

บทที่ 4

การทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงสมรรถนะ ระหว่างแบตเตอรี่ที่ใช้ตามปกติกับแบตเตอรี่ที่ใช้วงจรพัลส์จัดผลึกซัลเฟต ภายใต้เงื่อนไขที่ควบคุมอัตราการประจุและกำลังการจ่ายโหลดที่เท่ากัน โดยใช้ค่าเวลาที่จ่ายโหลด, พลังงาน, ความถ่วงจำเพาะของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ และ CCA. เป็นเครื่องมือในการวัดผล

4.2 การทดลองด้วยแบตเตอรี่ที่ยังไม่ใช้งาน

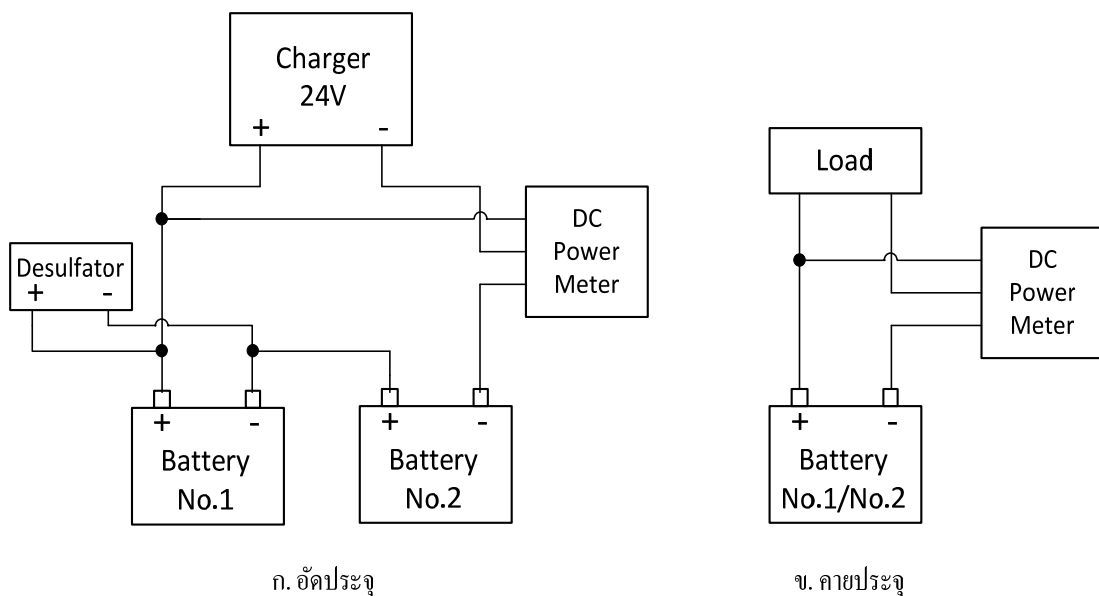
อุปกรณ์ที่ใช้

1. แบตเตอรี่ทดสอบหมายเลข 1, หมายเลข 2 ขนาด 12V. 32 Ah (แบตเตอรี่ที่ยังไม่เคยใช้งาน)
2. DC Power Meter LEOS รุ่น DC2-B41
3. นาฬิกาจับเวลา
4. Hydro-Meter สำหรับแบตเตอรี่
5. Relay 12V. 30A
6. วงจรสร้างพัลส์
7. หลอดไฟ 12V. 90W. (ใช้สำหรับเป็น โหลด)
8. เครื่องชาร์จแบตเตอรี่
9. เครื่องวัด CCA

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ใช้วงจรสร้างพัลส์ต่อเข้ากับแบตเตอรี่หมายเลข 1 จากนั้นนำแบตเตอรี่หมายเลข 1 และ 2 ต่อวงจรกับอุปกรณ์ตามภาพที่ 4.1(ก.) ปรับเครื่องชาร์จจ่ายแรงดันชาร์จ 24V
2. ปรับกระแสชาร์จระดับสูงสุดตั้งเวลาชาร์จรอบละ 3 ชั่วโมงเมื่อชาร์จเต็มแล้ว ให้ทิ้งไว้ 60 นาที
3. วัดแรงดัน Open Circuit, CCA, ความถ่วงจำเพาะ (Gravity) แล้วจดบันทึกลงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ในช่วงช่วงอัดประจุ

4. ต่อวงจรตามภาพที่ 4.1(ข.)จ่ายโหลดด้วยหลอดไฟขนาด 12V. 90W. ทำเป็น 2 ชุด ชุดละ 3 หลอด ให้แบตเตอรี่หมายเลข 1 และ 2 ตั้งค่าแรงดัน cut-off โหลดที่แรงดัน 11.0V. จับเวลา ตั้งแต่เริ่มจ่ายโหลดจน Relay ตั้ง cut-off
5. บันทึกผลค่าเวลา, kW-h, ความถ่วงจำเพาะ(Gravity)ลงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ในช่วงช่วงคายประจุ แล้วทำซ้ำรอบต่อไปโดยสลับชุดโหลดระหว่างแบตเตอรี่ทั้ง 2 ลูก



ภาพที่ 4.1 การต่อวงจรการทดลองด้วยแบตเตอรี่ที่ยังไม่ใช้งาน

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลองแบตเตอรี่หมายเลข 1

รอบ	ช่วงอัดประจุ			ช่วงคายประจุ				
	ความถ่วงจำเพาะ	แรงดัน (V)	CCA	ความถ่วงจำเพาะ	กระแส (Amp)	แรงดัน (V)	เวลา (นาที)	kW-h
1	1.269	12.64	285	1.142	17.56	12.13	86	0.20
2	1.161	12.92	268	1.143	17.75	12.14	72	0.40
3	1.161	12.92	268	1.143	17.24	12.13	75	0.50
4	1.159	12.90	265	1.143	17.20	12.18	73	0.70

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รอบ	ช่วงอัดประจุ			ช่วงคายประจุ				
	ความ ถ่วงจำเพาะ	แรงดัน (V)	CCA	ความ ถ่วงจำเพาะ	กระแส (Amp)	แรงดัน (V)	เวลา (นาที)	kW-h
5	1.157	12.91	262	1.143	17.25	12.10	76	0.90
6	1.156	12.92	268	1.142	17.85	12.25	72	1.00
7	1.153	12.93	266	1.141	17.42	12.40	74	1.20
8	1.152	12.81	268	1.140	17.59	12.47	77	1.40
9	1.153	12.87	268	1.140	17.34	12.41	72	1.50
10	1.152	12.66	267	1.141	17.62	12.25	71	1.70
11	1.152	12.71	268	1.141	17.77	12.34	72	1.90
12	1.152	12.69	268	1.138	17.87	12.25	75	2.00
13	1.153	12.65	262	1.140	17.68	12.50	74	2.20
14	1.152	12.72	265	1.141	17.90	12.28	69	2.40
15	1.153	12.88	268	1.136	17.82	12.55	73	2.50
16	1.152	12.52	267	1.140	17.85	12.26	70	2.70
17	1.152	12.42	264	1.143	17.71	12.31	72	2.90
18	1.156	12.92	260	1.142	17.95	12.22	74	3.00
19	1.155	12.52	266	1.138	17.63	12.29	71	3.20
20	1.155	12.01	267	1.135	17.62	12.35	74	3.30

ตารางที่ 4.1 แสดงรอบการทดลอง 20 รอบ ที่ทำการบันทึกค่าความถ่วงจำเพาะ, แรงดัน, CCA. ของการอัดประจุและบันทึกเวลาที่จ่ายโหลด, พลังงานเป็น kW-h เพื่อใช้วัดผลการทดลองของแบตเตอรี่หมายเลข 1

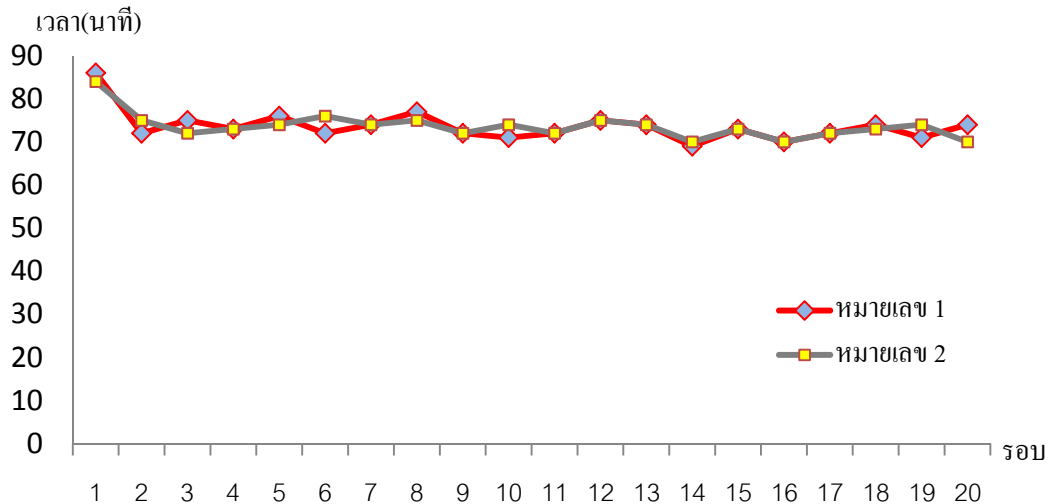
ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการทดลองแบตเตอรี่หมายเลข 2

รอบ	ช่วงอัดประจุ			ช่วงคายประจุ				
	ความ ถ่วงจำเพาะ	แรงดัน (V)	CCA	ความ ถ่วงจำเพาะ	กระแส (Amp)	แรงดัน (V)	เวลา (นาที)	kW-h
1	1.268	12.64	280	1.141	17.56	12.13	84	0.20
2	1.159	13.03	251	1.144	17.75	12.18	75	0.40
3	1.161	13.00	268	1.143	17.24	12.10	72	0.50
4	1.160	12.95	268	1.143	17.20	12.25	73	0.70
5	1.157	12.94	266	1.143	17.25	12.40	74	0.90
6	1.159	12.98	268	1.142	17.85	12.41	76	1.00
7	1.155	12.93	269	1.141	17.42	12.41	74	1.20
8	1.153	12.81	269	1.140	17.59	12.41	75	1.40
9	1.153	12.87	270	1.140	17.34	12.43	72	1.50
10	1.152	12.69	271	1.141	17.62	12.44	74	1.70
11	1.153	12.71	267	1.141	17.77	12.45	72	1.90
12	1.152	12.69	271	1.138	17.87	12.32	75	2.00
13	1.153	12.65	260	1.140	17.68	12.40	74	2.10
14	1.153	12.72	259	1.141	17.90	12.39	70	2.30
15	1.153	12.88	262	1.136	17.82	12.32	73	2.50
16	1.152	12.55	268	1.140	17.85	12.41	70	2.60
17	1.152	12.56	270	1.143	17.71	12.33	72	2.80
18	1.156	12.42	265	1.142	17.95	12.38	73	3.00
19	1.153	12.20	257	1.138	17.63	12.42	74	3.10
20	1.152	12.01	263	1.135	17.62	12.22	70	3.30

ตารางที่ 4.2 แสดงรอบการทดลอง 20 รอบ ที่ทำการบันทึกค่าความถ่วงจำเพาะ, แรงดัน, CCA. ของการอัดประจุและบันทึกเวลาที่จ่ายโหลด, พลังงานเป็น kW-h เพื่อใช้วัดผลการทดลองของแบตเตอรี่หมายเลข 2

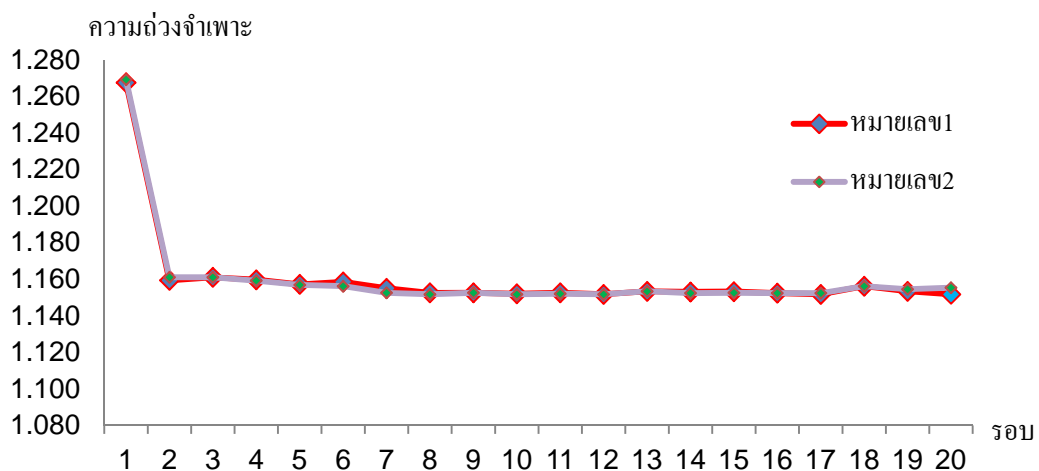
4.2.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลจากการทดลองเปรียบเทียบระหว่างแบตเตอรี่หมายเลข 1 ที่ใช้วงจรพัลส์กับหมายเลข 2 ที่ใช้ตามปกติ เมื่อนำค่าเวลาที่จ่ายโหลดได้จากตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 มาแสดงในรูปกราฟเส้นดังภาพที่ 4.2 ผลของเวลาของแบตเตอรี่ทั้งสองตั้งแต่รอบที่ 1 ถึงรอบที่ 20 ไม่มีความแตกต่าง



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของเวลาที่จ่ายโหลดแบตเตอรี่หมายเลข 1, 2 กับรอบที่ทำการทดลอง

และนำค่าความถ่วงจำเพาะของแบตเตอรี่หมายเลข 1 และ 2 กับรอบที่ทำการทดลองจากตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 มาแสดงในรูปกราฟเส้นดังภาพที่ 4.3 ลักษณะของกราฟคล้ายกันกับกราฟของเวลาที่จ่ายโหลดคือไม่นัยสำคัญของความแตกต่างในช่วง 20 รอบที่ทำการทดลอง



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ค่าความถ่วงจำเพาะแบตเตอรี่หมายเลข 1, 2 กับรอบที่ทำการทดลอง

เมื่อพิจารณาจากค่าที่ใช้วัดผลของการทดลองกรณีกับแบตเตอรี่ที่ยังไม่ใช้งานในบทสรุปของรอบการทดลองจำนวน 20 รอบยังไม่ปรากฏความแตกต่างในเชิงสมรรถนะแต่อย่างใด วิเคราะห์ได้ว่าเป็นไปตาม ทฤษฎีการการเกิดผลึกกำมะถันหรือฮาร์ดซัลเฟต ที่มักจะเกิดในลักษณะของการคายประจุเป็นระยะเวลานาน แล้วไม่ได้รับการอัดประจุให้เต็ม[2] ฉะนั้นหากต้องการผลการทดลองที่ชัดเจนจากแบตเตอรี่ที่ยังไม่ใช้งานจะต้องมีรอบการทดลองที่มากกว่านี้

4.3 การทดลองด้วยแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว

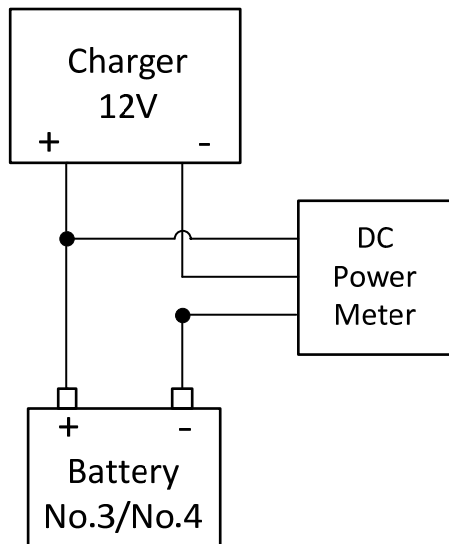
อุปกรณ์ที่ใช้

1. แบตเตอรี่ทดสอบหมายเลข 3 ขนาด 12V. 32 Ah อายุการใช้งาน 3 ปี 3 เดือน
2. แบตเตอรี่ทดสอบหมายเลข 4 ขนาด 12V. 32 Ah อายุการใช้งาน 2 ปี 6 เดือน
3. DC Power Meter LEOS รุ่น DC2-B41
4. นาฬิกาจับเวลา
5. Hydro-Meter สำหรับแบตเตอรี่
6. Relay 12V. 30A
7. วงจรสร้างพัลส์
8. หลอดไฟ 12V. 90W. (ใช้สำหรับเป็น โหลด)
9. เครื่องชาร์จแบตเตอรี่
10. เครื่องวัด CCA

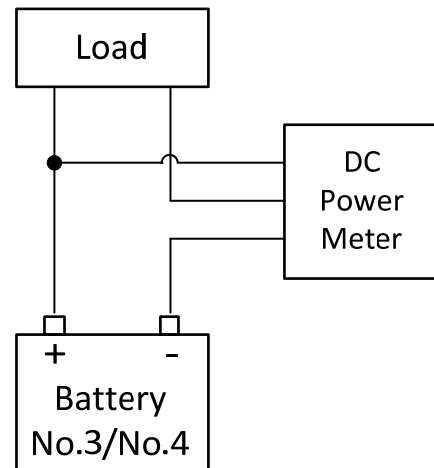
ขั้นตอนการทดลอง

1. นำแบตเตอรี่ทดสอบหมายเลข 3 และหมายเลข 4 ต่อวงจรตามภาพที่ 4.4(ก.)ทำการชาร์จด้วยวิธีการกษาแรงดันคงที่ที่ 13.5-14.5V. และ Cut-off ที่กระแสชาร์จต่ำกว่า 0.4A แล้วปล่อยให้ทิ้งไว้ 60 นาที
2. วัดแรงดัน Open Circuit, CCA, ความถ่วงจำเพาะ (Gravity) โดยแบตเตอรี่หมายเลข 3 บันทึกลงในตารางที่ 4.3 และหมายเลข 4 ลงในตารางที่ 4.4 ช่วงอัดประจุ
3. ต่อวงจรตามภาพที่ 4.4 (ข.)จ่ายโหลดด้วยหลอดไฟ 12V. 90W. ต่อขนานกัน 2 หลอด ผ่าน DC Power Meter ตั้งค่า cut-off โหลดที่แรงดัน 11.0V. จับเวลาตั้งแต่เริ่มจ่ายโหลดจน Relay ตั้ง cut-off
4. บันทึกผล (เวลา, kW-h, ความถ่วงจำเพาะ (Gravity)แบตเตอรี่หมายเลข 3 บันทึกลงในตารางที่ 4.3 และหมายเลข 4 ลงในตารางที่ 4.4 ช่วงคายประจุ

5. ทำซ้ำขั้นตอน 1-4 จนครบ 10 รอบ
6. นำวงจรพัลส์ที่สร้างขึ้นมาต่อจนนานเข้ากับแบตเตอรี่ทดสอบหมายเลข 3 และหมายเลข 4 ตามภาพที่ 4.5 ทำตามขั้นตอนตั้งแต่ 1 – 4 อีก 10 รอบทดลอง

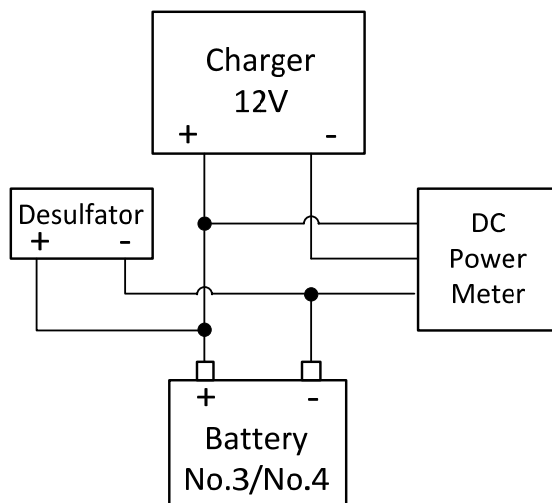


ก. อัดประจุ

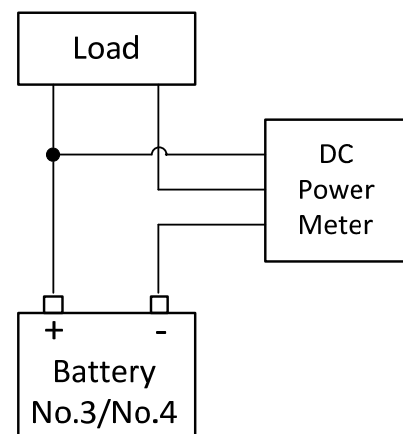


ข. คายประจุ

ภาพที่ 4.4 การต่อวงจรการทดลองด้วยแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว(รอบที่1-10)



ก. อัดประจุ



ข. คายประจุ

ภาพที่ 4.5 การต่อวงจรการทดลองด้วยแบตเตอรี่ที่ผ่านการใช้งานแล้ว(รอบที่11-20)

ตารางที่ 4.3 ตารางบันทึกผลการทดลองแบตเตอรี่หมายเลข 3

รอบ	ช่วงอัดประจุ			ช่วงคายประจุ				
	ความ ถ่วงจำเพาะ	แรงดัน (V)	CCA	ความ ถ่วงจำเพาะ	กระแส (Amp)	แรงดัน (V)	เวลา (นาที)	kW-h
1	1.138	12.97	252	1.123	11.34	12.07	72:00	0.1
2	1.137	13.02	253	1.121	11.40	12.10	71:24	0.3
3	1.137	13.14	252	1.119	11.47	12.25	69:32	0.4
4	1.134	13.32	250	1.121	11.56	12.40	68:14	0.6
5	1.133	13.36	251	1.118	11.59	12.41	67:20	0.7
6	1.138	13.24	247	1.118	11.49	12.28	62:40	0.8
7	1.137	13.39	244	1.119	11.60	12.50	62:10	1.0
8	1.135	13.27	245	1.122	11.57	12.60	62:13	1.1
9	1.133	13.50	243	1.122	11.70	12.50	60:55	1.2
10	1.133	13.32	240	1.123	11.60	12.40	57:57	1.4
เริ่มใช้วงจรพัลส์กระตุ้นและรีเซ็ต kW-h								
11	1.139	13.42	238	1.124	11.66	12.50	58:08	0.1
12	1.150	13.42	240	1.126	11.65	12.50	60:45	0.2
13	1.163	13.27	242	1.130	11.65	12.40	63:37	0.4
14	1.142	13.29	242	1.123	11.60	12.40	64:10	0.5
15	1.137	13.34	245	1.122	11.66	12.50	65:24	0.6
16	1.144	13.39	250	1.124	11.70	12.50	66:51	0.8
17	1.154	13.33	249	1.133	11.65	12.55	68:56	0.9
18	1.145	13.44	258	1.118	11.67	12.52	69:30	1.1
19	1.135	13.29	258	1.117	11.70	12.51	70:15	1.2
20	1.142	13.42	257	1.117	11.70	12.58	70:20	1.4

ตารางที่ 4.3 แสดงรอบการทดลอง 20 รอบ ที่ทำการบันทึกค่าความถ่วงจำเพาะ, แรงดัน, CCA. ของการอัดประจุและบันทึกเวลาที่จ่ายโหลด, พลังงานเป็น kW-h โดยเริ่มต่อวงจรพัลส์ช่วยขจัดผลึกซัลเฟตตั้งแต่นับรอบที่ 11-20 ของแบตเตอรี่หมายเลข 3

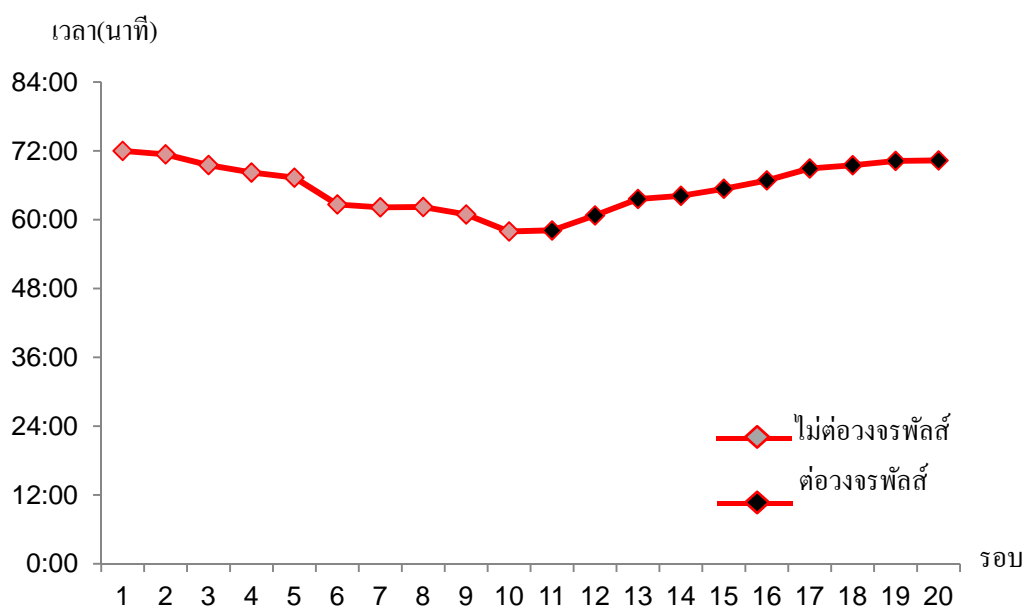
ตารางที่ 4.4 ตารางบันทึกผลการทดลองแบตเตอรี่หมายเลข 4

รอบ	ช่วงอัดประจุ			ช่วงคายประจุ				
	ความ ถ่วงจำเพาะ	แรงดัน (V)	CCA	ความ ถ่วงจำเพาะ	กระแส (Amp)	แรงดัน (V)	เวลา (นาที)	kW-h
1	1.224	12.61	262	1.182	11.43	12.10	67:38	0.1
2	1.222	13.02	265	1.194	11.55	12.26	66:55	0.2
3	1.224	12.81	263	1.194	11.67	12.28	64:54	0.4
4	1.220	12.79	258	1.199	11.60	12.40	63:30	0.5
5	1.233	12.60	260	1.192	11.54	12.11	66:00	0.7
6	1.223	12.93	257	1.196	11.54	12.35	65:47	0.8
7	1.222	12.81	259	1.198	11.55	12.16	65:30	1.0
8	1.218	12.73	260	1.202	11.64	12.20	60:55	1.1
9	1.211	12.93	262	1.195	11.76	12.40	64:32	1.2
10	1.224	12.61	260	1.203	11.60	12.16	65:37	1.4
เริ่มใช้วงจรพัลส์กระตุ้นและรีเซ็ต kW-h								
11	1.220	13.08	263	1.195	11.67	12.30	69:07	0.1
12	1.221	12.96	265	1.195	11.63	12.57	70:18	0.3
13	1.221	12.88	268	1.198	11.72	12.35	68:27	0.4
14	1.227	12.79	266	1.202	11.53	12.26	72:04	0.5
15	1.240	12.72	268	1.207	11.61	12.27	74:17	0.7
16	1.238	13.06	266	1.208	11.73	12.46	69:57	0.9
17	1.238	12.87	269	1.206	11.76	12.40	72:01	1.0
18	1.230	12.90	274	1.202	11.75	12.42	74:15	1.2
19	1.240	12.76	275	1.204	11.78	12.30	76:38	1.3
20	1.244	12.85	274	1.211	11.75	12.30	74:11	1.5

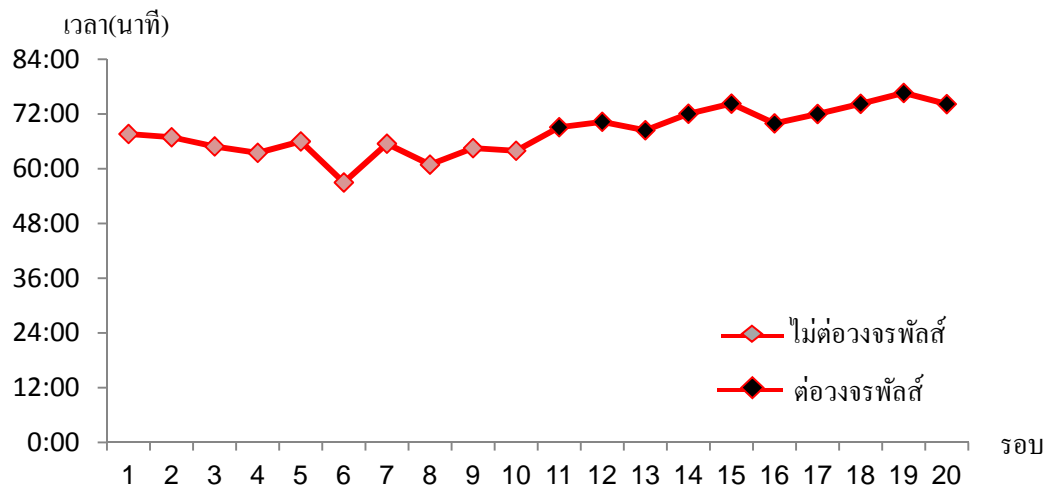
ตารางที่ 4.4 แสดงรอบการทดลอง 20 รอบ ที่ทำการบันทึกค่าความถ่วงจำเพาะ, แรงดัน, CCA. ของการอัดประจุและบันทึกเวลาที่จ่ายโหลด, พลังงานเป็น kW-h โดยเริ่มต่อวงจรพัลส์ช่วยขจัดผลึกซัลเฟตตั้งแต่วรอบที่ 11-20 ของแบตเตอรี่หมายเลข 4

4.3.1 วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลจากการทดลองแบตเตอรี่ตัวอย่างทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างที่เกิดขึ้นก่อนและหลังการใช้วงจรพัลส์ เมื่อนำค่าเวลาที่จ่ายโพลได้กับความถ่วงจำเพาะจากตารางที่ 4.3, 4.4 มาแสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่จ่ายโพลกับรอบทดลองในภาพที่ 4.6 และภาพที่ 4.7 ปรากฏว่าในช่วงรอบที่ 1-10 (ไม่ต่อวงจรพัลส์) ค่าเวลาของแบตเตอรี่ทั้งหมายเลข 3 และหมายเลข 4 จะมีแนวโน้มค่อยๆ ลดลงเล็กน้อยอย่างสม่ำเสมอ แต่เมื่อผ่านการเริ่มใช้วงจรพัลส์ในรอบที่ 11-20 ปรากฏว่าค่าเวลากลับค่อยๆ เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในทุกกรอบและค่อนข้างคงที่ไปตั้งแต่รอบที่ 18-20 และผลของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถ่วงจำเพาะกับรอบการทดลองในภาพที่ 4.8 และ 4.9 ยังมีลักษณะเช่นเดียวกันคือลดลงในรอบที่ 1-10 เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยตั้งแต่รอบที่ 11-20 (เริ่มใช้วงจรพัลส์) แม้จะมีการสวิงขึ้นลงอยู่บ้างแต่ยังคงสูงกว่ารอบที่ไม่ใช้วงจรพัลส์ ซึ่งวิเคราะห์ได้ว่าแบตเตอรี่หมายเลข 3 และหมายเลข 4 ที่นำมาทดลองนี้เป็นแบตเตอรี่ที่ใช้งานในรถยนต์มาประมาณสองปีแล้วมีการเกิดผลึกซัลเฟต สะสมมาแล้วตามพฤติกรรมการใช้งาน ผลการทดลองในรอบที่ 11-20 แสดงถึงความสามารถที่แบตเตอรี่ชาร์จและคายประจุได้ดีขึ้นอันเนื่องมาจากฮาร์ดซัลเฟต ที่ลดลง

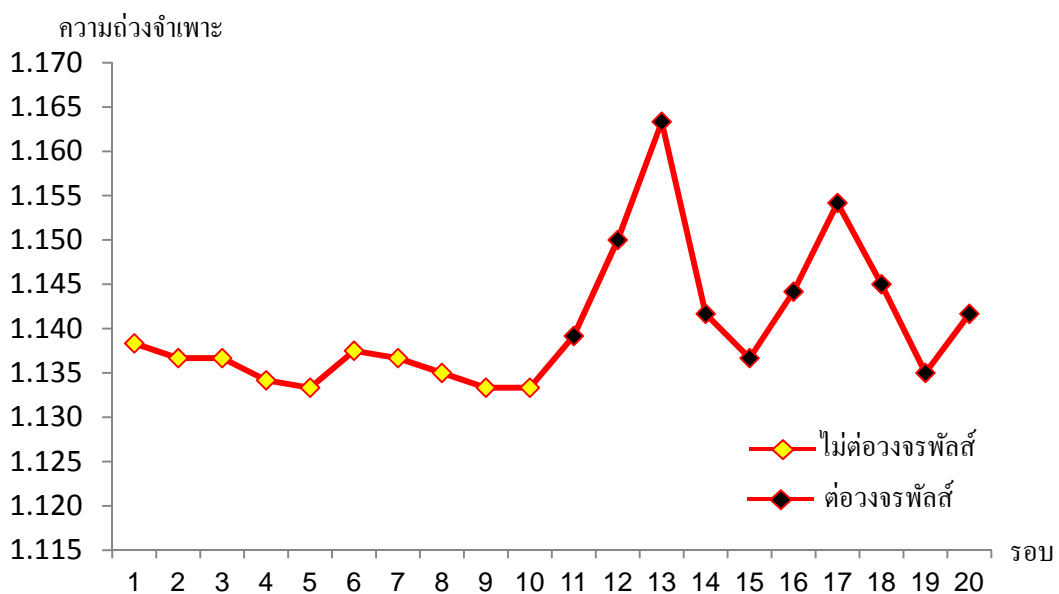


ภาพที่ 4.6 แสดงเวลาที่จ่ายโพลได้กับรอบทดลองของแบตเตอรี่หมายเลข 3

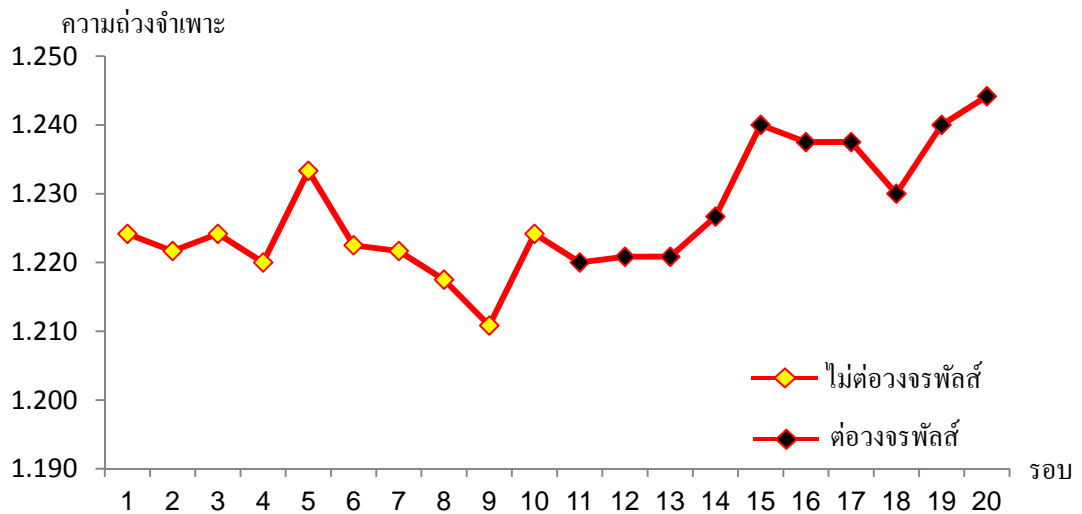


ภาพที่ 4.7 แสดงเวลาที่จ่ายโหลดได้กับรอบทดลองของแบตเตอรี่หมายเลข 4

ในทำนองเดียวกันหากพิจารณาค่าความถ่วงจำเพาะของสารละลาย อิเล็กโทรไลต์ ที่บอกถึงปริมาณการอัดประจุโดยทางอ้อมของแบตเตอรี่[2] ที่มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงรอบที่มีการต้องจรรยาพัลส์ด้วยเช่นเดียวกัน

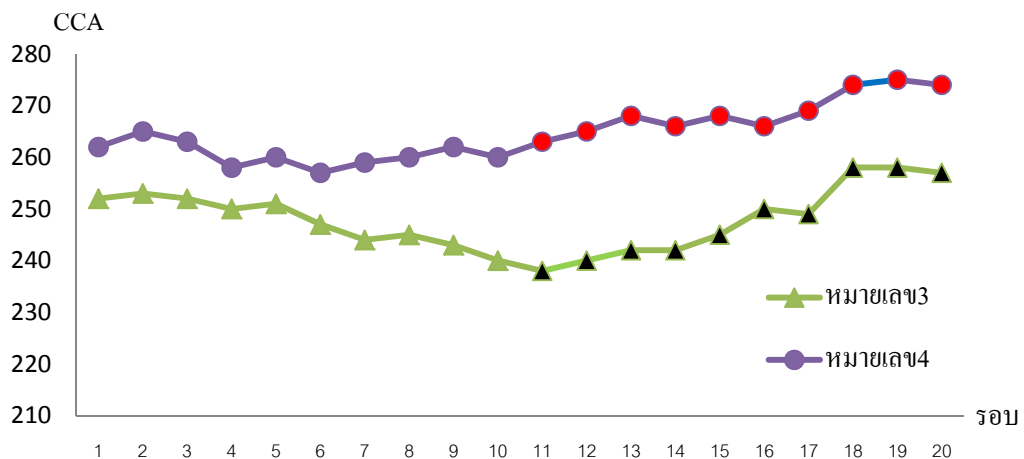


ภาพที่ 4.8 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะกับรอบกับรอบทดลองแบตเตอรี่หมายเลข 3



ภาพที่ 4.9 แสดงค่าความถี่จำเพาะกับรอบกับรอบทดลองแบตเตอรี่หมายเลข 4

เพื่อให้เกิดความชัดเจนยิ่งขึ้นจึงนำค่า CCA ที่เก็บได้จากผลการทดลองในตารางที่ 4.4 และ 4.5 มาแสดงในกราฟความสัมพันธ์กับรอบในภาพที่ทำการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์แตกต่าง หลังจากต้องจรรยาพัลส์เพื่อจัดการสะสมของผลึกซัลเฟต ผลของกราฟมีผลไปในทิศทางเดียวกันกับเวลาที่จ่ายโหลดได้และค่าความถี่จำเพาะดังแสดงในภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 แสดงค่า CCA กับรอบทดลองของแบตเตอรี่หมายเลข 3 และ 4

การทดลองแบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้วหมายเลข 4 ได้ผลในเชิงสมรรถนะสูงสุด

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของพลังงานที่ได้เพิ่มขึ้น 7%

คิดเป็นเวลาที่จ่ายโหลดเพิ่มขึ้น 10%