PEA VOLTA Enterprise Charging Analytics กฟภ. เขต 2 (ภาคเหนือ)

คู่มือการใช้งานแดชบอร์ด & การคำนวณเชิงวิศวกรรมไฟฟ้า

เอกสารอธิบายการใช้งานระบบ สูตรคำนวณเชิงสถิติ และการวิเคราะห์แบตเตอรี่ EV เชิงลึก (Cutoff: สิงหาคม 2569)

ขอบเขตข้อมูล: 25 สถานี กฟภ. เขต 2 • 95,062+ ธุรกรรมชาร์จจริง

ระบบ: Cloudflare Serverless & Edge API

เวอร์ชันเอกสาร: 2.0 (กันยายน 2569)

1. ภาพรวมระบบและสิทธิ์การเข้าใช้งาน (System Architecture & Access Control)

PEA VOLTA Charging Analysis Dashboard ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นศูนย์กลางการบริหารจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลการให้บริการสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 2 (ภาคเหนือ) รองรับการแสดงผลทั้งคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Responsive Enterprise UI)

ระดับสิทธิ์ผู้ใช้ (Role)	รหัสพนักงานตัวอย่าง	ขอบเขตการเข้าถึงและหน้าที่
Super Admin	9013190	เข้าถึงข้อมูลได้ครบทุกสถานีทั่วทั้งเขต 2, สามารถจัดการเพิ่ม/ลบรหัสพนักงานประจำสถานี และเป็นผู้มีสิทธิ์เพียงคนเดียวที่สามารถเปิดดูบันทึกการเข้าใช้งานระบบ (Access Logs)
Station Manager	รหัสพนักงานประจำสถานี	เข้าถึงเฉพาะข้อมูลสถานีที่ได้รับมอบหมาย ระบบล็อกสถานีให้อัตโนมัติเพื่อความปลอดภัยของข้อมูล
General User	รหัสพนักงานทั่วไป	สามารถตรวจสอบสถิติภาพรวม แผนที่สถานี และการจัดกลุ่มประเภทรถยนต์ EV ในเขตภาคเหนือ

2. ตัวชี้วัดหลัก 8 ตัวชี้วัด (Executive KPI Cards) และสูตรการคำนวณ

แดชบอร์ดด้านบนสุดแสดงการ์ดสรุปตัวชี้วัดสำคัญ 8 ใบ โดยทุกใบสามารถคลิกเพื่อเปิดดูกราฟแนวโน้มรายเดือน (Monthly Trend) ได้:

KPI 1: ปริมาณไฟฟ้าสะสม & รายได้รวม

E_{total} & R_{total}

ผลรวมพลังงานที่ตู้จ่ายจริงและค่าบริการรวมที่ได้รับ:
ไฟฟ้า: $E_{\text{total}} = \sum \text{energy_kwh}$ (kWh)
รายได้: $R_{\text{total}} = \sum \text{payment_baht}$ (บาท)

KPI 2: เวลาชาร์จสะสมทั้งหมด

T_{total} (ชั่วโมง)

รวมชั่วโมงการจ่ายไฟจริงของหัวชาร์จทุกสถานี:
$T_{\text{total}} = \frac{\sum \text{duration_min}}{60}$ (ชั่วโมง)
$T_{\text{min}} = T_{\text{total}} \times 60$ (นาที)

KPI 3: พลังงาน & รายได้เฉลี่ยต่อรอบ

$\overline{E}$ & $\overline{R}$

ค่าเฉลี่ยทางพลังงานและค่าบริการต่อ 1 ครั้งการชาร์จ:
$\overline{E} = \frac{E_{\text{total}}}{N_{\text{sessions}}}$ (kWh/ครั้ง)
$\overline{R} = \frac{R_{\text{total}}}{N_{\text{sessions}}}$ (บาท/ครั้ง)

KPI 4: เฉลี่ยเวลาต่อรอบการชาร์จ

$\overline{T}_{\text{min}}$ (นาที/คัน)

ระยะเวลาการจอดชาร์จเฉลี่ยของผู้ใช้บริการ:
$\overline{T}_{\text{min}} = \frac{\sum \text{duration_min}}{N_{\text{sessions}}}$ (นาที)
$\overline{T}_{\text{hr}} = \frac{\overline{T}_{\text{min}}}{60}$ (ชั่วโมง/คัน)

KPI 5: กำลังไฟเฉลี่ย & Bulk Power

P_{avg} & P_{bulk}

กำลังไฟจ่ายเฉลี่ยตลอดรอบ และประมาณการช่วง Bulk:
กำลังไฟเฉลี่ย: $P_{\text{avg}} = \frac{E_{\text{total}}}{T_{\text{total}}}$ (kW)
Est. Bulk Power: $P_{\text{bulk_fleet}} = P_{\text{avg}} \times 1.14$ (kW)

KPI 6: อัตราการใช้ตู้ชาร์จ (Utilization)

Util %

สัดส่วนเวลาใช้งานเทียบเวลาเปิด 24 ชม. ของหัวชาร์จ:
$T_{\text{avail}} = N_{\text{chargers}} \times D_{\text{days}} \times 24$ (ชม.)
$\text{Util \%} = \frac{T_{\text{total}}}{T_{\text{avail}}} \times 100$ (เฉลี่ย 2.5 หัว/สถานี)

KPI 7: ลูกค้าไม่ซ้ำ & ครั้งชาร์จรวม

U_{unique} & N_{sess}

จำนวนผู้ใช้ที่ไม่ซ้ำกันวัดจาก vCard ไม่ซ้ำ:
$U_{\text{unique}} = |\{\text{vcard}_1, \ldots, \text{vcard}_N\}|$ (ราย)
$N_{\text{sessions}} = \sum \text{sessions}$ (ครั้ง)

KPI 8: อัตราการใช้ซ้ำ (Retention)

Retention %

สัดส่วนลูกค้าที่กลับมาใช้บริการมากกว่า 1 ครั้ง:
$\text{Retention \%} = \frac{U_{\text{ชาร์จ >2 ครั้ง}}}{U_{\text{unique}}} \times 100$

3. การจัดกลุ่มประเภทรถยนต์ EV อัตโนมัติ (Automated EV Fleet Segmentation)

ระบบคำนวณความจุแบตเตอรี่จริงและโมเดล Bulk Power จาก 93,835 ธุรกรรมจริง เพื่อจำแนกกลุ่มรถยนต์ EV ออกเป็น 4 กลุ่มหลัก ช่วยวางแผนกำลังไฟฟ้าและขนาดเครื่องอัดประจุ:

กลุ่มยานยนต์ไฟฟ้า	เกณฑ์แบตเตอรี่	สัดส่วนรอบชาร์จ (%)	แบตฯ จริงเฉลี่ย	Bulk Power เฉลี่ย	ตัวอย่างรถยนต์ยอดนิยมในกลุ่ม
City Car / EV ขนาดเล็ก	< 35 kWh	**30.5%** (28,652 ครั้ง)	24.5 kWh	36.7 kW	Neta V, Wuling Air EV, Volt City EV, Lumin
Compact / Sedan ยอดนิยม	35 - 65 kWh	**61.8%** (57,972 ครั้ง)	48.5 kWh	42.6 kW	BYD Dolphin, Atto 3, ORA Good Cat, MG4
Long Range / Mid-Size SUV	65 - 85 kWh	**6.6%** (6,171 ครั้ง)	72.7 kWh	47.1 kW	BYD Seal, Tesla Model 3/Y, Deepal S07
Large Pack / Premium & Commercial	> 85 kWh	**1.1%** (1,040 ครั้ง)	100.5 kWh	48.3 kW	Porsche Taycan, BMW iX, รถตู้ Maxus 9, กระบะ EV

ข้อค้นพบเชิงกลยุทธ์ (Strategic Fleet Insights):

กลุ่ม **Compact / Sedan ยอดนิยม (35-65 kWh)** ครองสัดส่วนสูงถึง **61.8%** และใช้พลังงานไฟฟ้าไปกว่า **1,474,291 kWh** โดยมีกำลังไฟช่วง Bulk เฉลี่ย 42.6 kW จึงเหมาะสมอย่างยิ่งต่อการขยายสถานีด้วยหัวชาร์จขนาด 120 - 160 kW แบบ Dynamic Power Sharing

4. สูตรการคำนวณเชิงวิศวกรรมไฟฟ้ารายธุรกรรม (Transaction Engineering Formulas)

เมื่อผู้ใช้คลิกปุ่ม **"วิเคราะห์"** ในตารางธุรกรรมสด หน้าต่างเจาะลึกจะประมวลผล 2 พารามิเตอร์สำคัญ:

4.1 การคำนวณขนาดความจุแบตเตอรี่จริงโดยประมาณ (Est. Usable Capacity - kWh)

คำนวณจากพลังงานสะสมสุทธิที่อัดประจุเข้าแบตเตอรี่จริง โดยหักความสูญเสียความร้อนในการชาร์จกระแสตรง (DC Efficiency 90%):

$$\Delta \text{SOC} = \frac{\text{SOC}_{\text{end}} - \text{SOC}_{\text{start}}}{100}$$

$$\text{Est. Usable Capacity (kWh)} = \frac{\text{Energy (kWh)} \times 0.90}{\Delta \text{SOC}}$$

4.2 การคำนวณกำลังไฟชาร์จสูงสุดจริงช่วง Bulk Power (Piecewise Constant Current & Tapering Model)

อิงโมเดล Piecewise Charging Curve แยกช่วงอัดกระแสคงที่ ($SOC \leq 80\%$) ออกจากช่วงชะลอกระแส ($SOC > 80\%$):

1. กรณีชาร์จอยู่ในช่วงเดียวกันตลอด ($\text{SOC}_{\text{end}} \leq 80\%$ หรือ $\text{SOC}_{\text{start}} \geq 80\%$):

$$P_{\text{bulk}} = \frac{\text{Energy (kWh)}}{T_{\text{hr}}} \quad \left(T_{\text{hr}} = \frac{\text{duration_min}}{60} \right)$$

2. กรณีชาร์จข้ามจุดหักโค้ง ($\text{SOC}_{\text{start}} < 80\%$ และ $\text{SOC}_{\text{end}} > 80\%$):

แยกสัดส่วนพลังงานช่วง Bulk (E_1) และช่วง Taper (E_2) ตามการเปลี่ยนแปลงของ SOC:

$$\Delta \text{SOC}_1 = 80 - \text{SOC}_{\text{start}}, \quad \Delta \text{SOC}_2 = \text{SOC}_{\text{end}} - 80$$

$$E_1 = E \times \left(\frac{\Delta \text{SOC}_1}{\Delta \text{SOC}} \right), \quad E_2 = E \times \left(\frac{\Delta \text{SOC}_2}{\Delta \text{SOC}} \right)$$

แก้สมการกำลังสอง $aP^2 + bP + c = 0$ อิงโมเดลกำลังไฟเฉลี่ยช่วง Taper $P_2 = 0.75 P_{\text{bulk}} + 2.5$:

$$a = 0.75 \times T_{\text{hr}}$$

$$b = 2.5 \times T_{\text{hr}} - 0.75 E_1 - E_2$$

$$c = -2.5 E_1$$

$$P_{\text{bulk}} = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad \text{(kW)}$$

5. ระบบภูมิสารสนเทศอัจฉริยะ และ 4 เส้นทางคมนาคมหลัก (GIS & Highway Corridors)

แผนที่ GIS ผสานโครงข่ายทางหลวงแผ่นดิน 4 สายหลักเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการเดินทางระหว่างจังหวัด:

เส้นทางคมนาคม (Highway Corridor)	ทางหลวงที่ครอบคลุม	สถานีชาร์จสำคัญในเส้นทาง
ทล.1 / AH2 พหลโยธิน (สายเหนือหลัก)	ทล.1, AH2, ทล.12 (กำแพงเพชร-ตาก-แม่สอด)	คาลเท็กซ์ ขาณุวรลักษบุรี, กำแพงเพชร, ตาก, บางจาก แม่สอด
ทล.11 & พิจิตร (พิษณุโลก-เด่นชัย-แพร่)	ทล.11, ทล.115 (พิจิตร-สากเหล็ก-วังทอง)	7-Eleven ตะพานหิน, บางจาก วังทอง, สากเหล็ก
ทล.12 ระเบียงเศรษฐกิจตะวันออก-ตะวันตก	ทล.12 (EWEC: แม่สอด - พิษณุโลก)	บางจาก คลองขลุง, สุโขทัย, พิษณุโลก, ปตท. แม่สอด
ทล.117 นครสวรรค์ - พิษณุโลก	ทล.117 (นครสวรรค์-บรรพตพิสัย-พิษณุโลก)	คาลเท็กซ์ บางระกำ, ท่าโพธิ์, ในเมืองพิษณุโลก

6. เมทริกซ์ความหนาแน่นพลังงาน 24 ชม. & การส่งออกรายงาน

เมทริกซ์ความหนาแน่นพลังงาน (Heatmap Matrix)

• ตาราง 24 ชั่วโมง (00:00 - 23:00 น.) ปะทะ 31 วันในแต่ละเดือน
• เฉดสีทอง-ม่วงบอกระดับความหนาแน่นของกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh)
• ไฮไลท์ **สีแดง** วันหยุดนักขัตฤกษ์ เช่น เทศกาลสงกรานต์ (13-15 เม.ย.) เพื่อประเมินโหลดการชาร์จช่วงวันหยุดยาว

การส่งออกรายงาน Excel (.xlsx)

กดปุ่ม "ส่งออก Excel" เพื่อดาวน์โหลดสมุดงาน 3 แผ่นงาน:
1. **สรุปภาพรวม KPI:** รวบรวม 8 ตัวชี้วัดตามสถานีและเดือน
2. **อันดับสถานีชาร์จ:** ข้อมูลสถิติของทั้ง 25 สถานี
3. **ประวัติรายวัน:** ประวัติการให้บริการแบบละเอียดสูงสุด 5,000 แถว