทรไลต์ซึ่งมักเกิดในสถานะอุณหภูมิสูง ดังนั้นสำหรับกรณีนี้ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ จะต้องตั้งจุดควบคุม ไม่ให้มีสถานะประจุเกิน (Over Charging)



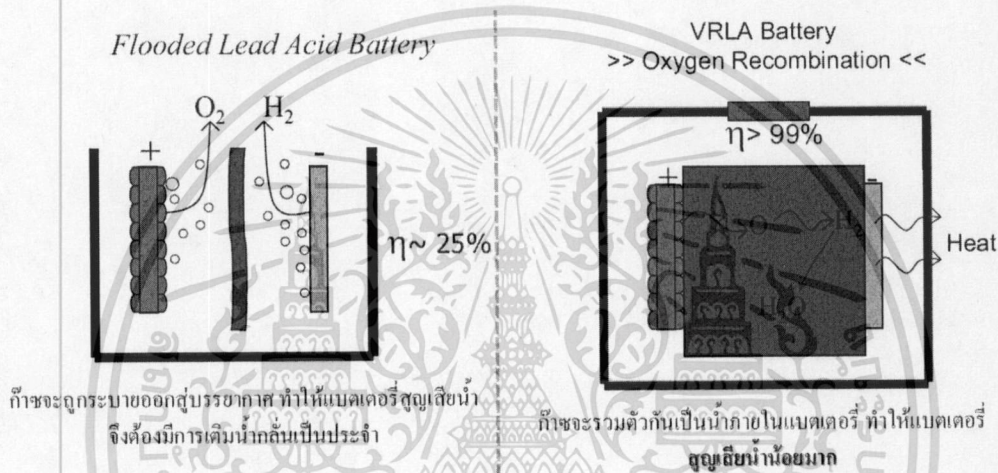
รูปที่ 2.7 แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด แบบปิด

แบตเตอรี่ที่ปิดผนึกโดยรอบยกเว้นวาล์ว (วาล์วทางเดียว) ที่จะเปิดออกเองในบางครั้ง เพื่อลดความดันในแบตเตอรี่ ในกรณีที่เกิดการชาร์จแบตเตอรี่ด้วยแรงดันที่เกินกว่าค่าที่แนะนำของบริษัทผู้ผลิต หรืออุณหภูมิที่ใช้งานสูงผิดปกติ โดยแก๊สที่ระบายออกมานั้นจะมีส่วนของไฮโดรเจน และออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 โครงสร้างวาล์วระบายแก๊ส



รูปที่ 2.9 เปรียบเทียบระหว่างแบตเตอรี่แบบ Flooded กับ VRLA (Rodrigues,2000)

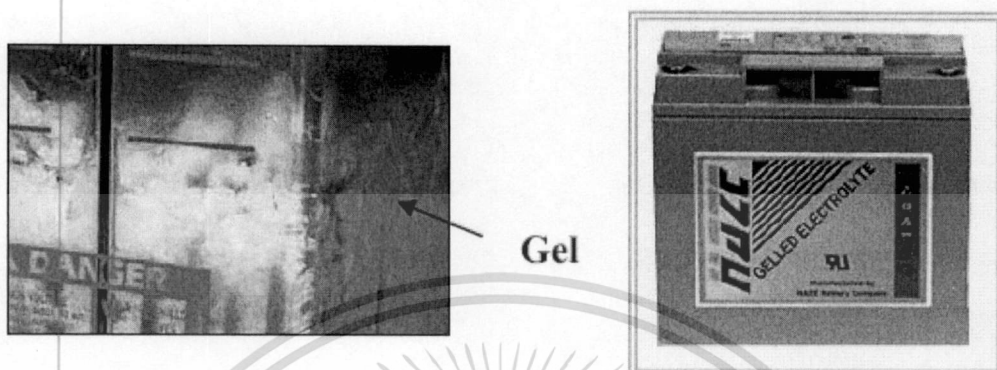
จากรูปที่ 2.9 ได้ทำการเปรียบเทียบลักษณะการทำงานภายในของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดชนิดเติมสารละลาย (Flooded) กับแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดแบบปิด (VRLA) ขณะเกิดการสูญเสียภายในขณะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีทางกายภาพ

เทคโนโลยีของแบตเตอรี่ชนิดนี้มีผลกระทบเร็วมากต่อสภาวะการประจุ โดยเฉพาะข้อจำกัดระดับแรงดันและอุณหภูมิ การประจุแบตเตอรี่ชนิดนี้ จะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดของผู้ผลิต ถ้าไม่มีข้อมูล ไม่ควรประจุเกิน 14.2 โวลต์ ที่ 25 องศา สำหรับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ข้อเสนอแนะสำหรับการประจุแบตเตอรี่ชนิดนี้ คือให้ทำการประจุที่ระดับแรงดันและอุณหภูมิกงที่เพื่อป้องกันการประจุเกิน สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

2.2.2.1 แบตเตอรี่แบบเจล (Gelled battery) แบตเตอรี่ชนิดนี้ ออกแบบสำหรับใช้ในงานเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไป ส่วนใหญ่ใช้กรดแบบตะกั่ว-แคลเซียมแบตเตอรี่ชนิดนี้มีการเติมซิลิกอนไดออกไซด์เข้าไปในสารอิเล็กโทรไลต์ ก่อนที่จะทำให้เป็นเจลปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยารวมกันภายใน เพื่อลดการเกิดก๊าซและลดการสูญเสีย น้ำ แบตเตอรี่แบบเจลบางชนิดมีการผสมกรดฟอสฟอริกในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เพื่อปรับปรุงความสามารถในการคายประจุมากของแบตเตอรี่



รูปที่ 2.10 แบตเตอรี่แบบเจล (Gelled Battery) (Rodrigues,2000)

2.2.2.2 แบตเตอรี่ Absorbed Glass Mat (AGM) แบตเตอรี่ชนิดนี้แตกต่างจากแบบเจล คือ สารอิเล็กโทรไลต์จะซึบด้วย glass mats และวางเป็นชั้น ๆ ระหว่างเพลท มีลักษณะทางกายภาพเหมือนกับเจล การพัฒนาแบตเตอรี่ชนิดนี้ ทำให้สามารถใช้งานในสภาวะประจุเกินและสภาพแวดล้อมอุณหภูมิสูงได้ ดังนั้นข้อกำหนดในการประจุสำหรับแบตเตอรี่ชนิดนี้จะกำหนดแรงดันคองที่สูงกว่าแบตเตอรี่แบบเจลได้



รูปที่ 2.11 แบตเตอรี่ Absorbed Glass Mat (AGM) (Rodrigues,2000)

ลักษณะเด่นของแบตเตอรี่แบบ AGM คือปรากฏการณ์การรวมตัวของก๊าซภายใน เมื่อเราทำการประจุแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรดใกล้ถึงสภาวะประจุเต็ม จะเกิดก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนจากปฏิกิริยาในขั้วบวกและลบ ถ้าเป็นแบตเตอรี่แบบเติมน้ำกลั่นก๊าซที่เกิดขึ้นจะระบายออกมา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายนอก ทำให้ต้องเติมน้ำกลั่นเข้าไปทดแทน แต่ใน AGM แบตเตอรี่ โมเลกุลออกซิเจนที่เกิดขึ้นในเพลาทวกลสามารถเคลื่อนที่ไปรวมกับโมเลกุลของก๊าซไฮโดรเจนที่เพลาทวกลและรวมตัวกลับเป็นน้ำอีกครั้ง ดังนั้นแบตเตอรี่ชนิดนี้ จะปิดสนิทเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำและก๊าซที่เกิดขึ้นภายใน

2.2.2.3 แบตเตอรี่นิเกิล-แคดเมียม เป็นแบตเตอรี่สามารถนำมาประจุใหม่ได้ และมีการนำไปใช้ประโยชน์ในวงกว้างมากกว่าแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด ข้อดีของแบตเตอรี่ชนิดนี้คือ มีอายุการใช้งานนาน การบำรุงรักษาน้อย สามารถทนการประจุที่ผิดปกติได้ ทำงานได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ ไม่มีข้อจำกัดที่ต้องควบคุมแรงดันให้คงที่ขณะประจุ ข้อเสียคือราคาแพงและมีขนาดให้เลือกใช้งานน้อย

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ

ชนิดของแบตเตอรี่ตะกั่วกรด (Lead-Acid Battery)	ราคา	คุณสมบัติการคายประจุแบบลึก (Deep cycle)	การบำรุงรักษา
แบตเตอรี่ชนิดเติมสารละลาย (Flooded Lead-Acid)			
1. ชนิดตะกั่ว-แอนติโมนิ	ต่ำ	ดี	สูง
2. ชนิดตะกั่ว-แคดเมียม Open Vent	ต่ำ	ไม่ดี	ปานกลาง
3. ชนิดตะกั่ว-แคดเมียม Sealed Vent	ต่ำ	ไม่ดี	ต่ำ
4. ชนิดตะกั่ว-แอนติโมนิ/แคดเมียม	ปานกลาง	ดี	ปานกลาง
แบตเตอรี่ชนิด Captive Electrolyte Lead-Acid (VRLA)			
1. เจลแบตเตอรี่(Gelled)	ปานกลาง	มาก	ต่ำ
2. Absorbed Glass Mat(AGM)	ปานกลาง	มาก	ต่ำ
นิเกิล-แคดเมียม			
1. ชนิดเพลาทแบบ Sintered	สูง	ดี	ไม่มี
2. ชนิดเพลาทแบบ Pocket	สูง	ดี	ปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 คุณสมบัติเชิงสมรรถนะของแบตเตอรี่

นิยามและความหมาย

1. แอมแปร์-ชั่วโมง (AH) เป็นหน่วยพื้นฐานในการวัดความจุของแบตเตอรี่ โดยใช้วิธีการคายประจุด้วยกระแสคงที่แล้วจับเวลาเป็นชั่วโมงจนใกล้จะคายประจุหมด ความจุแอมแปร์-ชั่วโมงได้จากการนำค่ากระแสคูณกับเวลาเป็นชั่วโมง ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ความจุ 80 แอมแปร์-ชั่วโมง หมายความว่าแบตเตอรี่ลูกนั้นสามารถจ่ายไฟกระแสตรงคงที่ 8 แอมแปร์ได้นาน 10 ชั่วโมง หรือ 4 แอมแปร์ได้นาน 20 ชั่วโมง

2. ความจุ (Capacity) ในทางปฏิบัติ การวัดความจุของแบตเตอรี่ยังขึ้นกับขนาดของกระแสที่คายประจุ หรือความเร็วในการใช้งานแบตเตอรี่ ถ้ากระแสที่คายประจุเพิ่มขึ้น ความจุแบตเตอรี่ที่ใช้งาน ได้จริงจะลดลง ในการกำหนดคุณลักษณะการลดลงของความจุแบตเตอรี่แบบนี้ จะมีการเขียนกำกับกับความจุของแบตเตอรี่ด้วยอัตราส่วนของความจุต่อเวลา สาเหตุที่เมื่อแบตเตอรี่คายประจุด้วยกระแสต่ำ มีความจุมากกว่ากระแสสูงเนื่องจากมีเวลาที่สารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับเพลตลึกลงกว่า ทำให้เกิดปฏิกิริยามากขึ้นพลังงานไฟฟ้าที่ได้ก็จะมากตามไปด้วย แต่การซึมของสารละลายเข้าไปในเพลตยิ่งลึกอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ก็จะลดลง ดังนั้นอัตราการคายประจุจึงมีความสำคัญต่อทั้งความจุของแบตเตอรี่และอายุการใช้งาน แบตเตอรี่บางชนิดวัดความจุเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) ซึ่งเป็นผลคูณระหว่างความจุแอมแปร์-ชั่วโมง และแรงดันปกติของแบตเตอรี่ และหารด้วย 1000 เช่น แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 100 แอมแปร์-ชั่วโมง มีความจุเท่ากับ $12 \times (100/1000) = 1.2 \text{ kWh}$ เป็นต้น

3. แรงดันกัทออฟ (Cut off voltage) เป็นแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดที่ระบบแบตเตอรี่ยอมให้มิได้ขณะคายประจุ ถ้าต่ำกว่านี้จะมีการเสียหายถาวร ไม่สามารถเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ต่อไปได้ โดยค่านี้จะกำหนดเฉพาะเจาะจงที่อัตราการคายประจุต่าง ๆ กัน บริษัทผู้ผลิตจะเป็นผู้กำหนด แรงดันต่ำสุดหรือแรงดันสุดท้ายของการคายประจุคู่กับอัตราการคายประจุ ถ้าใช้แรงดันต่ำสุดดังกล่าวกับอัตราการคายประจุที่แตกต่างไป ความจุแบตเตอรี่จะสูงกว่า สำหรับอัตราการคายประจุที่ต่ำกว่า

4. รอบการใช้งาน (Cycle) เมื่อประจุแบตเตอรี่จนเต็ม นำไปใช้งานแล้วนำกลับมาประจุใหม่จนเต็มอีกครั้งหนึ่งเรียกรอบการใช้งาน ในการใช้งานมีรอบการใช้งานสองลักษณะคืองานที่มีการคายประจุน้อย และงานที่มีการคายประจุมาก การจะใช้งานแบตเตอรี่แบบไหนนั้นขึ้นกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของเซลล์ และส่วนใหญ่ไม่ใช่คายประจุทั้งหมด ในการใช้งานที่มีการคายประจุมาก มักมีการคายประจุมากกว่า 50 % ต่อรอบการใช้งานขึ้นไป

5. การคายประจุ (Discharge) คือกระบวนการที่แบตเตอรี่คายประจุไฟฟ้าออกมา กำหนดในรูปของกระแสการคายประจุ หรืออัตราการคายประจุ สำหรับแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด คือปฏิกิริยาที่ตะกั่ว ตะกั่วไดออกไซด์ และกรดซัลฟูริก เปลี่ยนเป็นตะกั่วซัลเฟตและน้ำ

6. การประจุ (Charge) คือกระบวนการที่แบตเตอรี่ประจุไฟฟ้า กำหนดในรูปของกระแสประจุ หรืออัตราการประจุ สำหรับแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด คือปฏิกิริยาที่ตะกั่วซัลเฟตและน้ำเปลี่ยนเป็นตะกั่ว ตะกั่วไดออกไซด์ และกรดซัลฟูริก

7. อัตราการอัดประจุ และคายประจุ (Rate of Charge/Discharge) คืออัตราส่วนของความจุต่อเวลาเป็นชั่วโมง เช่นแบตเตอรี่ขนาดความจุ 30AH ที่ C/10 หรือ C10 หมายถึงแบตเตอรี่สามารถคายประจุ 3 แอมแปร์ในเวลา 10 ชั่วโมง (C/10 หรือ C10 หมายถึงขนาดของกระแสที่คายประจุ ในที่นี้คือ $30/10 = 3$ แอมแปร์) ในแบตเตอรี่ลูกเดียวกัน เมื่อเปลี่ยนเป็น C/5 ความจุจะลดลง

8. ขั้วลบ (Negative Polarity) เป็นจุดที่มีความต่างศักย์ต่ำ ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง หรือขั้วลบของแบตเตอรี่ หมายถึงตำแหน่งอิเล็กโทรดที่อิเล็กตรอนไหลออกมาเมื่อมีการคายประจุ

9. ขั้วบวก (Positive Polarity) เป็นจุดที่มีความต่างศักย์สูง ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง หรือขั้วบวกของแบตเตอรี่ หมายถึงตำแหน่งอิเล็กโทรดที่อิเล็กตรอนหรือกระแสไหลเมื่อมีการประจุ

10. แรงดันขณะเปิดวงจร (Open circuit voltage) คือแรงดันที่แบตเตอรี่อยู่ในสภาวะสมดุล ไม่มีการประจุ หรือไม่มีการคายประจุ แรงดันนี้จะขึ้นกับลักษณะการออกแบบแบตเตอรี่ ความถ่วงจำเพาะและอุณหภูมิ

11. คุณสมบัติในสภาวะการประจุแบตเตอรี่ วิธีการและขั้นตอนการประจุแบตเตอรี่ มีหลายลักษณะ วิธีการประจุแบตเตอรี่แต่ละชนิด มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวิธีการที่กำหนดมาโดยบริษัทผู้ผลิตแบตเตอรี่ การประจุแบบต่างๆ สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. Bulk or Normal Charge เป็นการประจุแบบปกติในช่วงเริ่มต้นของรอบการประจุ โดยสามารถทำการประจุได้ที่อัตราต่างๆ กัน ที่ทำให้แรงดันของแบตเตอรี่ยังไม่ถึงแรงดันก๊อชซึ่งการประจุแบบนี้ จะทำให้ความจุแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นถึงประมาณ 80-90% ของความจุทั้งหมด

2. Float or Finishing Charge เมื่อทำการประจุแบตเตอรี่จนใกล้จะเต็มวัสดุทำปฏิกิริยาส่วนใหญ่เปลี่ยนแปลงไปเป็นรูปแบบเริ่มต้น หลังจากนั้น ต้องมีการควบคุมอาจจะเป็นกระแสหรือแรงดันที่จะทำการประจุต่อไปเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการประจุเกินเข้าแบตเตอรี่ การประจุแบบนี้มักทำที่อัตราการประจุต่ำถึงกลาง

3. Equalizing Charge บางครั้งเรียก Refreshing Charge เป็นการประจุด้วยกระแสคงที่ที่แรงดันสูง เพื่อให้เซลล์แต่ละเซลล์ได้รับการประจุเท่าเทียมกัน ในขณะที่ทำการประจุแบบนี้ เซลล์ที่มีสถานะการประจุเต็มแล้วจะเกิดก๊าซ ในขณะที่เซลล์ที่ยังไม่เต็มจะได้รับการประจุให้เต็มการประจุแบบนี้ทำเพื่อบำรุงรักษาระบบเป็นช่วงเวลาที่แน่นอน สำหรับแบตเตอรี่ที่ใช้จนวนรายวันที่มีการคายประจุมาก ควรทำการประจุแบบ Equalizing Charge 1-2 สัปดาห์ต่อครั้ง

12. คุณสมบัติในสถานะการคายประจุ

1. ความลึกของการคายประจุ (Depth of Discharge : DOD) คือเปอร์เซ็นต์ของความจุแบตเตอรี่ที่ถูกใช้งานออกไป หรือคายประจุออกไป เปรียบเทียบกับความจุทั้งหมด มีปริมาณ DOD สองปริมาณ คือ

1.1 Allowable DOD หรือ Maximum DOD เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของความจุที่มากที่สุดที่ยอมให้มีการใช้งานได้ ถ้ามีการใช้งานเกินค่านี้แล้ว แบตเตอรี่ลูกนั้นจะไม่สามารถนำกลับมาประจุใช้งานได้อีก โดยทั่วไปจะกำหนดโดยแรงดัน Cut off ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ พารามิเตอร์ที่สะท้อนค่า Maximum DOD คือค่าพิกัดแรงดันต่ำสุด (LVD) แต่อย่างไรก็ตามค่า Maximum DOD นี้สามารถกำหนดตามฤดูกาลได้ โดยขึ้นกับลักษณะพลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิ แวลลุ่ม และลักษณะของการใช้ภาระทางไฟฟ้า

1.2 Average Daily DOD เป็นปริมาณพลังงานที่ยอมให้มีการจ่ายออกจากแบตเตอรี่ได้ภายใน 1 วัน โดยกำหนดจากค่าเฉลี่ยรายวันของภาระทางไฟฟ้า ปริมาณนี้จะสัมพันธ์กับการออกแบบจำนวนวันที่ต้องการเก็บพลังงานไว้ใช้งาน

2. Stage of Charge (SOC) สถานะของการคายประจุ เป็นค่าที่บอกความจุของแบตเตอรี่ในแต่ละเวลาที่ใช้งาน มีค่าเป็นอัตราส่วนระหว่างความจุของแบตเตอรี่ในขณะนั้นต่อความจุของแบตเตอรี่เมื่อประจุเต็ม เช่น แบตเตอรี่มี SOC 100 % หมายความว่าแบตเตอรี่อยู่ในสถานะประจุเต็ม แบตเตอรี่มี SOC 50 % หมายความว่ามีความจุเหลืออยู่ 50 %

ความลึกของการคายประจุ และการอัดประจุ ค่าดีโอดี (DOD, Depth of Discharge) เป็นสัดส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ของความจุซึ่งถูกใช้งานไปแล้วจากเดิมที่มีการอัดประจุเต็มพิกัด ในทางส่วนกลับของค่าดีโอดีคือ ค่าเอสโอซี (SOC, State of Charge) เป็นสัดส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ของความจุที่คงใช้งานได้ อาจพิจารณาคล้ายแก้วน้ำซึ่งมีน้ำอยู่ระดับหนึ่งซึ่งจะมีส่วนที่ว่างเปล่าหรือส่วนจะต้องเติมให้เต็ม ดังนั้นค่าดีโอดี และค่าเอสโอซีคือ ความสูงของส่วนที่ว่างเปล่าไม่มีน้ำในแก้วและความสูงของน้ำที่มีอยู่ในแก้วตามลำดับ

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสถานะประจุกับค่าความสามารถในการคายประจุ

สถานะประจุ (% SOC)	ความสามารถในการคายประจุ (% DOD)
100	0
75	25
50	50
25	75
0	100

อย่างไรก็ตาม ค่าดีโอดีหรือเอสโอซีจะใช้เพื่ออ้างอิงความจุปกติ (Nominal Capacity) ตัวอย่างเช่น ความจุที่อัตรา 10 ชั่วโมง การจ่ายกระแสจะทำให้ค่าดีโอดี มากกว่า 100 % ซึ่งมีความหมายอย่างง่ายคือ แบตเตอรี่มีความจุในการใช้งานได้มากกว่า 100 % เมื่ออัตราการคายประจุต่ำกว่าอัตราการคายประจุปกติ

13. การคายประจุด้วยตัวเอง (Self Discharge Rate) เมื่อทำการประจุแบตเตอรี่จนเต็มและปล่อยให้โดยไม่มีการต่อไปใช้งานจะมีการคายประจุในตัวเองอัตราการคายประจุด้วยตัวเองจะกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความจุทั้งหมดในช่วงเวลา 1 เดือนการคายประจุด้วยตัวเองนี้ขึ้นกับความยากง่ายในการเกิดก๊าซที่เพลทเมื่อมีการประจุเกินและจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิแวดล้อมสูงขึ้น

14. อายุการใช้งานแบตเตอรี่ (Battery Lifetime) อายุการใช้งานแบตเตอรี่ คือช่วงเวลาที่มีความจุของแบตเตอรี่เมื่อประจุเต็มลดลงจากความจุเต็มของแบตเตอรี่ใหม่ 80 % โดยการลดลงนั้นเกิดขึ้นทั้งจากจำนวนรอบการใช้งาน และอายุของเซลล์

ในบางรอบการใช้งาน วัสดุทำปฏิกิริยาจะหลุดออกจากอิเล็กโทรด และจมลงด้านล่างของภาชนะบรรจุ เมื่อวัสดุแยกออกมาจากอิเล็กโทรดวัสดุนั้นจะไม่สามารถคืนรูปเหมือนเดิมได้ส่งผลให้ความจุของแบตเตอรี่ลดลงได้เช่นเดียวกัน จำนวนรอบของการใช้งานก่อนที่ความจุเต็มจะลดลงเหลือ 80 % เรียกว่าอายุของเซลล์ (Cell Life) อายุของเซลล์นี้จะขึ้นกับลักษณะการคายประจุ ขนาดของกระแสที่คายประจุและอุณหภูมิ

ในการใช้งานบางงานเซลล์ไม่ได้มีการใช้งานเป็นรอบบ่อยๆ เช่นในระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน แบตเตอรี่จะได้รับการประจุเต็มตลอดเวลา จนกระทั่งถึงเวลาฉุกเฉินจึงมีการคายประจุความจุเต็มของแบตเตอรี่ชนิดนี้จะลดลงตามอายุการใช้งาน ดังนั้นจึงเรียกอายุของการใช้งานแบตเตอรี่แบบนี้ เป็นอายุตามปฏิทิน (Calendar Life) หรืออายุสแตนด์บาย (Standby Life) โดยมีหน่วยเป็นปีอายุตามปฏิทินนี้ จะขึ้นกับอุณหภูมิ และวิธีการเก็บรักษาแบตเตอรี่

ในเซลล์บางชนิด แบตเตอรี่จะสามารถใช้งานได้ยาวนานเท่าอายุปฏิทินของแบตเตอรี่ ก็ต่อเมื่อมีการใช้งานแบบที่มีการคายประจุน้อยเท่านั้น ดังนั้นจะไม่สามารถใช้ไฟฟ้าเท่ากับ ความจุของแบตเตอรี่ทั้งหมดได้ เวลาที่กล่าวถึงความจุแบตเตอรี่จึงมักกล่าวถึงความจุสองลักษณะคือ ความจุทั่วไป (Nominal capacity) และความจุที่ใช้งานได้จริง (Usable capacity)

15. ผลกระทบของอุณหภูมิ (Temperature Effects) สำหรับแบตเตอรี่ที่เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีทั่วไปแล้วการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ เช่น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาจากอุณหภูมิห้อง หรือ เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ซึ่งเป็นผลทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลดลงเป็นสองเท่าเช่นกัน และนอกจากนั้นอุณหภูมิสูงยังมีผลในการเร่งการสึกหรอของเพลทบวก เนื่องมาจากผลของการเกิดก๊าซซึ่ง และการสูญเสียน้ำ ส่วนอุณหภูมิต่ำมีผลทำให้อายุการใช้งานนานขึ้นแต่อย่างไรก็ตามทำให้ความจุลดลงในแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด

16. ผลกระทบของอัตราการคายประจุ (Effects of Discharge Rates) ความจุเต็มของแบตเตอรี่จะลดลง เมื่อมีการใช้งานแบตเตอรี่ที่อัตราการคายประจุสูงขึ้น อัตราการคายประจุสูงนี้มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าขณะที่ไม่มีโหลด จะมีค่าต่ำกว่าการใช้อัตราการคายประจุต่ำกว่า บางครั้งอาจส่งผลถึงการเลือกจุดแรงดันต่ำสุดที่จะตัดภาระทางไฟฟ้าออก ในแรงดันแบตเตอรี่ค่าเดียวกัน

17. การเกิดแก๊สซึ่ง และปฏิกิริยาเมื่อมีการประจุเกิน เซลล์ของแบตเตอรี่เมื่อได้รับการประจุเต็ม วัสดุทำปฏิกิริยาในอิเล็กโทรด เปลี่ยนรูปจากสภาวะการคายประจุเป็นสภาวะการประจุเต็มทั้งหมด ถ้ายังทำการประจุต่อไป จะเกิดปฏิกิริยาเคมีอื่นขึ้นแทนที่อิเล็กโทรด ปฏิกิริยาหนึ่งที่เกิดขึ้นคือปฏิกิริยาแยกน้ำทำให้เกิดก๊าซ เรียกการเกิดก๊าซซึ่งเนื่องจากมีฟองอากาศเกิดขึ้นที่ผิวของอิเล็กโทรด โดยฟองออกซิเจนจะเกิดที่ผิวเพลทขั้วบวกและไฮโดรเจนเกิดที่ผิวเพลทขั้วลบ การเกิดแก๊สซึ่งแบบต่างๆ ไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์ แต่การเคลื่อนที่ของฟองก๊าซแบบต่างๆ กลับทำให้เกิดประโยชน์เนื่องจากฟองก๊าซจะทำให้เกิดการผสมกันของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ไม่ให้เกิดการแยกชั้นความเข้มข้น (Stratification) ถ้ายังมีการเกิดแก๊สอย่างต่อเนื่อง สารละลายอิเล็กโทรไลต์จะมีความเข้มข้นสูงขึ้นและระดับของสารละลายจะลดลง ดังนั้นต้องเติมน้ำกลั่นลงไปเพื่อป้องกันไม่ให้สารละลายลดลงต่ำกว่าตำแหน่งต่ำสุด ยังมีปฏิกิริยาเคมีอื่นๆที่เกิดช่วงสภาวะการประจุเกินคือการแยกตัวของโครงสร้างอิเล็กโทรด ปฏิกิริยานี้จะรุนแรงมากกว่าการเกิดก๊าซ เพราะวัสดุที่แยกตัวไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้

18. แรงดันควบคุมในช่วงการประจุเกินและการเกิดแก๊สซึ่ง แรงดันควบคุมในช่วงประจุเกิน คือแรงดันสูงสุดที่อุปกรณ์ควบคุม ยอมให้มีการประจุแบตเตอรี่จนเกิดแก๊สได้ถ้าแรงดันแบตเตอรี่เกิน ดังนั้นการเลือกแรงดันควบคุมสูงสุดนี้ ก็จะมีผลสำคัญต่อระบบ โดยรวมถ้าเลือกแรงดันควบคุมต่ำเกินไป อาจทำให้แบตเตอรี่ได้รับการประจุไม่เต็ม แต่ถ้าเลือกสูงเกินไปอาจทำให้เกิดการประจุเกินได้

19. ค่าความจุ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่สามารถวัดได้ในหน่วยวัตต์-ชั่วโมง หรือกิโลวัตต์-ชั่วโมงคำนวณหาประสิทธิภาพของพลังงาน หรือ Energy Efficiency โดยใช้สมการที่ 2.1 ซึ่งแบตเตอรี่ทั่วไปมีค่าในช่วง 70-80 เปอร์เซ็นต์

$$\text{ประสิทธิภาพของพลังงาน} = \frac{\text{พลังงานที่คายประจุ (วัตต์-ชั่วโมง)}}{\text{พลังงานที่ต้องใช้ในการอัดประจุจนเต็มพิกัด}} \quad (2.1)$$

ค่าความจุของแบตเตอรี่สามารถวัดได้ในหน่วยของแอมแปร์-ชั่วโมง และประสิทธิภาพของการอัดประจุ หรืออาจเรียกว่า ประสิทธิภาพของแอมแปร์-ชั่วโมง (Ah efficiency) คำนวณได้จากสมการที่ 2.1 ซึ่งในแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด จะมีค่าประมาณ 95 % แต่ในแบตเตอรี่แบบนิเกิล-แคดเมียมจะมีค่าน้อยกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแบตเตอรี่โดยทั่วไปจะมีค่าประสิทธิภาพของพลังงานน้อยกว่าประสิทธิภาพของการอัดประจุหรือประสิทธิภาพของแอมแปร์-ชั่วโมงเนื่องจากการคายประจุของแบตเตอรี่ใช้แรงดันต่ำกว่าการอัดประจุ

$$\text{ประสิทธิภาพของแอมแปร์-ชั่วโมง} = \frac{\text{แอมแปร์-ชั่วโมงของการคายประจุ}}{\text{แอมแปร์-ชั่วโมงที่ต้องใช้ในการอัดประจุจนเต็มพิกัด}} \quad (2.2)$$

ประสิทธิภาพของแอมแปร์-ชั่วโมงมีค่าเข้าใกล้หนึ่ง ดังนั้นจึงทำให้สะดวกที่เลือกใช้ค่าแอมแปร์-ชั่วโมงเพื่อให้ทราบว่าการอัดประจุ และเพื่อแทนที่จำนวนประจุที่คายออกมาในการใช้งานค่าประสิทธิภาพของแอมแปร์-ชั่วโมงเมื่อทำการอัดประจุเต็มพิกัด พบว่าจะมีค่าน้อยกว่าหนึ่งเพียงเล็กน้อย เนื่องจากการอัดประจุหรือการอัดประจุเกินจะถูกนำไปใช้งานในความถี่อื่น ๆ อาทิ เช่น ปฏิริยาเคมีซึ่งเกิดขึ้นในแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด และแบตเตอรี่นิกเกิล-แคดเมียมนั้นจะเกิดก๊าซออกซิเจนจากการแตกตัวของน้ำที่ขั้วบวก รวมถึงในแบตเตอรี่แบบเปิดที่จะเกิดก๊าซไฮโดรเจนจากการแตกตัวของน้ำที่ขั้วลบ

20. อัตราการคายประจุและอัตราการอัดประจุ จะใช้การเปรียบเทียบค่ากระแสที่ถูกใช้ในการประจุแบตเตอรี่และไม่ขึ้นกับค่าความจุของแบตเตอรี่ รวมถึงจะแสดงเป็นจำนวนชั่วโมง อาทิ เช่น อัตรา 10 ชั่วโมง และอัตรา 240 ชั่วโมง เป็นต้น กระแสที่ใช้งานนี้คำนวณโดยใช้สมการที่ 2.3 จากค่าความจุที่แบตเตอรี่สามารถคายประจุได้หารด้วยจำนวนชั่วโมง

$$\text{อัตราการคายประจุและการอัดประจุ} = \frac{\text{ค่าความจุ (แอมแปร์-ชั่วโมง)}}{\text{เวลา (ชั่วโมง)}} \quad (2.3)$$

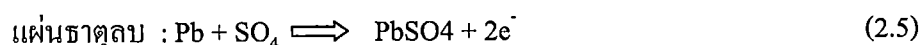
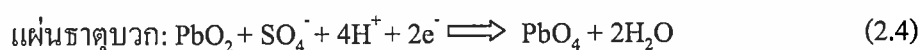
ตัวอย่างเช่น C/10 หรืออัตรา 10 ชั่วโมง หมายถึง ค่ากระแสเทียบเท่า Rated Capacity ในหน่วยแอมแปร์-ชั่วโมง หารด้วย 10

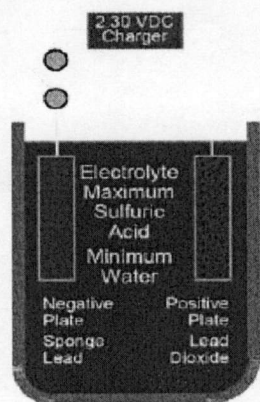
2.4 ปัจจัยที่ทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ

การเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ที่ใช้งานในระบบพลังงานทดแทน เป็นปัญหาของผู้ใช้งาน และมักจะสงสัยกันว่าทำไมแบตเตอรี่จึงเสื่อมสภาพก่อนเวลาอันสมควรแม้ว่าจะเลือกซื้อแบตเตอรี่ที่มีอายุการใช้งานที่นานก็ตามเช่น แบตเตอรี่ที่ออกแบบให้มีอายุ 5 ปีแต่กลับใช้งานได้เพียง 3 ปีกว่าเท่านั้น หรือบางครั้งก็เลยเลือกใช้แบตเตอรี่ที่มีอายุ 10 ปี แต่ก็ยังพบว่าสามารถใช้งานได้เพียง 5-8 ปีเท่านั้น ในส่วนของผู้ใช้งานแล้วจำเป็นต้องเข้าใจในการกำหนดอายุของแบตเตอรี่ ว่าเป็น 5 ปี หรือ 10 ปี นั้นเป็นการกำหนดโดยการนำแบตเตอรี่ไปทดสอบในห้องทดลองในห้องที่มีการควบคุมให้มีอุณหภูมิสูง จนทำให้มีการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีภายในแบตเตอรี่ส่งผลให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพโดยทำให้แผ่นธาตุมีสภาพผุกร่อนเร็วขึ้น (IEEE 535) แล้วนำสภาพการผุกร่อนของแผ่นธาตุที่ได้จากการทดสอบไปกำหนดอายุ จึงเป็นที่มาอายุของแบตเตอรี่ หรือพอจะกล่าวได้ว่าอายุแบตเตอรี่เป็นเพียงการแบ่งระดับแบตเตอรี่โดยใช้ข้อมูลจากห้องทดลองมาเป็นเกณฑ์ในการเลือกใช้แบตเตอรี่ในทางปฏิบัติแล้วพบว่าแบตเตอรี่ที่ใช้งานในระบบพลังงานทดแทน มีปัจจัยที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพได้ด้วยหลายสาเหตุ ในบทความนี้จะได้กล่าวถึงสาเหตุของการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่และวิธีการป้องกันการเสื่อมสภาพ ปัจจัยที่ทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพก่อนเวลาอันควรพอจะรวบรวมได้ดังต่อไปนี้ คือ อุณหภูมิ (Ambient Temperature) แรงดัน (Float Charge Voltage) กระแส (Float Charging Current) และจำนวนครั้งในการคายประจุ (Discharge Cycle)

2.4.1 อุณหภูมิ (Ambient Temperature)

เนื่องจากแบตเตอรี่ที่เราใช้งานเป็นชนิด Valve Regulated Lead Acid ที่มีแผ่นธาตุบวกทำจากตะกั่วไดออกไซด์และแผ่นธาตุลบทำจากตะกั่ว โดยแช่ลงในน้ำกรดซัลฟิวริกดังแสดงในรูปที่ 2.11 [12] โดยมีสมการทางเคมีสำหรับแผ่นธาตุบวก, ลบดังนี้



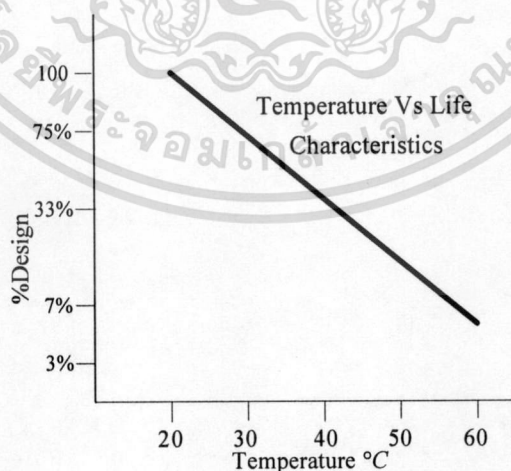


CHARGED
1.300 Specific Gravity Electrolyte
2.05 Volts

รูปที่ 2.12 แผ่นธาตุในน้ำกรดซัลฟูริก

การที่แผ่นธาตุได้ถูกแช่อยู่ในน้ำกรดซัลฟูริกนั้นการผุกร่อนเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้โดยมีอุณหภูมิเป็น ตัวเร่งการผุกร่อนของแผ่นธาตุโดยอัตราการเสื่อมสภาพจะแปรผันตามอุณหภูมิโดยมี ข้อกำหนดตาม IEEE 1184 ระบุว่า สำหรับแบตเตอรี่ใช้งานในลักษณะ Stand By เหมือนเช่นการใช้ 2 งานกับ UPS อุณหภูมิที่สูงขึ้นทุก 10 องศา จากอุณหภูมิที่ผู้ผลิตได้กำหนดไว้ 20 องศาและในอเมริกาจะทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ลดลงครึ่งหนึ่ง

ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องพยายามรักษาอุณหภูมิห้องให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับแบตเตอรี่ตามที่ผู้ผลิตแนะนำ (20 หรือ 25 องศา) ติดตั้งให้แบตเตอรี่มีระยะห่างพอสมควรประมาณ 1.5 – 2 เซนติเมตร เพื่อให้มีการระบายอากาศที่ดี หลีกเลี่ยงไม่ให้แบตเตอรี่รับแสงแดด โดยตรงหรือแหล่งความร้อน เป็นต้น

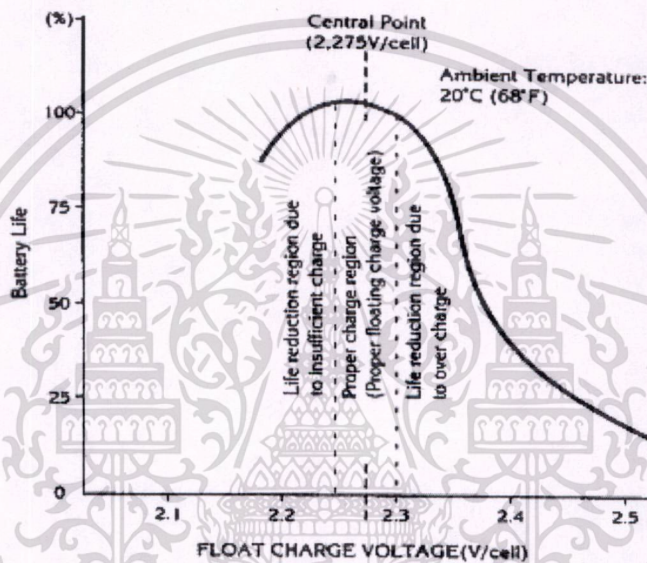


รูปที่ 2.13 ผลของอุณหภูมิกับอายุการใช้งานของแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 แรงดัน (Float Charge Voltage)

การประจุแบตเตอรี่ชนิด Valve Regulated Lead Acid มีแรงดันที่ 2.25 +/-0.01 โวลต์ต่อเซลล์ โดยมีชื่อเรียกว่า Floating Voltage หรือ Charging Voltage ขึ้นอยู่กับสถานะของการประจุแบตเตอรี่ กล่าวคือ ในขณะที่แบตเตอรี่มีประจุเต็มแล้วนั้นเราเรียกแรงดันในการประจุขณะนั้นว่า Float Voltage และ เมื่อมีการประจุแบตเตอรี่หลังจากการคายประจุเราเรียกว่า Charging Voltage จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับอายุการใช้งานของแบตเตอรี่พบว่าแรงดันที่สูงหรือต่ำเกินกว่าขอบเขตที่กำหนดจะส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของแบตเตอรี่ได้ดังรูปที่ 2.14

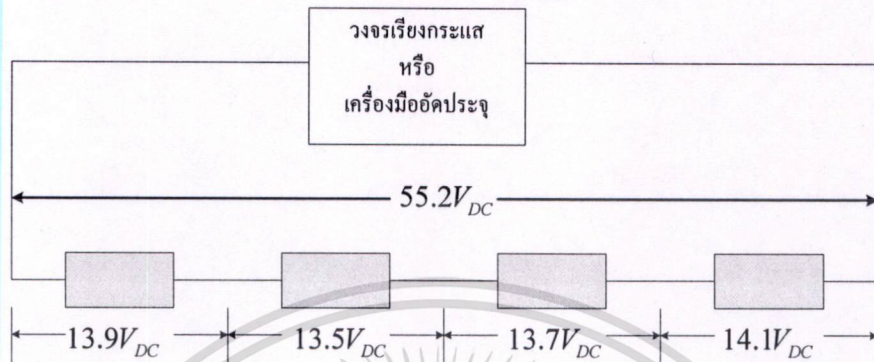


รูปที่ 2.14 ผลของแรงดันกับอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ (สมจิต ชินะใจ, 2550)

เมื่อแรงดันอยู่นอกจากขอบเขตดังแสดงในกราฟข้างบนนี้ แรงดันคร่อมแบตเตอรี่ระหว่างประจุจะมีผลต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่ แรงดัน 2.275 โวลต์ต่อเซลล์ เป็นแรงดันที่เหมาะสมและแบตเตอรี่มีอายุสูงสุด หรือ ระหว่าง 2.23 – 2.3 ที่อุณหภูมิ 20°C เมื่อแรงดัน float ต่ำก็จะมีผลทำให้เกินประจุไม่เต็มจนทำให้เกิด Sulfating บนแผ่นธาตุทั้งบวกและลบ และถ้าแรงดัน Float เกินกว่า 2.3 โวลต์ต่อเซลล์ ก็จะมีผลทำให้เกิด Over Charging โดยแบตเตอรี่จะสูญเสียน้ำจนทำให้เกิดเสื่อมสภาพในที่สุด แต่เนื่องจากแบตเตอรี่ที่ใช้งานในระบบ นั้นเป็นการนำเอาแบตเตอรี่มาต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้ระดับแรงดันตามต้องการ ซึ่งในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยากที่แรงดันตกคร่อมแบตเตอรี่ทุกๆ ลูกจะเท่ากันดังรูปที่ 2.14 นี้แสดงให้เห็นว่าแรงดันของแบตเตอรี่แต่ละลูกจะไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

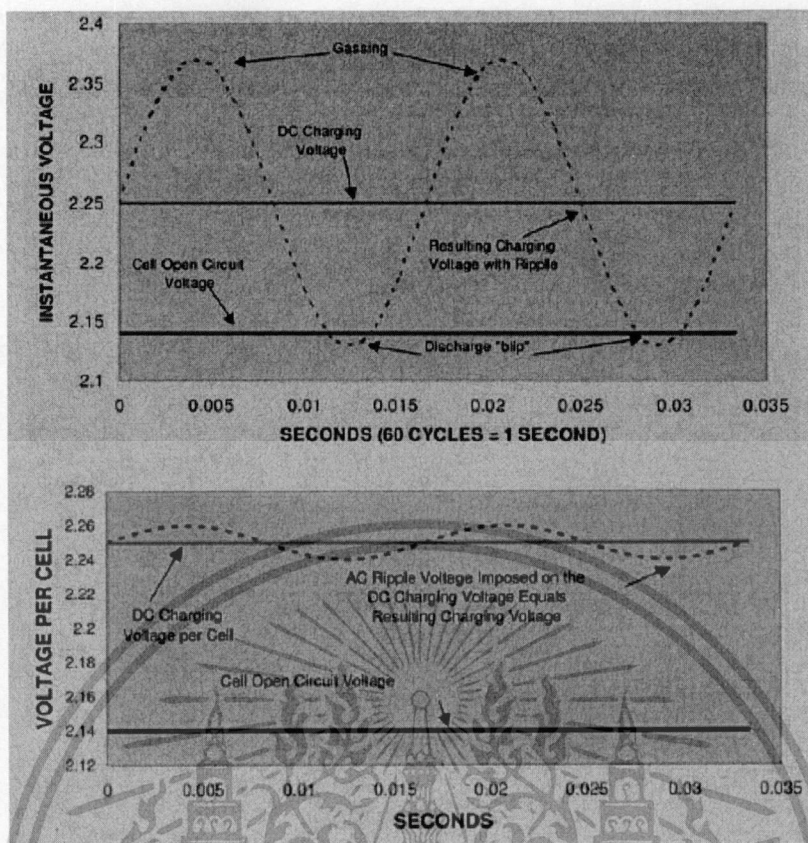
ดังนั้นเพื่อให้แรงดันของแบตเตอรี่มีค่าเสมอกันที่สุด จึงจะต้องเลือกแบตเตอรี่ รุ่นและขนาดเดียวกัน ผลิตในระยะเวลาใกล้เคียงกัน และมีแรงดัน Float ไม่ต่างกันเกินกว่าที่ผู้ผลิตกำหนดมาต่อร่วมกัน



รูปที่ 2.15 แรงดันของแบตเตอรี่แต่ละลูก

แรงดันดันกระเพื่อมกระแสสลับ (AC ripple Voltage) คร่อมแบตเตอรี่มีผลทำให้เกิดผลกระทบบ่อยอย่างรุนแรงและรวดเร็วที่สุดกว่าสาเหตุใดๆ ที่กล่าวมาเนื่องจากแรงดันดันกระเพื่อมกระแสสลับ (AC Ripple Voltage) สามารถทำให้เกิด Gassing และ Discharge ตลอดช่วง การประจุ ขึ้นอยู่กับความถี่ของ Charger ตัวนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 ช่วงเกิด Gassing และ Discharge (สมจิต ชินะใจ, 2550)

ตามข้อกำหนดของผู้ผลิตแบตเตอรี่กำหนดให้แรงดันผันกระเพื่อมกระแสสลับ (AC ripple voltage) ควรมีค่าไม่เกิน 0.5% ของแรงดัน Float voltage กล่าวคือเท่ากับ $2.25 \text{ V} \times 0.5\% = 0.01125$ โวลต์ต่อเซลล์สำหรับ mono-block 12 V แบตเตอรี่ แรงดัน AC = 0.0675 โวลต์ต่อเซลล์

2.4.3 กระแส (Float & Charging Current)

กระแสที่ไหลในแบตเตอรี่ขณะ Float Charge ประกอบด้วย

1. ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) กระแสที่ไหลผ่านแบตเตอรี่ เรียกว่า "Float Current" มีค่าประมาณ 0.3-2mA (มิลลิแอมแปร์) ที่แรงดัน 2.30 โวลต์ต่อเซลล์ที่ 25 °C กระแสนี้ประมาณ 5% จะไปชดเชยการคายประจุภายในตัวเองของแบตเตอรี่ (Self-discharge) ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่มีประจุเต็มพร้อมใช้งานตลอดเวลา โดยที่อีกส่วนหนึ่งประมาณ 95 % จะเป็นตัวทำให้เกิดความร้อน ภายในแบตเตอรี่ ในทางปฏิบัติการลดกระแส Float ก็จะสามารถช่วยลดความร้อนที่สะสมในแบตเตอรี่ลงได้ เช่น การติดตั้งตัววัดอุณหภูมิให้กับชาร์จเจอร์ เพื่อปรับลดแรงดัน Float ให้มีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิของแบตเตอรี่สูงขึ้น (Temperature Compensation)

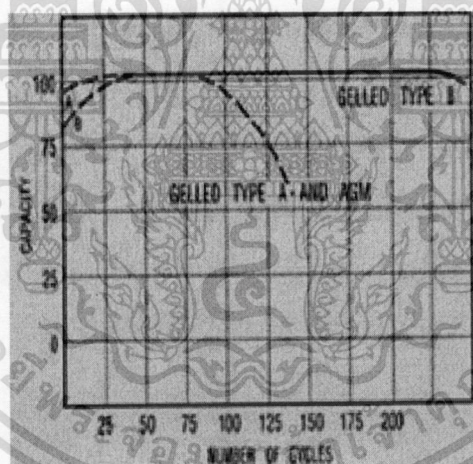
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นกระแสที่เกิดจาก Rectifier และ Inverter กระแสนี้ไม่มีประโยชน์แต่อย่างใด ทั้งยังก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพต่อแบตเตอรี่เมื่อกำหนดค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับ มีค่าสูงเกินกว่า 5 % ของความจุแบตเตอรี่ หรือประมาณ 5A (แอมแปร์) สำหรับแบตเตอรี่ 100 แอมแปร์-ชั่วโมง

ดังนั้นในการบำรุงรักษาแบตเตอรี่ทุกครั้งจึงต้องตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับที่ไหลผ่านแบตเตอรี่ไม่ให้เกินกว่า 5 % ของความจุแบตเตอรี่ หากตรวจพบว่าค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับ สูงเกิน ให้ตรวจสอบ Rectifier, Capacitors, UPS และ Load ว่าส่วนใดเป็นสาเหตุและให้แก้ไขโดยเร่งด่วนมิฉะนั้นจะทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว

2.4.4 จำนวนครั้งในการคายประจุ (Discharge Cycle)

จำนวนครั้งในการคายประจุก็เป็นสาเหตุที่สำคัญประการหนึ่งสำหรับแบตเตอรี่ที่ถูกออกแบบให้ใช้งานในลักษณะ Stand By อย่างในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากโครงสร้างการออกแบบไม่ได้รองรับการคายประจุบ่อยครั้ง จากรูปกราฟการทดสอบจำนวนครั้งของแบตเตอรี่ด้านล่างนี้



รูปที่ 2.17 กราฟการทดสอบจำนวนครั้งของแบตเตอรี่ (สมจิต ชินะใจ,2550)

จากรูปที่ 2.16 เส้นประนั้นได้แสดงว่าแบตเตอรี่แบบ AGM เมื่อมีการประจุและคายประจุจนแบตเตอรี่หมดประจุ เป็นจำนวน 125 ครั้ง (Cycles) ความจุของแบตเตอรี่จะลดลงเหลือ 75% ของพิกัด นั่นคือแบตเตอรี่สามารถสำรองไฟฟ้ากับ UPS ได้ 125 ครั้งเท่านั้น แต่ในการใช้งานจริง เมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ แบตเตอรี่จะไม่ได้คายประจุจนหมด เพราะ UPS จะรับไฟจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าภายในเวลาอันรวดเร็ว ด้วยสาเหตุนี้ตัวเลขของ Cycle life จึงมีค่ามากกว่าค่านี้ อย่างไรก็ตาม อาจกล่าวได้ว่า ทุกครั้งที่แบตเตอรี่มีการคายประจุจะทำให้แบตเตอรี่มีอายุสั้นลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

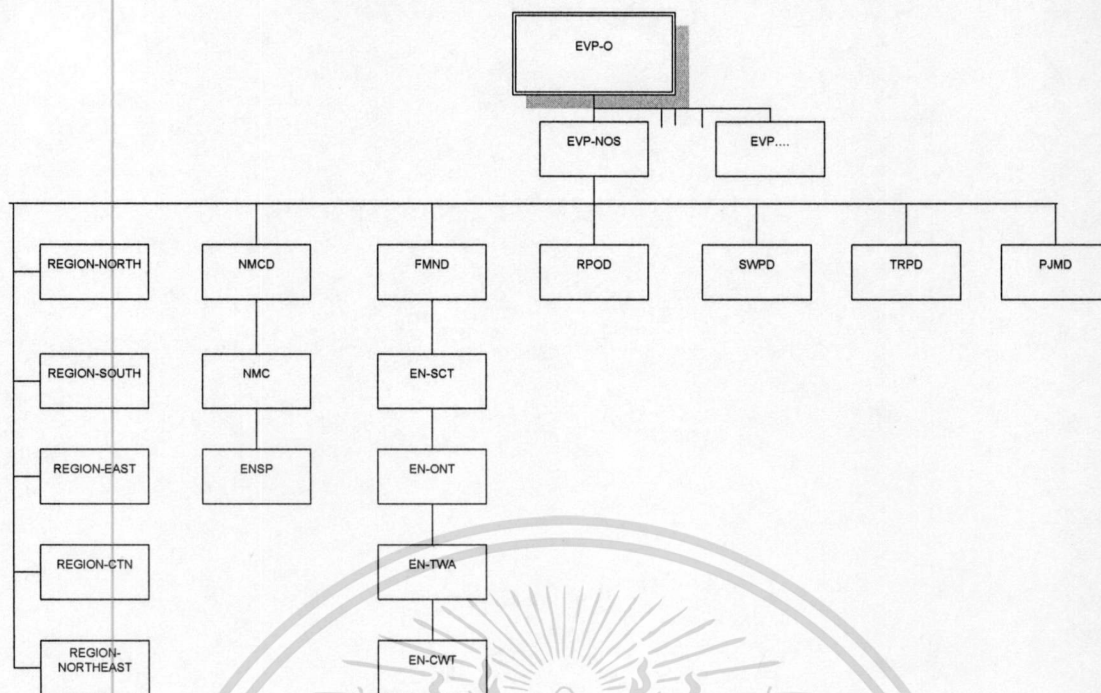
การศึกษาระบบปัจจุบัน

3.1 ลักษณะทั่วไปของหน่วยงาน

บริษัท แอดวานซ์อินโฟร์เซอร์วิสเซอ จำกัด มหาชน หรือ AIS เป็นบริษัทที่ให้บริการด้านโทรคมนาคม ระบบเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่ให้บริการมือถือครบวงจร 3G Wifi Edge Mobile Internet บริการย้ายเครือข่ายเบอร์เดิม ซึ่งมีพื้นที่การให้บริการครอบคลุมทั่วประเทศ โดยมีสถานีสถานกว่า 15,000 สถานีฐาน และแบ่งการบริหารจัดการเป็นส่วนงานใหญ่ๆ ออกเป็น 5 ส่วน คือ ส่วนปฏิบัติการ ส่วนเทคโนโลยีและแผน ส่วนบริการลูกค้า ส่วนกฎหมายและประสานงาน ส่วนบริหารบุคคล โดยในการออกแบบพัฒนาระบบบริหารจัดการแบบเตอร์นี้ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในหน่วยงานวิศวกรรม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในส่วนปฏิบัติงาน

3.2 แผนผังของส่วนงานปฏิบัติการ

หน่วยงานวิศวกรรมหรือ หน่วยงาน Network Operation Support (NOS) เป็นส่วนหนึ่งของส่วนงานปฏิบัติการ ซึ่งประกอบด้วยฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้อง ที่จะต้องประสานงานสนับสนุนซึ่งกันและกันเพื่อให้ เป้าหมายขององค์กรบรรลุผลสำเร็จ ดังแสดงเป็นแผนผังได้ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดง โครงสร้างของหน่วยงานวิศวกรรม

จากรูปแผนผังแสดงโครงสร้างของหน่วยงานวิศวกรรมได้มีการจัดโครงสร้างขององค์กรสำหรับการทำงานในปัจจุบัน โดยแบ่งออกเป็น 7 ฝ่ายงาน สามารถอธิบายหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละส่วนงานได้ดังนี้

3.2.1 Region Department

เป็นฝ่ายงานที่รับผิดชอบดูแลงานด้านบำรุงรักษาเครือข่ายและสถานีฐาน ในส่วนภูมิภาค อันประกอบไปด้วย 5 ภูมิภาค คือ ภาคเหนือ ภาคตะวันออก ภาคกลางตอนบนและตะวันตก ภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และในแต่ละฝ่ายก็แบ่งแผนกการรับผิดชอบออกไปอีก 4-5 แผนก รวมจำนวนสถานีฐานกว่า 12,500 สถานีฐาน

3.2.2 Network Monitoring Center Department

เป็นฝ่ายงานที่รับผิดชอบดูแลเรื่องการตรวจสอบระบบเครือข่ายและแจ้งเตือน ควบคุมกิจกรรมการปฏิบัติงานทั้งหมดในเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ของบริษัททั้งหมด รวมทั้งการพิจารณาการออกใบงานให้พนักงานในฝ่ายบำรุงรักษาไปปฏิบัติงานซ่อมบำรุงรักษาที่สถานีฐาน และอาคารชุมสายต่างๆ โดยมีพนักงานที่เป็น Network Analyst เข้าเวรปฏิบัติงานตลอด 24 ชั่วโมง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีผู้ชำนาญการคอยให้การสนับสนุนเป็นที่ปรึกษาในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ในแผนก Engineering Support (ENSP)

3.2.3 Field Maintenance and Network Performance Department (FMND)

เป็นฝ่ายงานที่รับผิดชอบดูแลงานด้านบำรุงรักษาเครือข่าย ที่อาคารชุมสายและสถานีฐาน ในส่วนกรุงเทพและปริมณฑล โดยแยกพื้นที่การดูแลออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่แผนก EN-SCT ดูแลรักษาเครือข่ายพื้นที่กรุงเทพมหานครชั้นใน แผนก EN-BPL ดูแลรักษาเครือข่ายพื้นที่เขตบางพลี แผนก EN-TWA ดูแลรักษาเครือข่ายพื้นที่เขตทวีวัฒนา และแผนก EN-CWT ดูแลรักษาเครือข่ายพื้นที่เขตแจ้งวัฒนะซึ่งมีอาคารชุมสายและสถานีฐานในความรับผิดชอบ 9 ชุมสาย 2,500 สถานีฐาน

3.2.4 Radio Planning and Operation Department

เป็นฝ่ายงานที่รับผิดชอบดูแล การวางแผนงานด้านความถี่และพื้นที่ความถี่ของสัญญาณคลื่นวิทยุในการให้บริการลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพทุกพื้นที่ทั่วประเทศ รวมทั้งจัดพนักงานทดสอบสัญญาณและออกแผนการแก้ไขปัญหาลูกค้าที่แจ้งปัญหาเข้ามาทาง Call Center

3.2.5 Switching Planning Department

เป็นฝ่ายงานที่รับผิดชอบดูแล การวางแผนงานด้านระบบชุมสาย โทรศัพท์เคลื่อนที่และการเชื่อมเครือข่ายกับระบบเครือข่ายภายนอก เพื่อให้ลูกค้าสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีคุณภาพสัญญาณที่ต่อเนื่องตลอดเวลา

3.2.6 Transmission Planning Department

เป็นฝ่ายงานที่รับผิดชอบดูแล การวางแผนงานระบบสื่อสารสัญญาณ ให้สามารถเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่าย ทั้งจากชุมสายไปยังชุมสายและจากชุมสายไปยังสถานีฐาน และเชื่อมไปยังเครือข่ายอื่นๆเพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ข้อมูลข่าวสารที่ใช้งานระบบเครือข่าย โดยจัดทำเป็นเส้นทางสำรอง หรือจัดหาอุปกรณ์ที่เหมาะสมเข้ามาช่วยในการแก้ไขปัญหาทางด้านเครือข่าย

3.2.7 Project Management Department

เป็นฝ่ายงานที่รับผิดชอบในการประสานงานหน่วยงานต่างๆ เพื่อให้งานโครงการที่ออกจากทางฝ่ายวางแผน สามารถติดตั้งได้ตามแผนงานและทันเวลา และมีคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

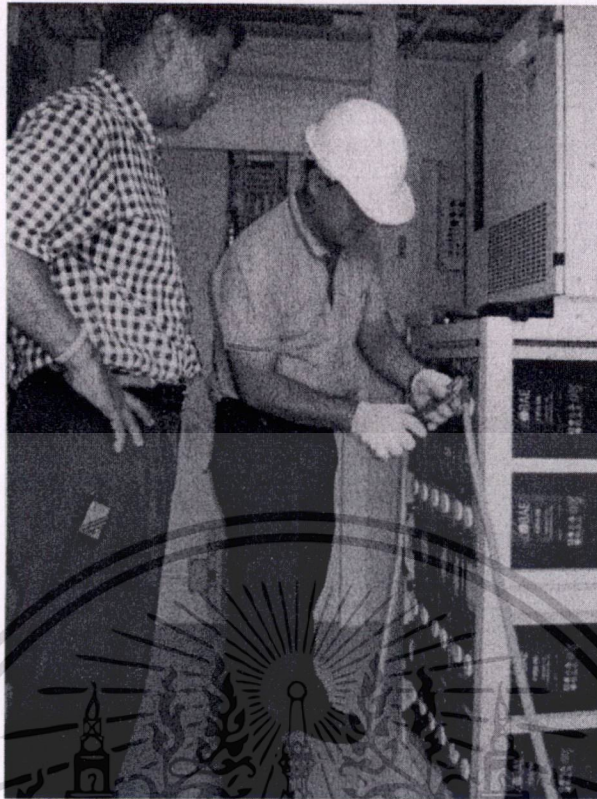
3.3 การทำงานของระบบปัจจุบัน

3.3.1 การทำงานทั่วไป การทำงานของหน่วยงาน Field Maintenance and Network Performance Department (FMND) มีหน้าที่ดูแลบำรุงรักษาเครือข่ายและสถานีฐาน โดยมีระบบและอุปกรณ์ที่ต้องดูแลคือ ระบบไฟฟ้าทั้งกระแสตรงและกระแสสลับ ระบบปรับอากาศ ระบบป้องกันเหตุเพลิงไหม้ อุปกรณ์ระบบมขุมสาย อุปกรณ์ระบบสื่อสารสัญญาณ และอุปกรณ์ระบบสถานีฐาน ซึ่งลักษณะงานมี 2 ส่วนหลักคือ การซ่อมบำรุงรักษา (Corrective Maintenance) และการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance)

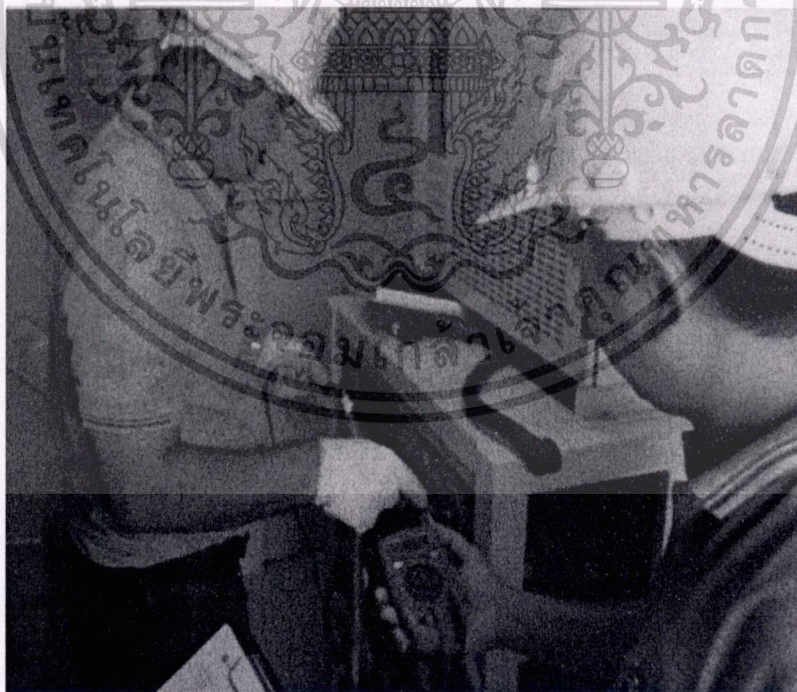
1. การซ่อมบำรุงรักษา เป็นการซ่อมบำรุงรักษาตามอาการและปัญหา ซึ่งได้รับใบงานจากระบบ Trouble Ticket System (TTS) ที่ออกโดยหน่วยงาน Network Monitoring Center Department (NMCD) ซึ่งเป็นฝ่ายตรวจสอบและเฝ้าสังเกตระบบ
2. การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เป็นการบำรุงรักษาตามแผนที่ได้จัดไว้เพื่อกำจัดหรือลดสาเหตุต่าง ๆ ที่ทำให้อุปกรณ์เกิดความเสียหาย รักษาสภาพของอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมทำงานอยู่เสมอ ป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้

3.3.2 การบำรุงรักษาเชิงป้องกันของแบตเตอรี่ ในการปฏิบัติตรวจสอบเจ้าหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายงานจะได้รับใบงานจากระบบออกใบงาน (Trouble Ticket System) เพื่อเป็นการอนุมัติการตรวจสอบแบตเตอรี่ หลังจากนั้นจะดำเนินการทดสอบการคายประจุของแบตเตอรี่ โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

1. ทำการปลดแบตเตอรี่ที่จะทำการทดสอบออกจากระบบ
2. ต่อโหลดทดสอบ (Load Bank) เข้ากับแบตเตอรี่
3. เริ่มทดสอบการคายประจุของแบตเตอรี่
4. วัดและบันทึกค่าแรงดันที่ตกคร่อมแบตเตอรี่แต่ละลูก ตามช่วงเวลา
5. วัดและทดสอบการคายประจุของแบตเตอรี่จนกว่าค่าแรงดันตกคร่อมถึงจุดต่ำสุดของแบตเตอรี่ตามคุณลักษณะจากผู้ผลิต
6. รวบรวมผลการบันทึก
7. นำผลการบันทึกมาวิเคราะห์และทำรายงานสรุปผล

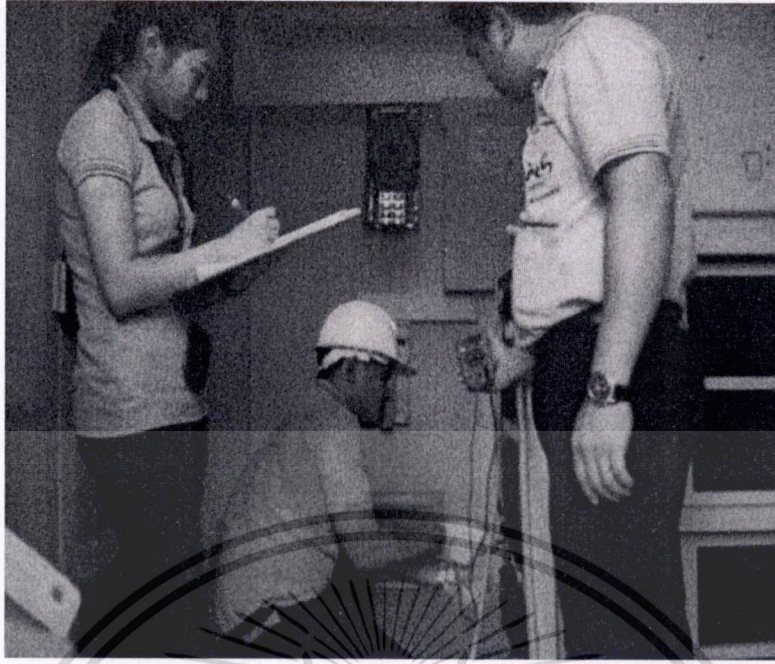


รูปที่ 3.2 แสดงการต่อปลั๊กแบตเตอรี่ออกจากระบบและต่อโหลดทดสอบ

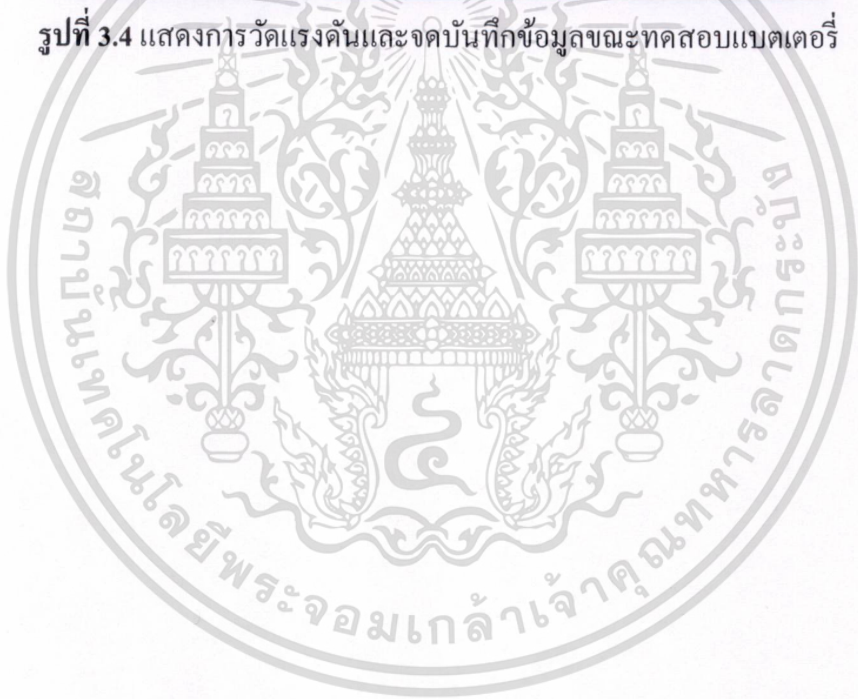


รูปที่ 3.3 แสดงการวัดแรงดันแบตเตอรี่แต่ละลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงการวัดแรงดันและจุดบันทึกข้อมูลขณะทดสอบแบตเตอรี่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AIS		Test Load Sheet On Site															
Site Name		ไทยรัฐ															
Site Code		KKWG.															
Province		ปทุมธานี															
Battery Specification																	
Brand		Bae				Voltage				2		Year / Mar					
Type		Gel Ac 3				Amp-hour				440		Cells/Bank					
SYSTEM LOAD TEST																	
Time	Before Test	AFTER OFF RECTIFIER															
		1				2				3				4			
Cells No.	V/Cell	V/Cell	V/Cell	V/Cell	V/Cell	V/Cell	V/Cell	V/Cell	V/Cell	V/Cell	V/Cell	V/Cell	V/Cell	V/Cell	V/Cell	V/Cell	V/Cell
1	2.162	2051	2052	2053	2051	2050	2048	2046	2041								
2	2.154	2052	2045	2045	2045	2040	2037	2035	2031								
3	2.141	2047	2041	2037	2037	2031	2027	2023	2017								
4	2.171	2057	2052	2049	2048	2048	2047	2044	2038								
5	2.135	2057	2050	2049	2047	2045	2043	2041	2035								
6	2.197	2057	2044	2046	2044	2038	2038	2036	2030								
7	2.199	2061	2051	2051	2051	2045	2047	2045	2040								
8	2.183	2054	2051	2053	2055	2045	2049	2049	2039								
9	2.178	2058	2046	2044	2043	2035	2038	2034	2026								
10	2.160	2010	2007	2005	2002	1996	1994	1993	1983								
11	2.150	1999	1999	1990	1979	1970	1964	1959	1945								
12	2.169	2007	2008	2000	1994	1987	1980	1976	1963								
13	2.192	2054	2052	2053	2048	2047	2046	2041	2040								
14	2.158	2022	2022	2019	2019	2014	2012	2006	2003								
15	2.165	2023	2025	2020	2018	2018	2013	2011	2002								
16	2.202	2049	2046	2045	2042	2038	2033	2033	2026								
17	2.171	2044	2041	2040	2029	2025	2022	2021	2011								
18	2.193	2053	2048	2048	2042	2039	2035	2036	2029								
19	2.187	2029	2027	2024	2024	2020	2015	2015	2004								
20	2.161	2036	2035	2038	2033	2031	2027	2020	2016								
21	2.109	2002	1996	1995	1988	1987	1990	1976	1974								
22	2.138	2040	2035	2033	2029	2027	2020	1999	1997								
23	2.104	2047	2040	2040	2034	2029	2027	2021	2011								
24	2.156	2047	2049	2046	2041	2037	2034	2030	2025								
V / Bank	61.8	418	437	486	486	455	484	483	487								
Load (A)	47.7	40.3	42.0	43.6	44.4	43.6	46.0	43.3	40.3								

รูปที่ 3.5 แสดงรายการจดบันทึกค่าแรงดันขณะทดสอบแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ปัญหาและข้อจำกัดของระบบปัจจุบัน

1. การเก็บข้อมูลรายละเอียดและการทดสอบการกายประจุของแบตเตอรี่ไม่มีระบบระเบียบพอที่จะนำไปวิเคราะห์การทำงานและประสิทธิภาพการใช้งาน
2. สิ้นเปลืองทรัพยากรคนและเวลาในการใช้คนทดสอบและจดบันทึกค่าการกายประจุของแบตเตอรี่
3. การเก็บบันทึกผลและรวบรวมผลการทดสอบการกายประจุของแบตเตอรี่กระจายกระจายทำให้ยากในการนำข้อมูลเก่ามาประกอบการวิเคราะห์ผล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การวิเคราะห์และออกแบบระบบใหม่

จากการศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของระบบปัจจุบัน ตลอดจนการรวบรวมความต้องการของผู้ใช้งานในการบริหารจัดการแบตเตอรี่ ได้นำมาวิเคราะห์และออกแบบระบบใหม่ เพื่อให้รองรับกับการทำงานในปัจจุบันซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ความต้องการของระบบ

สำหรับความต้องการของผู้ใช้งาน ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูล และสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากผู้ใช้งานต้องการระบบที่สามารถปฏิบัติร่วมกับไมโครซอฟต์วินโดวส์และสามารถใช้งานในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถใช้งานบนเครือข่ายแลนขององค์กรได้ โดยสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนหลัก ประกอบด้วย

1. เครื่องมือในการวัดและบันทึกค่า (Battery Data Logger) มีกระบวนการทำงานดังนี้

1.1 สามารถวัดค่าแรงดันของแบตเตอรี่ทุกลูกพร้อมกัน

1.2 สามารถบันทึกค่าแรงดันในช่วงเวลาที่ทดสอบ

2. ระบบการจัดการข้อมูลแบตเตอรี่ (Battery Management Information System) มี

กระบวนการทำงานดังนี้

2.1 บันทึกคุณลักษณะของแบตเตอรี่ที่ใช้งานในระบบ

2.2 บันทึกข้อมูลการใช้งานของแบตเตอรี่ที่อยู่ในระบบ

2.3 สามารถนำผลการบันทึกจากเครื่องมือวัดมาบันทึกผลในระบบ

2.4 แสดงผลจากการบันทึกด้วยเครื่องมือในรูปแบบกราฟ

2.5 สามารถแสดงผลเปรียบเทียบจากการทดสอบก่อนหน้าได้

2.6 แสดงผลความสามารถและเวลาในการสำรองไฟเทียบกับค่ามาตรฐานของ แบต

เตอรี่จากผู้ผลิต

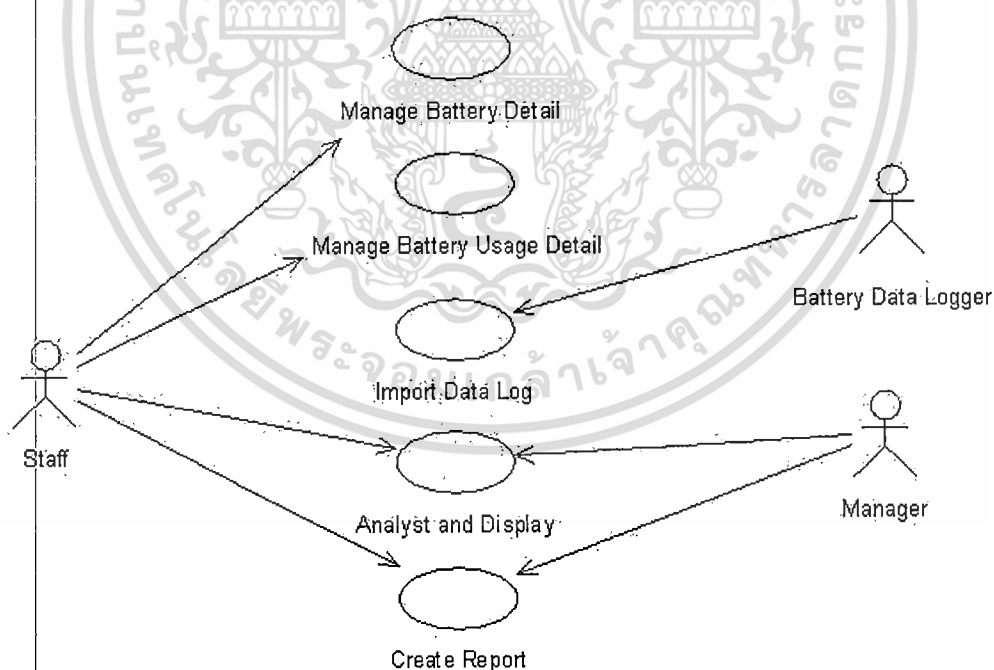
2.7 สร้างรายงานสรุปการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ยูสเคสไดอะแกรม

ยูสเคสไดอะแกรมแสดงถึงฟังก์ชันหลักและขอบเขตของระบบเพื่อให้เห็นภาพรวมของระบบ ยูสเคสไดอะแกรมจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอกเตอร์กับยูสเคส จากการวิเคราะห์กระบวนการของระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ สามารถนำมาสร้างยูสเคสไดอะแกรมได้ แสดงดังรูปที่ 4.1 ยูสเคสไดอะแกรมมีแอกเตอร์ หรือ ผู้ที่กระทำกับระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ ซึ่งแบ่งตามบทบาทประกอบไปด้วย 2 แอกเตอร์ คือ

1. **Manager** คือ ผู้จัดการแผนก ทำหน้าที่บริหารจัดการการซ่อมบำรุงและดูแลรักษาอุปกรณ์ ให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและรายงานผู้บริหารทราบ
2. **Staff** คือ พนักงานผู้ปฏิบัติงาน ที่ทำหน้าที่ซ่อมบำรุงและดูแลรักษาอุปกรณ์ให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ
3. **Battery Data Logger** คือ เครื่องมือสำหรับการวัดและบันทึกค่าการคายประจุของแบตเตอรี่



รูปที่ 4.1 ยูสเคสไดอะแกรมระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่

ยูสเคส คือ ฟังก์ชัน หรือ หน้าหลักที่ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ทำงานได้ จะประกอบไปด้วย 6 ยูสเคส ดังนี้

1. ยูสเคส Manage Battery Detail คือ ยูสเคสที่จัดการรายละเอียดของแบตเตอรี่ เช่น ข้อมูลชนิด รุ่น และรายละเอียดของแบตเตอรี่ต่าง ๆ ตามคุณลักษณะจากการผลิต
2. ยูสเคส Manage Battery Usage Detail คือ ยูสเคสที่จัดการรายละเอียดข้อมูลการนำแบตเตอรี่ไปใช้งานตามอุปกรณ์หรือสถานที่ต่าง ๆ
3. ยูสเคส Import Data Log คือ ยูสเคสที่ทำหน้าที่จัดการนำผลจากการทดสอบจากเครื่องมือวัดแบตเตอรี่มาแสดงและจัดเก็บลงฐานข้อมูล
4. ยูสเคส Display Result คือ ยูสเคสที่ทำหน้าที่นำผลการทดสอบแบตเตอรี่จากเครื่องมือวัดหรือจากฐานข้อมูลมาแสดงผลในรูปแบบกราฟ
5. ยูสเคส Create Report คือ ยูสเคสที่จัดการเรื่องรายงานสรุปการทดสอบแบตเตอรี่

จากส่วนประกอบต่างๆของยูสเคส โคอะแกรม ตามที่ได้อธิบายไว้ข้างต้นแล้ว สามารถอธิบายรายละเอียดขั้นตอนการทำงานของแต่ละยูสเคสได้ดังตารางที่ 4.1 ถึง ตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของยูสเคส Manage Battery Detail

ชื่อยูสเคส	Manage Battery Detail	
เหตุการณ์ที่กระตุ้นการทำงาน	พนักงานสามารถนำข้อมูลรายละเอียดของแบตเตอรี่ เพื่อสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลต่อได้	
รายละเอียดโดยสังเขป	เป็นการจัดการเพิ่ม ลบและแก้ไขรายละเอียดข้อมูลของแบตเตอรี่ ตามคุณลักษณะจากผู้ผลิตแบตเตอรี่	
แอกเตอร์	Staff	
ผู้เกี่ยวข้องอื่น	-	
เงื่อนไขเริ่มต้น	-	
เงื่อนไขภายหลัง	ข้อมูลของแบตเตอรี่ถูกบันทึก	
ขั้นตอนการทำงานหลัก	แอกเตอร์	ระบบ
	1.เลือกแสดงข้อมูลรายละเอียดแบตเตอรี่	1.1แสดงรุ่นของแบตเตอรี่ทั้งหมดจากฐานข้อมูล
	2.เลือกรุ่นแบตเตอรี่ที่ต้องการดูรายละเอียด	2.1แสดงข้อมูลเฉพาะรุ่นที่เลือก
	3.กดปุ่มแก้ไข	
	4.แก้ไขรายละเอียดแบตเตอรี่	
	5.บันทึกการแก้ไข	5.1 อัปเดตข้อมูลและบันทึกข้อมูลการแก้ไข
	6.เลือกเพิ่มแบตเตอรี่	6.1 แสดงแบบฟอร์มเพื่อกรอกข้อมูล
	7.กรอกข้อมูลรายละเอียดของแบตเตอรี่	
8.กดบันทึก	8.1 บันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดของยูสเคส Manage Battery Usage Detail

ชื่อยูสเคส	Manage Battery Usage Detail	
เหตุการณ์ที่กระตุ้นการทำงาน	เพื่อดูข้อมูลการนำแบตเตอรี่ไปใช้งาน	
รายละเอียดโดยสังเขป	เป็นการจัดการเพิ่ม ลบและแก้ไขรายละเอียดข้อมูลการนำแบตเตอรี่ไปใช้งานกับอุปกรณ์และสถานที่ต่าง	
แอกเตอร์	Staff	
ผู้เกี่ยวข้องอื่น	ระบบ Data Library	
เงื่อนไขเริ่มต้น	-	
เงื่อนไขภายหลัง	ข้อมูลของแบตเตอรี่ถูกบันทึก	
ขั้นตอนการทำงานหลัก	แอกเตอร์	ระบบ
	<ol style="list-style-type: none"> 1.เลือกแสดงรายละเอียดการใช้แบตเตอรี่ 2.กดปุ่มแก้ไข 3.แก้ไขรายละเอียดแบตเตอรี่ 4.บันทึกการแก้ไข 5.เลือกเพิ่มแบตเตอรี่ 6.กรอกข้อมูลรายละเอียดของแบตเตอรี่ 7.กดบันทึก 	<ol style="list-style-type: none"> 1.1 แสดงรายละเอียดแบตเตอรี่ 4.1 อัปเดตข้อมูลและบันทึกข้อมูลการแก้ไข 5.1 แสดงแบบฟอร์มเพื่อกรอกข้อมูล 7.1 บันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดของยูสเคส Import Data Log

ชื่อยูสเคส	Import Data Log	
เหตุการณ์ที่กระตุ้นการทำงาน	เพื่อนำข้อมูลจากเครื่องวัดเก็บเข้าฐาน	
รายละเอียดโดยสังเขป	จัดการการนำข้อมูลจากเครื่องมือวัดทดสอบแบตเตอรี่มาแสดงข้อมูลเพื่อปรับปรุงแก้ไขและนำเก็บลงฐานข้อมูล	
แอกเตอร์	Battery Data Logger	
ผู้เกี่ยวข้องอื่น	Staff	
เงื่อนไขเริ่มต้น	-	
เงื่อนไขภายหลัง	ข้อมูลการทดสอบของแบตเตอรี่ถูกบันทึก	
ขั้นตอนการทำงานหลัก	แอกเตอร์	ระบบ
	<ol style="list-style-type: none"> 1. เลือกนำข้อมูลการทดสอบเข้าระบบ 2. ค้นหาไฟล์ 3. เลือกไฟล์ที่ต้องการ 4. เลือกเปิดไฟล์ 	<ol style="list-style-type: none"> 1.1 แสดงหน้าต่างการค้นหาไฟล์ 4.1 นำไฟล์เข้าระบบ 4.2 แสดงข้อมูลรายละเอียดในไฟล์ 4.3 บันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล
เงื่อนไขทางเลือก		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดของยูสเคส Display Result

ชื่อยูสเคส	Analyst and Display	
เหตุการณ์ที่กระตุ้นการทำงาน	วิเคราะห์ผลการทดสอบและแสดงผล	
รายละเอียดโดยสังเขป	ทำการนำไฟล์จากการทดสอบมาจัดให้อยู่ในรูปแบบกราฟและวิเคราะห์ผลสรุป	
แอกเตอร์	Staff ,Manager	
ผู้เกี่ยวข้องอื่น	-	
เงื่อนไขเริ่มต้น	นำไฟล์เข้าระบบ	
เงื่อนไขภายหลัง	แสดงผลในรูปแบบของกราฟ	
ขั้นตอนการทำงานหลัก	แอกเตอร์	แอกเตอร์
	1. เลือกแสดงผล	1.1 นำข้อมูลจากการวิเคราะห์มาจัดรูปแบบให้อยู่ในรูปกราฟ 1.2 แสดงกราฟและผลสรุปของแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 รายละเอียดของยูสเคส Create Report

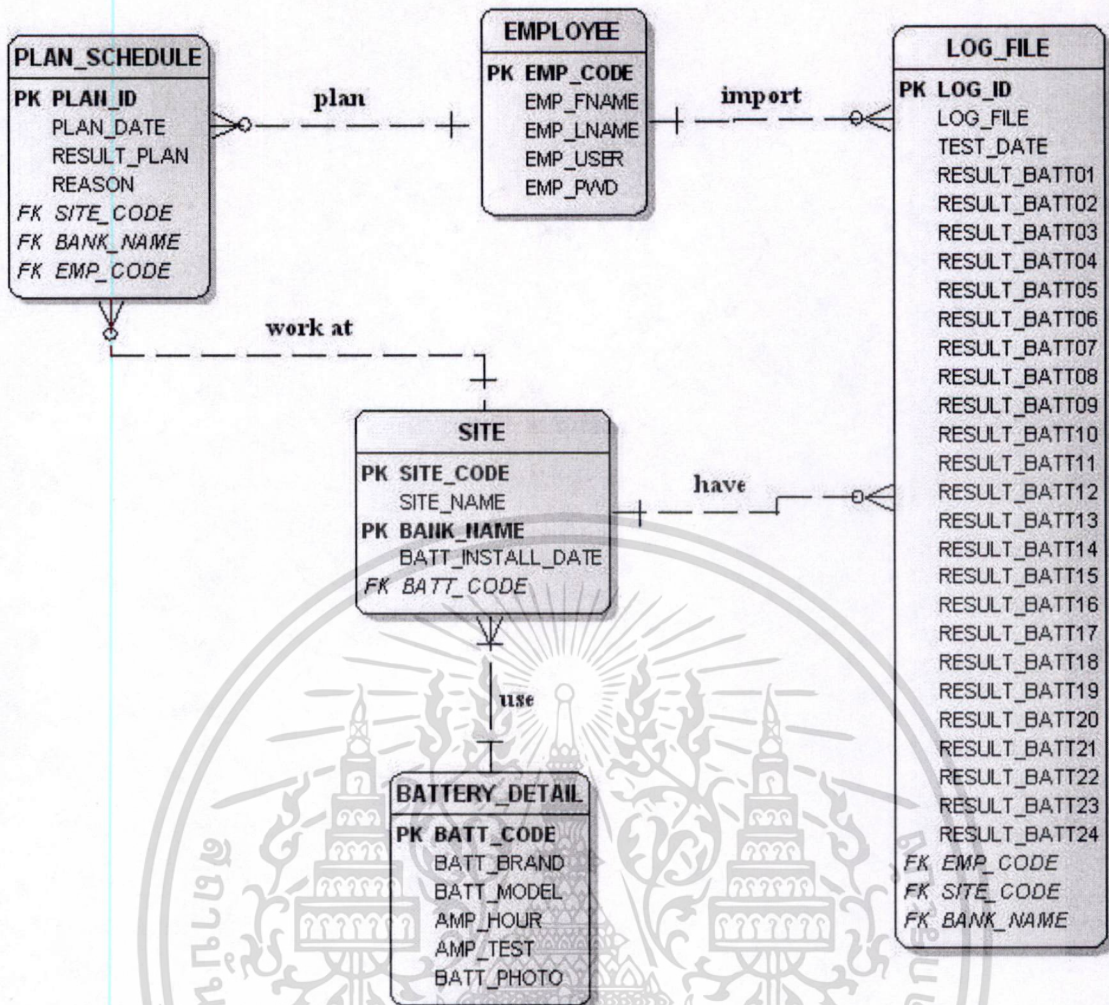
ชื่อยูสเคส	Create Report	
เหตุการณ์ที่กระตุ้นการทำงาน	สร้างรายงานสรุปการทดสอบเสนอผู้จัดการหรือผู้บริหาร	
รายละเอียดโดยสังเขป	สร้างรายงานสรุปผลการทดสอบแบบเตอรี	
แอกเตอร์	Staff ,Manager	
ผู้เกี่ยวข้องอื่น	-	
เงื่อนไขเริ่มต้น	นำเข้าข้อมูลการทดสอบ	
เงื่อนไขภายหลัง	สร้างรายงานสรุป	
ขั้นตอนการทำงานหลัก	แอกเตอร์	ระบบ
	1. เลือกสร้างรายงาน 2. เลือกผลการทดสอบที่ ต้องการสร้างรายงาน	1.1 แสดงข้อมูลผลการทดสอบ 2.1 สร้างรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การออกแบบฐานข้อมูล

ในการออกแบบฐานข้อมูลนั้น ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาว่าฐานข้อมูลที่ออกแบบจะต้องตอบสนองความต้องการในการใช้สารสนเทศทั้งหมดได้ จากลักษณะการดำเนินงานรวมถึงความต้องการระบบข้างต้น สามารถออกแบบแผนภาพอีอาร์ (ER-Diagram) ได้ดังรูป 4.2 โดย ER-Diagram จะประกอบไปด้วยตารางต่างๆ จำนวน 5 ตาราง ดังนี้

1. ตาราง EMPLOYEE คือ ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับพนักงานที่ใช้งานระบบ เช่น รหัสพนักงาน ชื่อและนามสกุลของพนักงาน รหัสผู้ใช้และรหัสผ่านของพนักงาน
2. ตาราง BATTERY DETAIL คือ ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลรายละเอียดของแบตเตอรี่ที่นำมาใช้งานในระบบ เช่น รหัสแบตเตอรี่ ชื่อผู้ผลิตแบตเตอรี่ รุ่นและขนาดของแบตเตอรี่ กระแสทดสอบแบตเตอรี่ และรูปของแบตเตอรี่
3. ตาราง SITE คือ ตารางที่เก็บข้อมูลรายละเอียดของชุมชนหรือสถานี่ฐานที่มีการใช้งานแบตเตอรี่ เช่น รหัสสถานี่ ชื่อสถานี่ ชื่อระบบที่ใช้แบตเตอรี่ และวันที่มีการติดตั้งแบตเตอรี่
4. ตาราง PLAN SCHEDULE คือ ตารางที่เก็บข้อมูลรายละเอียดแผนการทดสอบแบตเตอรี่ เช่น วันที่ทดสอบ สถานี่ที่ทดสอบ ผลการทดสอบ และผู้ทำการบันทึก
5. ตาราง LOG FILE คือ ตารางที่เก็บรายละเอียดผลการวิเคราะห์และทดสอบของแบตเตอรี่ เช่น ไฟล์ข้อมูล วันที่ทดสอบ ผลการวิเคราะห์ของแบตเตอรี่แต่ละลูก และข้อมูลสถานี่ที่ทดสอบ



รูปที่ 4.2 ER-Diagram ของระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 คำอธิบายความสัมพันธ์ของ ER-Diagram

1. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง EMPLOYEE และตาราง PLAN SCHEDULE

ตาราง EMPLOYEE และตาราง PLAN SCHEDULE มีความสัมพันธ์แบบ **หนึ่งต่อกลุ่ม** เนื่องจากพนักงานหนึ่งคนสามารถสร้างแผนการทดสอบได้หลายแผน และแผนการทดสอบต้องถูกสร้างโดยพนักงานหนึ่งคน แต่พนักงานทุกคนไม่จำเป็นต้องสร้างแผนงานทุกคน

2. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง SITE และตาราง PLAN SCHEDULE

ตาราง SITE และตาราง PLAN SCHEDULE มีความสัมพันธ์แบบ **หนึ่งต่อกลุ่ม** เนื่องจาก SITE หรือสถานีฐานหนึ่งสถานีสามารถถูกวางแผนการทดสอบได้หลายครั้ง แต่แผนการทดสอบหนึ่งแผนงานจำเป็นต้องมีข้อมูลรายละเอียดสถานีด้วยเสมอ

3. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง BATTERY DETAIL และตาราง SITE

ตาราง BATTERY DETAIL และตาราง SITE มีความสัมพันธ์แบบ **หนึ่งต่อกลุ่ม** เนื่องจาก SITE หรือสถานีฐานหนึ่งต้องมีข้อมูลแบตเตอรี่ แต่ข้อมูลแบตเตอรี่ชนิดหนึ่งสามารถมีหรือถูกติดตั้งได้หลาย SITE

4. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง EMPLOYEE และตาราง LOG FILE

ตาราง EMPLOYEE และตาราง LOG FILE มีความสัมพันธ์แบบ **หนึ่งต่อกลุ่ม** เนื่องจากพนักงานหนึ่งคนสามารถนำข้อมูลผลทดสอบเข้าได้หลายครั้ง การนำผลทดสอบเก็บแต่ละครั้งต้องมีพนักงานเป็นผู้นำเข้า แต่พนักงานไม่จำเป็นที่จะต้องนำข้อมูลผลการทดสอบเข้าเก็บทุกคน

5. ความสัมพันธ์ระหว่างตาราง SITE และตาราง LOG FILE

ตาราง SITE และตาราง LOG FILE มีความสัมพันธ์แบบ **หนึ่งต่อกลุ่ม** เนื่องจาก SITE หรือสถานีฐานหนึ่งสามารถมีผลการทดสอบได้หลายครั้ง และผลการทดสอบหนึ่งผลการทดสอบเป็นของหนึ่งสถานีเท่านั้น

4.3.1 พจนานุกรมข้อมูล

พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary) เป็นที่เก็บเมทาดาทา โดยแสดงรายละเอียดของตารางและความสัมพันธ์ช่วยให้ ผู้ดูแลฐานข้อมูล ผู้ดูแลระบบ และผู้พัฒนาระบบ ใช้เป็นเครื่องมืออ้างอิงในการพัฒนาระบบ และบำรุงรักษาระบบฐานข้อมูล จากแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีสำหรับระบบสนับสนุนงานประกันคุณภาพ สามารถแสดงรายละเอียดข้อมูลแต่ละเอนทิตีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.6 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี EMPLOYEE

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	คีย์	ตารางอ้างอิง
EMP_CODE	รหัสพนักงาน	VARCHAR	8	PK	
EMP_FNAME	ชื่อพนักงาน	VARCHAR	40		
EMP_LNAME	นามสกุลพนักงาน	VARCHAR	40		
EMP_USER	รหัสผู้ใช้ของพนักงาน	VARCHAR	40		
EMP_PWD	รหัสผ่านของพนักงาน	VARCHAR	40		

ตารางที่ 4.7 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี BATTERY_DETAIL

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	คีย์	ตารางอ้างอิง
BATT_CODE	รหัสแบตเตอรี่	VARCHAR	5	PK	
BATT_BRAND	ชื่อผู้ผลิตแบตเตอรี่	VARCHAR	20	PK	
BATT_MODEL	รุ่นของแบตเตอรี่	VARCHAR	20		
AMP_HOUR	ความสามารถในการเก็บพลังงานของแบตเตอรี่	VARCHAR	10		
AMP_TEST	ค่ากระแสไฟการทดสอบ	VARCHAR	10		
BATT_PHOTO	รูปถ่ายหรือรูปภาพของแบตเตอรี่	VARCHAR	40		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี SITE

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	คีย์	ตารางอ้างอิง
SITE_CODE	รหัสชุมสายหรือสถานี ฐาน	VARCHAR	10	PK	
SITE_NAME	ชื่อชุมสายหรือสถานีฐาน	VARCHAR	40		
BANK_NAME	ชื่อกลุ่มของแบตเตอรี่	VARCHAR	40	PK	
BATT_INSTALL_DATE	วันที่ทำการติดตั้ง แบตเตอรี่	VARCHAR	10		
BATT_CODE	รหัสแบตเตอรี่	VARCHAR	5	FK	BATTERY_DETAIL

ตารางที่ 4.9 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี PLAN_SCHEDULE

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	คีย์	ตารางอ้างอิง
PLAN_ID	หมายเลขแผนทดสอบ	VARCHAR	10	PK	
PLAN_DATE	วันที่ตามแผนทดสอบ	VARCHAR	10		
RESULT_PLAN	ปฏิบัติได้ตามแผน หรือไม่	VARCHAR	20		
REASON	เหตุผลจากการปฏิบัติ ไม่ตามแผน	VARCHAR	200		
SITE_CODE	รหัสชุมสายหรือสถานี ฐาน	VARCHAR	10	FK	SITE
BANK_NAME	ชื่อกลุ่มของแบตเตอรี่	VARCHAR	40	FK	SITE
EMP_CODE	รหัสพนักงาน	VARCHAR	8	FK	EMPLOYEE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 พจนานุกรมข้อมูลเอนทิตี LOG_FILE

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	คีย์	ตารางอ้างอิง
LOG_ID	หมายเลขผลการทดสอบ	VARCHAR	10	PK	
LOG_FILE	ไฟล์ผลการทดสอบ	VARCHAR	100		
TEST_DATE	วันที่ทำการทดสอบ	VARCHAR	10		
RESULT_BATT01	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 1	VARCHAR	3		
RESULT_BATT02	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 2	VARCHAR	3		
RESULT_BATT03	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 3	VARCHAR	3		
RESULT_BATT04	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 4	VARCHAR	3		
RESULT_BATT05	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 5	VARCHAR	3		
RESULT_BATT06	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 6	VARCHAR	3		
RESULT_BATT07	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 7	VARCHAR	3		
RESULT_BATT08	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 8	VARCHAR	3		
RESULT_BATT09	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 9	VARCHAR	3		
RESULT_BATT10	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 10	VARCHAR	3		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	คีย์	ตารางอ้างอิง
RESULT_BATT11	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 11	VARCHAR	3		
RESULT_BATT12	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 12	VARCHAR	3		
RESULT_BATT13	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 13	VARCHAR	3		
RESULT_BATT14	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 14	VARCHAR	3		
RESULT_BATT15	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 15	VARCHAR	3		
RESULT_BATT16	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 16	VARCHAR	3		
RESULT_BATT17	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 17	VARCHAR	3		
RESULT_BATT18	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 18	VARCHAR	3		
RESULT_BATT19	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 19	VARCHAR	3		
RESULT_BATT20	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 20	VARCHAR	3		
RESULT_BATT21	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 21	VARCHAR	3		
RESULT_BATT22	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 22	VARCHAR	3		

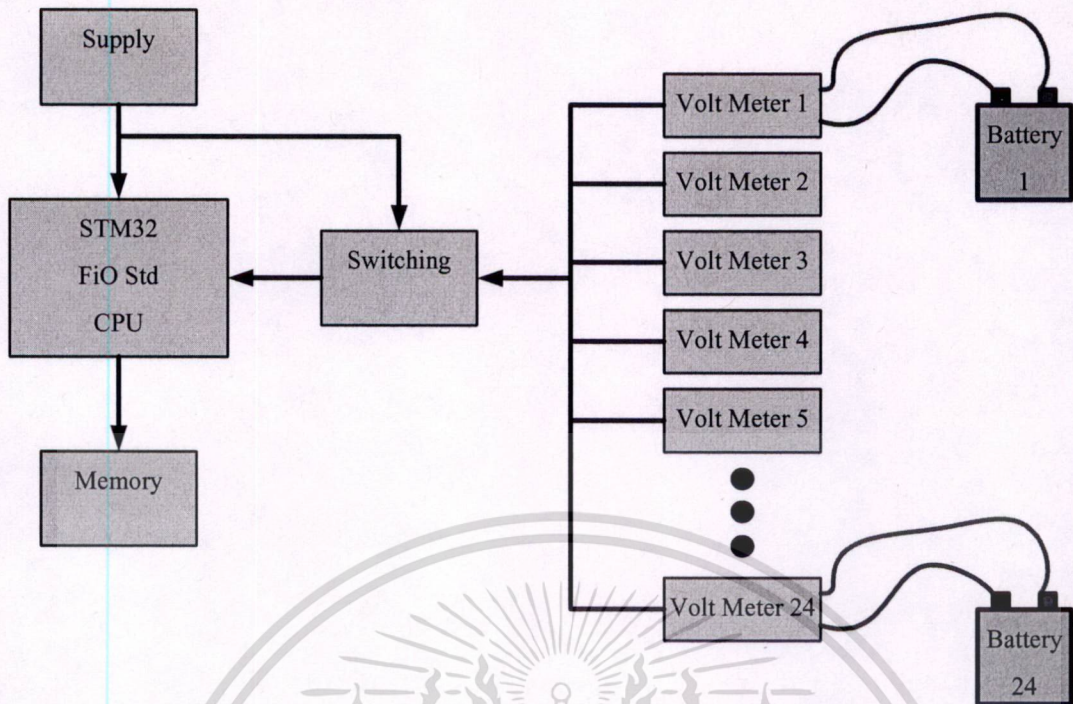
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ชื่อแอตทริบิวต์	ความหมาย	ชนิดข้อมูล	ความยาว	คีย์	ตารางอ้างอิง
RESULT_BATT23	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 23	VARCHAR	3		
RESULT_BATT24	ผลการวิเคราะห์ แบตเตอรี่ลูกที่ 24	VARCHAR	3		
EMP_CODE	รหัสพนักงาน	VARCHAR	8	FK	EMPLOYEE
SITE_CODE	รหัสชุมชนสายหรือ สถานีฐาน	VARCHAR	10	FK	SITE
BANK_NAME	ชื่อกลุ่มของแบตเตอรี่	VARCHAR	40	FK	SITE

4.4 การออกแบบฮาร์ดแวร์

การออกแบบฮาร์ดแวร์หรือเครื่องมือที่ทำการวัดและบันทึกค่าการทดสอบนั้น ต้องคำนึงถึงความต้องการของผู้ใช้เป็นหลัก ซึ่งความต้องการในการวัดการทดสอบแบตเตอรี่ทุกลูกพร้อมกันและบันทึกผลตลอดช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ เมื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านเทคนิคในการวัดการทดสอบแบตเตอรี่ทุกลูกพร้อมกันสามารถทำได้แต่ใช้งบประมาณในการทำค่อนข้างสูง เนื่องจากต้องมีอุปกรณ์ในการวัดเท่าจำนวนแบตเตอรี่ จึงทำการออกแบบให้มีอุปกรณ์ในการวัดเพียงชุดเดียว และใช้หน่วยประมวลผลหรือ CPU ทำงานร่วมกับอุปกรณ์รวมส่งสัญญาณ (Multiplexer) เพื่อควบคุมจังหวะในการวัดแบตเตอรี่แต่ละลูกโดยใช้เวลาสั้นๆเพื่อใกล้เคียงตามความต้องการของผู้ใช้ ขณะที่ทำการวัดค่าจะส่งข้อมูลเพื่อทำการบันทึกลงเมมโมรี่ด้วย ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงการออกแบบฮาร์ดแวร์แบบคร่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การพัฒนาระบบ

จากการวิเคราะห์และออกแบบระบบบริหารจัดการเบตเตอร์ในบทที่ 3 และบทที่ 4 ตามความต้องการของผู้ใช้งานระบบ สามารถออกแบบหน้าจอเพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานง่ายโดยพัฒนา ระบบในลักษณะเว็บแอปพลิเคชันทำงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตขององค์กร และออกแบบสร้างเครื่องมือในการวัดและบันทึกค่าการทดสอบ ในบทนี้จะแสดงให้เห็นถึงหน้าจอ การทำงานของระบบ และรายละเอียดในการสร้างเครื่องมือในการวัดและบันทึกค่า

5.1 การพัฒนาซอฟต์แวร์

การทำงานของระบบบริหารจัดการเบตเตอร์ เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งานและ ง่ายต่อการติดตั้งรวมทั้งการใช้งาน จึงเลือกใช้เทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับระบบฐานข้อมูล

5.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบสนับสนุนงานประกันคุณภาพซอฟต์แวร์โดยใช้ภาษา ASP.NET (C#) และมีเครื่องมือที่ใช้พัฒนาระบบงานดังต่อไปนี้

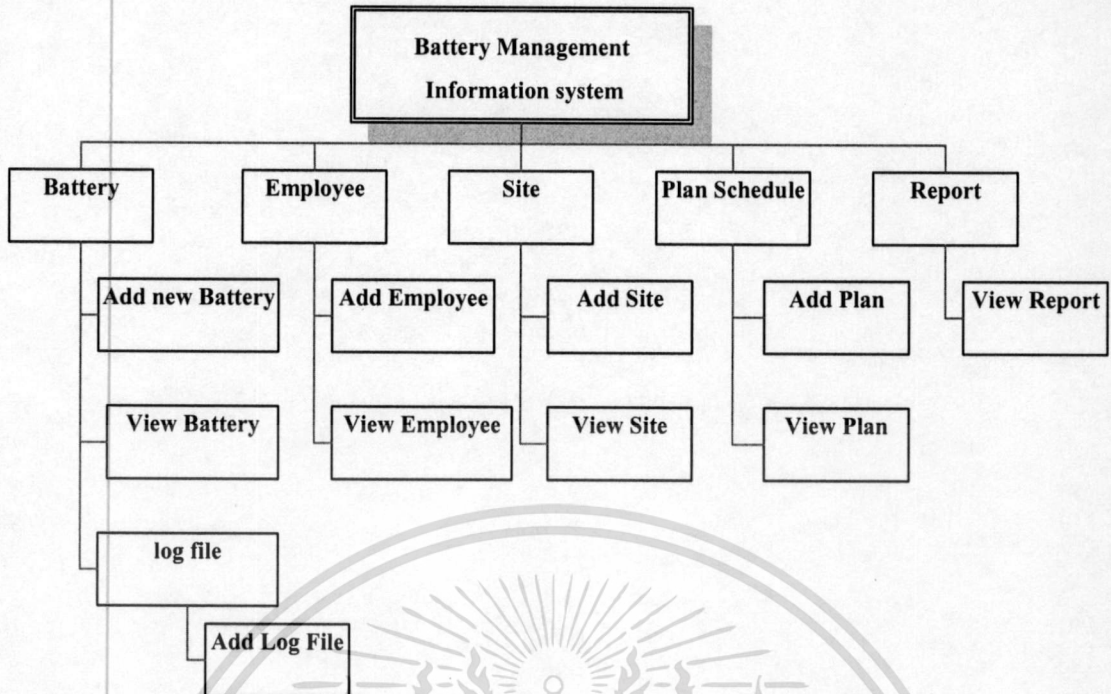
1. Microsoft Visual Studio 2008 ใช้สำหรับออกแบบในส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ และ การสร้างเว็บเพจ
2. Microsoft SQL Server 2008 R2 ใช้สำหรับจัดการฐานข้อมูล

5.1.2 รายละเอียดการทำงานของระบบ

ระบบบริหารจัดการข้อมูลเบตเตอร์ แบ่งกลุ่มผู้ใช้งานเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

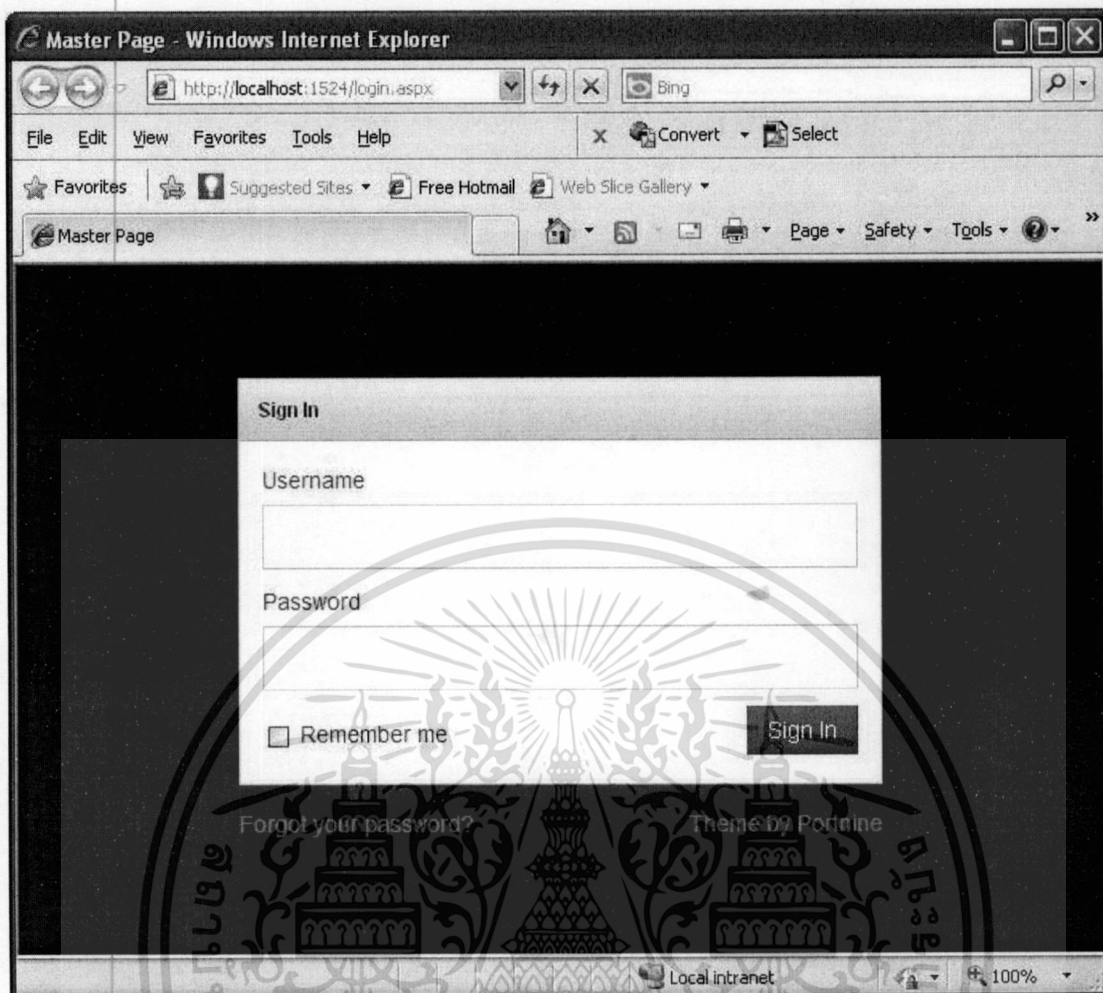
1. ผู้ใช้งานทั่วไป ซึ่งสามารถใช้งานระบบได้ทั่วไปแต่ไม่มีสิทธิ์ในการเพิ่มข้อมูลผู้ใช้งาน และลบข้อมูลในฐานข้อมูล
2. ผู้ดูแลระบบ มีหน้าที่จัดการข้อมูลพื้นฐานของระบบ ดูแลความเรียบร้อยของข้อมูล และสามารถเพิ่มและลบข้อมูลผู้ใช้งานได้

การอธิบายหน้าจอการทำงานของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการข้อมูลเบตเตอร์ จะ อธิบายการทำงานรวมทั้งหมดของระบบ โดยไม่อธิบายแยกตามกลุ่มผู้ใช้งาน

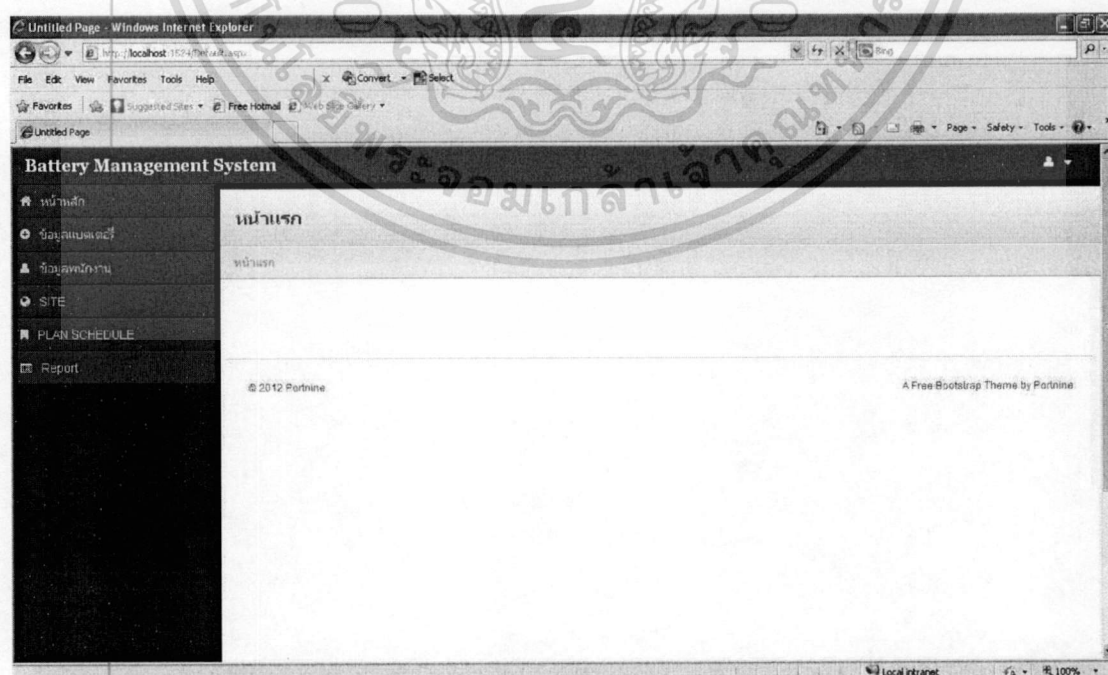


รูปที่ 5.1 โครงสร้างระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการข้อมูลแบตเตอรี่

1. การทำงานในส่วนของการเข้าสู่ระบบ การทำงานในส่วนนี้ เป็นการทำงานที่ผู้ใช้งานระบบทุกรายต้องกระทำ เพื่อพิสูจน์ตัวตนก่อนเข้าใช้งานระบบ รวมถึงเป็นส่วนที่ระบบใช้ตรวจสอบสิทธิ์ของผู้ใช้งาน ว่าสามารถใช้งานระบบในส่วนใดได้บ้าง และเป็นจุดเริ่มต้นในการใช้งานระบบ โดยการทำงานจะเริ่มจากผู้ใช้งาน กรอกที่อยู่ของระบบลงในเบราว์เซอร์ เพื่อให้เบราว์เซอร์แสดงผลหน้าจอการเข้าสู่ระบบดังรูปที่ 5.2 ภายในหน้าจอดังกล่าวผู้ใช้งานจะต้องกรอกรหัสผู้ใช้และรหัสผ่านที่ใช้ในการเข้าสู่ระบบ ลงในช่องตามลำดับ แล้วจึงกดปุ่ม “ตกลง” เพื่อเข้าสู่ระบบ ซึ่งถ้าหากชื่อและรหัสที่ผู้ใช้งานกรอกถูกต้อง ระบบจะแสดงหน้าจอรายการหลักของระบบ ดังรูปที่ 5.3

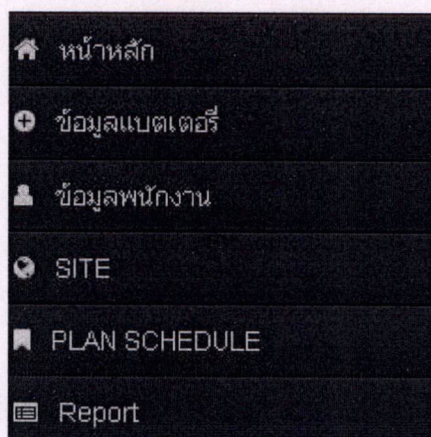


รูปที่ 5.2 แสดงหน้าจอการเข้าสู่ระบบ

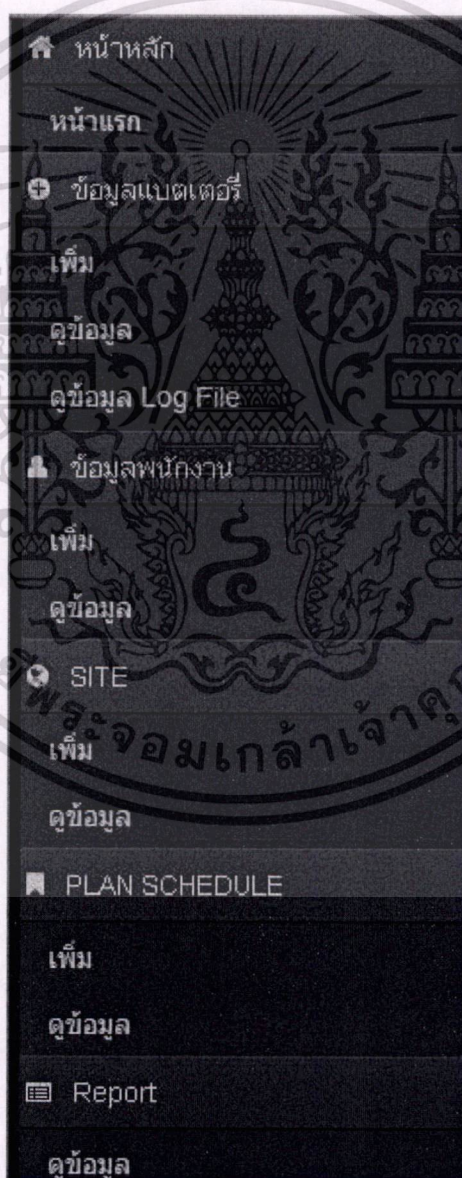


รูปที่ 5.3 แสดงหน้าจอหลักหลังจากเข้าสู่ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 แสดงหน้าจอเมนูหลักของระบบ



รูปที่ 5.5 แสดงหน้าจอเมนูย่อยของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.การทำงานในส่วนหน้าจอหลัก เมื่อทำการกรอกรหัสผู้ใช้และรหัสผ่านเพื่อเข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้ว ระบบจะแสดงหน้าจอดังรูปที่ 5.3 ทางด้านซ้ายของหน้าจอจะแสดงรายการเมนูหลักของระบบดังรูปที่ 5.4 และเมื่อทำการกดที่เมนูหลักแต่ละรายการจะแสดงเมนูย่อยที่อยู่ภายใต้เมนูหลักออกมาดังรูปที่ 5.5 ซึ่งรายการเมนูหลักประกอบด้วย หน้าหลัก ข้อมูลแบตเตอรี่ ข้อมูลพนักงาน ข้อมูลSite ข้อมูลการวางแผนการทดสอบแบตเตอรี่ และรายงาน ในเมนูหน้าหลักการทำงานเพื่อกลับมาสู่ในหน้าหลักเพียงเท่านั้น

3.การทำงานในส่วนหน้าข้อมูลแบตเตอรี่ เมื่อทำการเลือกรายการในเมนูหลักจะแสดงรายการเมนูย่อยดังนี้ เพิ่ม ดูข้อมูล และดูข้อมูล Log File

- การทำงานในหน้าเพิ่มข้อมูลแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 5.6 เป็นการเพิ่มข้อมูลรายละเอียดของแบตเตอรี่ โดยการกรอกรหัสแบตเตอรี่ ยี่ห้อของแบตเตอรี่ รุ่นของแบตเตอรี่ ขนาดประจุของแบตเตอรี่มีหน่วยเป็นแอมป์ชั่วโมง ค่ากระแสทดสอบของแบตเตอรี่ตามคุณสมบัติของแบตเตอรี่จากโรงงานผลิต และทำการเพิ่มรูปของแบตเตอรี่โดยทำการค้นหารูปที่ต้องการบันทึกโดยกดปุ่มเบร้าวเพื่อเลือกที่ตั้งของรูป จากนั้นกดปุ่ม Save เพื่อบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล

- การทำงานในหน้าดูข้อมูลแบตเตอรี่ ดังแสดงในรูปที่ 5.7 เป็นการเรียกดูข้อมูลแบตเตอรี่ที่ได้ทำการเพิ่มข้อมูลลงในระบบทั้งหมด ซึ่งสามารถกดปุ่มแก้ไขเพื่อแก้ไขข้อมูลได้

- การทำงานในหน้าดูข้อมูล Log File ดังแสดงในรูปที่ 5.8 เป็นการแสดงข้อมูลของ Log File ที่ได้ทำการเพิ่มลงฐานข้อมูลหลังจากที่ได้มีการทดสอบแบตเตอรี่เสร็จเรียบร้อยแล้วนำข้อมูลผล Log File นำเข้าระบบเพื่อเก็บลงฐานข้อมูล การเพิ่มข้อมูลลงฐานข้อมูลทำได้โดยกดปุ่มเพิ่มข้อมูล Log File จากนั้นระบบจะแสดงหน้าต่างการเพิ่มข้อมูลดังรูปที่ 5.9 เพื่อให้ผู้ใช้กรอกข้อมูล Site หรือชื่อสถานี กรอกข้อมูล Bank Name กรอกข้อมูลรุ่นหรือชนิดของแบตเตอรี่ซึ่งมีรายการให้เลือก กรอกข้อมูลวันที่ทำการทดสอบแบตเตอรี่หรือนำผลการทดสอบเข้าระบบ จากนั้นจึงกดปุ่มเบร้าวในช่อง Log File เพื่อเลือก File และที่ตั้งของ File ที่ต้องการนำเก็บฐานข้อมูลในการวิเคราะห์ผลต่อไป

หน้าแรก / ข้อมูลแบตเตอรี่ / เพิ่มข้อมูลแบตเตอรี่

เพิ่มข้อมูลแบตเตอรี่

CODE

รูป Battery

Battery BRAND

Battery Model

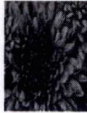








AMP Hour

AMP Test

© 2012 Portnine

รูปที่ 5.6 แสดงหน้าจอการเพิ่มข้อมูลแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลแบตเตอรี่						
หน้าแรก / ข้อมูลแบตเตอรี่						
+ เพิ่มข้อมูลแบตเตอรี่						
ข้อมูลแบตเตอรี่						
Code	Photo	Mode	Brand	Amp Hour	Amp Test	Actions
1234		111ee33	111ww223333333333	111rr44	111cc55	 
002		HZB-450	HAZE	450	42.4	 
001		2TE450	HAWKER	400	40	 
1						

รูปที่ 5.7 แสดงหน้าจอแสดงข้อมูลแบตเตอรี่

Log File
หน้าแรก / ข้อมูลแบตเตอรี่ / Log File
+ เพิ่มข้อมูล Log File
ข้อมูล Log Files
>> >

รูปที่ 5.8 แสดงหน้าจอแสดง Log File

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dashboard

เพิ่มข้อมูล Log File

Site
cc

Bank Name

Battery
111ee33

Log File
Browse...

Log Date

Save < กลับหน้าข้อมูล Log File











รูปที่ 5.9 แสดงหน้าจอการเพิ่มข้อมูล Log File

ข้อมูลพนักงาน

หน้าแรก ข้อมูลพนักงาน

+ เพิ่มข้อมูลพนักงาน

ข้อมูลพนักงาน

Code	First Name	Last Name	Username	Actions
9867	Boonsom	Duangchan	boonsomd	 
31115	Sawat	tapapin	satawatt	 
30523	Natthapon	Wongwal	natthapw	 
1234	test	test	test	 
0001	Admin	Administrator	admin	 

1

รูปที่ 5.10 แสดงหน้าจอข้อมูลพนักงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การทำงานหน้าข้อมูลพนักงาน เมื่อทำการเลือกรายการในเมนูหลักจะแสดงรายการเมนูย่อยดังนี้ เพิ่ม ข้อมูล หากทำการเลือกรายการย่อยข้อมูลจะแสดงรายการข้อมูลพนักงานดังรูปที่ 5.10 โดยมีข้อมูลรหัสพนักงาน ชื่อพนักงาน นามสกุลพนักงาน และรหัสผู้ใช้ ซึ่งในรายการดังกล่าวหากต้องการเพิ่มรายชื่อพนักงานสามารถคลิกปุ่มเพิ่มข้อมูลพนักงานในเมนูด้านบนของตารางข้อมูลพนักงานหรือคลิกเลือกในรายการเมนูย่อยในแถบด้านซ้าย จะแสดงหน้าต่างการเพิ่มข้อมูลพนักงานดังรูปที่ 5.11 เพื่อทำการกรอกข้อมูลรหัสพนักงาน ชื่อพนักงาน นามสกุลพนักงาน รหัสผู้ใช้และรหัสผ่านของพนักงาน ซึ่งในการเพิ่มข้อมูลดังกล่าวกระทำโดยผู้ดูแลระบบเท่านั้น

เพิ่มพนักงาน

หน้าแรก / ข้อมูลพนักงาน / เพิ่มข้อมูลพนักงาน

เพิ่มข้อมูลพนักงาน

CODE

First Name

Last Name

Username

Password

รูปที่ 5.11 แสดงหน้าจอการเพิ่มข้อมูลพนักงาน









เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล Site

หน้าแรก / ข้อมูล Site

[+ เพิ่มข้อมูล Site](#)

ข้อมูล Site

Code	Bank Name	Site Name	Date install battery	Actions
mmm	mmm	ABAC Condo	2013-01-28	 
ff	test	test	2013-02-08	 
ff	gg	gg	2013-01-29	 
cc	dd	cc	2013-01-21	 

1

รูปที่ 5.12 แสดงหน้าจอข้อมูล Site

เพิ่ม Site

หน้าแรก / ข้อมูล Site / เพิ่ม Site

เพิ่มข้อมูล Site

CODE

Bank Name

Site Name

Battery install Date







Save [< กลับหน้าข้อมูล Site](#)

รูปที่ 5.13 แสดงหน้าจอการเพิ่มข้อมูล Site



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การทำงานในหน้าข้อมูลสถานี (Site) เมื่อทำการเลือกรายการในเมนูหลักจะแสดงรายการเมนูย่อยคือเพิ่มและดูข้อมูลสถานี หากเลือกรายการดูข้อมูล Site จะแสดงหน้าต่างข้อมูล Site ดังรูปที่ 5.12 ซึ่งแสดงข้อมูล Site ที่มีข้อมูลอยู่ในฐานข้อมูลทั้งหมด โดยแสดงข้อมูลรหัสสถานี (Site Code) ข้อมูลชื่อชุดแบตเตอรี่ (Bank Name) ข้อมูลชื่อสถานี ข้อมูลชนิดหรือรุ่นแบตเตอรี่ที่ใช้และวันที่ทำการติดตั้งแบตเตอรี่ ในแต่ละรายการข้อมูลสามารถแก้ไขข้อมูลได้โดยกดปุ่มแก้ไข และทำการแก้ไขข้อมูลจากนั้นกดปุ่มบันทึกเพื่อบันทึกลงฐานข้อมูล หากเป็นการเพิ่มข้อมูล Site สามารถกดปุ่มเพิ่มข้อมูล Site ซึ่งอยู่ด้านบนหรือรายการเมนูย่อยในแถบด้านซ้ายเพื่อเพิ่มข้อมูลได้ โดยจะแสดงหน้าต่างการเพิ่มข้อมูลดังรูปที่ 5.13 เป็นการเพิ่มข้อมูลโดยกรอกรหัสสถานี (Site Code) ชื่อชุดแบตเตอรี่ (Bank Name) ชื่อสถานีฐาน ชนิดหรือรุ่นแบตเตอรี่ที่ใช้ และวันที่ทำการติดตั้งแบตเตอรี่ลงในรายการจากนั้นกดปุ่ม Save เพื่อบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล

6. การทำงานในหน้าข้อมูลวางแผนการทดสอบ (Plan Schedule) เมื่อทำการเลือกรายการในเมนูหลักจะแสดงรายการเมนูย่อยคือเพิ่มและดูข้อมูล หากเลือกรายการดูข้อมูลตารางแผนงานจะแสดงหน้าต่างตารางแผนงานที่ได้สร้างไว้ดังรูปที่ 5.14 เพื่อดูข้อมูลแผนงาน โดยจะแสดงข้อมูลชื่อรหัสสถานี (Site Code) ชื่อชุดแบตเตอรี่ (Bank Name) วันที่วางแผนทดสอบ ผลการทดสอบและเหตุการณ์ทดสอบ ชื่อพนักงานผู้สร้างแผนหรือผู้ไปทำการทดสอบ โดยผลการทดสอบและเหตุการณ์ทดสอบในช่วงสร้างแผนการทดสอบในตอนแรกอาจจะว่างไว้ เพื่อรอการทดสอบว่าเป็นไปตามแผนที่วางไว้หรือไม่เป็นไปตามแผน หากไม่เป็นไปตามแผนก็ระบุเหตุผลที่ไม่สามารถทำตามแผนได้เพื่อบันทึกข้อมูลไว้ในและสร้างแผนงานใหม่ต่อไป ซึ่งสามารถแก้ไขข้อมูลได้โดยกดปุ่มแก้ไขในแต่ละรายการหลังจากแก้ไขเรียบร้อยแล้วให้กดปุ่ม Save เพื่อบันทึกข้อมูล และหากต้องการเพิ่มข้อมูลแผนงานสามารถเพิ่มได้โดยกดปุ่มเพิ่มข้อมูลแผนซึ่งอยู่ด้านบน หรือเลือกจากรายการเมนูย่อยในแถบด้านซ้ายจากนั้นจึงปรากฏหน้าจอเพื่อเพิ่มข้อมูลดังรูปที่ 5.15 โดยทำการเพิ่มข้อมูลรหัสสถานี ชื่อชุดแบตเตอรี่ วันที่ต้องการทำการทดสอบ แลระบุชื่อพนักงานผู้ทำการทดสอบจากนั้นกดปุ่ม Save เพื่อเพิ่มลงรายการแผนและบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล

ข้อมูล Plan Schedule							
หน้าแรก / ข้อมูล Plan Schedule							
+ เพิ่มข้อมูล Plan Schedule							
ข้อมูล Plan Schedule							
Code	Date	Result	Reason	Bank Name	Site	พนักงาน	Actions
111	2013-02-02	111	111	dd	cc	test test	 
test	2013-02-02	test	test	test	gg	test test	 
test	2013-02-02	test	test	test	test	test test	 
1							

รูปที่ 5.14 แสดงหน้าจอข้อมูลตารางแผนการทดสอบ

เพิ่มข้อมูล Plan Schedule	
หน้าแรก / ข้อมูล Plan Schedule / เพิ่มข้อมูล Plan Schedule	
เพิ่มข้อมูล Plan Schedule	
Site	ABAC Condo 
Bank Name	
CODE	
Plan Date	
Result	
Reason	
<input type="button" value="Save"/> <input type="button" value="← กลับหน้าข้อมูล Site"/>	

รูปที่ 5.15 แสดงหน้าจอการเพิ่มข้อมูลแผนการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การทำงานในหน้ารายงาน (Report) เมื่อทำการเลือกรายการในเมนูหลักจะปรากฏหน้าเมนูย่อยเพียงดูรายงานเท่านั้น โดยจะแสดงหน้าดูข้อมูลรายงานดังรูปที่ 5.16 เพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกข้อมูลที่ต้องการดูผลจากข้อมูลการนำข้อมูล Log File เข้าเก็บใบฐานข้อมูล โดยทำการเลือกข้อมูลจากระหัสสถานี (Site Code) ชื่อชุดแบตเตอรี่ (Bank Name) และข้อมูลรุ่นหรือชนิดของแบตเตอรี่ ในส่วนของ Log Date เป็นการเลือกข้อมูลในกรณีที่สถานีฐานนั้นมีการเก็บข้อมูล Log File ที่มากกว่า 1 File แต่ในบางกรณีไม่จำเป็นต้องเลือกข้อมูล Log Date หลักจากที่เลือกข้อมูลแล้วให้กดปุ่ม ดูกราฟ เพื่อเรียกข้อมูลจากฐานข้อมูลมาแสดงในรูปแบบของกราฟ โดยแสดงในส่วนล่างของหน้าต่างนั้น

รูปที่ 5.16 แสดงหน้าจอข้อมูลรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การพัฒนาฮาร์ดแวร์

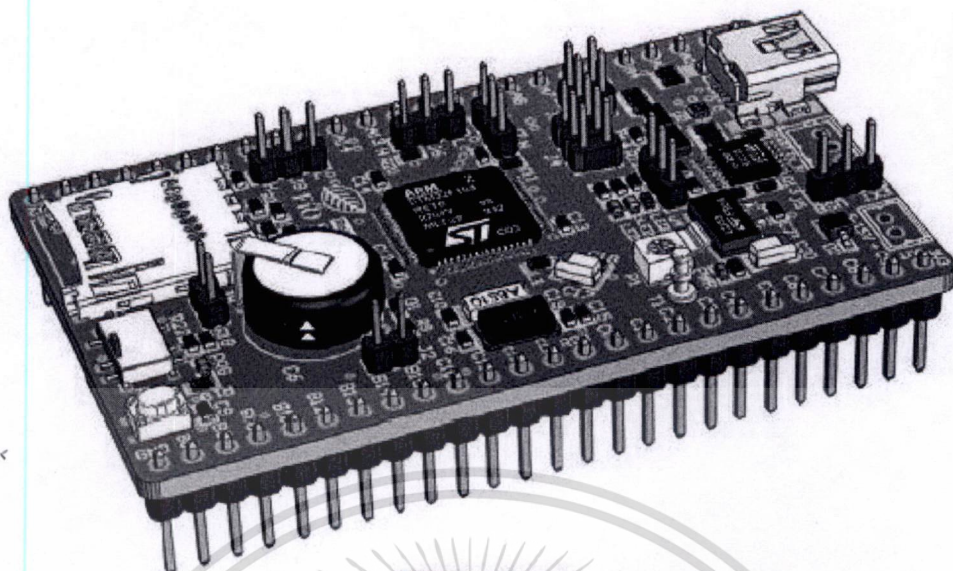
การทำงานของระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ ต้องมีเครื่องมือในการวัดและบันทึกค่าการทดสอบหรือ Battery Data Logger เป็นการบันทึกข้อมูลเพื่อส่งผลการบันทึกดังกล่าวเข้าสู่ระบบบริหารจัดการข้อมูลแบตเตอรี่เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

5.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนา

การพัฒนาเครื่องมือในการวัดและบันทึกค่าการทดสอบหรือ Battery Data Logger ต้องมีหน่วยประมวลผลหลัก หรือ MCU (Main Control Unit) ในการวิเคราะห์ประมวลผล ตั้งการและควบคุมอุปกรณ์ตัวอื่น มีหน่วยความจำหรือ Memory ในการเก็บบันทึกข้อมูล โดยมีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้พัฒนาระบบงานดังต่อไปนี้

1. FiO Std Board เป็น Developer Board ที่มี CPU ARM 32-bits Cortex- M3 Processor (STM32F103RET6) ใช้สำหรับเป็นหน่วยประมวลผลหลัก
2. SD Card ใช้สำหรับเป็นหน่วยความจำในการบันทึกผล
3. MATLAB R2011a .ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมลงหน่วยประมวลผลหลัก
4. Simulink 2011 ใช้สำหรับจำลองโมเดลใน MATLAB
5. Real-Time Workshop 2011 ใช้สำหรับทดลองการทำงานของโมเดลใน MATLAB
6. Real-Time Workshop Embedded Coder 2011 ใช้สำหรับแปลงรูปแบบโมเดลให้อยู่ในรูปแบบภาษาเครื่อง
7. RealView MDK for ARM version 4.0 ใช้สำหรับแปลงภาษาเครื่องให้อยู่ในรูปแบบของชนิด CPU ที่ใช้
8. RapidSTM32 Block Set version 0.3.6.1beta ใช้สำหรับเป็นโมเดลในการจำลองสำเร็จรูปใน MATLAB
9. Microsoft .Net Framework version 3.5 ใช้เพื่อรองรับการทำงานของ RapidSTM32 Block Set
10. อุปกรณ์ไอซีที่ทำหน้าที่รวมส่งสัญญาณร่วมสื่อ (Multiplex) เพื่อควบคุมการรับข้อมูลในการอ่านค่าและบันทึกผล
11. อุปกรณ์กึ่งตัวนำ(Semi conductor)อื่นเพื่อนำมาทำงานร่วมกับอุปกรณ์ไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



FiO Std

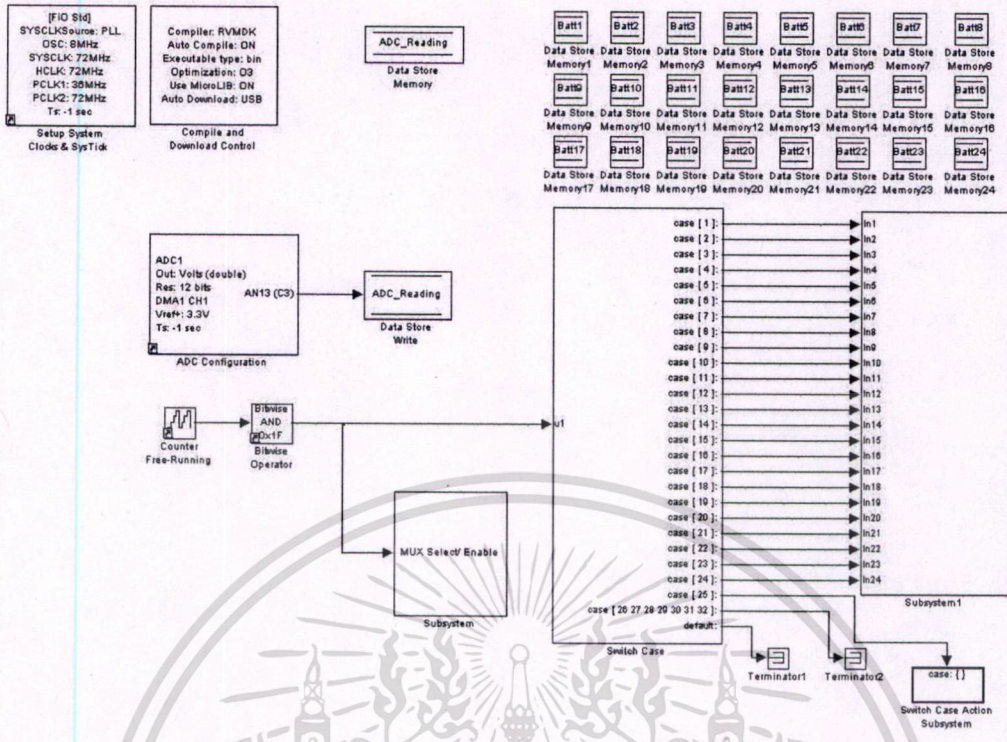
รูปที่ 5.17 แสดงลักษณะของ FiO Std Board

การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของหน่วยประมวลผลหลัก ต้องทำการจำลองโมเดลการทำงานของหน่วยประมวลผลหลักในโปรแกรม MATLAB และส่งประมวลผลเพื่อตรวจสอบความถูกต้องก่อนที่จะทำการแปลงข้อมูลเพื่อเขียนลง CPU

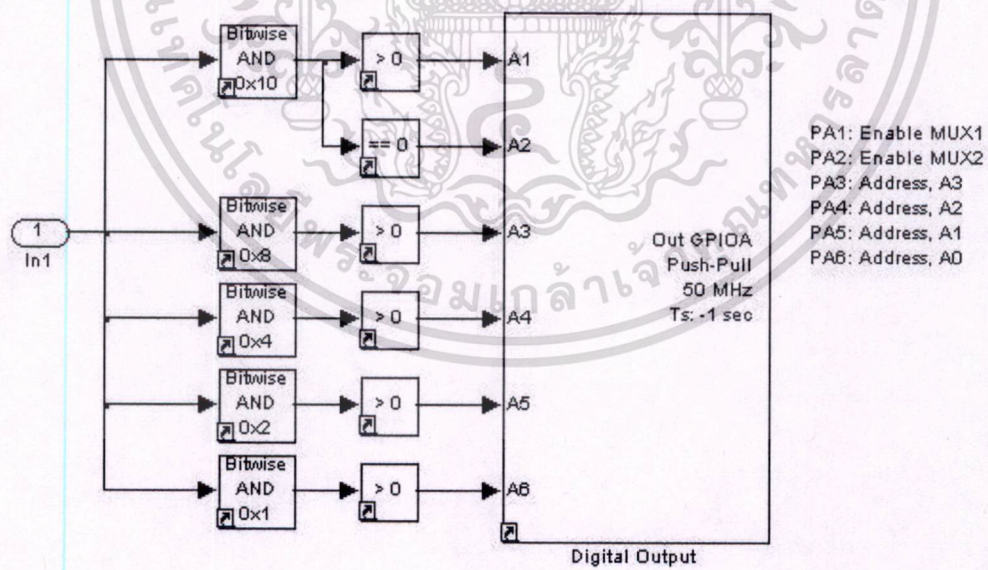
5.2.2 รายละเอียดของโมเดลและหลักการทำงาน

จากการวิเคราะห์ความต้องการของระบบที่ต้องการเครื่องมือในการวัดและบันทึกค่าตลอดการวัดและทดสอบ ในทางเทคนิคต้องใช้งบประมาณและอุปกรณ์ค่อนข้างมาก จึงใช้อุปกรณ์ร่วมส่งสัญญาณร่วมสื่อเพื่อลดจำนวนอุปกรณ์ลง และใช้อุปกรณ์ประมวลผลกลางในการส่งงานและควบคุมอุปกรณ์ร่วมส่งสัญญาณร่วมสื่อและทำการรับค่าที่วัดได้ไปเขียนเก็บไว้ในเมมโมรี่โดยการเขียนโมเดลในการรับค่าสัญญาณที่วัดได้มาแปลงให้อยู่ในรูปแบบตัวเลข โมเดลการควบคุมการร่วมส่งสัญญาณร่วมสื่อหรือ MUX โมเดลการบันทึกค่าลงเมมโมรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

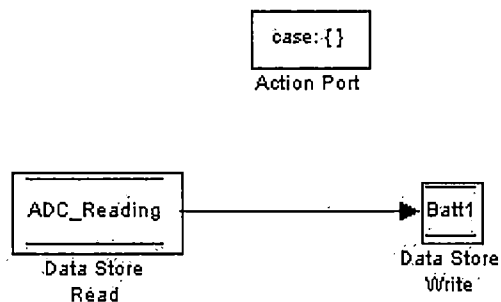


รูปที่ 5.18 แสดงโมเดลการทำงานรวมของหน่วยประมวลผลกลาง

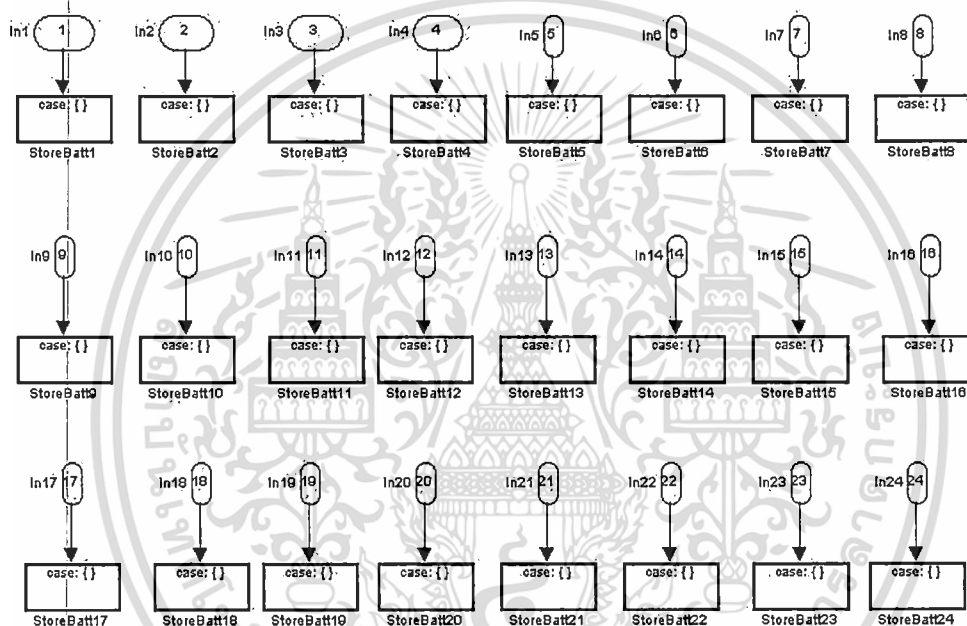


รูปที่ 5.19 แสดงโมเดลการควบคุมการรวมส่งสัญญาณร่วมสี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

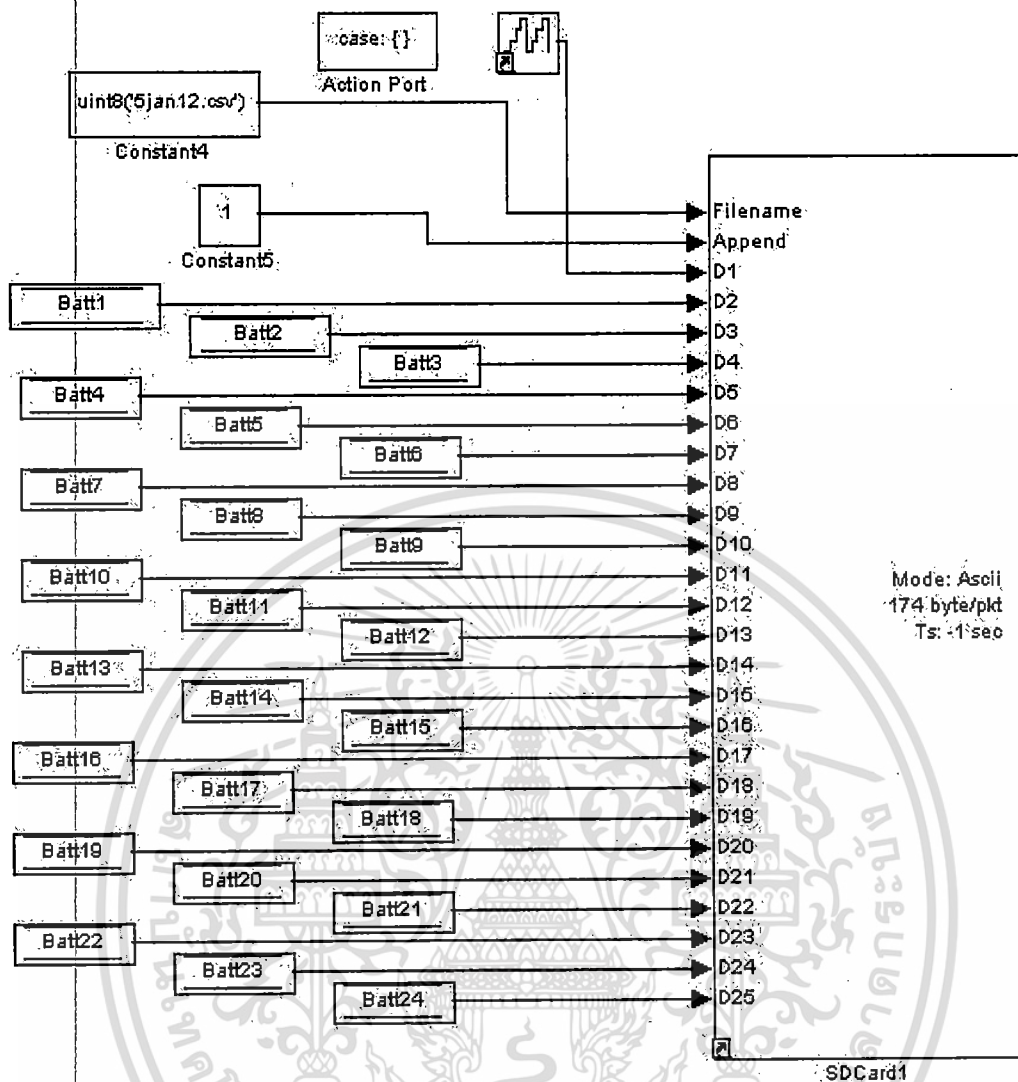


รูปที่ 5.20 แสดงโมเดลการรับค่ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำรองของ CPU



รูปที่ 5.21 แสดงโมเดลการเก็บข้อมูลไว้ในหน่วยความจำรองของ CPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

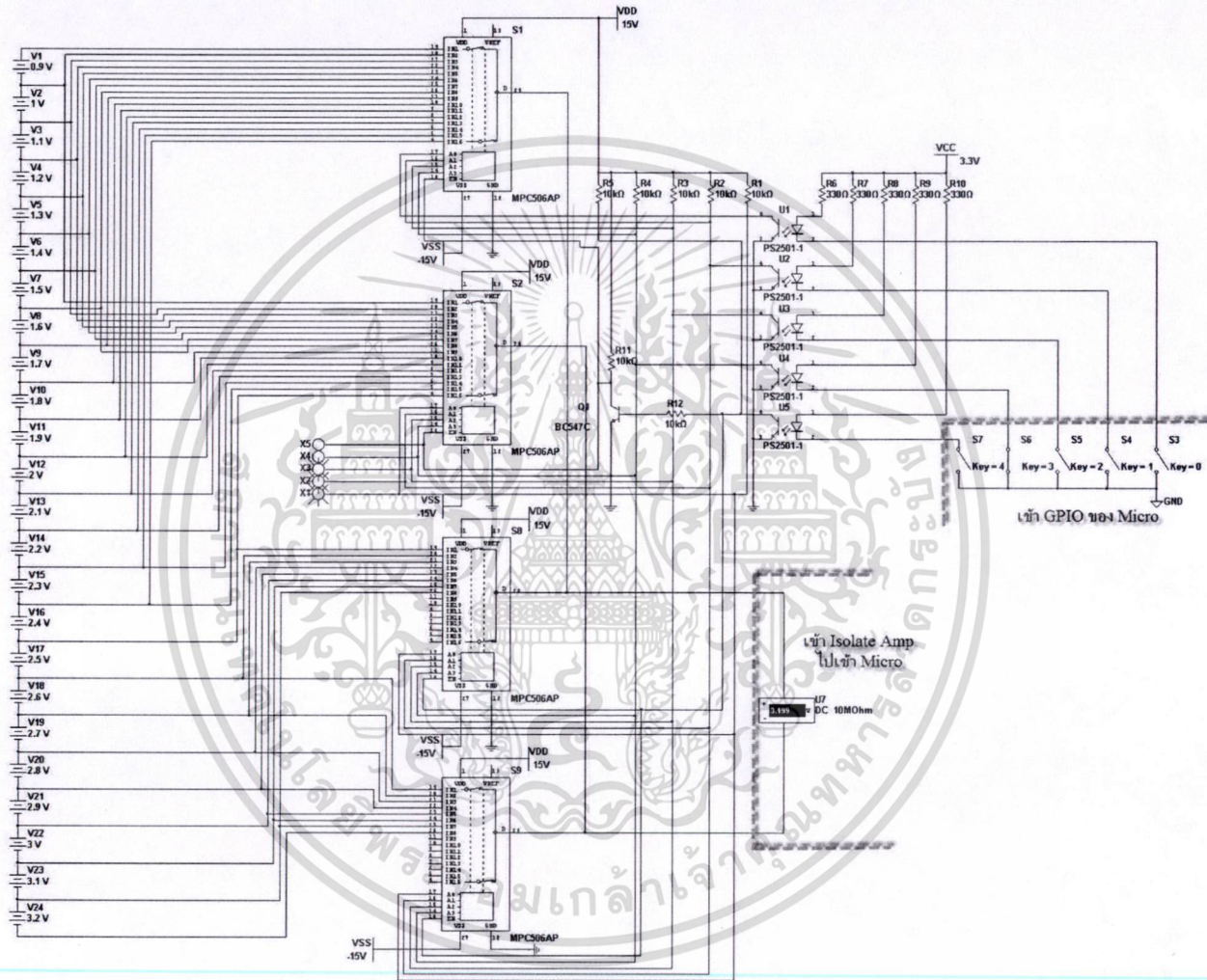


รูปที่ 5.22 แสดงโมเดลการนำข้อมูลจากหน่วยความจำรองไปเก็บในหน่วยความจำสำรอง

ภายหลังจากเขียนจำลอง โมเดลและทดสอบ โมเดลเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงทำการแปลงข้อมูล โมเดลให้เป็นภาษาเครื่องเพื่อเขียนข้อมูลลงในหน่วยประมวลผลหลักเพื่อให้หน่วยประมวลผลหลัก สามารถทำงานได้อย่างที่ต้องการ

5.2.2 รายละเอียดของการต่อหน่วยประมวลผลหลักกับอุปกรณ์อื่น เมื่อหน่วยประมวลผลหลักสามารถทำงานควบคุมอุปกรณ์ได้ตามที่ต้องการแล้ว จึงออกแบบการต่อหน่วยประมวลผลกลางกับอุปกรณ์อื่นๆเช่น อุปกรณ์รวมสัญญาณร่วมสื่อ อุปกรณ์แหล่งจ่ายไฟเลี้ยง อุปกรณ์รับและวัดการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.23 แสดงการออกแบบการต่ออุปกรณ์ทั้งหมด

บทที่ 6

บทสรุป

6.1 สรุปผลโครงการ

การศึกษาระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ (Battery Management System) ซึ่งประกอบไปด้วยระบบบริหารจัดการข้อมูลแบตเตอรี่ (Battery Information Management System) และเครื่องมือในการวัดและบันทึกค่า (Battery Ddata Logger) เป็นการพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลแบตเตอรี่และการใช้งานแบตเตอรี่เพื่อการบำรุงดูแลรักษาแบตเตอรี่ให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งแบตเตอรี่เป็นส่วนสำคัญในระบบสำรองไฟของอุปกรณ์ในระบบการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองการใช้งานของลูกค้าที่ต้องการใช้งานตลอดเวลา โดยระบบมีการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ เก็บบันทึกผลโดยเครื่องมือเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูล และนำระบบฐานข้อมูลเพื่อจัดการข้อมูลของแบตเตอรี่

การออกแบบและพัฒนากระบวนการบริหารจัดการข้อมูลแบตเตอรี่อยู่ในรูปแบบการพัฒนาแบบเว็บแอปพลิเคชันเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานของผู้ใช้ระบบ โดยมีการนำเอาขั้นตอนของวงจรการพัฒนาระบบเข้ามาประยุกต์ใช้งาน เริ่มต้นจาก การวางแผน โครงการเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ การกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการ การวิเคราะห์ระบบงานปัจจุบันเป็นการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจในรายละเอียดของระบบงานปัจจุบัน และนำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบจำลองเชิงตรรกะเพื่อให้อธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบด้วยการใช้ยูเอ็มแอลเป็นเครื่องมือช่วย จากนั้น จึงทำการออกแบบระบบด้วยการพัฒนาแบบจำลองเชิงตรรกะให้เป็นแบบจำลองเชิงกายภาพ ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ การออกแบบฐานข้อมูล และการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ก่อนนำแบบจำลองเชิงกายภาพทั้งหมดมาใช้ในการพัฒนาระบบ และเครื่องมือการวัดและบันทึกผลเป็นการสร้างเครื่องมือเพื่อช่วยในการวัดและบันทึกเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ผลจากการศึกษาการพัฒนากระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศนี้สามารถนำมาปรับปรุงพัฒนาเพื่อใช้งานภายในองค์กรได้จริง ซึ่งถือเป็นประโยชน์ต่อพนักงานที่ปฏิบัติงาน ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อโปรแกรมและลดจำนวนพนักงานในการวัดและทดสอบการคายประจุของแบตเตอรี่ และเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลการใช้งานของแบตเตอรี่ได้

6.2 ข้อจำกัดของการพัฒนาระบบ

ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ (Battery Manangement System) ซึ่งประกอบไปด้วยระบบบริหารจัดการข้อมูลแบตเตอรี่ (Battery Information Management System) และเครื่องมือในการวัดละมุนที่ก้า (Battery Ddata Logger) ดังนี้

1. ระบบไม่สามารถดึงข้อมูลพนักงานจากฐานข้อมูลส่วนกลางจากฝ่ายบริหารทรัพยากรได้ เนื่องจากเหตุผลด้านนโยบายความปลอดภัยด้านข้อมูลและการเข้าถึงข้อมูลพนักงาน
2. ระบบไม่สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ในเชิงลึกได้ ในการวิเคราะห์หาสาเหตุการเสื่อมประสิทธิภาพของแบตเตอรี่เนื่องจากมีเหตุปัจจัยของการเสื่อมแบตเตอรี่ที่ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและปัจจัยหลายอย่าง จึงต้องใช้พนักงานในการวิเคราะห์หาสาเหตุต่อ

6.3 ข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนาระบบเพิ่มเติม

ระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ (Battery Manangement System) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาและทดลองการทำงานของระบบ แต่ในการพัฒนาระบบขึ้นใช้งานจริงยังมีส่วนที่ควรปรับปรุงหรือเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบให้มากขึ้น รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ควรมีการพัฒนาเพิ่มเติมในส่วนการเข้าถึงระบบบริการแบบศูนย์รวม (Single Sign-On) เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกและลดปัญหาการลืมรหัสผ่านสำหรับเข้าสู่ระบบให้กับผู้ใช้งาน แต่ยังคงมาตรฐานความปลอดภัยของการเข้าถึงระบบสารสนเทศภายในองค์กร
2. ควรมีการพัฒนาเพิ่มเติมในส่วนการเชื่อมโยงข้อมูลกับระบบอื่น ๆ เช่น ระบบบริหารจัดการข้อมูลและทรัพย์สินของสถานีสาน เพื่อช่วยลดขั้นตอนการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการนำข้อมูลสถานีสานและข้อมูลของแบตเตอรี่เข้าสู่ระบบ เป็นต้น
3. การพัฒนาเครื่องมือในการวัดและบันทึกผลการทดสอบให้มีลักษณะที่ใช้งานง่ายและสามารถเก็บบันทึกค่าอื่น ๆ ได้

บรรณานุกรม

- เกษียร สุชีโมกษ์. 2555. การขนานแบตเตอรี่. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.pectecth.co.th/pdf/Binder4.pdf>
- เกษียร สุชีโมกษ์. 2555. ปัจจัยที่ทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.pectecth.co.th/pdf/Binder1.pdf>
- โนยิต วงศ์ปิ่นแก้ว. 2555. หลักการทำงานของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด **Fundamental of Lead-Acid Battery**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.pectecth.co.th/pdf/Seminar%203.pdf>
- บริษัท พีอีซีเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด. 2555. การบำรุงรักษาแบตเตอรี่. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.pectecth.co.th/pdf/Seminar%206.pdf>
- บริษัท พีอีซีเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด. 2555. แบตเตอรี่แบบ Flat pasted plate ชนิดครึ่งอิเล็กทรอนิกส์ใน AGM. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.pectecth.co.th/pdf/Binder8.pdf>
- สมจิต ชินะใจ. 2550. "การวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานของกังหันลมแกนตั้งโดยใช้ครอบเสริมกันบั้งลบลมเข้า". วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุภรศักดิ์สิทธิ์ ล้อมลือชา. 2555. การออกแบบและประยุกต์ใช้งานแบตเตอรี่. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.pectecth.co.th/pdf/Seminar%204.pdf>
- ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ(เอ็มเทค). 2555. การกักต้อนของแบตเตอรี่และวาล์วควบคุม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.pectecth.co.th/pdf/Seminar%205.pdf>
- C&D Technologies inc. 2012. **Parallel Operation of Lead acid Batteries**. [online]. Available: http://www.cdtechno.com/pdf/ref/41_7952_0112.pdf
- IEEE. 1986. **standard qualification of Class 1E Lead Storage Battery for Nuclear Power Generating Stations**. ANSI/IEEE std 535 -1986
- IEEE. 1994. **Guide for Selection and Sizing of Batteries for Uninterruptible Power Supply**. IEEE std 1184-1994
- IEEE. 2002. **Recommended practice for installation design and installation of Valve-Regulated Lead-Acid storage battery for standby application**. IEEE std 1187-2002

Shalini Rodrigues , N. Munichandraiah , A.K. Shukla. 2000. **A review of state-of-charge indication of batteries by means of a.c. impedance measurements.** Journal of power Sources 2000(87)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

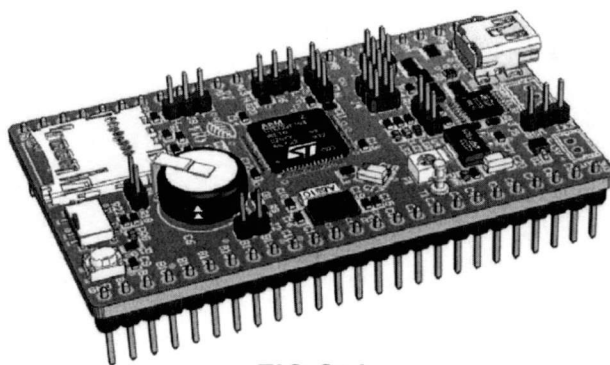
FEATURES

- Built-in RapidSTM32 native-support bootloader.
- ARM 32-bits Cortex™ – M3 Processor (STM32F103RET6)
 - 90MIPS maximum speed
 - 64 KBytes SRAM
 - 51 GPIO
 - 16 channels 12-bit, 1 μ s ADC
 - 5 USART, 3 SPI, 2 I²C, 1 CAN
 - On-chip temperature sensor
 - 4 General purpose 16-bits timers with 4 IC/OC/PWM per timer
 - 2 16-bits Advanced control timers
 - 2 Watchdog timer
 - 2 channels 12-bit DAC
 - USB 2.0 full speed interface
- Two onboard crystals
 - 32 kHz (for real-time clock)
 - 8 MHz (for MCU clock)
- Power supply management
 - Reverse supply voltage protection
 - USB or External (up to 15VDC) supply input selection via jumper settings
 - 3.3V (up to 800mA) LDO regulator for internal and external circuitries
- Flash programming
 - 496Kbytes available flash memory
 - In-Application Programming via either USB HID or serial (RS232) interfaces directly from Matlab™ or MS Windows™.
 - Automatic compile and download directly from Matlab™.
- Other onboard peripherals
 - 3 user LED (red, yellow, green)
 - 2 user logic (H/L) input jumpers
 - 10K potentiometer

- High capacitance (0.33F) capacitor as RTC backup battery
- RS232 (3232-series) level converter
- Micro SD card socket
- Four built-in operating modes selectable via jumper settings
 - USB Mass Storage Device (micro SD card reader)
 - In-application programming via USB HID interface
 - In-application programming via serial (RS232/USART) interface
 - Stand-alone custom user application
- RoSH compliant

SAMPLE APPLICATIONS

- Affordable Rapid Prototyping training tools (especially for Automatic Control and Digital Signal Processing studies) when used together with RapidSTM32 blockset, example features include:
 - Support C code generation of a custom user program for STM32 from a Simulink™ model (see minimum requirements).
 - Support various Hardware-in-the-Loop (HIL) simulation configurations, e.g. data acquisition in to, signal generation from Matlab™/Simulink™, and closed-loop control HIL simulation design and analysis.
- Create a data logger to micro SD card (FAT32) program directly from a Simulink model.
- Use in a laboratory as embedded system training kits or in-the-field for any student projects.
- Generic microcontroller evaluation board.



FiO Std

INTRODUCTION

FiO Std is an evaluation board (EVB) from FiO family of evaluation boards that are based on STMicroelectronics STM32™ ARM 32-bits Cortex™ – M3 processors.

FiO EVBs have been primarily designed as affordable embedded system training boards for used by instructors and students to supplement such courses and curriculums as design and analysis of automatic or embedded control systems and digital signal processing (DSP) systems. It is hoped that the introduction of FiO and RapidSTM32 Blockset will help lower the barrier and open up opportunities for more users to play around with Rapid Prototyping technology.

FiO family of evaluation boards have been specifically designed to be applicable both as LAB kits for uses in laboratories as well as a stand-alone system for used in-the-field in any student's science and engineering projects.

When used together with RapidSTM32 Blockset, FiO Std offers several capabilities, for examples:

- Real-Time Hardware in the Loop Simulations via USB HID.

Real-Time Hardware in the Loop (HIL) Simulation via USB HID interface		Maximum Update Rate ¹ (Hz)
Open-Loop	Target → Host (Data Acquisition)	450
	Host → Target (Signal Generation)	200
Closed-Loop	Target ↔ Host (Control System)	200

- Higher HIL update rate available via other specially designed interfaces.

- Create working stand-alone embedded systems from Simulink™ models with just one click.

- Generated source code compatible with Realview MDK™ for ARM with options for automatic compile and download option.
- Data logger to micro SD card (FAT32).
- Support simulation and code generation for typical peripherals such as push/toggle button or character LCD.
- Supported on-chip peripherals include Digital IO, ADC, DAC, RTC, PWM, USART, USB (Virtual COM) and more.
- Support integration with Finite State Machine simulation and code generation via Stateflow™ and Stateflow Coder™.

MINIMUM REQUIREMENTS

Minimum requirements for FiO Std to fully function with RapidSTM32 Blockset.

- Matlab™ 2009a (v7.8)
- Simulink™ (v7.3)
- Real-Time Workshop™ (v7.3)
- Real-Time Workshop Embedded Coder™ (v7.3)
- Realview MDK™ for ARM (v4.0)
- Microsoft .NET Framework (v3.5)

CAUTIONS!!

All FiO EVBs are pre-installed with proprietary bootloader. FiO EVBs are solely intended to be programmed using FiO own Flash programmer which can program any FiO EVBs directly from Matlab and MS Windows via USB or RS232 interfaces. **DO NOT** use STMicroelectronics Flash Loader Program to program FiO EVBs because this will erase the pre-installed bootloader and void your warranty totally. Therefore, jumper J8 should not be tampered with in any circumstances.

FURTHER INFORMATION

For further information and tutorials please visit: <http://www.aimagin.com/learningresources>

¹ The actual update rate depends on several factors such as the host PC speed and other USB hardware in the communication loop; for example, communication speed is faster when the target is connected directly to host USB controller than via a USB hub.

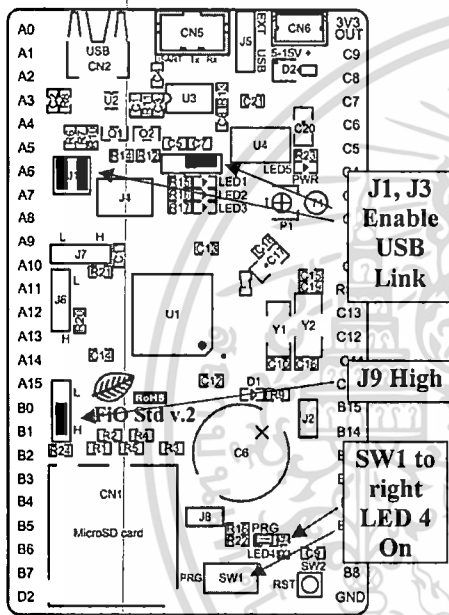
OPERATING MODES

FiO Std supports 4 operating modes

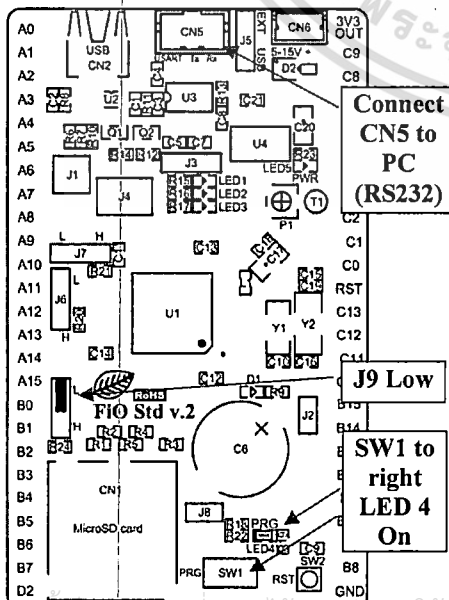
1. In-Application Programming via USB HID
2. In-Application Programming via RS232
3. Mass Storage Device (microSD card reader)
4. Run Custom User Program

The following figures show required jumper(s) and program switch (SW1) settings for each operating mode. Each operating mode can be activated by pressing the reset switch (SW2).

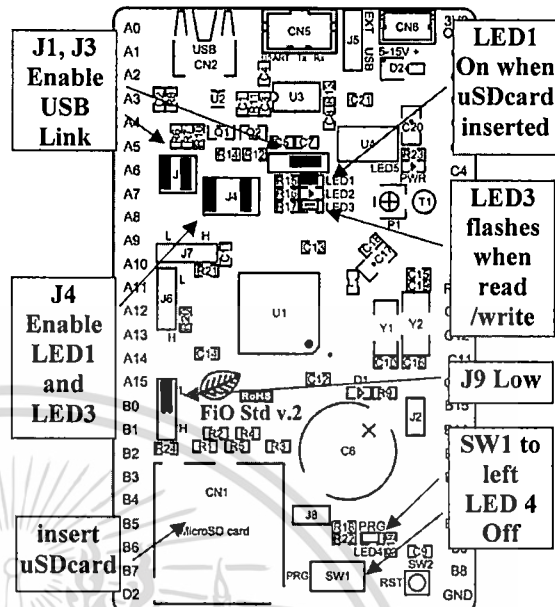
1.1 USB IAP



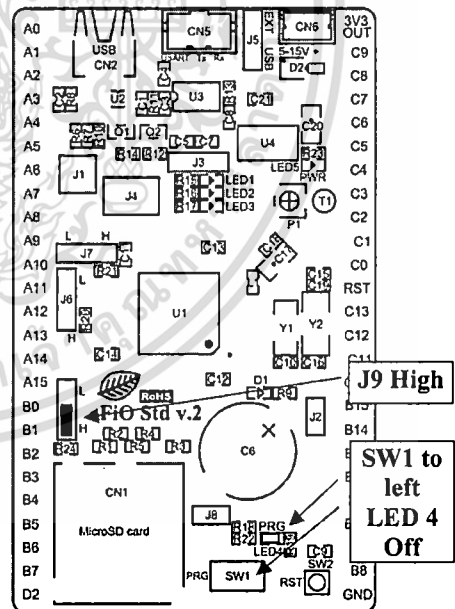
1.2 RS232 IAP



1.3 Mass Storage Device

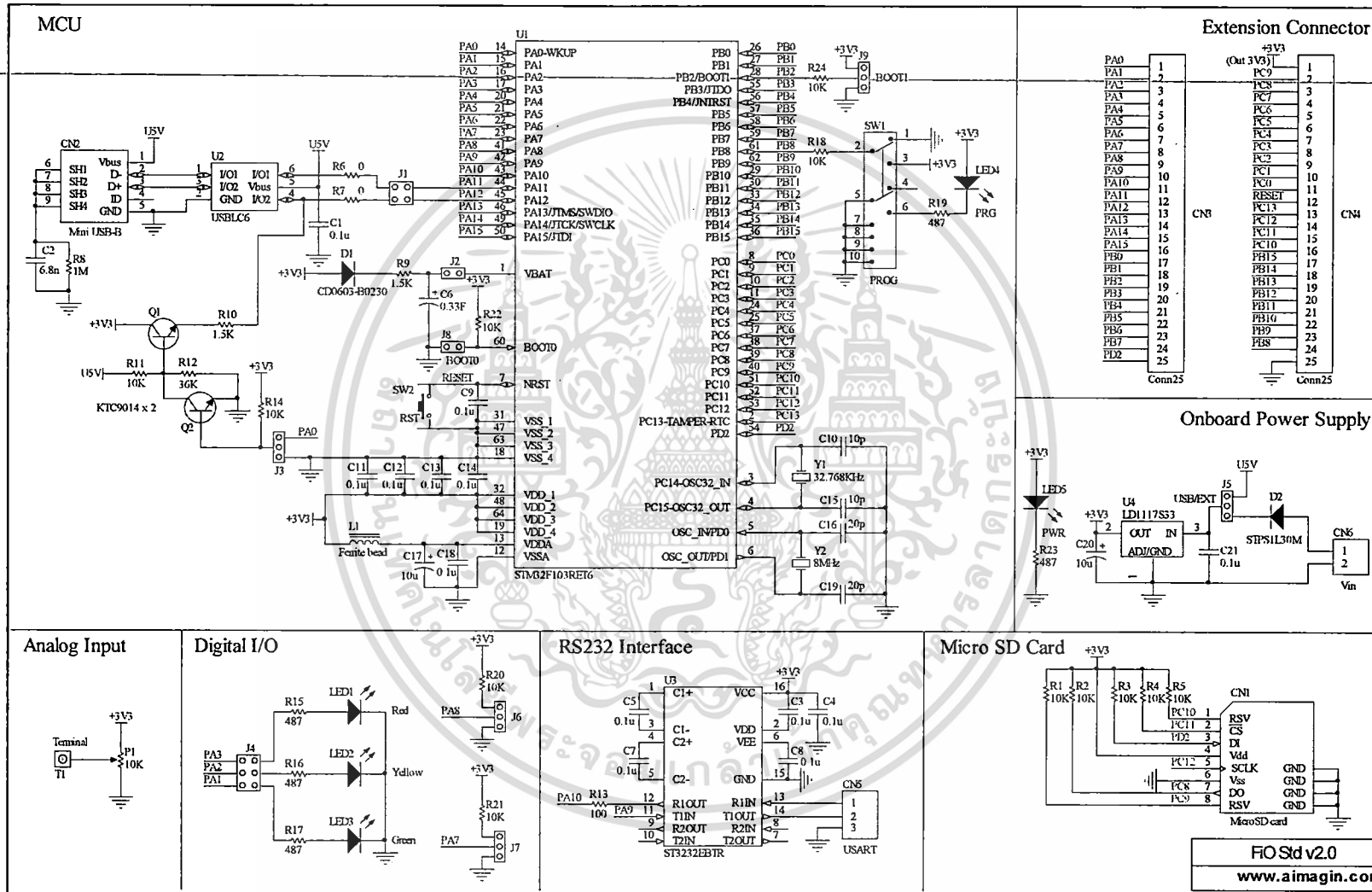


1.4 Run Custom User Program

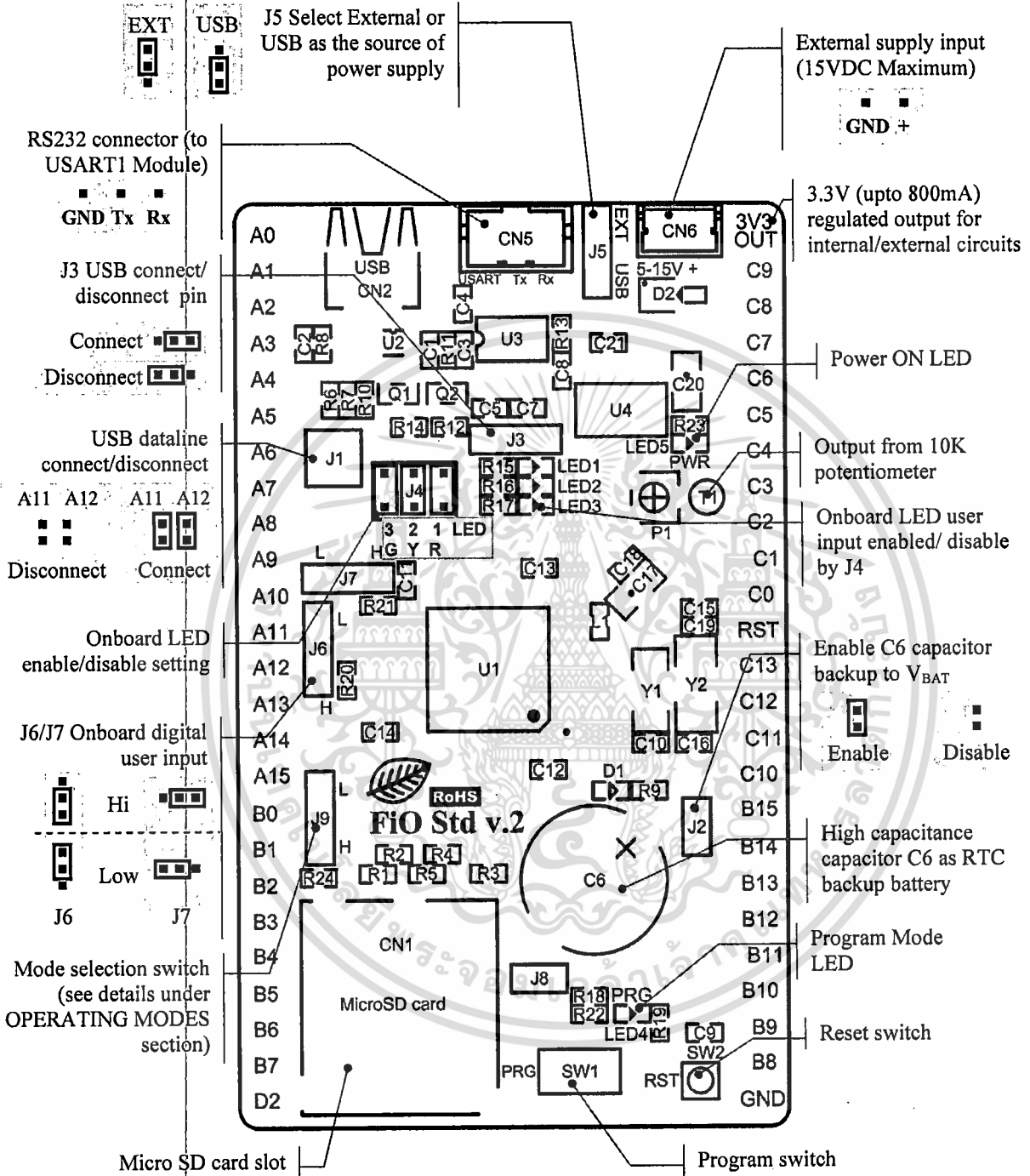


Warning: J8 should not be tampered with at all. Warranty is void if J8 is tampered.
 Note: Other jumpers, e.g. J2, J6, J7 not mentioned in the above figures may be set or not, depending upon required functionalities.

SCHEMATIC DIAGRAM



FiO Std PCB LAYOUT



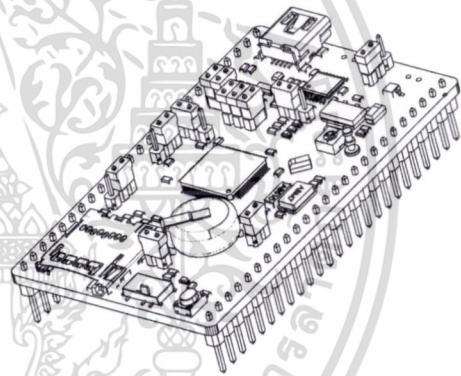
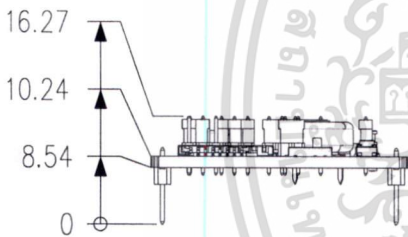
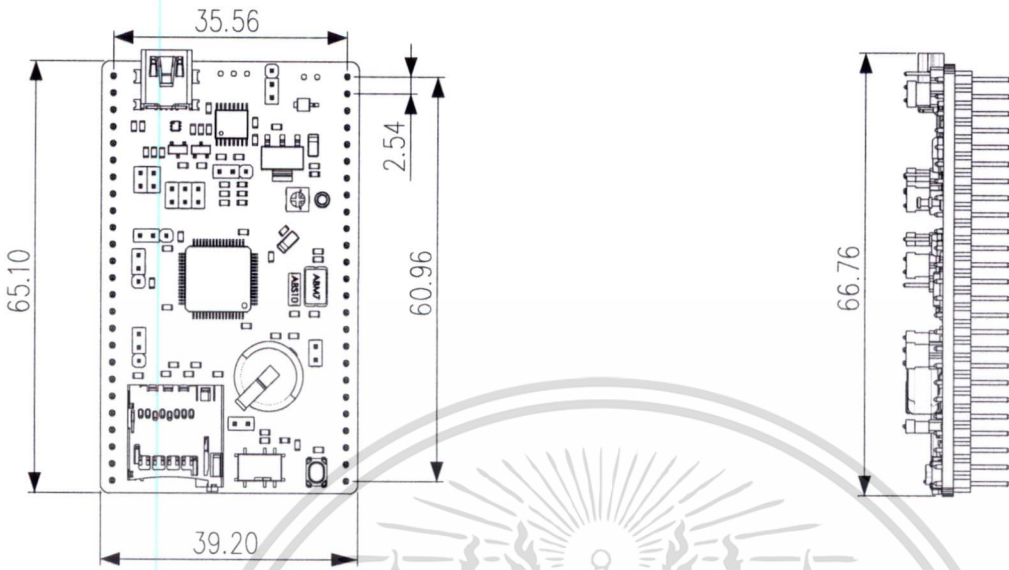
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

BILL OF MATERIALS

[Manufacture Part No.] Name	Designator	Source
[0603B682K500CT] 6.8nF	C2	www.es.co.th
[0603ZC104KAT2A] 0.1uF	C1, C3, C4, C5, C7, C8, C9, C11, C12, C13, C14, C18, C21	www.mouser.com
[C1608C0G1H100C] 10pF	C10, C15	www.mouser.com
[C1608C0G1H200J] 20pF	C16, C19	www.mouser.com
[293D106X0010A2TE3] 10uF	C17, C20	www.mouser.com
[EECS0HD334H] 0.33F	C6	www.mouser.com
[2908-05WB-MG] MicroSD socket	CN1	www.mouser.com
[67503-1020] USB Mini-B female	CN2	www.mouser.com
[CD0603-B0230] CD0603-B0230	D1	www.mouser.com
[STPS1L30M] STPS1L30M	D2	www.mouser.com
[MMZ1608S601A] Ferrite Beads	L1	www.mouser.com
[APT1608EC] LED Red	LED1	www.mouser.com
[APT1608YC] LED Yellow	LED2	www.mouser.com
[APT1608SGC] LED Green	LED3, LED4, LED5	www.mouser.com
[PVG3A103C01R00] 10K	P1	www.mouser.com
[KTC9014S-C-RTK/P] KTC9014	Q1, Q2	www.es.co.th
[0603WAJ0103T5E] 10K	R1, R2, R3, R4, R5, R11, R14, R18, R20, R21, R22, R24	www.es.co.th
[RC0603FR-0736KL] 36k	R12	www.mouser.com
[0603WAJ0101T5E] 100	R13	www.mouser.com
[CR0603-FX-4870ELF] 487	R15, R16, R17, R19, R23	www.mouser.com
[WR06X000PTL] 0	R6, R7	www.es.co.th
[RC0603JR-071ML] 1M	R8	www.mouser.com
[CRCW06031K50JNEB] 1.5k	R9, R10	www.mouser.com
[SSSS820201] Switch	SW1	www.mouser.com
[SKRSPACE010] Switch	SW2	www.mouser.com
[534-1593-2] Terminal	T1	www.mouser.com
[STM32F103RET6TR] STM32F103RET6	U1	www.mouser.com
[USBLC6-2P6] USBLC6	U2	www.mouser.com
[ST3232EBTR] ST3232EBTR	U3	www.mouser.com
[LD1117S33TR] LD1117S33	U4	www.mouser.com
[ABS10-32.768KHZ-9-T] Xtal 32.768kHz	Y1	www.mouser.com
[ABM7-8.000MHZ-D2Y-T] Xtal 8MHz	Y2	www.mouser.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ENGINEERING DRAWINGS (Units: mm)



Patent Pending
PCT/TH2010/000010, PCT/TH2010/000020, and PCT/TH2010/000037

Information in this document is provided solely in connection with Aimagin products. Aimagin reserves the right to make changes, corrections, modifications or improvements, to this document, and the products and services described herein at any time, without notice.

www.aimagin.com

Copyright 2010 Aimagin - All rights reserved

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

HEF4067B

16-channel analog multiplexer/demultiplexer

Rev. 6 — 16 November 2011

Product data sheet

1. General description

The HEF4067B is a 16-channel analog multiplexer/demultiplexer with four address inputs (A0 to A3), an active LOW enable input (\bar{E}), sixteen independent inputs/outputs (Y0 to Y15) and a common input/output (Z). The device contains sixteen bidirectional analog switches, each with one side connected to an independent input/output (Y0 to Y15) and the other side connected to the common input/output (Z). With \bar{E} LOW, one of the sixteen switches is selected (low-impedance ON-state) by A0 to A3. All unselected switches are in the high-impedance OFF-state. With \bar{E} HIGH all switches are in the high-impedance OFF-state, independent of A0 to A3. The analog inputs/outputs (Y0 to Y15 and Z) can swing between V_{DD} as a positive limit and V_{SS} as a negative limit. V_{DD} to V_{SS} may not exceed 15 V.

2. Features and benefits

- Fully static operation
- 5 V, 10 V, and 15 V parametric ratings
- Standardized symmetrical output characteristics
- Specified from $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Complies with JEDEC standard JESD 13-B

3. Applications

- Analog multiplexing and demultiplexing
- Digital multiplexing and demultiplexing
- Signal gating

4. Ordering information

Table 1. Ordering information

Type number	Package			Version
	Temperature range	Name	Description	
HEF4067BP	$-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$	DIP24	plastic dual in-line package; 24 leads (600 mil)	SOT101-1
HEF4067BT	$-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$	SO24	plastic small outline package; 24 leads; body width 7.5 mm	SOT137-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้โดยไม่ผ่านการคำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Functional diagram

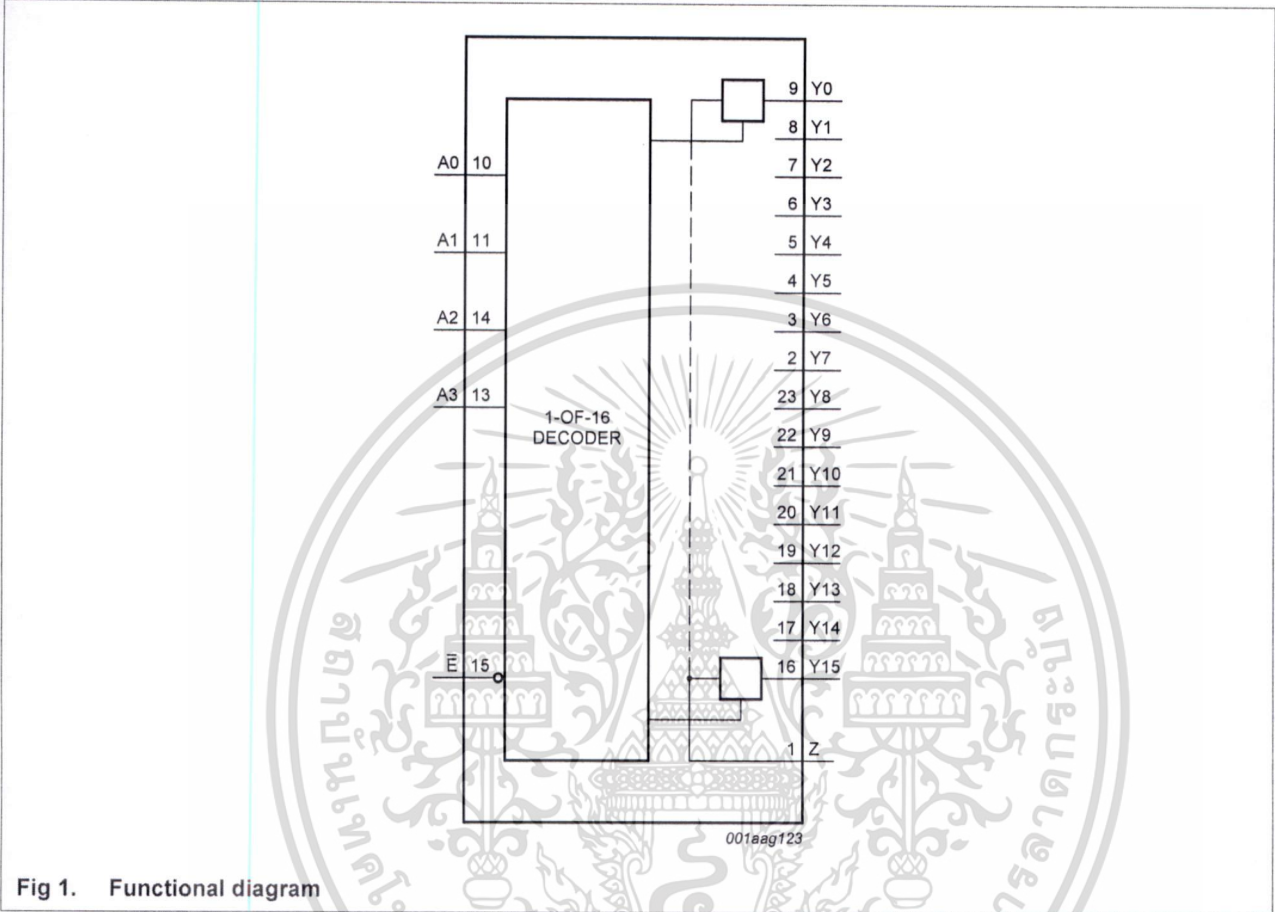


Fig 1. Functional diagram

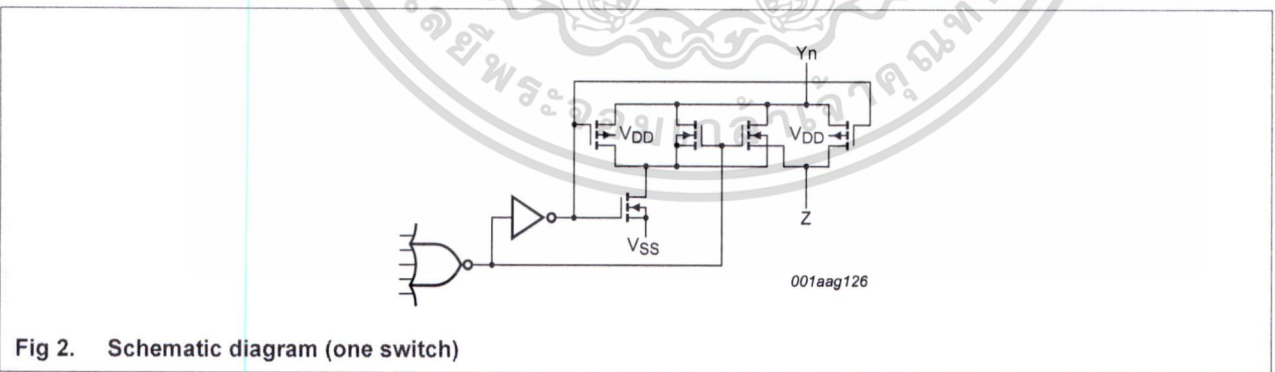
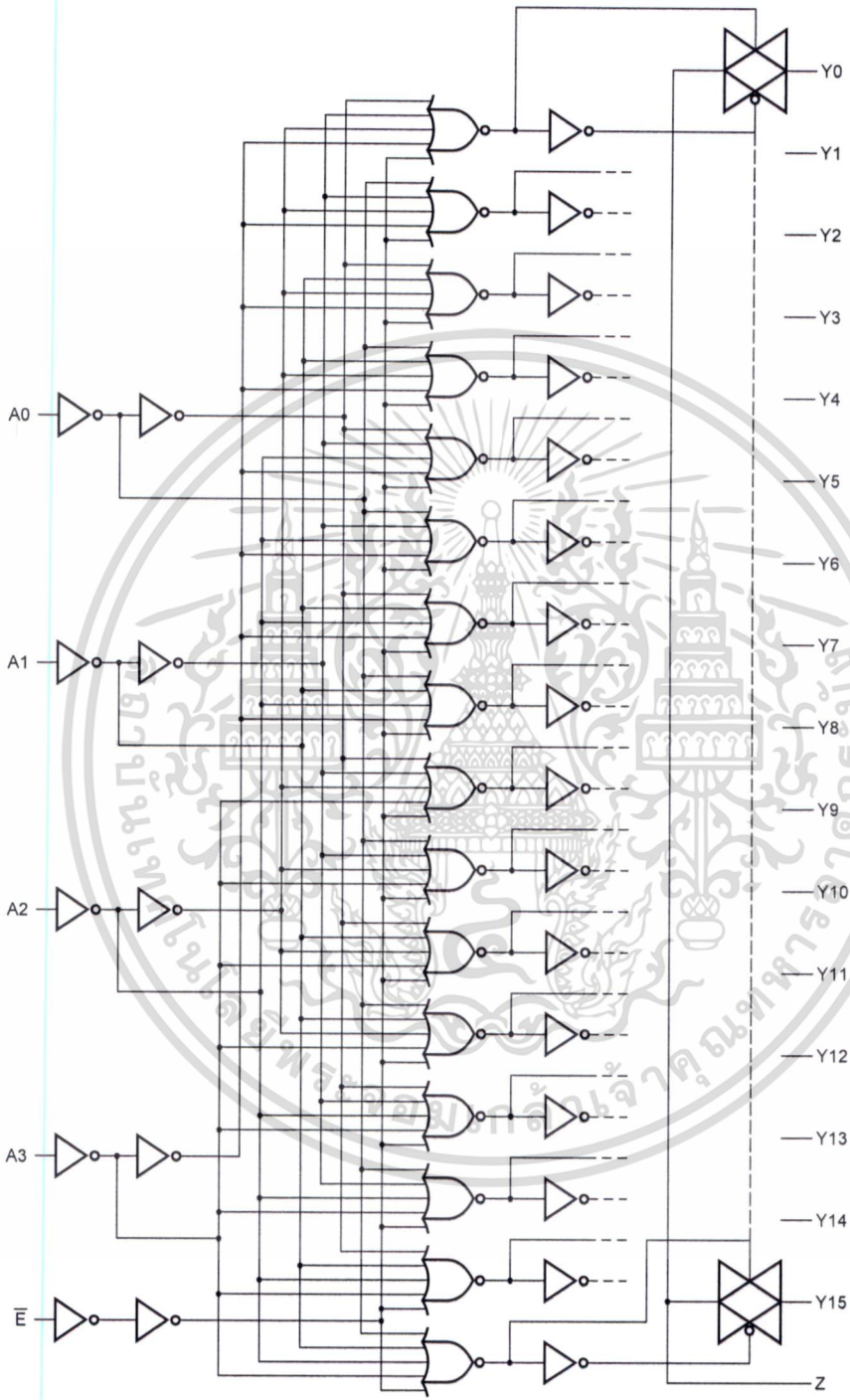


Fig 2. Schematic diagram (one switch)



001aag125

Fig 3. Logic diagram

6. Pinning information

6.1 Pinning

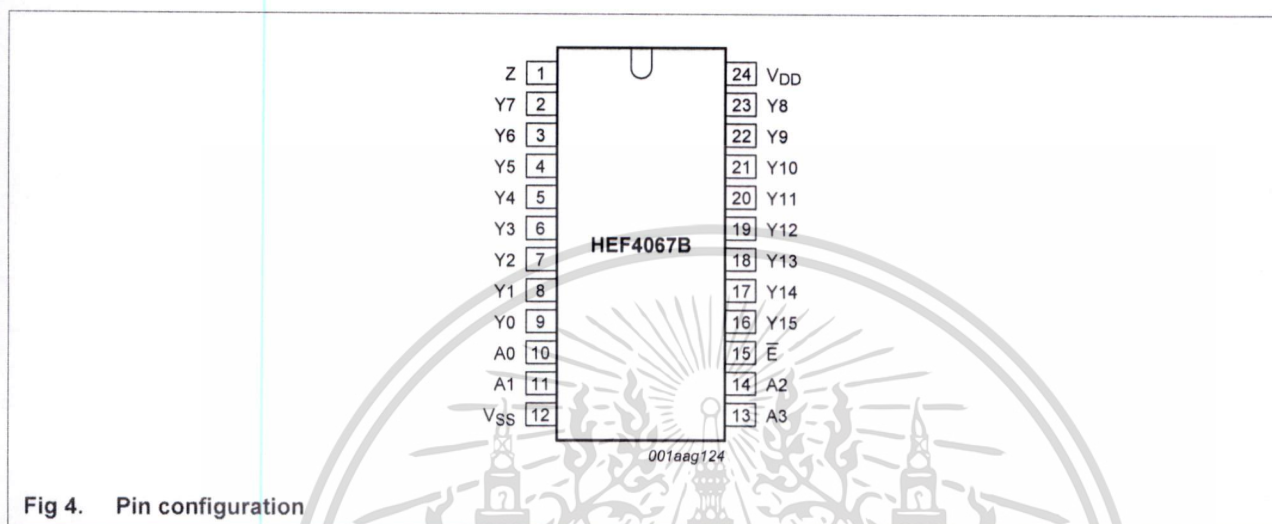


Fig 4. Pin configuration

6.2 Pin description

Table 2. Pin description

Symbol	Pin	Description
Z	1	common input/output
Y0 to Y15	9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 23, 22, 21, 20, 19, 18, 17, 16	independent input/output
A0 to A3	10, 11, 14, 13	address input
V _{ss}	12	ground (0 V)
\bar{E}	15	enable input (active LOW)
V _{DD}	24	supply voltage

7. Functional description

Table 3. Function table^[1]

Control	Address					Channel ON
	A3	A2	A1	A0		
\bar{E}						
L	L	L	L	L	L	Y0 = Z
L	L	L	L	H	H	Y1 = Z
L	L	L	H	L	L	Y2 = Z
L	L	L	H	H	H	Y3 = Z
L	L	H	L	L	L	Y4 = Z
L	L	H	L	H	H	Y5 = Z
L	L	H	H	L	L	Y6 = Z
L	L	H	H	H	H	Y7 = Z
L	H	L	L	L	L	Y8 = Z
L	H	L	L	H	H	Y9 = Z
L	H	L	H	L	L	Y10 = Z
L	H	L	H	H	H	Y11 = Z
L	H	H	L	L	L	Y12 = Z
L	H	H	L	H	H	Y13 = Z
L	H	H	H	L	L	Y14 = Z
L	H	H	H	H	H	Y15 = Z
H	X	X	X	X	X	none

[1] H = HIGH voltage level; L = LOW voltage level; X = don't care.

8. Limiting values

Table 4. Limiting values

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134). Voltages are referenced to $V_{SS} = 0$ V (ground).

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Max	Unit
V_{DD}	supply voltage		-0.5	+18	V
I_{IK}	input clamping current	pins An and \bar{E} ; $V_I < -0.5$ V or $V_I > V_{DD} + 0.5$ V	-	±10	mA
V_I	input voltage		-0.5	$V_{DD} + 0.5$	V
$I_{I/O}$	input/output current		^[1] -	±10	mA
I_{DD}	supply current		-	50	mA
T_{stg}	storage temperature		-65	+150	°C
T_{amb}	ambient temperature		-40	+85	°C

Table 4. Limiting values ...continued

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134). Voltages are referenced to $V_{SS} = 0\text{ V}$ (ground).

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Max	Unit
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} = -40\text{ °C}$ to $+125\text{ °C}$			
		DIP24	[2] -	750	mW
		SO24	[3] -	500	mW
P	power dissipation	per output	-	100	mW

[1] To avoid drawing V_{DD} current out of terminal Z, when switch current flows into terminals Y_n , the voltage drop across the bidirectional switch must not exceed 0.4 V. If the switch current flows into terminal Z, no V_{DD} current will flow out of terminals Y_n , in this case there is no limit for the voltage drop across the switch, but the voltages at Y and Z may not exceed V_{DD} or V_{SS} .

[2] For DIP24 packages: above $T_{amb} = 70\text{ °C}$, P_{tot} derates linearly at 12 mW/K.

[3] For SO24 packages: above $T_{amb} = 70\text{ °C}$, P_{tot} derates linearly at 8 mW/K.

9. Recommended operating conditions

Table 5. Recommended operating conditions

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
V_{DD}	supply voltage		3	-	15	V
V_I	input voltage		0	-	V_{DD}	V
T_{amb}	ambient temperature	in free air	-40	-	+85	°C
$\Delta t/\Delta V$	input transition rise and fall rate	$V_{DD} = 5\text{ V}$	-	-	3.75	$\mu\text{s/V}$
		$V_{DD} = 10\text{ V}$	-	-	0.5	$\mu\text{s/V}$
		$V_{DD} = 15\text{ V}$	-	-	0.08	$\mu\text{s/V}$

10. Static characteristics

Table 6. Static characteristics

$V_{SS} = 0\text{ V}$; $V_I = V_{SS}$ or V_{DD} ; unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	V_{DD}	$T_{amb} = -40\text{ °C}$		$T_{amb} = +25\text{ °C}$		$T_{amb} = +85\text{ °C}$		Unit
				Min	Max	Min	Max	Min	Max	
V_{IL}	LOW-level input voltage	$ I_O < 1\ \mu\text{A}$								
		$V_O = 0.5\text{ V}$ or 4.5 V	5 V	-	1	-	1	-	1	V
		$V_O = 1.0\text{ V}$ or 9.0 V	10 V	-	2	-	2	-	2	V
		$V_O = 1.5\text{ V}$ or 13.5 V	15 V	-	2.5	-	2.5	-	2.5	V
V_{IH}	HIGH-level input voltage	$ I_O < 1\ \mu\text{A}$								
		$V_O = 0.5\text{ V}$ or 4.5 V	5 V	4	-	4	-	4	-	V
		$V_O = 1.0\text{ V}$ or 9.0 V	10 V	8	-	8	-	8	-	V
		$V_O = 1.5\text{ V}$ or 13.5 V	15 V	12.5	-	12.5	-	12.5	-	V
I_I	input leakage current	$V_I = 0\text{ V}$ or 15 V	15 V	-	± 0.3	-	± 0.3	-	± 1.0	μA
I_{oz}	OFF-state output current	output at V_{DD}	15 V	-	1.6	-	1.6	-	12.0	μA
		output at V_{SS}	15 V	-	-1.6	-	-1.6	-	-12.0	μA

Table 6. Static characteristics ...continued
 $V_{SS} = 0\text{ V}$; $V_I = V_{SS}$ or V_{DD} ; unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	V _{DD}	T _{amb} = -40 °C		T _{amb} = +25 °C		T _{amb} = +85 °C		Unit
				Min	Max	Min	Max	Min	Max	
I _{S(OFF)}	OFF-state leakage current	Z port; all channels OFF; see Figure 5	15 V	-	-	-	1000	-	-	nA
		Y _n port; per channel; see Figure 6	15 V	-	-	-	200	-	-	nA
I _{DD}	supply current	all valid input combinations; I _O = 0 A	5 V	-	20	-	20	-	150	μA
			10 V	-	40	-	40	-	300	μA
			15 V	-	80	-	80	-	600	μA
C _I	input capacitance	digital inputs	15 V	-	-	-	7.5	-	-	pF

10.1 Test circuits

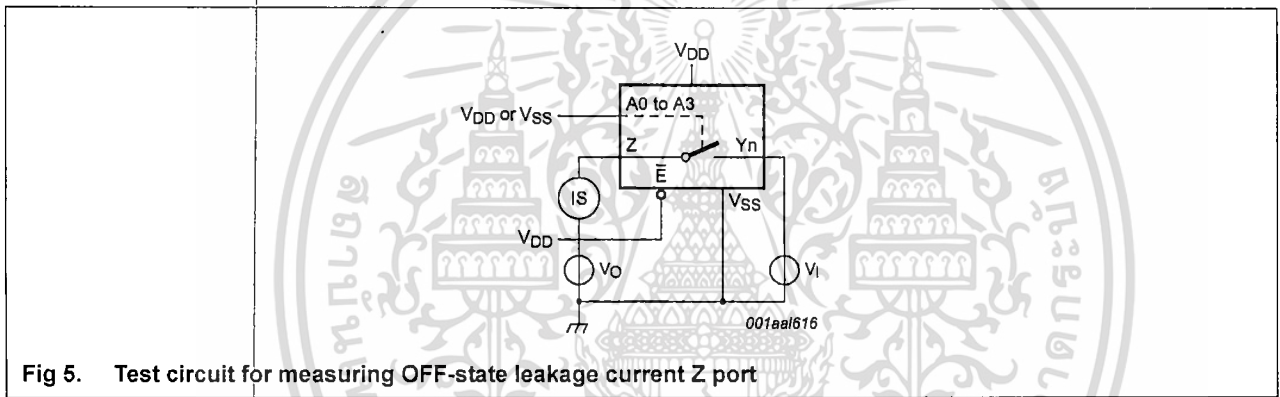


Fig 5. Test circuit for measuring OFF-state leakage current Z port

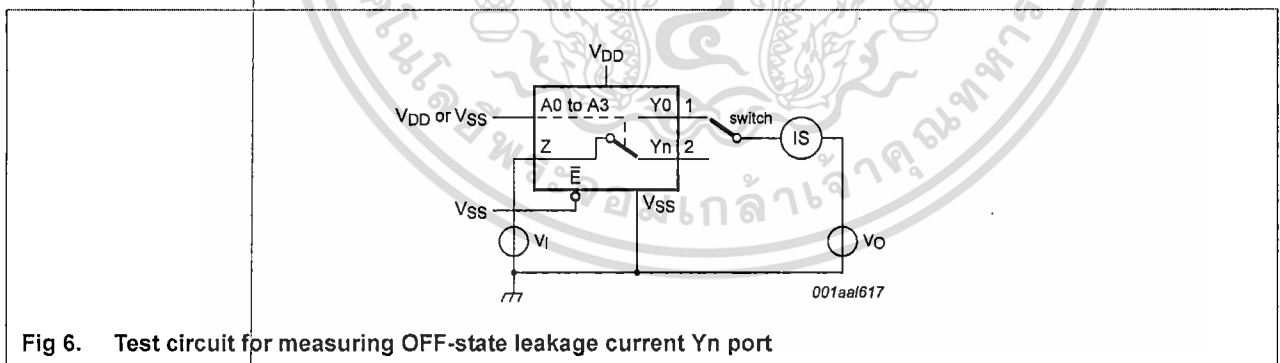


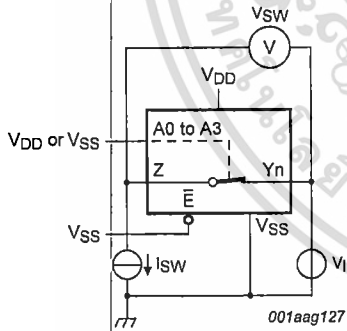
Fig 6. Test circuit for measuring OFF-state leakage current Y_n port

10.2 On resistance

Table 7. ON resistance
 $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $I_{SW} = 200\text{ }\mu\text{A}$; $V_{SS} = 0\text{ V}$.

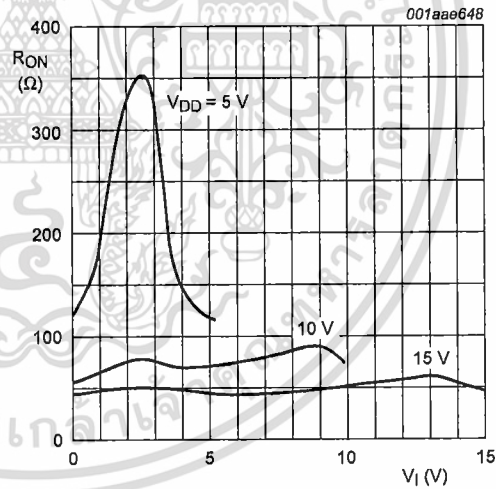
Symbol	Parameter	Conditions	V _{DD}	Typ	Max	Unit
R _{ON(peak)}	ON resistance (peak)	V _I = 0 V to V _{DD} ; see Figure 7 and Figure 8	5 V	350	2500	Ω
			10 V	80	245	Ω
			15 V	60	175	Ω
R _{ON(rail)}	ON resistance (rail)	V _I = 0 V; see Figure 7 and Figure 8	5 V	115	340	Ω
			10 V	50	160	Ω
			15 V	40	115	Ω
		V _I = V _{DD} ; see Figure 7 and Figure 8	5 V	120	365	Ω
			10 V	65	200	Ω
			15 V	50	155	Ω
ΔR _{ON}	ON resistance mismatch between channels	V _I = 0 V to V _{DD} ; see Figure 7	5 V	25	-	Ω
			10 V	10	-	Ω
			15 V	5	-	Ω

10.2.1 On resistance waveform and test circuit



$R_{ON} = V_{SW} / I_{SW}$.

Fig 7. Test circuit for measuring R_{ON}



$I_{is} = 200\text{ }\mu\text{A}$; $V_{SS} = 0\text{ V}$.

Fig 8. Typical R_{ON} as a function of input voltage

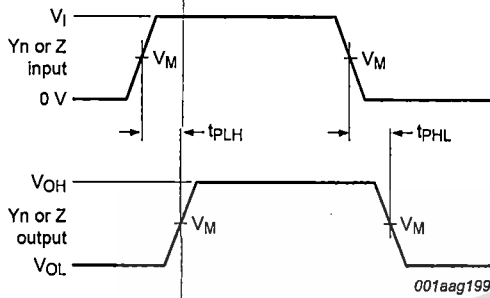
11. Dynamic characteristics

Table 8. Dynamic characteristics

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$; $V_{SS} = 0\text{ V}$; for test circuit see Figure 12.

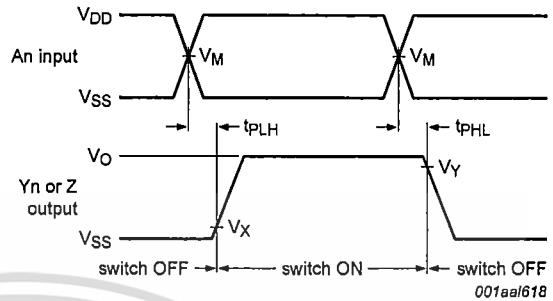
Symbol	Parameter	Conditions	V_{DD}	Min	Typ	Max	Unit
t_{PHL}	HIGH to LOW propagation delay	Y_n, Z to Z, Y_n ; see Figure 9	5 V	-	30	60	ns
			10 V	-	15	25	ns
			15 V	-	10	20	ns
		An to Y_n, Z ; see Figure 10	5 V	-	190	380	ns
			10 V	-	70	145	ns
			15 V	-	50	100	ns
t_{PLH}	LOW to HIGH propagation delay	Y_n, Z to Z, Y_n ; see Figure 9	5 V	-	25	50	ns
			10 V	-	10	20	ns
			15 V	-	10	20	ns
		An to Y_n, Z ; see Figure 10	5 V	-	175	345	ns
			10 V	-	70	140	ns
			15 V	-	50	100	ns
t_{PHZ}	HIGH to OFF-state propagation delay	\bar{E} to Y_n, Z ; see Figure 11	5 V	-	195	385	ns
			10 V	-	140	280	ns
			15 V	-	130	260	ns
t_{PLZ}	LOW to OFF-state propagation delay	\bar{E} to Y_n, Z ; see Figure 11	5 V	-	215	435	ns
			10 V	-	180	355	ns
			15 V	-	170	340	ns
t_{PZH}	OFF-state to HIGH propagation delay	\bar{E} to Y_n, Z ; see Figure 11	5 V	-	155	315	ns
			10 V	-	70	135	ns
			15 V	-	50	100	ns
t_{PZL}	OFF-state to LOW propagation delay	\bar{E} to Y_n, Z ; see Figure 11	5 V	-	170	340	ns
			10 V	-	70	140	ns
			15 V	-	50	100	ns

11.1 Waveforms and test circuit



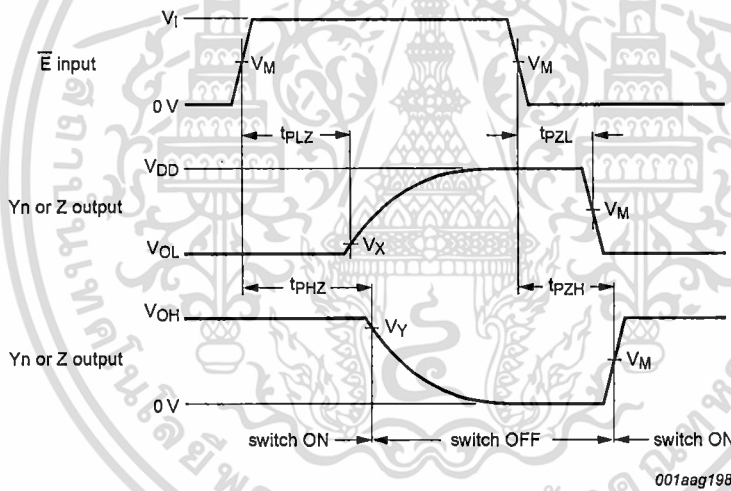
Measurement points are given in Table 9.
 V_{OL} and V_{OH} are typical output voltage levels that occur with the output load.

Fig 9. Y_n, Z to Z, Y_n propagation delays



Measurement points are given in Table 9.

Fig 10. S_n to Y_n, Z propagation delays

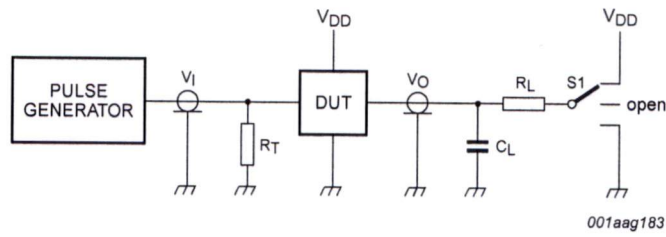


Measurement points are shown in Table 9.
 V_{OL} and V_{OH} are typical output voltage levels that occur with the output load.

Fig 11. Enable and disable times

Table 9. Measurement points

Supply voltage	Input		Output		
	V_M	V_I	V_M	V_X	V_Y
V_{CC} 5 V to 15 V	$0.5V_{DD}$	GND to V_{DD}	$0.5V_{DD}$	10%	90%



Test data is given in Table 10.

Definitions test circuit:

R_T = termination resistance should be equal to output impedance Z_o of the pulse generator

C_L = load capacitance including jig and probe capacitance

R_L = load resistor

S1 = test selection switch

Fig 12. Test circuit for measuring switching times

Table 10. Test data

Input		Load			S1 position					
Y_n, Z	An and E	t_r, t_f	V_M	C_L	R_L	t_{PHL} [1]	t_{PLH}	t_{PZH}, t_{PHZ}	t_{PZL}, t_{PLZ}	other
V_{DD} or V_{SS}	V_{DD} or V_{SS}	≤ 20 ns	$0.5V_{DD}$	50 pF	10 k Ω	V_{DD} or V_{SS}	V_{SS}	V_{SS}	V_{DD}	V_{SS}

[1] For Y_n to Z or Z to Y_n propagation delays use V_{SS} . For An or to Y_n or Z propagation delays use V_{DD} .

11.2 Additional dynamic parameters

Table 11. Additional dynamic characteristics

$V_{SS} = 0\text{ V}$; $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Symbol	Parameter	Conditions	V_{DD}	Typ	Max	Unit
THD	total harmonic distortion	see Figure 13; $R_L = 10\text{ k}\Omega$; $C_L = 15\text{ pF}$; channel ON; $V_I = 0.5V_{DD}$ (p-p); $f_i = 1\text{ kHz}$	5 V	[1] 0.25	-	%
			10 V	[1] 0.04	-	%
			15 V	[1] 0.04	-	%
$f_{(-3dB)}$	-3 dB frequency response	see Figure 14; $R_L = 1\text{ k}\Omega$; $C_L = 5\text{ pF}$; channel ON; $V_I = 0.5V_{DD}$ (p-p)	5 V	[1] 13	-	MHz
			10 V	[1] 40	-	MHz
			15 V	[1] 70	-	MHz
α_{iso}	isolation (OFF-state)	see Figure 15; $f_i = 1\text{ MHz}$; $R_L = 1\text{ k}\Omega$; $C_L = 5\text{ pF}$; channel OFF; $V_I = 0.5V_{DD}$ (p-p)	10 V	[1] -50	-	dB
V_{ct}	crosstalk voltage	digital inputs to switch; see Figure 16; $R_L = 10\text{ k}\Omega$; $C_L = 15\text{ pF}$; \bar{E} or $A_n = V_{DD}$ (square-wave)	10 V	50	-	mV
Xtalk	crosstalk	between switches; see Figure 17; $f_i = 1\text{ MHz}$; $R_L = 1\text{ k}\Omega$; $V_I = 0.5V_{DD}$ (p-p)	10 V	[1] -50	-	dB

[1] f_i is biased at $0.5 V_{DD}$; $V_I = 0.5V_{DD}$ (p-p).

Table 12. Dynamic power dissipation P_D

P_D can be calculated from the formulas shown; $V_{SS} = 0\text{ V}$; $t_r = t_f \leq 20\text{ ns}$; $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Symbol	Parameter	V_{DD}	Typical formula for P_D (μW)	where:
P_D	dynamic power dissipation	5 V	$P_D = 1000 \times f_i + \Sigma(f_o \times C_L) \times V_{DD}^2$	f_i = input frequency in MHz;
		10 V	$P_D = 5500 \times f_i + \Sigma(f_o \times C_L) \times V_{DD}^2$	f_o = output frequency in MHz;
		15 V	$P_D = 15000 \times f_i + \Sigma(f_o \times C_L) \times V_{DD}^2$	C_L = output load capacitance in pF;
				V_{DD} = supply voltage in V;
				$\Sigma(C_L \times f_o)$ = sum of the outputs.

11.2.1 Test circuits

Fig 13. Test circuit for measuring total harmonic distortion

Fig 14. Test circuit for measuring frequency response

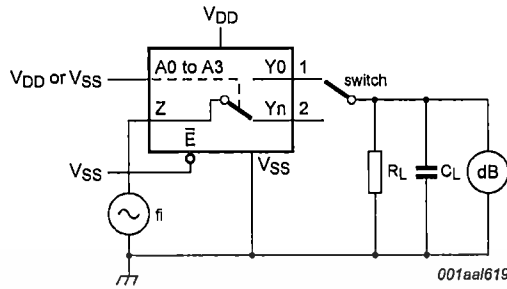
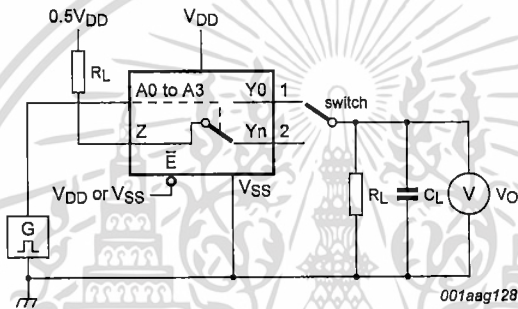
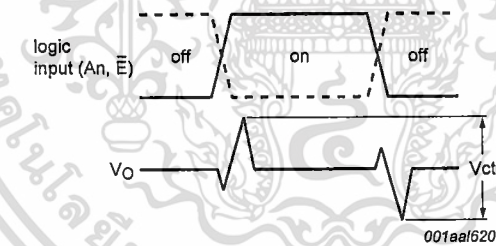


Fig 15. Test circuit for measuring isolation (OFF-state)

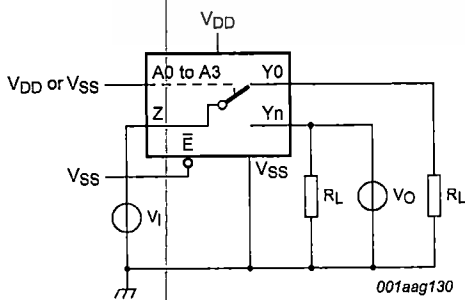


a. Test circuit

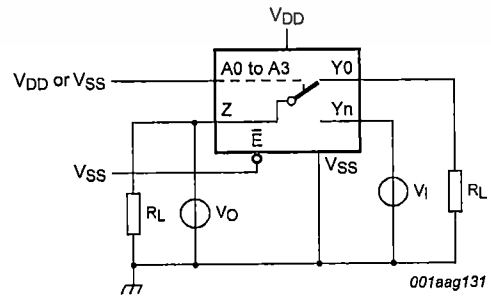


b. Input and output pulse definitions

Fig 16. Test circuit for measuring crosstalk voltage between digital inputs and switch



a. Switch closed condition



b. Switch open condition

Fig 17. Test circuit for measuring crosstalk between switches

12. Package outline

DIP24: plastic dual in-line package; 24 leads (600 mil)

SOT101-1

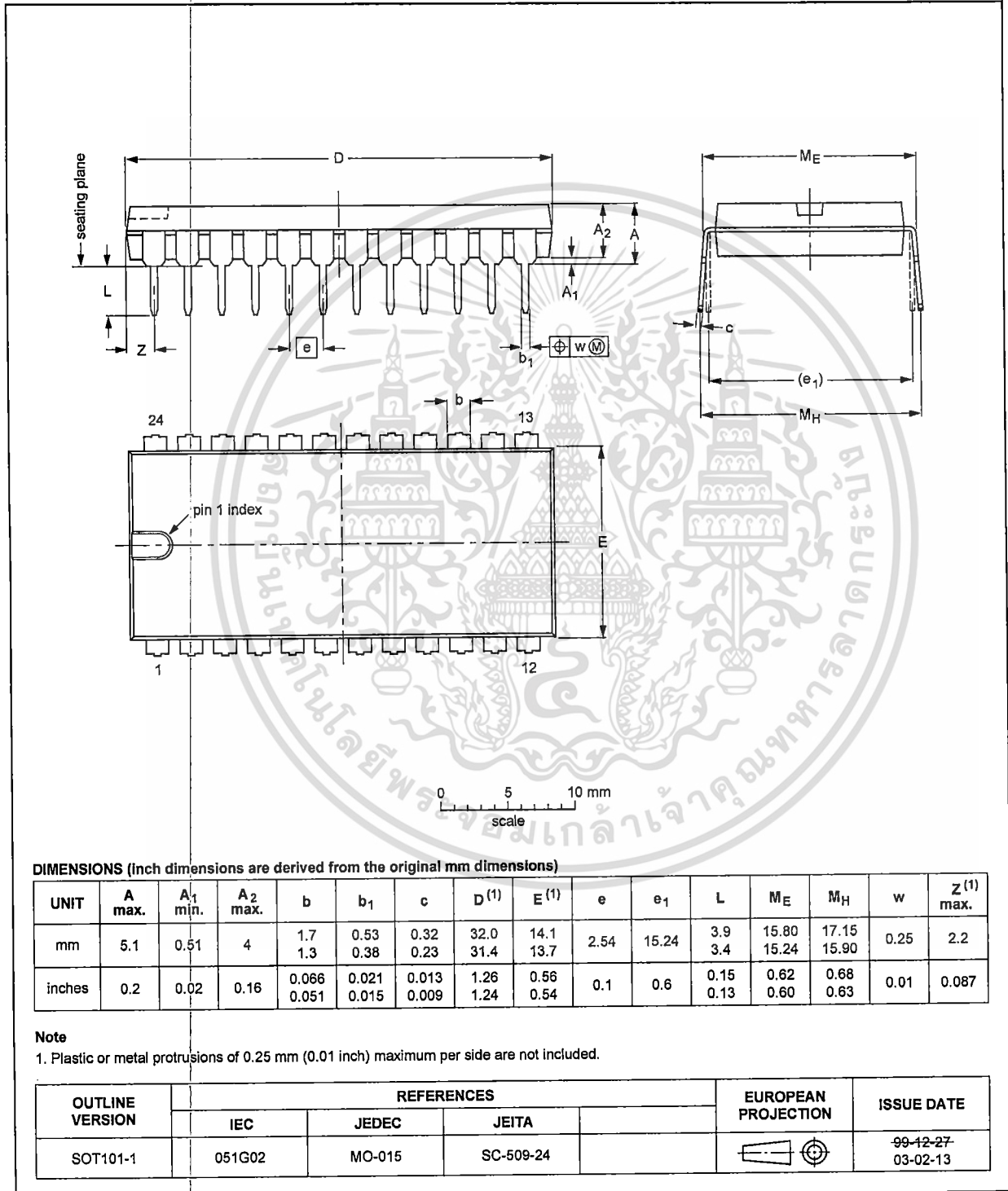


Fig 18. Package outline SOT101-1 (DIP24)

SO24: plastic small outline package; 24 leads; body width 7.5 mm

SOT137-1

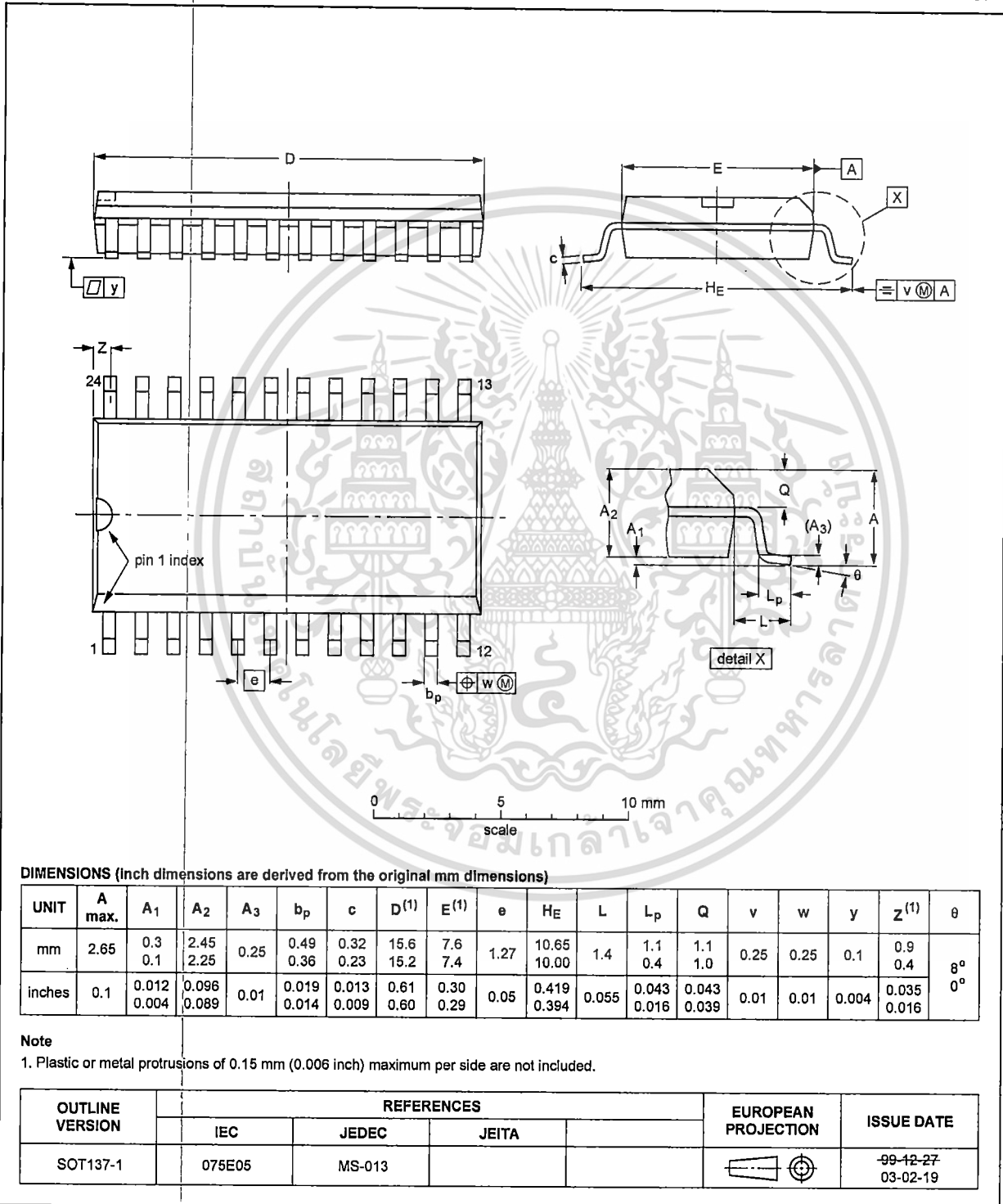


Fig 19. Package outline SOT137-1 (SO24)

13. Abbreviations

Table 13. Abbreviations

Acronym	Description
DUT	Device Under Test

14. Revision history

Table 14. Revision history

Document ID	Release date	Data sheet status	Change notice	Supersedes
HEF4067B v.6	20111116	Product data sheet	-	HEF4067B v.5
Modifications:		<ul style="list-style-type: none"> Legal pages updated. Changes in "General description", "Features and benefits" and "Applications". 		
HEF4067B v.5	20100325	Product data sheet	-	HEF4067B v.4
HEF4067B v.4	20100308	Product data sheet	-	HEF4067B_CNV v.3
HEF4067B_CNV v.3	19950101	Product specification	-	HEF4067B_CNV v.2
HEF4067B_CNV v.2	19950101	Product specification	-	-



15. Legal information

15.1 Data sheet status

Document status ^{[1][2]}	Product status ^[3]	Definition
Objective [short] data sheet	Development	This document contains data from the objective specification for product development.
Preliminary [short] data sheet	Qualification	This document contains data from the preliminary specification.
Product [short] data sheet	Production	This document contains the product specification.

[1] Please consult the most recently issued document before initiating or completing a design.

[2] The term 'short data sheet' is explained in section "Definitions".

[3] The product status of device(s) described in this document may have changed since this document was published and may differ in case of multiple devices. The latest product status information is available on the internet at URL <http://www.nxp.com>.

15.2 Definitions

Draft — The document is a draft version only. The content is still under internal review and subject to formal approval, which may result in modifications or additions. NXP Semiconductors does not give any representations or warranties as to the accuracy or completeness of information included herein and shall have no liability for the consequences of use of such information.

Short data sheet — A short data sheet is an extract from a full data sheet with the same product type number(s) and title. A short data sheet is intended for quick reference only and should not be relied upon to contain detailed and full information. For detailed and full information see the relevant full data sheet, which is available on request via the local NXP Semiconductors sales office. In case of any inconsistency or conflict with the short data sheet, the full data sheet shall prevail.

Product specification — The information and data provided in a Product data sheet shall define the specification of the product as agreed between NXP Semiconductors and its customer, unless NXP Semiconductors and customer have explicitly agreed otherwise in writing. In no event however, shall an agreement be valid in which the NXP Semiconductors product is deemed to offer functions and qualities beyond those described in the Product data sheet.

malfunction of an NXP Semiconductors product can reasonably be expected to result in personal injury, death or severe property or environmental damage. NXP Semiconductors accepts no liability for inclusion and/or use of NXP Semiconductors products in such equipment or applications and therefore such inclusion and/or use is at the customer's own risk.

Applications — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. NXP Semiconductors makes no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

Customers are responsible for the design and operation of their applications and products using NXP Semiconductors products, and NXP Semiconductors accepts no liability for any assistance with applications or customer product design. It is customer's sole responsibility to determine whether the NXP Semiconductors product is suitable and fit for the customer's applications and products planned, as well as for the planned application and use of customer's third party customer(s). Customers should provide appropriate design and operating safeguards to minimize the risks associated with their applications and products.

NXP Semiconductors does not accept any liability related to any default, damage, costs or problem which is based on any weakness or default in the customer's applications or products, or the application or use by customer's third party customer(s). Customer is responsible for doing all necessary testing for the customer's applications and products using NXP Semiconductors products in order to avoid a default of the applications and the products or of the application or use by customer's third party customer(s). NXP does not accept any liability in this respect.

15.3 Disclaimers

Limited warranty and liability — Information in this document is believed to be accurate and reliable. However, NXP Semiconductors does not give any representations or warranties, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of such information and shall have no liability for the consequences of use of such information.

In no event shall NXP Semiconductors be liable for any indirect, incidental, punitive, special or consequential damages (including - without limitation - lost profits, lost savings, business interruption, costs related to the removal or replacement of any products or rework charges) whether or not such damages are based on tort (including negligence), warranty, breach of contract or any other legal theory.

Notwithstanding any damages that customer might incur for any reason whatsoever, NXP Semiconductors' aggregate and cumulative liability towards customer for the products described herein shall be limited in accordance with the *Terms and conditions of commercial sale* of NXP Semiconductors.

Right to make changes — NXP Semiconductors reserves the right to make changes to information published in this document, including without limitation specifications and product descriptions, at any time and without notice. This document supersedes and replaces all information supplied prior to the publication hereof.

Suitability for use — NXP Semiconductors products are not designed, authorized or warranted to be suitable for use in life support, life-critical or safety-critical systems or equipment, nor in applications where failure or

Limiting values — Stress above one or more limiting values (as defined in the Absolute Maximum Ratings System of IEC 60134) will cause permanent damage to the device. Limiting values are stress ratings only and (proper) operation of the device at these or any other conditions above those given in the Recommended operating conditions section (if present) or the Characteristics sections of this document is not warranted. Constant or repeated exposure to limiting values will permanently and irreversibly affect the quality and reliability of the device.

Terms and conditions of commercial sale — NXP Semiconductors products are sold subject to the general terms and conditions of commercial sale, as published at <http://www.nxp.com/profile/terms>, unless otherwise agreed in a valid written individual agreement. In case an individual agreement is concluded only the terms and conditions of the respective agreement shall apply. NXP Semiconductors hereby expressly objects to applying the customer's general terms and conditions with regard to the purchase of NXP Semiconductors products by customer.

No offer to sell or license — Nothing in this document may be interpreted or construed as an offer to sell products that is open for acceptance or the grant, conveyance or implication of any license under any copyrights, patents or other industrial or intellectual property rights.

Export control — This document as well as the item(s) described herein may be subject to export control regulations. Export might require a prior authorization from competent authorities.

Non-automotive qualified products — Unless this data sheet expressly states that this specific NXP Semiconductors product is automotive qualified, the product is not suitable for automotive use. It is neither qualified nor tested in accordance with automotive testing or application requirements. NXP Semiconductors accepts no liability for inclusion and/or use of non-automotive qualified products in automotive equipment or applications.

In the event that customer uses the product for design-in and use in automotive applications to automotive specifications and standards, customer (a) shall use the product without NXP Semiconductors' warranty of the product for such automotive applications, use and specifications, and (b) whenever customer uses the product for automotive applications beyond

NXP Semiconductors' specifications such use shall be solely at customer's own risk, and (c) customer fully indemnifies NXP Semiconductors for any liability, damages or failed product claims resulting from customer design and use of the product for automotive applications beyond NXP Semiconductors' standard warranty and NXP Semiconductors' product specifications.

15.4 Trademarks

Notice: All referenced brands, product names, service names and trademarks are the property of their respective owners.

16. Contact information

For more information, please visit: <http://www.nxp.com>

For sales office addresses, please send an email to: salesaddresses@nxp.com



17. Contents

1	General description	1
2	Features and benefits	1
3	Applications	1
4	Ordering information	1
5	Functional diagram	2
6	Pinning information	4
6.1	Pinning	4
6.2	Pin description	4
7	Functional description	5
8	Limiting values	5
9	Recommended operating conditions	6
10	Static characteristics	6
10.1	Test circuits	7
10.2	On resistance	8
10.2.1	On resistance waveform and test circuit	8
11	Dynamic characteristics	9
11.1	Waveforms and test circuit	10
11.2	Additional dynamic parameters	12
11.2.1	Test circuits	12
12	Package outline	14
13	Abbreviations	16
14	Revision history	16
15	Legal information	17
15.1	Data sheet status	17
15.2	Definitions	17
15.3	Disclaimers	17
15.4	Trademarks	18
16	Contact information	18
17	Contents	19



Please be aware that important notices concerning this document and the product(s) described herein, have been included in section 'Legal information'.

© NXP B.V. 2011.

All rights reserved.

For more information, please visit: <http://www.nxp.com>

For sales office addresses, please send an email to: salesaddresses@nxp.com

Date of release: 16 November 2011

Document identifier: HEF4067B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้หรือเผยแพร่ในวงกว้าง
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน	นายณัฐพล ว่องไว
สถานที่เกิด	จังหวัดสงขลา
ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนหาดใหญ่อำนวยวิทย์ จังหวัดสงขลา
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
วุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิศวกรรมไฟฟ้า-โทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล รัตนบุรี
ประสบการณ์ทำงาน	ปี 2548 ผู้ช่วยวิจัย คณะวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2548 – 2552 Engineer บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) ปี 2552 – ปัจจุบัน Senior Engineer บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้