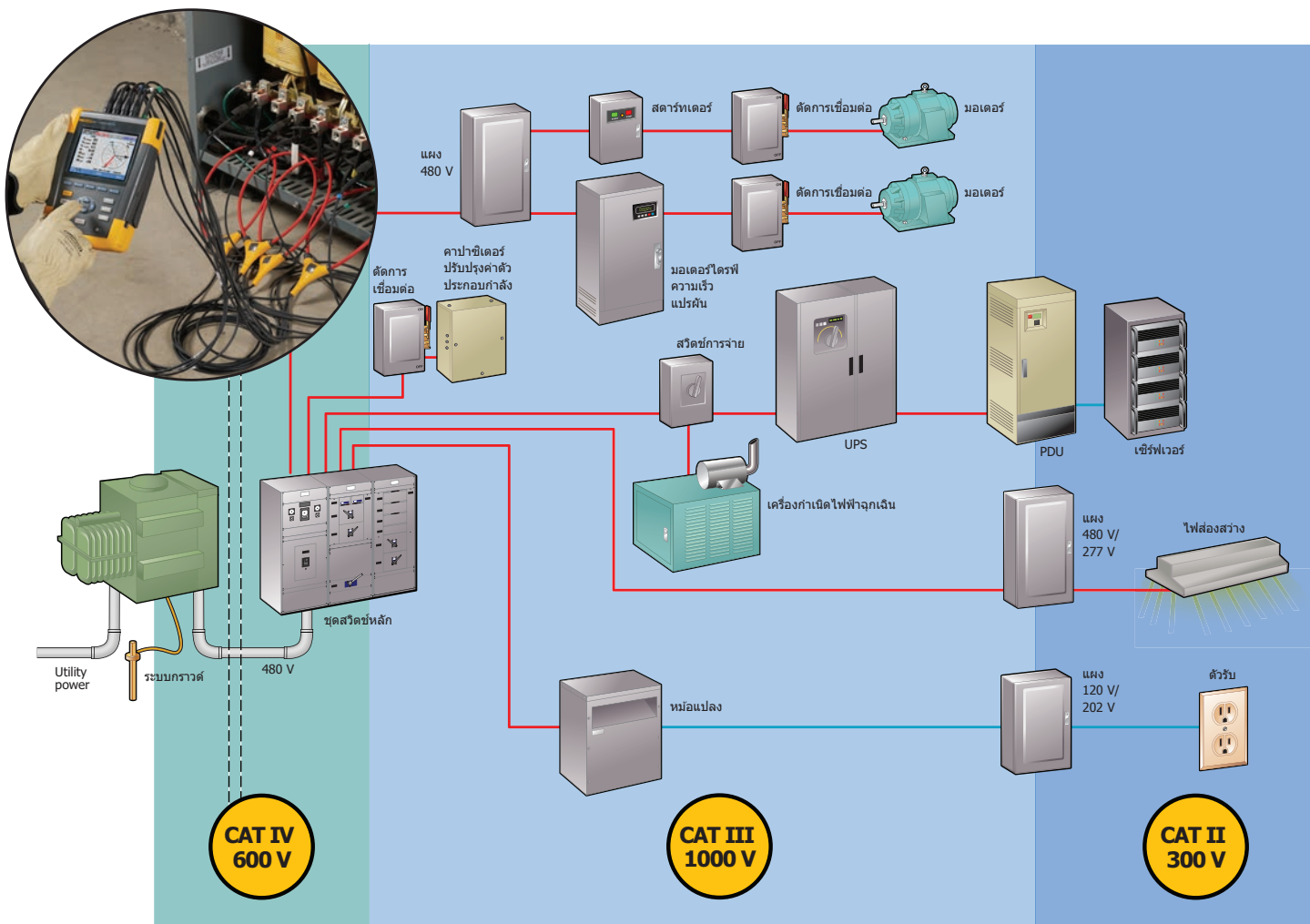


บันทึกการใช้งาน

# ต้นทุนของคุณภาพ กำลังไฟฟ้าที่ไม่ดี

ผลผลิตคือหัวใจสำคัญของการอุปโภคในโลกแห่งการแข่งขันในปัจจุบัน เมื่อนึกถึงปัจจัยพื้นฐานของการผลิต ได้แก่ เวลา แรงงาน และวัตถุดิบ คุณจะเห็นว่าการเพิ่มประสิทธิภาพนั้นทำได้ไม่มากนัก คุณมีเวลาวันละ 24 ชั่วโมง ค่าแรงมีราคาสูง และวัตถุดิบนั้นมีให้เลือกไม่มากนัก ดังนั้น ทุกบริษัทจึงต้องใช้การทำงานอัตโนมัติเพื่อให้ได้ผลผลิตมากขึ้น จากปัจจัยการผลิตเดิมๆ เพื่อไม่ให้เป็นผู้พ่ายแพ้ในธุรกิจ

ดังนั้นเราจึงอาศัยการทำงานอัตโนมัติ ซึ่งต้องอาศัยพลังงานสะอาด ปัญหาด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้าอาจทำให้กระบวนการและอุปกรณ์ทำงานผิดปกติหรือหยุดทำงาน และผลที่จะตามมานั้นมีตั้งแต่ค่าพลังงานที่สูงเกินไปจนถึงการหยุดการทำงานอย่างสิ้นเชิง จะเห็นได้ว่าคุณภาพของกำลังไฟฟ้านั้นมีความสำคัญอย่างมาก





ความเกี่ยวข้องระหว่างระบบต่างๆ ยังทำให้ปัญหาคุณภาพของกำลังไฟฟ้ามีความซับซ้อนยิ่งขึ้นอีก คอมพิวเตอร์ของคุณทำงานปกติ แต่เครือข่ายหยุดทำงาน ทำให้ไม่สามารถจองตัวเครื่องบินหรือส่งรายงานค่าใช้จ่ายได้เลย กระบวนการทำงานอย่างถูกต้อง แต่ HVAC หยุดทำงาน ทำให้การผลิตต้องหยุดลงทั้งหมด ในสถานที่ทำงานและในองค์กรมีระบบที่มีความสำคัญต่อการทำงานอยู่มากมาย ปัญหาคุณภาพด้านกำลังไฟฟ้าจะทำให้ระบบเหล่านี้หยุดชะงักลงได้ตลอดเวลา และปกติมักจะเป็นจังหวะเวลาที่แย่มากที่สุด

ปัญหาคุณภาพด้านกำลังไฟฟ้ามาจากไหน ส่วนใหญ่เริ่มต้นจาก ภายในหน่วยงาน โดยอาจเกิดจากปัญหาของ:

- การติดตั้ง — การลงกราวด์ไม่เหมาะสม การเดินสายไม่ถูกต้อง หรือการจ่ายพลังงานต่ำกว่าที่ควร
- การปฏิบัติงาน — อุปกรณ์ไม่ทำงานอยู่ในพารามิเตอร์ที่ออกแบบไว้
- การบรรเทาปัญหา — การหุ้มฉนวนที่ไม่ถูกต้อง หรือการขาดการแก้ไขปัจจัยกำลัง
- การบำรุงรักษา — ฉนวนเคเบิลหรือการเชื่อมต่อกราวด์เสื่อมสภาพ แม้แต่อุปกรณ์ที่ติดตั้งและบำรุงรักษาอย่างสมบูรณ์แบบ ในหน่วยงานที่ออกแบบอย่างสมบูรณ์แบบก็อาจยังมีปัญหาด้านคุณภาพกำลังเมื่อเวลาผ่านไป

การวัดการสูญเสียเปลวเนื่องจากคุณภาพของกำลังไฟฟ้าโดยตรงนั้นทำได้ด้วยเครื่องมือ Fluke 430 Series II ซึ่งจะวัดการสูญเสียเปลวเนื่องจากฮาร์โมนิกและภาวะไม่สมดุล และหาปริมาณของต้นทุนการสูญเสียเปลวที่ตามต้นทุนต่อหน่วยของพลังงานไฟฟ้าจากสาธารณูปโภค

นอกจากนี้ ปัญหาคุณภาพด้านกำลังไฟฟ้ายังอาจเกิดจากภายนอกหน่วยงานได้เช่นกัน เราอยู่ท่ามกลางการคุกคามของภาวะไฟฟ้าดับ ไฟตก และไฟกระชากที่คาดหมายไม่ได้แน่นอนว่าทั้งหมดนี้ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายขึ้น แล้วคุณจะหาปริมาณของการสูญเสียเหล่านี้ได้อย่างไร

### การวัดต้นทุนของคุณภาพกำลังไฟฟ้า

ปัญหาคุณภาพด้านกำลังไฟฟ้าจะเห็นผลในส่วนสำคัญสามส่วนต่อไปนี้: การหยุดทำงาน ปัญหาของอุปกรณ์ และต้นทุนค่าพลังงาน

**เรามาดูตัวอย่างกัน** โรงงานของคุณผลิตสินค้าได้ 1,000 ชิ้นต่อชั่วโมง สินค้าแต่ละชิ้นให้รายรับ \$9 ดังนั้น รายรับของคุณต่อชั่วโมงคือ \$9,000 ถ้าต้นทุนการผลิตคือ \$3,000 ต่อชั่วโมง รายได้ในการดำเนินการของคุณคือ \$6,000 ต่อชั่วโมงเมื่อสายการผลิตทำงาน เมื่อสายการผลิตหยุดทำงาน คุณจะสูญเสียเงิน \$6,000 ต่อชั่วโมง และยังคงจ่ายต้นทุนคงที่ (เช่น ค่าโสหุ้ยและค่าจ้าง) นั่นคือต้นทุนของการหยุดทำงาน แต่การหยุดทำงานยังมีต้นทุนอื่นๆ มาเกี่ยวข้องด้วยอีก:

- **ของเสีย** คุณต้องโยนวัตถุดิบหรือชิ้นงานระหว่างผลิตทิ้งจำนวนเท่าใด ถ้ากระบวนการผลิตหยุดทำงาน
- **การเริ่มต้นใหม่** การล้างสายการผลิตและเริ่มต้นใหม่หลังจากการหยุดทำงานนอกแผนมีค่าใช้จ่ายเท่าใด
- **ค่าแรงเพิ่มเติม** คุณต้องจ่ายค่าแรงล่วงเวลาหรือส่งงานให้หน่วยงานภายนอกเพื่อแก้ไขปัญหาการหยุดทำงานหรือไม่

### การหยุดทำงาน

ในการหาปริมาณของต้นทุนจากการหยุดทำงาน คุณจะต้องทราบข้อมูลสองอย่าง:

1. รายรับต่อชั่วโมงที่ระบบของคุณสร้าง
2. ต้นทุนการผลิต

นอกจากนี้ต้องพิจารณากระบวนการทางธุรกิจ กระบวนการนี้เป็นแบบต่อเนื่องและมีการใช้งานเต็มกำลังการผลิตหรือไม่ (เช่น โรงกลั่น) ผลิตภัณฑ์ของคุณจะต้องมีการบริโภคเมื่อผลิตได้หรือไม่ (เช่น โรงไฟฟ้า) ลูกค้านำไปใช้ทางเลือกอื่นได้ทันทีหรือไม่ ถ้าผลิตภัณฑ์ไม่พร้อมให้ใช้งาน (เช่น บัตรเครดิต) ถ้าคุณตอบว่า "ใช่" สำหรับคำถามข้อใดข้อหนึ่งข้างต้น หมายความว่ารายรับที่สูญเสียไปนั้นเรียกคืนได้ยากหรือไม่ได้เลย

คุณเป็นผู้ผลิต OEM หรือไม่ ถ้าคุณไม่สามารถส่งมอบสินค้าได้ตรงเวลา ลูกค้านำไปใช้แหล่งที่มาอื่นที่สามารถส่งมอบได้

### ปัญหาของอุปกรณ์

คุณอาจหาปริมาณที่แน่นอนได้ยากเนื่องจากมีตัวแปรจำนวนมาก มอเตอร์ทำงานขัดข้องเนื่องจากฮาร์โมนิกมากเกินไป หรือเนื่องจากสาเหตุอื่นๆ สายการผลิตที่สามผลิตของเสียเนื่องจากการผันแปรของการจ่ายพลังงานที่ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรผันผวนหรือไม่ หากต้องการคำตอบที่ถูกต้อง คุณจะต้องทำสองสิ่งด้วยกัน:

1. แก้ไขปัญหาที่รากเหง้าของปัญหา
2. หาต้นทุนที่แท้จริง

**ต่อไปนี้เป็นตัวอย่าง** โรงงานของคุณผลิตวัสดุพลาสติกที่ต้องมีความหนาเท่ากัน ผู้ปฏิบัติงานรายงานว่ามีความเสียหายสูงในช่วงเย็นอยู่เสมอ คุณสามารถติดตามการผันผวนของความเร็วเครื่องและทราบว่ามีแรงดันไฟฟ้าต่ำที่เกิดจากโหลด HVAC สูง ผู้จัดการฝ่ายปฏิบัติการคำนวณว่าต้นทุนของเสียสุทธิคือ \$3,000 ต่อวัน นั่นคือต้นทุนจากรายรับที่มาจากแรงดันไฟฟ้าต่ำ แต่อย่าลืมว่ายังมีต้นทุนส่วนอื่นๆ อีก เช่นเดียวกับที่เรากล่าวถึงในกรณีของการหยุดทำงาน

- จำนวนกิโลวัตต์ (กำลังไฟฟ้า) ที่ใช้งานได้
- กำลังไฟฟ้าย้อนกลับ (ไม่สามารถใช้ได้)
- จำนวนกิโลวัตต์ที่ใช้ไม่ได้เนื่องจากปัญหาความไม่สมดุล
- จำนวนกิโลวัตต์ที่ใช้ไม่ได้เนื่องจากฮาร์มอนิก
- กระแสนิวทรัล
- ต้นทุนรวมของกิโลวัตต์ชั่วโมงที่สูญเสียไป

### ENERGY LOSS CALCULATOR

🕒 0:06:13

	Total	Loss	Cost
Effective	477 kW	15.0 kW	1.50 \$/hr
Reactive	67 kvar	0.3 kW	0.03 \$/hr
Unbalance	72 kVA	0.3 kW	0.03 \$/hr
Distortion	363 kVA	8.6 kW	0.86 \$/hr
Neutral	15.7 A	0.0 kW	0.00 \$/hr
<b>Total</b>			<b>21.25k \$/yr</b>

30/10/14 10:46:36 230V 50Hz 3Ø WYE EN50160

Cu LENGTH	DIAMETER	METER	RATE	HOLD
100 m	150 mm2		0.10 /kWh	<b>RUN</b>

### ต้นทุนด้านพลังงาน

ในการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน คุณจะต้องบันทึกรูปแบบการใช้พลังงาน และปรับระบบและเวลาของโหลดเพื่อลดปัจจัยอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้

1. การใช้กำลังไฟฟ้า (kWh) จริง
2. ค่าปรับของตัวประกอบกำลังไฟฟ้า
3. โครงสร้างค่าธรรมเนียมในช่วงความต้องการสูง

จนถึงปัจจุบัน การหาต้นทุนของพลังงานสูญเสียเปล่าที่เกิดจากปัญหาคุณภาพด้านกำลังไฟฟ้าเป็นหน้าที่ของวิศวกรผู้มีความเชี่ยวชาญสูง ต้นทุนของการสูญเสียเปล่านั้นสามารถคำนวณด้วยการประมวลผลตัวเลขจำนวนมากเป็นหลัก โดยไม่สามารถวัดการสูญเสียเปล่าและมูลค่าตัวเงินได้โดยตรง อัลกอริทึมที่เป็นสิทธิบัตรและใช้ในผลิตภัณฑ์ Fluke 430 Series II จะทำให้สามารถวัดการสูญเสียเปล่าที่เกิดจากปัญหาคุณภาพด้านกำลังไฟฟ้าที่พบโดยทั่วไป เช่น ฮาร์มอนิก และภาวะไม่สมดุลได้ เมื่อป้อนต้นทุนของพลังงานในเครื่องมือ จะทำให้สามารถคำนวณต้นทุนได้โดยตรง

**คุณสามารถลดการใช้พลังงาน** ด้วยการลดความไร้ประสิทธิภาพในระบบจ่ายไฟฟ้าของคุณ แหล่งที่มาของความไร้ประสิทธิภาพได้แก่:

- กระแสนิวทรัลสูง เนื่องจากโหลดไม่สมดุลและทริปเลนฮาร์มอนิก
- หม้อแปลงมีโหลดสูง โดยเฉพาะที่ทำงานกับโหลดแบบไม่ใช้เชิงเส้น
- มอเตอร์เก่า ไตรเฟสเก่า และปัญหาอื่นๆ เกี่ยวกับมอเตอร์

- กำลังไฟฟ้ามืดเพี้ยนสูง ซึ่งอาจทำให้เกิดความร้อนสูงในระบบไฟฟ้ากำลัง

**คุณสามารถป้องกันการจ่ายค่าปรับของตัวประกอบกำลังไฟฟ้า** ด้วยการแก้ไขตัวประกอบกำลังไฟฟ้า โดยทั่วไปจะต้องอาศัยการติดตั้งคาปาซิเตอร์สำหรับการแก้ไข แต่การแก้ไขอันดับแรกสำหรับการมืดเพี้ยนในระบบคาปาซิเตอร์อาจทำให้มีอิมพีแดนซ์ของฮาร์มอนิกต่ำ และการติดตั้งการแก้ไข PF อย่างไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดเรโซแนนซ์หรือทำให้คาปาซิเตอร์เสียหาย โปรดปรึกษาวิศวกรด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้าก่อนที่จะแก้ไข PF ถ้ามีฮาร์มอนิก

**คุณสามารถลดค่าธรรมเนียมในช่วงความต้องการสูง** ด้วยการจัดการโหลดในช่วงความต้องการสูง นำเสียดายที่มีคนจำนวนมากมองข้ามองค์ประกอบของต้นทุนส่วนนี้ไป นั่นคือผลของคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่ไม่ดีในการใช้พลังงานช่วงที่มีความต้องการสูง ทำให้มองเห็นค่าใช้จ่ายส่วนเกินนี้

เป็นเรื่องเล็กน้อย หากต้องการทราบต้นทุนที่แท้จริงของการใช้โหลดในช่วงความต้องการสูง คุณจะต้องทราบสามสิ่งต่อไปนี้:

1. การใช้พลังงาน "ปกติ"
2. การใช้พลังงาน "พลังงานสะอาด"
3. โครงสร้างค่าธรรมเนียมในช่วงความต้องการสูง

เมื่อขจัดปัญหาคุณภาพด้านกำลังไฟฟ้า จะเป็นการลดขนาดความต้องการในช่วงที่มีความต้องการสูงลง และลดค่าฐานเริ่มต้นของช่วงความต้องการสูง เมื่อใช้การจัดการโหลด คุณจะความคุมว่าอุปกรณ์แต่ละชิ้นจะทำงานเมื่อใด และโหลด "มีการใช้งานรวมกันในแต่ละขณะเป็นเท่าใด" ขณะนี้อาคารของคุณมีค่าเฉลี่ยการใช้พลังงาน 515 kWh และโหลดช่วงสูงสุดของคุณอยู่ที่ 650 kWh แต่เมื่อใช้การจัดการโหลดเพื่อปรับเปลี่ยนโหลดไปยังเวลาอื่นๆ ทำให้มีโหลดที่ทำงานพร้อมกันในเวลาเดียวกันน้อยลง โหลดช่วงเวลาสูงสุดของคุณแทบจะไม่เกินจาก 595 kWh เลย

**เรามาดูตัวอย่างกัน** โรงงาน/อาคารสำนักงานของคุณมีการใช้พลังงานเฉลี่ย 570 kWh ในวันทำงาน แต่มีการใช้งานสูงสุด 710 kWh โดยส่วนใหญ่ หน่วยงานสาธารณูปโภคคิดค่าธรรมเนียมกับทุก 10 kWh ที่เกิน 600 kWh สำหรับทั้งเดือน ทุกครั้งที่มีการใช้งานเกิน 600 kWh ในช่วงเวลาการวัดการใช้พลังงานสูงสุด 15 นาที ถ้าคุณต้องการแก้ไขตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ขจัดฮาร์มอนิก แก้ไขปัญหาไฟตกและติดตั้งระบบจัดการโหลด คุณจะเห็นภาพของการใช้พลังงานที่ต่างออกไป และเป็นแบบที่คุณสามารถคำนวณได้



## ประหยัดค่าใช้จ่ายด้วย PQ

คุณได้รวบรวมต้นทุนของการมีคุณภาพกำลังไฟฟ้าที่ไม่ดีไว้แล้ว ตอนนี้คุณจะต้องทราบวิธีกำจัดต้นทุนเหล่านี้ ขึ้นตอนต่อไปนี้จะช่วยคุณได้

### • ตรวจสอบการออกแบบ

พิจารณาว่าระบบของคุณจะสนับสนุนกระบวนการใดอย่างไรเพื่อให้ได้ผลดีที่สุด และคุณต้องใช้โครงสร้างพื้นฐานแบบไหนในการป้องกันการทำงานขัดข้อง ตรวจสอบความถูกต้องของความจุจริงก่อนที่ติดตั้งอุปกรณ์ใหม่ ตรวจสอบอุปกรณ์สำคัญอีกครั้งหลังจากกำหนดค่าการเปลี่ยนแปลง

### • ปฏิบัติตามมาตรฐานต่างๆ

ตัวอย่างเช่น ตรวจสอบระบบกราวด์ของคุณให้มีความสอดคล้องกับ IEEE-142 ตรวจสอบระบบจ่ายไฟฟ้าให้มีความสอดคล้องกับ IEEE-141

### • ตรวจสอบการป้องกันไฟฟ้ากำลังของคุณ

ซึ่งรวมถึงการป้องกันฟ้าผ่า, TVSS และการป้องกันไฟกระชาก มีกระชากและติดตั้งอย่างถูกต้องหรือไม่

### • หาข้อมูลทดสอบที่เป็นบรรทัดฐานสำหรับโหลดทั้งหมด

ข้อมูลนี้มีความสำคัญสำหรับการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ และทำให้คุณสามารถมองเห็นปัญหาที่เกิดขึ้นใหม่ได้

### • การขจัดคำถาม

การขจัดปัญหาคุณภาพด้านกำลังไฟฟารวมถึงการแก้ไข (เช่น การซ่อมระบบกราวด์) และการรับมือกับปัญหา (เช่น หม้อแปลงระดับ K) พิจารณาการปรับสภาพกำลังไฟฟ้าและการใช้พลังงานสำรอง

### • ทบทวนวิธีการซ่อมบำรุง

คุณทดสอบและติดตามผลด้วยการดำเนินการเชิงแก้ไขหรือไม่ ดำเนินการสำรวจจุดสำคัญ เป็นประจำ ตัวอย่างเช่น ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าจากสายนิวทรัลไปยังกราวด์ และกระแสกราวด์ที่ฟีดเตอร์และวงจรสาขาที่สำคัญ ดำเนินการสำรวจอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าด้วยอินฟราเรด หาสาเหตุของปัญหาความขัดข้อง เพื่อให้ทราบวิธีป้องกันไม่ให้เกิดซ้ำ

### • ใช้การตรวจติดตาม

คุณเห็นการผัดเพี้ยนของแรงดันไฟฟ้าก่อนที่จะทำให้มอเตอร์มีความร้อนสูงเกินหรือไม่ คุณสามารถติดตามภาวะทรานเซียนท์หรือไม่ ถ้าคุณไม่มีการตรวจติดตามกำลังไฟฟ้าติดตั้งอยู่ คุณอาจจะไม่ได้เห็นปัญหาที่จะเกิดขึ้น แต่จะเห็นการหยุดทำงานที่เกิดจากปัญหาเหล่านั้น

ในขั้นตอนนี้ คุณจะต้องหาต้นทุนของการป้องกันและการแก้ไข และนำมาเปรียบเทียบกับต้นทุนของปัญหา คุณภาพกำลังไฟฟ้าต่ำ การเปรียบเทียบนี้จะทำให้คุณสามารถหาเหตุผลรองรับการลงทุนที่จำเป็นในการแก้ไขปัญหาคุณภาพด้านกำลังไฟฟ้าได้ เนื่องจากการดำเนินการนี้ควรทำอย่างต่อเนื่อง ให้ใช้เครื่องมือที่เหมาะสม เพื่อให้คุณสามารถทดสอบและตรวจติดตามคุณภาพกำลังไฟฟ้าได้เอง แทนที่จะต้องให้ผู้ให้บริการภายนอก ในปัจจุบัน การดำเนินการนี้มีราคาประหยัดอย่างไม่น่าเชื่อ และมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการหยุดทำงานอย่างแน่นอน

**Fluke.** ให้โลกของคุณคงอยู่ และก้าวต่อไป

**Fluke Corporation**  
PO Box 9090, Everett, WA 98206 U.S.A.

**Fluke Europe B.V.**  
PO Box 1186, 5602 BD  
Eindhoven, The Netherlands

**For more information call:**  
In the U.S.A. (800) 443-5853 or  
Fax (425) 446-5116  
In Europe/M-East/Africa +31 (0)40 267 5100 or  
Fax +31 (0)40 267 5222  
In Canada (800)-36-FLUKE or  
Fax (905) 890-6866  
From other countries +1 (425) 446-5500 or  
Fax +1 (425) 446-5116  
Web access: [www.fluke.com](http://www.fluke.com)

©2004-2012, 2017 Fluke Corporation.  
Specifications subject to change without notice.  
12/2017 2391563d-th

Modification of this document is not permitted  
without written permission from Fluke Corporation.