



ประกาศการไฟฟ้านครหลวง

ที่ ๘/๒๕๕๓

เรื่อง ข้อกำหนดเกี่ยวกับแรงดันเปลี่ยนแปลงสำหรับการเชื่อมต่อมอเตอร์
ในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ

ด้วยปัจจุบันมีผู้ใช้ไฟฟ้าติดตั้งใช้งานมอเตอร์ขนาดใหญ่ในระบบไฟฟ้าแรงต่ำของการไฟฟ้านครหลวงเป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มจะเพิ่มมากขึ้นในอนาคต มอเตอร์ของผู้ใช้ไฟฟ้างดงกล่าวมีกระแสฟักัดต่อเนื่องไม่เกินขีดจำกัดที่อนุญาตให้เชื่อมต่อในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ แต่กระแสสตาร์ทของมอเตอร์อาจมีค่าสูงเป็น ๖ - ๘ เท่าของกระแสฟักัด ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาตามมากล่าวคือ ทำให้เกิดแรงดันตกชั่วขณะในขณะที่สตาร์ทมอเตอร์ ส่งผลกระทบกับอุปกรณ์ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟารายข้างเคียงที่ต่อรับไฟจากหม้อแปลงจำหน่ายลูกเดียวกัน หรืออาจทำให้ฟิวส์ด้านแรงต่ำของหม้อแปลงจำหน่ายขาดเนื่องจากกระแสเกินจากการสตาร์ทมอเตอร์ ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับตามมา

ดังนั้น เพื่อเป็นการควบคุมมิให้เกิดปัญหาตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น การไฟฟ้านครหลวงจึงได้ออกข้อกำหนดเกี่ยวกับแรงดันเปลี่ยนแปลงสำหรับการเชื่อมต่อมอเตอร์ในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ โดยกำหนดหลักเกณฑ์ ขีดจำกัด และวิธีการประเมิน ในการพิจารณาอนุญาตให้เชื่อมต่อมอเตอร์ในระบบไฟฟ้าแรงต่ำของการไฟฟ้านครหลวง ตามที่แนบท้ายประกาศนี้

จึงประกาศให้ทราบโดยทั่วกัน

ประกาศ ณ วันที่ ๒๔ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๕๓

(ลงชื่อ) พรเทพ ธีญญพงศ์ชัย
(นายพรเทพ ธีญญพงศ์ชัย)
ผู้ว่าการ



ข้อกำหนดเกี่ยวกับแรงดันเปลี่ยนแปลง
สำหรับการเชื่อมต่อมอเตอร์ในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ

การไฟฟ้านครหลวง

พ.ศ. 2552

คำนำ

โหลดประเภทมอเตอร์ไฟฟ้าโดยธรรมชาติจะมีปริมาณกระแสสูงกว่ากระแสพิกัดของมอเตอร์มาก มอเตอร์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ยังมีปริมาณกระแสสูง หากมอเตอร์เหล่านี้เชื่อมต่อในระบบไฟฟ้าแรงต่ำอาจก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านคุณภาพไฟฟ้าตามมาได้ เช่นปัญหาแรงดันตกชั่วขณะส่งผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ข้างเคียง

ข้อกำหนดฉบับนี้มีเป้าหมายเพื่อควบคุมผลกระทบอันเกิดจากการทำงานของมอเตอร์ขนาดใหญ่เหล่านี้ โดยกำหนดหลักเกณฑ์ในการอนุญาตให้เชื่อมต่อ ชิดจำกัด และวิธีการประเมินผลเพื่อควบคุมให้ผลกระทบที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับที่ยอมรับได้และไม่ส่งผลเสียต่อผู้ใช้ไฟฟ้ารายอื่นๆ

การไฟฟ้านครหลวง

สารบัญ

	หน้า
1. วัตถุประสงค์	4
2. นิยามคำศัพท์	5
3. ขีดจำกัดแรงดันเปลี่ยนแปลง	6
4. ขั้นตอนวิธีการประเมิน	8
5. ตัวอย่างการประเมิน	12
ภาคผนวก ก. ค่าตัวแปรของหม้อแปลงจำหน่าย	14
ภาคผนวก ข. ค่าตัวแปรของสายไฟฟ้าแรงต่ำ	15
เอกสารอ้างอิง	17

1. วัตถุประสงค์

ข้อกำหนดฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมและป้องกันปัญหาแรงดันเปลี่ยนแปลงอันเกิดจากการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีการติดตั้งมอเตอร์แรงต่ำขนาดใหญ่ เนื่องจากผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทนี้ถึงแม้มีพิกัดกระแสต่อเนื่องของโหลดรวมไม่เกิน 400 A ซึ่งหากพิจารณาตามระเบียบการจ่ายไฟของการไฟฟ้านครหลวง แล้วสามารถต่อเชื่อมในระบบไฟฟ้าแรงต่ำได้โดยตรง อย่างไรก็ตามกระแสสตาร์ทของมอเตอร์เหล่านี้อาจมีค่าสูงเป็น 6 - 8 เท่าของกระแสพิกัด ซึ่งหากอนุญาตให้เชื่อมต่omotorเหล่านี้ในระบบไฟฟ้าแรงต่ำอาจก่อให้เกิดปัญหาตามมาได้เช่น

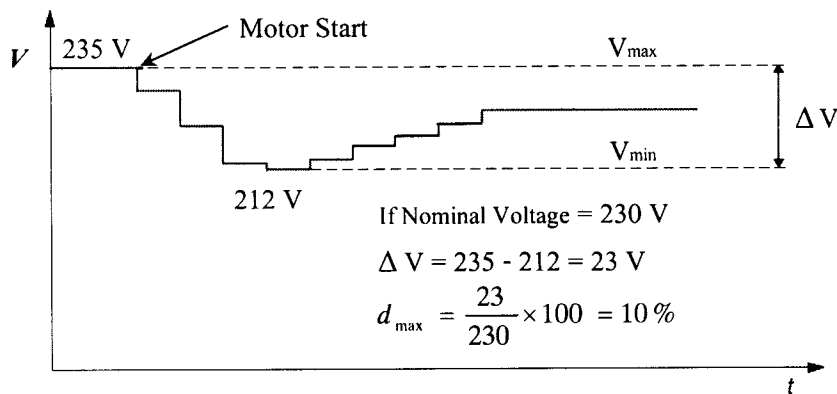
- ทำให้เกิดเหตุการณ์แรงดันตกชั่วขณะ ในขณะที่มอเตอร์สตาร์ท ส่งผลกระทบกับอุปกรณ์ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าย่อยอื่นที่ต่อรับไฟจากหม้อแปลงจำหน่ายลูกเดียวกัน
- ทำให้พิวส์ด้านแรงต่ำของหม้อแปลงจำหน่ายขาดเนื่องจากกระแสเกินอันมีสาเหตุจากกระแสสตาร์ทมอเตอร์ ส่งผลให้เกิดไฟฟาดับตามมา

ข้อกำหนดฉบับนี้กำหนดหลักเกณฑ์ ขีดจำกัด และวิธีการประเมินในการอนุญาตให้เชื่อมต่omotorในระบบไฟฟ้าแรงต่ำของการไฟฟ้านครหลวง เพื่อควบคุมมิให้เกิดปัญหาข้างต้นส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้าย่อยอื่นๆ

2. นียามคำศัพท์

แรงดันเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์สูงสุด (Maximum Relative Voltage Change, d_{max}) - อัตราส่วนระหว่างค่าความแตกต่างของแรงดัน RMS สูงสุดและต่ำสุดในขณะที่เกิดแรงดันเปลี่ยนแปลงอันเนื่องจากการสตาร์ทมอเตอร์ ต่อค่าแรงดันจ่ายไฟปกติในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ (Nominal Voltage) ดังแสดงในสมการที่ (1) และรูปที่ 1

$$d_{max} (\%) = \frac{V_{Max} - V_{Min}}{V_{Nom}} \times 100 \quad (1)$$



รูปที่ 1 แรงดันเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์สูงสุด (d_{max})

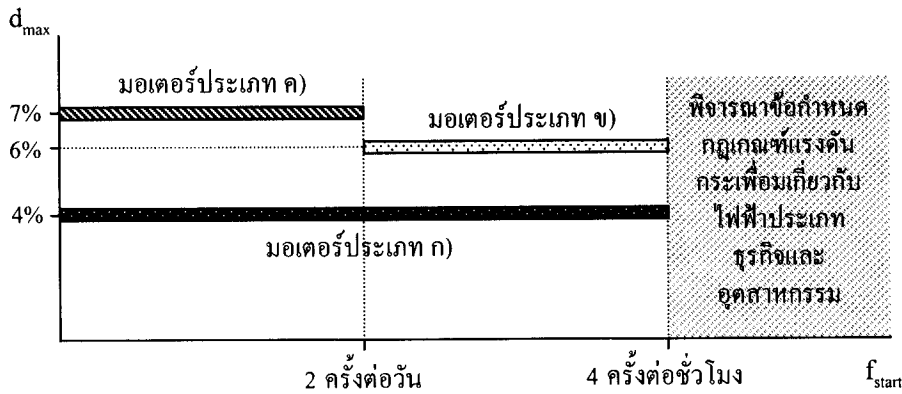
จุดต่อร่วม (Point of Common Coupling, PCC) - ตำแหน่งในระบบของการไฟฟ้าที่อยู่ใกล้กับผู้ใช้ไฟฟ้าที่สุดซึ่งผู้ใช้ไฟฟ้าย่อยอื่นอาจต่อร่วมได้

โหลดมอเตอร์รวม (Aggregated Motor Load) - กลุ่มของมอเตอร์ในระบบของผู้ใช้ไฟฟ้าย่อยเดียวกันและมีการสตาร์ทใช้งานพร้อมกัน จะพิจารณาเป็นอุปกรณ์เพียงตัวเดียวซึ่งมีขนาดพิกัดเท่ากับผลรวมของขนาดพิกัดของมอเตอร์แต่ละตัว

กระแสสตาร์ทสูงสุด (Maximum Starting Current) - ค่าสูงสุดของกระแส RMS ของโหลดมอเตอร์รวมที่เกิดขึ้นในขณะที่มอเตอร์สตาร์ท

3. ขีดจำกัดแรงดันเปลี่ยนแปลง

ขณะมอเตอร์สตาร์ทต้องไม่ทำให้แรงดันเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์สูงสุด (d_{max}) ที่จุดต่อร่วมในระบบไฟฟ้าแรงต่ำมีค่าเกินขีดจำกัดสำหรับมอเตอร์แต่ละประเภทดังนี้ (พิจารณารูปที่ 2)



รูปที่ 2 ขีดจำกัดแรงดันเปลี่ยนแปลงและประเภทมอเตอร์

มอเตอร์ประเภท ก) มีขีดจำกัด d_{max} ไม่เกิน 4% สำหรับมอเตอร์ที่

- ไม่ทราบเงื่อนไขในการทำงาน
- ไม่เข้าข่ายมอเตอร์ประเภท ข) และ ค)

มอเตอร์ประเภท ข) มีขีดจำกัด d_{max} ไม่เกิน 6% สำหรับมอเตอร์ที่

- สวิตช์เปิดปิดโดยผู้ใช้งาน
- สวิตช์เปิดปิดโดยอัตโนมัติมากกว่า 2 ครั้งต่อวัน และมีการหน่วงเวลาในการสตาร์ทที่ขึ้นมาใหม่หลังเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับเป็นเวลาไม่น้อยกว่าหลายสิบวินาที หรือใช้วิธีการสตาร์ทขึ้นมาใหม่โดยผู้ใช้งานหลังเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ

มอเตอร์ประเภท ก) มีขีดจำกัด d_{\max} ไม่เกิน 7% สำหรับมอเตอร์ที่

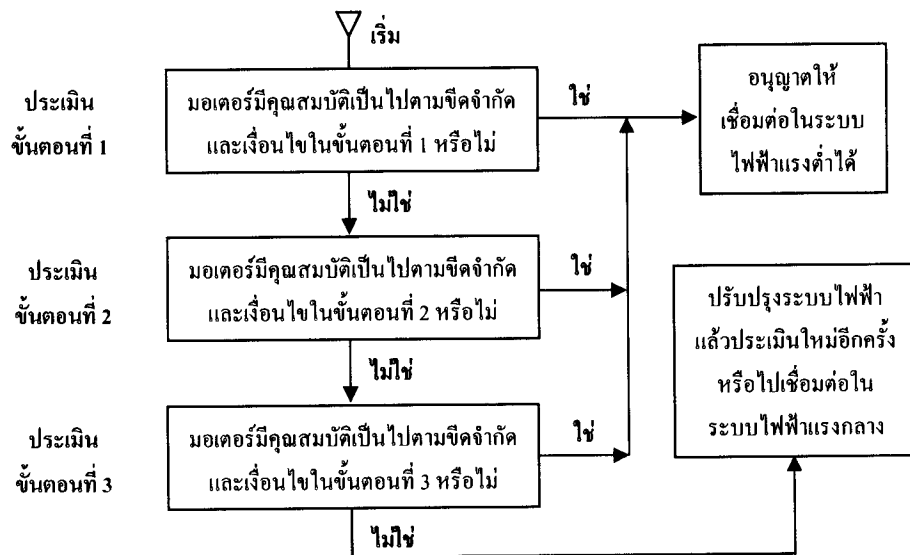
- ผู้ใช้งานควบคุมอยู่ตลอดในขณะที่ใช้งาน
- สวิตช์เปิดปิดโดยอัตโนมัติหรือโดยผู้ใช้งานไม่เกิน 2 ครั้งต่อวัน และมีการหน่วงเวลาในการสตาร์ทขึ้นมาใหม่หลังเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับเป็นเวลาไม่น้อยกว่าหลายสิบวินาที หรือใช้วิธีการสตาร์ทขึ้นมาใหม่โดยผู้ใช้งานหลังเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับ

หมายเหตุ หากเป็นมอเตอร์ที่มีการสตาร์ทมากกว่า 4 ครั้งต่อชั่วโมงให้พิจารณาหลักเกณฑ์ ขีดจำกัด และวิธีการประเมินตาม “ข้อกำหนดกฎเกณฑ์แรงดันกระเพื่อมเกี่ยวกับไฟฟ้าประเภทธุรกิจและอุตสาหกรรม”

4. ขั้นตอนวิธีการประเมิน

การประเมินเพื่อพิจารณาอนุญาตให้เชื่อมต่อแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน โดยการประเมินจะพิจารณาทีละขั้นตอนเริ่มจากขั้นตอนที่ 1 หากผู้ใช้ไฟฟ้าไม่ผ่านการประเมินในขั้นตอนใดหรือไม่เข้าข่ายที่จะประเมินในขั้นตอนนั้นได้ ก็ให้ไปประเมินในขั้นตอนถัดไป มอเตอร์ไฟฟ้าที่จะได้รับอนุญาตให้เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าแรงต่ำได้ต้องผ่านการประเมินในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งดังนี้

หมายเหตุ วิธีการประเมิน 3 ขั้นตอนต่อไปนี้สามารถประยุกต์ใช้กับระบบไฟฟ้าแรงต่ำทั่วไปที่อยู่นอกเขตวงจรถาข่าย สำหรับระบบไฟฟ้าแรงต่ำที่อยู่ในเขตวงจรถาข่ายไม่สามารถประเมินตามวิธีการในขั้นตอนที่ 1 และ 2 ได้ เนื่องจากการประเมินในขั้นตอนที่ 1 และ 2 อ้างอิงมาจากระบบไฟฟ้าแบบ Radial อย่างไรก็ตามระบบไฟฟ้าแรงต่ำที่อยู่ในเขตวงจรถาข่ายยังคงสามารถประเมินตามวิธีการในขั้นตอนที่ 3 ได้โดยตรง



รูปที่ 3 Flow Chart แสดงขั้นตอนวิธีการประเมิน

4.1 การประเมินในขั้นตอนที่ 1

ประเมินจากพิกัดกระแสของมอเตอร์ และขนาดของหม้อแปลงจำหน่ายที่จ่ายไฟ โดยมีขีดจำกัดและเงื่อนไขในการอนุญาตให้เชื่อมต่อดังนี้

“โหลดมอเตอร์รวมที่รับไฟจากหม้อแปลงจำหน่ายซึ่งมีพิกัดขนาดตั้งแต่ 112.5 kVA ขึ้นไป และมีพิกัดกระแสไม่เกิน 8 แอมแปร์ต่อเฟส สามารถเชื่อมต่อในระบบไฟฟ้าแรงต่ำได้”

4.2 การประเมินในขั้นตอนที่ 2

ประเมินจากประเภทของมอเตอร์ ขนาดกระแสสแตร์ทสูงสุดของมอเตอร์ และขนาดของหม้อแปลงจำหน่ายที่จ่ายไฟ โดยมีขีดจำกัดและเงื่อนไขในการอนุญาตให้เชื่อมต่อดังนี้

“โหลดมอเตอร์รวมที่รับไฟจากหม้อแปลงจำหน่ายซึ่งมีพิกัดขนาดตามตารางที่ 1 และมีขนาดกระแสสแตร์ทสูงสุดไม่เกินขีดจำกัดในตาราง สามารถเชื่อมต่อในระบบไฟฟ้าแรงต่ำได้”

ตารางที่ 1 ขีดจำกัดขนาดกระแสสแตร์ทสูงสุดของโหลดมอเตอร์รวม

หม้อแปลง จำหน่าย (kVA)	กระแสสแตร์ทสูงสุดของโหลดมอเตอร์รวม (A)		
	มอเตอร์ ประเภท ก)	มอเตอร์ ประเภท ข)	มอเตอร์ ประเภท ค)
112.5	62	94	109
150	83	125	146
225	125	187	219
300	167	250	291
≥ 500	184	276	322

4.3 การประเมินในขั้นตอนที่ 3

ประเมินจากแรงดันเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์สูงสุดที่จุดต่อร่วมขณะสตาร์ทมอเตอร์ ซึ่งคำนวณได้จากค่า Resistance และ Reactance รวมของระบบที่จุดต่อร่วม ขนาดกระแสสตาร์ทสูงสุดและตัวประกอบกำลังขณะสตาร์ทมอเตอร์ โดยมีขีดจำกัดและเงื่อนไขในการอนุญาตให้เชื่อมต่อดังนี้

“โหลดมอเตอร์รวมสามารถเชื่อมต่อในระบบไฟฟ้าแรงต่ำได้ หากแรงดันเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์สูงสุดที่เกิดขึ้น ณ จุดต่อร่วมขณะสตาร์ทมอเตอร์มีค่าไม่เกินขีดจำกัดตามที่กำหนดไว้ในข้อ 3.”

แรงดันเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์สูงสุด (d_{max}) ขณะสตาร์ทมอเตอร์สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$d_{max}(\%) = \frac{1.1 (V_{Nom} - V_{Start})}{V_{Nom}} \times 100 \quad (2)$$

$$V_{Start} = \sqrt{A^2 + B} - A \quad (3)$$

$$A = I_{Start} [R(PF_{Start}) + X \sin\{\arccos(PF_{Start})\}] \quad (4)$$

$$B = V_{Nom}^2 - I_{Start}^2 (R^2 + X^2) \quad (5)$$

เมื่อ V_{Nom} = ขนาดแรงดันจ่ายไฟปกติในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ (V)

V_{Start} = ขนาดแรงดันที่จุดต่อร่วมขณะสตาร์ทมอเตอร์ (V)

I_{Start} = ขนาดกระแสสตาร์ทสูงสุดของมอเตอร์ (A)

PF_{Start} = ตัวประกอบกำลังของมอเตอร์ขณะสตาร์ท (pu)

R = Resistance รวมของระบบที่จุดต่อร่วม (Ω)

X = Reactance รวมของระบบที่จุดต่อร่วม (Ω)

4.4 แนวทางดำเนินการเมื่อไม่ผ่านการประเมิน

หากผลการประเมินเป็นไปตามเงื่อนไขในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง ก็สามารถอนุญาตให้เชื่อมต่อมอเตอร์นั้นเข้ากับระบบไฟฟ้าแรงต่ำได้ แต่หากผลการประเมินไม่เป็นไปตามเงื่อนไขในขั้นตอนใดเลย อาจดำเนินการได้ดังนี้

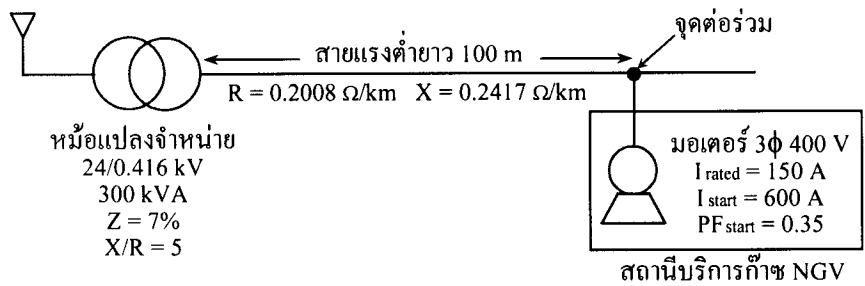
- ปรับลดขนาดกระแสสตาร์ทของมอเตอร์ โดยการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยลดกระแสขณะสตาร์ทเช่น Soft-starter หรือ Static VAR Compensator หรือปรับคุณสมบัติทางกลของโหลดที่มอเตอร์ขับเคลื่อนในขณะสตาร์ทเพื่อช่วยลดขนาดกระแสสตาร์ทของมอเตอร์
- หากภายหลังปรับลดขนาดกระแสสตาร์ทแล้ว การสตาร์ทมอเตอร์ยังคงไม่เป็นไปตามเงื่อนไขในการประเมินขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง กรณีนี้ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องไปเชื่อมต่อและซื้อไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าแรงกลาง 12 kV หรือ 24 kV แทน

4.5 การประเมินโดยใช้โปรแกรมตารางประเมิน

การพิจารณาอนุญาตให้เชื่อมต่อมอเตอร์ใน 3 ขั้นตอนข้างต้น นอกจากจะใช้วิธีการประเมินตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังสามารถประเมินใช้โปรแกรมตารางประเมิน “Voltage_Change_Assessment.xls” ซึ่งทำงานบน Microsoft Excel โดยโปรแกรมดังกล่าวแบ่งการประเมินออกเป็น 3 ขั้นตอนเช่นเดียวกัน ผู้ใช้งานต้องป้อนข้อมูลตัวแปรของมอเตอร์และระบบไฟฟ้าที่จะเชื่อมต่อเข้าไป และโปรแกรมจะประเมินว่ามอเตอร์นั้นผ่านการประเมินในแต่ละขั้นตอนหรือไม่ โปรแกรมดังกล่าวสามารถ Download ได้จาก Intranet Website ของฝ่ายวิจัยและพัฒนา

5. ตัวอย่างการประเมิน

สถานีบริการก๊าซ NGV แห่งหนึ่งต้องการขอใช้ไฟในระบบไฟฟ้าแรงต่ำ โดยสถานีฯมีการติดตั้งมอเตอร์ขนาดใหญ่สำหรับใช้สูบน้ำอัดก๊าซไปเก็บในถังสำรอง มอเตอร์ดังกล่าวมีการใช้งานเฉลี่ยชั่วโมงละครั้งและมีขนาดกระแสสแตร์ทเป็น 4 เท่าของกระแสพิกัด ในกรณีเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับมอเตอร์ต้องอาศัยการสตาร์ทขึ้นมาใหม่โดยผู้ใช้งาน ระบบจ่ายไฟและพิกัดของอุปกรณ์ต่างๆแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ระบบจ่ายไฟให้สถานีบริการก๊าซ NGV

การประเมินในขั้นตอนที่ 1

เนื่องจากกระแสพิกัดของมอเตอร์นี้มีค่า 150 A ซึ่งสูงเกินกว่าขีดจำกัดกระแส พิกัด 8 A ตามเงื่อนไขในขั้นตอนที่ 1 ดังนั้นมอเตอร์นี้จึงไม่ผ่านการประเมินตามขั้นตอนที่ 1 และต้องไปประเมินในขั้นตอนถัดไป

การประเมินในขั้นตอนที่ 2

จากลักษณะการทำงานของมอเตอร์สามารถพิจารณาได้ว่าเป็นมอเตอร์ประเภท ข) และมอเตอร์นี้รับไฟจากหม้อแปลงจำหน่ายขนาด 300 kVA ขีดจำกัดกระแสสแตร์ทสูงสุดของมอเตอร์สำหรับกรณีนี้มีค่า 250 A แต่เนื่องจากกระแสสแตร์ทของมอเตอร์มีค่า 600 A ดังนั้นมอเตอร์นี้จึงไม่ผ่านการประเมินตามขั้นตอนที่ 2 และต้องไปประเมินในขั้นตอนสุดท้าย

การประเมินในขั้นตอนที่ 3

การประเมินในขั้นตอนที่ 3 ต้องหาค่า Resistance และ Reactance ที่จุดต่อร่วม เพื่อคำนวณหาค่าแรงดันเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์สูงสุดจากการสตาร์ทมอเตอร์ดังนี้

$$\text{Resistance ของหม้อแปลง } 0.07 * (0.416^2 / 0.3) * \cos(\arctan(5)) = 0.007919 \Omega$$

$$\text{Reactance ของหม้อแปลง } 0.07 * (0.416^2 / 0.3) * \sin(\arctan(5)) = 0.039596 \Omega$$

$$\text{Resistance ของสายแรงต่ำ } 0.1 * 0.2008 = 0.02008 \Omega$$

$$\text{Reactance ของสายแรงต่ำ } 0.1 * 0.2417 = 0.02417 \Omega$$

$$\text{Resistance รวมที่จุดต่อร่วม } 0.007919 + 0.02008 = 0.027999 \Omega$$

$$\text{Reactance รวมที่จุดต่อร่วม } 0.039596 + 0.02417 = 0.063766 \Omega$$

คำนวณหาค่า d_{\max} จากสมการที่ (2) ถึง (5)

$$A = 600 [0.027999(0.35) + 0.063766 \sin\{\arccos(0.35)\}] = 41.719$$

$$B = 230^2 - 600^2(0.027999^2 + 0.063766^2) = 51154$$

$$V_{\text{Start}} = \sqrt{41.719^2 + 51154} - 41.719 = 188.27$$

$$d_{\max}(\%) = \frac{1.1(230 - 188.27)}{230} \times 100 = 19.96$$

ตามที่ได้พิจารณาข้างต้น มอเตอร์นี้จัดเป็นประเภท ข) จึงมีขีดจำกัดแรงดันเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์สูงสุด (d_{\max}) ที่จุดต่อร่วมไม่เกิน 6% ดังนั้นมอเตอร์นี้จึงไม่ผ่านการประเมินตามขั้นตอนที่ 3 และไม่สามารถเชื่อมต่อในระบบไฟฟ้าแรงต่ำได้ แต่ต้องไปเชื่อมต่อในระบบไฟฟ้าแรงกลาง 12 kV หรือ 24 kV แทน

ภาคผนวก ก. ค่าตัวแปรของหม้อแปลงจำหน่าย

Impedance (%)

Specification ของหม้อแปลงจำหน่ายที่ กฟน. จัดซื้อกำหนดให้หม้อแปลงจำหน่ายมีค่า Impedance อยู่ในช่วงที่กำหนด เช่น หม้อแปลงขนาด 300 kVA ต้องมีค่า Impedance อยู่ระหว่าง 3.9% ถึง 7.0% แต่ไม่ได้กำหนดเป็นค่าแน่นอนตายตัว ดังนั้น Impedance ของหม้อแปลงจำหน่ายแต่ละลูกจึงอาจมีค่าไม่เท่ากัน แม้จะมีขนาดเท่ากัน ในทางปฏิบัติสามารถตรวจสอบค่า Impedance ของหม้อแปลงได้จาก Nameplate บนหม้อแปลง

X/R Ratio

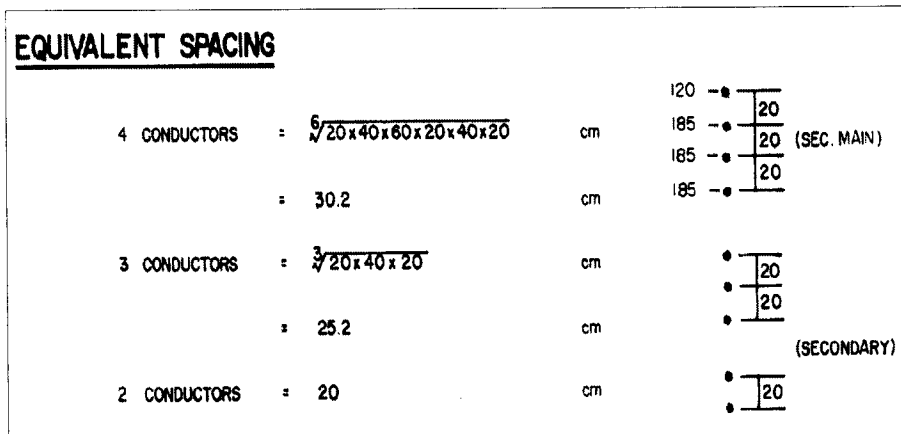
Specification ของหม้อแปลงจำหน่ายที่ กฟน. จัดซื้อไม่ได้กำหนดให้ระบุค่า X/R Ratio บน Nameplate ของหม้อแปลง ดังนั้นในทางปฏิบัติค่า X/R Ratio ของหม้อแปลงอาจตรวจสอบได้จาก Test Report ของหม้อแปลง หรือหากไม่มีข้อมูล Test Report อาจใช้ค่าโดยประมาณจากตารางต่อไปในการคำนวณ

ขนาดหม้อแปลงจำหน่าย	X/R Ratio
≤ 150 kVA	4.5
225 kVA	5.0
300 kVA	7.2
500 kVA	8.5
≥ 750 kVA	11.0

ภาคผนวก ข. ค่าตัวแปรของสายไฟฟ้าแรงต่ำ

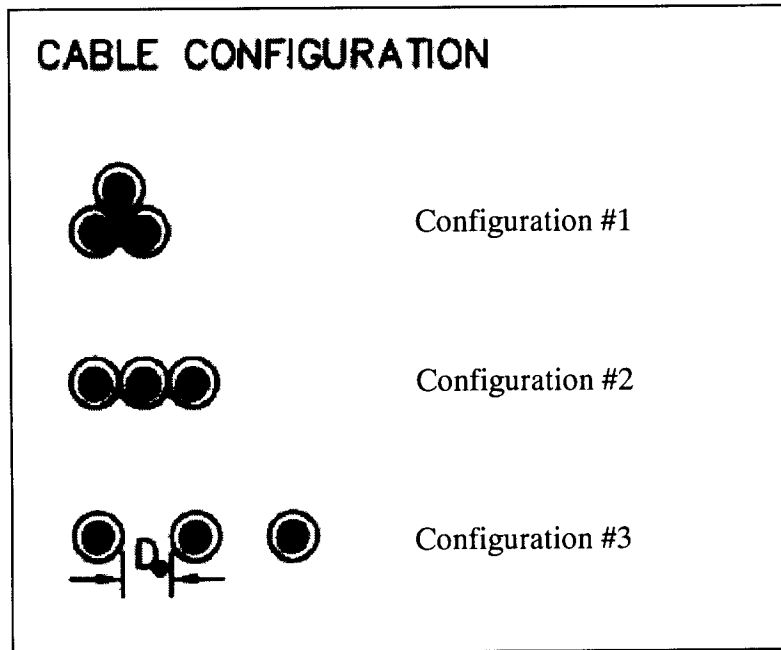
**Electrical Characteristics of Weatherproof Aluminium Conductor
Polyethylene Insulated 600 V**

Conductor Size (mm ²)	Resistance at 75 °C (Ω/km)	Reactance		
		30.2 cm Spacing (Ω/km)	25.2 cm Spacing (Ω/km)	20.0 cm Spacing (Ω/km)
35	1.0606	0.2959	0.2845	0.27
70	0.5414	0.2738	0.2625	0.2479
120	0.3094	0.2562	0.2449	0.2303
185	0.2008	0.2417	0.2303	0.2158



Electrical Characteristics of 0.6 / 1 kV XLPE Insulated Copper Cable

Cable Size (mm ²)	Resistance at 90 °C			Reactance		
	Config #1 (Ω/km)	Config #2 (Ω/km)	Config #3 (Ω/km)	Config #1 (Ω/km)	Config #2 (Ω/km)	Config #3 (Ω/km)
35	0.6680	0.6680	0.6680	0.0964	0.1110	0.1548
70	0.3420	0.3420	0.3420	0.0891	0.1037	0.1475
120	0.1964	0.1961	0.1956	0.0816	0.0962	0.1400
185	0.1285	0.1279	0.1272	0.0808	0.0955	0.1393
240	0.0990	0.0982	0.0973	0.0794	0.0940	0.1378
400	0.0645	0.0632	0.0618	0.0778	0.0924	0.1362



เอกสารอ้างอิง

1. IEC 61000-3-3 (2005) International Standard - Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection
2. IEC 61000-3-5 (1994) Technical Report - Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage power supply systems for equipment with rated current grater than 16 A
3. IEC 61000-3-11 (2000) International Standard - Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems - Equipment with rated current ≤ 75 A and subject to conditional connection
4. ข้อกำหนดกฎเกณฑ์แรงดันกระเพื่อมเกี่ยวกับไฟฟ้าประเภทธุรกิจและอุตสาหกรรม (PRC - PQG - 02 / 1998), คณะกรรมการปรับปรุงความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค