

การปรับปรุงระบบป้องกันกรณีอุปกรณ์ป้องกันต้นทาง (Circuit Breaker) ทำงานพร้อมกัน 2 วงจร**กรณีศึกษา : ฟีดเดอร์ 9 และฟีดเดอร์ข้างเคียง สถานีไฟฟ้าโคกแย้**

วิชาญ อินทร์* และ ณกุล อรกิจ

ชมรมวิศวกร, การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต ๑ (ภาคกลาง) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา *wichan6562@gmail.com

บทคัดย่อ

ตามนโยบายการส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาด ตลอดจนการส่งเสริมผู้ผลิตไฟฟ้าภาคเอกชนในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนทดแทนการผลิตไฟฟ้าเพื่อการพาณิชย์โดยกำหนดส่วนเพิ่มอัตราซื้อไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงและเทคโนโลยีประเภทต่างๆ ทำให้ภาคเอกชนสนใจที่จะผันตัวเองเป็นผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก (SPP) และผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP) ผลิตไฟฟ้าขายเข้าระบบของ PEA ซึ่งจะกระจายตัวอยู่ตามพื้นที่ต่างๆ เป็นการช่วยลดการลงทุนในการก่อสร้างทั้งระบบผลิต ระบบส่ง และระบบจำหน่ายของภาครัฐบาลลงได้จำนวนมาก แต่ในขณะเดียวกัน การที่มีโรงไฟฟ้ากระจายตัวอยู่เป็นจำนวนมากผลิตไฟฟ้าเพื่อขายเข้าระบบของ PEA ก็จะมีผลให้การออกแบบระบบควบคุม และระบบป้องกันของโรงไฟฟ้าต่างๆ เกิดความยุ่งยากและซับซ้อนในการออกแบบความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ป้องกันทั้งของ PEA และของผู้ใช้ไฟ

บทความนี้เป็นอีกหนึ่งตัวอย่างที่จะแสดงให้เห็นว่าถึงแม้การรับซื้อพลังงานไฟฟ้าจากภาคเอกชนโดยผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP) จะมีข้อกำหนดหรือมาตรฐานในการติดตั้งหรือปรับตั้งค่าการทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน (Protection) แล้วก็ตาม แต่การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงรูปแบบการจ่ายไฟในบางกรณี ก็อาจส่งผลกระทบต่อระบบป้องกันทำให้เกิดการทำงานผิดพลาด หรืออาจต้องเพิ่มอุปกรณ์ป้องกันบางชนิดเพื่อให้การจ่ายไฟที่สถานีไฟฟ้าของ PEA และที่โรงไฟฟ้าของ VSPP ทำงานประสานสัมพันธ์กัน (Protection Coordination) และถูกต้องตามฟังก์ชันเพื่อให้ทุกภาคส่วนสามารถใช้ทรัพยากรต่างๆ ร่วมกันให้เกิดประโยชน์สูงสุด

คำสำคัญ: VSPP, Protection, Protection Coordination**1. บทนำ**

ในขั้นตอนของการรับซื้อพลังงานไฟฟ้าจากเอกชนหรือผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP) หลังจากได้มีการพิจารณาอนุญาตและการดำเนินการในการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

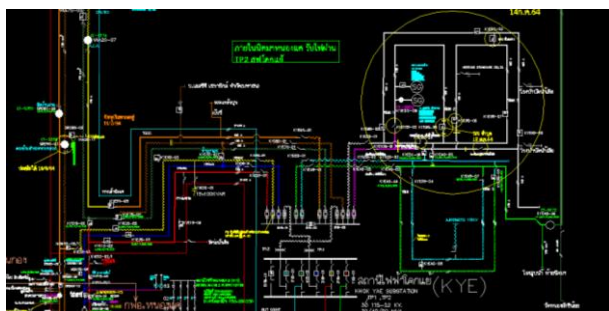
แล้ว จะต้องมีการทดสอบการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า) First Synchronization) เข้ากับระบบไฟฟ้าของ PEA ก่อนที่จะเริ่มต้นซื้อขายไฟฟ้า (COD) ซึ่งก่อนที่ PEA จะอนุมัติให้ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนสามารถขายไฟเข้าระบบไฟฟ้าของ PEA ได้นั้น จะต้องผ่านการพิจารณาหลักเกณฑ์ข้อกำหนดทางด้านเทคนิคในเบื้องต้นโดยในส่วนของระบบจำหน่าย 22 เควี ในพื้นที่ กฟผ.1 ประกอบด้วย ปริมาณกำลังไฟฟ้าขายรวมต้องไม่เกิน 8 เมกะวัตต์/วงจร โดยปริมาณกำลังไฟฟ้ารวมที่รับซื้อในระบบจำหน่ายรวมทุกวงจร จะต้องไม่เกิน 75 เปอร์เซ็นต์ (หน่วยเป็น กิโลโวลต์-แอมแปร์) ของพิกัดสูงสุดของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังแต่ละเครื่องของสถานีไฟฟ้า นอกจากนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟเอกชนจะต้องไม่ทำให้ค่ากระแสลัดวงจรรวมในระบบโครงข่ายไฟฟ้าเกินร้อยละ 85 ของค่าวิสัยสามารถตัดกระแสลัดวงจร (Short Circuit Interrupting Capacity) ของอุปกรณ์ตัดการเชื่อมต่อหรืออุปกรณ์ป้องกัน และไม่ทำให้เกิดการทำงานที่ไม่ประสานสัมพันธ์ (Protection Coordination) ของอุปกรณ์ป้องกันอีกด้วย

2. ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง**2.1 ข้อมูลสถานีไฟฟ้าโคกแย้**

สถานีไฟฟ้าโคกแย้ (KYE) เป็นสถานีไฟฟ้าระบบ 115-22 เควี ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังขนาด 50 MVA จำนวน 2 เครื่อง ต่อดึงดินผ่าน NGR 12.7 โอห์ม 22 เควี สวิตช์เกียร์จำนวน 13 ชุด รับพลังไฟฟ้าระบบ 115 เควี จากสถานีไฟฟ้าแรงสูงสระบุรี 5 กฟผ. ผ่านสถานีไฟฟ้าลานไถหนองแค 2 กฟผ. มีข้อมูลการจ่ายไฟ ดังนี้

หม้อแปลง TP1 จ่ายไฟให้ฟีดเดอร์ 1,2,3,4,5 ซึ่งระบบจำหน่ายฟีดเดอร์ 1,3 จ่ายไฟให้ผู้บริโภคบริเวณริมถนนพหลโยธินช่วง อ.วังน้อย-บ้านหินกอง โหลดสูงสุด 3.1 MW และ 1.6 MW ตามลำดับ ส่วนระบบจำหน่ายฟีดเดอร์ 2, 4, 5 จ่ายไฟให้กับผู้ใช้ไฟภายในนิคมอุตสาหกรรมหนองแค โหลดสูงสุดรวม 3 วงจร 2.8 MW โหลดรวมหม้อแปลง 7.5 MW.

หม้อแปลง TP2 จ่ายไฟให้ฟีดเตอร์ 6,7,8,9,10 จ่ายไฟให้กับผู้ใช้ไฟภายในนิคมอุตสาหกรรมหนองแคทั้งหมด โหลดหม้อแปลงสูงสุด 8.5 MW.



รูปที่ 1 ระบบจำหน่ายสถานีไฟฟ้าโคกแย้

2.2 ระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมากและที่มาของ VSPP ในนิคมอุตสาหกรรมหนองแค

ตามมติคณะรัฐมนตรีเห็นชอบร่างระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP) และร่างระเบียบว่าด้วยการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กกับระบบไฟฟ้าของฝ่ายจำหน่าย ตลอดจนมีมติเห็นชอบให้มีการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนโดยใช้มาตรการจูงใจด้านราคาผ่านระเบียบการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก (SPP) และผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (VSPP) เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้ทรัพยากรภายในประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ ลดการพึ่งพาการผลิตไฟฟ้าในเชิงพาณิชย์ ซึ่งเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และช่วยแบ่งเบาภาระด้านการลงทุนของรัฐในระบบการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้า โดยกำหนดส่วนเพิ่มอัตราซื้อไฟฟ้า (ส่วนเพิ่มฯ) จากราคาซื้อไฟฟ้าตามระเบียบ SPP หรือ VSPP ตามประเภทเชื้อเพลิงและเทคโนโลยี ทั้งนี้ให้คำนึงถึงภาระค่าไฟฟ้าของประชาชน จนเป็นที่มาของการรับซื้อไฟฟ้าจากเอกชนดังนี้

2.2.1 ตามบันทึกเลขที่ กสผ.(สช.) 839/2559 ลงวันที่ 21 มีนาคม 2559 อนุมัติให้บริษัท สุเพิร์บ พาวเวอร์ จำกัด เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยติดตั้ง Synchronous Generator ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 1.356 MW ขนานและจ่ายไฟเข้าสู่ระบบไฟฟ้าของ PEA ในวงจรที่ 9 สถานีไฟฟ้าโคกแย้ เพื่อขายไฟฟ้าในปริมาณ 1.2 MW

2.2.2 ตามบันทึกเลขที่ กสผ.(สร.) 1384/2562 ลงวันที่ 26 มิถุนายน 2562 อนุมัติให้บริษัท สยามเพเล็ทพาวเวอร์ จำกัด เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยติดตั้ง Synchronous Generator ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 1.992 MW จำนวน 1 เครื่อง และขนาด 3.240 MW จำนวน 2 เครื่อง ขนานและจ่ายไฟเข้าสู่ระบบไฟฟ้าของ PEA ในวงจรที่ 9 สถานีไฟฟ้าโคกแย้ เพื่อขายไฟฟ้าในปริมาณ 6.8 MW

2.3 การเปลี่ยนแปลงแผนงานจ่ายไฟหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังเพื่อลดกำลังสูญเสียในหม้อแปลง

ตามมาตรการในการควบคุมหน่วยสูญเสียของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ให้ศึกษาความเป็นไปได้ในการจ่ายไฟสถานีไฟฟ้าที่มีโหลดรวมทั้งสถานีไม่เกิน 50 % ของฟีดหม้อแปลง 1 เครื่อง ให้จ่ายไฟด้วยหม้อแปลงเพียง 1 เครื่องสลับหมุนเวียนกันทุก 30 วัน เพื่อลดหน่วยสูญเสียของขดลวดหม้อแปลง ทั้งนี้หากมีผลกระทบต่อความมั่นคงในการจ่ายไฟให้พิจารณาเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม ซึ่งจากการตรวจสอบสถานีไฟฟ้าทั้งหมดในพื้นที่ กฟภ.1 จำนวน 97 สถานี พบว่ามีอยู่จำนวน 16 สถานีไฟฟ้าที่ในเบื้องต้นสามารถจ่ายโหลดหม้อแปลงเพียง 1 เครื่องได้ดังนี้

2.3.1 กำลังสูญเสียขณะไม่มีโหลด (No Load Loss) หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียขณะที่หม้อแปลงไฟฟ้ายังไม่จ่ายโหลด กำลังสูญเสียนี้เกิดขึ้นในแกนเหล็กเรียกว่า Iron Loss หรือ Core Loss ซึ่งค่า Iron Loss นั้น มีค่าเกือบคงที่ไม่ขึ้นอยู่กับโหลด แต่จะเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กในแกนเหล็ก และขึ้นอยู่กับความถี่ ความหนาแน่นสูงสุดของเส้นแรงแม่เหล็กในแกนเหล็ก คุณภาพของเหล็กปริมาตร หรือน้ำหนักของแกนแม่เหล็ก

2.3.2 กำลังสูญเสียขณะมีโหลด (Load Loss) หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปเนื่องจากความต้านทานของขดลวดขณะที่หม้อแปลงไฟฟ้าจ่ายโหลด กำลังสูญเสียนี้เรียกว่า Copper Loss กำลังสูญเสียของหม้อแปลงไฟฟ้า สามารถนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าได้

2.3.3 ตามบันทึกเลขที่ ก.1 กปบ.(คฟ) 35095/2564 ลงวันที่ 9 กันยายน 2564 กำหนดแผนงานสลับการจ่ายไฟหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่มีโหลดหม้อแปลง 2 เครื่อง รวมกันไม่เกินร้อยละ 50 ของฟีดหม้อแปลงเหลือเพียง 1 เครื่องทุก 30 วัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

| No. | Sub | TP1 (50 MVA) MW | TP2 (50 MVA) MW | โหลด รวมทั้ง สถานี (MW) | % โหลด/ หม้อแปลง 1 เครื่อง (ที่ P.F. 0.9) |
|-----|-----|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|---|
| 1 | BKT | 0.0 | 6.0 | 6.0 | 13.3 |
| 2 | BMB | 6.0 | 16.5 | 22.5 | 50.0 |
| 3 | BNM | 2.5 | 0.0 | 2.5 | 5.6 |
| 4 | BPH | 8.0 | 8.2 | 9.4 | 36.0 |
| 5 | BPI | 8.2 | 9.4 | 17.6 | 39.1 |

| | | | | | |
|----|-----|------|-----|------|------|
| 6 | BSG | 10.0 | 7.8 | 17.8 | 39.6 |
| 7 | DOP | 5.1 | 9.7 | 14.8 | 32.9 |
| 8 | KYE | 7.5 | 8.5 | 16.0 | 35.5 |
| 9 | LBL | 7.0 | 8.5 | 15.5 | 34.4 |
| 10 | NSI | 9.3 | 9.4 | 18.7 | 41.6 |
| 11 | NVA | 11.5 | 8.7 | 20.2 | 44.9 |
| 12 | PJB | 13.5 | 9.0 | 22.2 | 50.0 |
| 13 | RCN | 5.0 | 7.0 | 12.0 | 33.3 |
| 14 | RCQ | 10.4 | 3.0 | 13.4 | 29.8 |
| 15 | RCR | 6.0 | 0.0 | 6.0 | 13.3 |
| 16 | RCS | 6.0 | 6.5 | 12.5 | 27.8 |

ตารางที่ 1 โหลดหม้อแปลงแต่ละสถานีไฟฟ้า

โดยในส่วนของการจ่ายไฟฟ้าโคกแย้ (KYE) การดำเนินการสลับจ่ายหม้อแปลง 1 เครื่องทุก 30 วัน สามารถลดหน่วยสูญเสียได้ดังนี้

- กำหนดหม้อแปลงกำลังขนาด 50 MVA มีค่า Core Loss ที่พิกัดแรงดัน (115 เควี) ไม่เกิน 25.5 kW
- Load สูงสุด TP1 เท่ากับ 7.5 MW
- Load สูงสุด TP2 เท่ากับ 8.2 MW
- สลับกันจ่ายโหลดเครื่องละ 30 วัน

จากการปรับแผนการจ่ายโหลดหม้อแปลง 2 เครื่องเหลือ 1 เครื่องของสถานีไฟฟ้าโคกแย้สามารถลดหน่วยสูญเสียของหม้อแปลงลงจาก 38,182.44 kWh/เดือน เป็น 22,094.76 44 kWh/เดือน จึงได้เริ่มดำเนินการในช่วงเดือนพฤษภาคม 2564 เป็นต้นมา

2.4 เปรียบเทียบสถิติไฟฟ้าขัดข้องก่อนและหลังแผนงานการสลับจ่ายไฟหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่สถานีไฟฟ้าโคกแย้

หลังจากดำเนินการจ่ายโหลดสถานีไฟฟ้าโคกแย้ด้วยหม้อแปลงเพียง 1 เครื่อง พบว่าเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องที่สถานีไฟฟ้าโคกแย้ พฤติกรรมการทำงานของรีเลย์ป้องกันที่สถานีโคกแย้มีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไป คือเมื่อเกิดเหตุการณ์ลัดวงจร จะมีการปลดวงจรพร้อมกัน 2 วงจร บ่อยครั้งซึ่งต่างจากลักษณะการปลดวงจรในช่วงปีที่ผ่านมา

| 2563 | เวลา | ฟังก์ชัน | อุปกรณ์ | สาเหตุ |
|----------|-------|----------------|---------|---------------------------------------|
| 12-ม.ค. | 22:54 | T/R1 | 01VB-01 | พบรอยอาร์คทางปลาเฟส C ด้าน Soure |
| 03-มี.ค. | 16:39 | T/R2 | 04VB-01 | สายเฟสBด้านโหลดของ KYE4S-03 ขาด |
| 19-เม.ย. | 9:27 | T/L (Fucn.) | 09VB-01 | H/Lกับล่อฟ้าชำรุด บ.ไอคอน ท่าง สฟ2กม. |
| 08-พ.ค. | 8:02 | T/R1 | 03VB-01 | ไม่พบสาเหตุ |
| 10-พ.ค. | 8:10 | T/R2 | 05VB-01 | H/Lกับล่อฟ้าชำรุด บ.ไอคอน ท่าง สฟ2กม. |
| 10-ก.ย. | 10:49 | T/L (Fucn.) | 06VB-01 | ข้อตุง บ.เอสซีจี ท่างสฟ. 2กม. |
| 10-ก.ย. | 7:40 | T/R1 | 04VB-01 | ไม่พบสาเหตุ |
| 2564 | เวลา | ฟังก์ชัน | อุปกรณ์ | สาเหตุ |
| 16-เม.ย. | 9:23 | T/R2 | 04VB-01 | ไม่พบสาเหตุ |
| 05-พ.ค. | 16:35 | T/L (Fucn.) | 02VB-01 | ไม่พบสาเหตุ |
| 29-พ.ค. | 14:53 | T/R1 | 09VB-01 | กิ่งไม้แตะสายเฟส A |
| 29-พ.ค. | 14:53 | T/R1 | 04VB-01 | กิ่งไม้แตะสายเฟส A |
| 06-ก.ค. | 3:08 | T/R1 | 09VB-01 | ไม่พบสาเหตุ |
| 06-ก.ค. | 3:08 | T/R1 | 02VB-01 | ไม่พบสาเหตุ |
| 17-ก.ค. | 18:38 | T/R1 | 06VB-01 | ไม่พบสาเหตุ |
| 17-ก.ค. | 18:38 | T/R1 | 09VB-01 | ไม่พบสาเหตุ |

| | | | | |
|-------------|-------|------|---------|-------------|
| 31- ก.ค. | 06:02 | T/R1 | 01VB-01 | ไม่พบสาเหตุ |
| 31- ก.ค. | 06:02 | T/R1 | 09VB-01 | ไม่พบสาเหตุ |

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบสถิติไฟฟ้าขัดข้องปี 63/64

3. วิเคราะห์สาเหตุการทำงาน

3.1 ตรวจสอบสาเหตุที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานพร้อมกันจากสถิติไฟฟ้าขัดข้องเบื้องต้น

จากการตรวจสอบและพิจารณาสาเหตุไฟฟ้าขัดข้องจากการตรวจสอบระบบจำหน่ายของชุดปฏิบัติการระบบไฟฟ้าและศูนย์ควบคุมการจ่ายไฟ ทำให้ตั้งข้อสังเกตการทำงานของอุปกรณ์ได้ดังนี้

- ระบบจำหน่ายที่เกิดลัดวงจรไม่ได้จ่ายไฟไปทางเดียวกัน และตรวจสอบยืนยันจากศูนย์ฯแล้วว่าไม่มีการจ่ายไฟขนานวงจร

- ลักษณะการปลดวงจร 2 ฟีดเดอร์พร้อมกันเริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่ช่วงกลางปี 2564 หลังจากดำเนินการตามแผนงานจ่ายโหลดรวมจากหม้อแปลงเครื่องเดียวสลับกัน 30 วันเพื่อลด Loss โดยการสับเบรกเกอร์ Bus Tie KYEBVB-03 ทำให้ทั้ง 10 วงจรรับไฟจากบัสเดียวกัน

- ทุกครั้งที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงานพร้อมกัน 2 วงจรไม่ว่าจะเกิดลัดวงจรในฟีดเดอร์ใดก็ตาม CB ฟีดเดอร์ KYE09 จะทำงานตามไปด้วยทุกครั้ง

- จากการตรวจสอบโหลดวงจร KYE09 พบว่ามี VSPP บ.สยามเพลเลียท พาวเวอร์ และบ.สุเพิร์บ ชีวมวล จ่ายไฟขนานเครื่องเข้าระบบ

ซึ่งจากข้อสังเกตดังกล่าวข้างต้นสันนิษฐานได้ว่าปัญหาอุปกรณ์ป้องกันต้นทางทำงานพร้อมกัน 2 วงจร น่าจะมาจากผลกระทบของระบบป้องกันจากวงจรที่มี VSPP ขนานขายไฟอยู่และการจ่ายเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่สถานีไฟฟ้าแบบ Tie Bus ทำให้อุปกรณ์ป้องกัน VSPP มองเห็นจุดลัดวงจรของฟีดเดอร์อื่นด้วย

3.2 ตรวจสอบค่า Setting ของ VSPP บริษัท สยามเพลเลียทพาวเวอร์ จำกัด และสถานีไฟฟ้าโคกแย้

ตรวจสอบรายละเอียด Relay Setting ของ VSPP บริษัท สยามเพลเลียทพาวเวอร์ จำกัด ตามหนังสือเลขที่ กสม.(สข.) 1070/2559 ลงวันที่ 8 เมษายน 2559 ดังนี้

| VSPP Synchronizing Check Relay (25) | | |
|-------------------------------------|---------|-----------|
| Description | Setting | Remark |
| Angle diff | 10 deg. | IEEE 1547 |
| Voltage diff. | 3 % | |
| Frequency diff. | 0.1 Hz. | |

| VSPP Voltage Block Closing Relay (68) | | |
|--|-------------------|-----------------------|
| Description | Setting | Remark |
| Live line – Live bus | Disable | Line means PEA |
| Live line – Dead bus | Disable | Bus means VSPP |
| Dead line – Live bus | Enable | |
| Dead line – Live bus | Enable | |
| VSPP Under voltage and Over voltage Relay (27/59) | | |
| Description | Setting | Remark |
| U> ₁ | 104%, 2 Sec | Alarm |
| U> ₂ | 106%, 1 Sec | Trip |
| U< ₁ | 90%, 2 Sec | Alarm |
| U< ₂ | 85%, 1 Sec | Trip |
| VSPP Rate of change of frequency (ROCOF) (81R) | | |
| Description | Setting | Remark |
| frequency diff. | - | Alarm |
| frequency diff. | 0.3 Hz., 0.3 Sec. | Trip |
| VSPP Under frequency and Over frequency Relay (81) | | |
| Description | Setting | Remark |
| F> ₁ | 50.5 Hz, 3 Sec | Alarm |
| F> ₂ | 51.0 Hz, 0.15 Sec | Trip |
| F< ₁ | 49.5 Hz, 1 Sec | Alarm |
| F< ₂ | 49.2 Hz, 0.1 Sec | Trip |
| VSPP Phase angle measuring Relay (78) | | |
| Description | Setting | Remark |
| Angle diff. | - | Alarm |
| Angle diff. | 5 deg, 0.3 Sec. | Trip |
| VSPP Reverse Power Relay (32) | | |
| Description | Setting | Remark |
| VSPP to PEA | - | Trip |
| PEA to VSPP | 10 MW. 200 Sec. | Trip |
| VSPP Phase and Ground Overcurrent Relay (50/51) | | |
| Description | Setting | Remark |
| I _p | 0.7 A (280 A) | CT ratio 400/1 |
| Curve | Normal Inverse | IEC Standard |
| Dial | 0.25 | |
| Instantaneous | 7.75 A (3100 A) | |
| Time | 0.15 Sec. | |
| I _g | 0.28 A (112 A) | |
| Curve | Normal Inverse | |
| Dial | 0.25 | |
| Instantaneous | 3.1 A (1240 A). | |
| Time | 0.3 Sec. | |
| VSPP Phase and Ground Directional Relay (67/67N) | | |
| Description | Setting | Remark |
| I _p | 1.45 A (580 A) | CT ratio 400/1 |
| Curve | Definite Time | IEC Standard |
| Dial | - | MTA phase 30 deg. |
| Instantaneous | - | MTA ground -60 deg. |
| Time | 0.05 Sec. | ทิศทางให้มองไปที่ PEA |

| | | |
|----------------|---------------|--|
| I _G | 6 A (2400 A) | |
| Curve | Definite Time | |
| Dial | - | |
| Instantaneous | - | |
| Time | 0.05 Sec. | |

ตารางที่ 3 Relay Setting บ.สยามเพเล่ไฟฟ้าเวอร์ จำกัด

ตรวจสอบการทำงานประสานสัมพันธ์กับ Relay Setting ของ
วงจรขาออกที่สถานีไฟฟ้าโคกแย้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

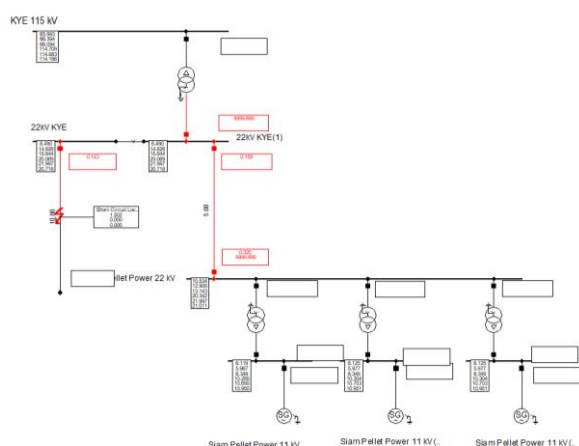
| KYE01-10 Phase and Ground Overcurrent Relay (50/51) | | |
|---|-------------------------------|--------------------|
| Description | Setting | Remark |
| I _P | 0.8 I _n (480A) | CT ratio 600/5 |
| Curve | Very Inverse | IEC Standard |
| Dial | 0.6 | |
| Instantaneous | 22.1 I _n (13260 A) | |
| Time | 0.02 Sec. | |
| I _G | 0.24 I _n (144A) | |
| Curve | Very Inverse | |
| Dial | 0.1 | |
| Instantaneous | 23 I _n (13800 A) | |
| Time | 0.02 Sec. | * NGR = 12.7 โอห์ม |

ตารางที่ 4 Relay Setting วงจรขาออกที่สถานีไฟฟ้าโคกแย้

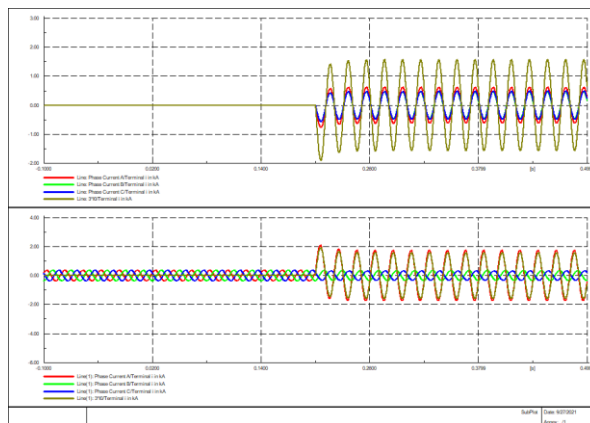
4. การทดลอง

4.1 แบบจำลองการเกิดลัดวงจรและค่าการทำงานของ อุปกรณ์ป้องกันต้นทาง

จากการจำลองเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องโดยใช้ข้อมูลจริงของ
วันที่เกิดเหตุ 31 กรกฎาคม 2564 โดยตรวจสอบจาก Event
ของตัว Relay เทียบกับแบบจำลองการลัดวงจรจากโปรแกรม
DigSilent Version 15.1



รูปที่ 2 แบบจำลองระบบจำหน่าย วงจรที่ 1 และ VSPP บ.สยามเพเล่ไฟฟ้า
ฯ (วงจรที่ 9) สถานีไฟฟ้าโคกแย้ ในโปรแกรม DigSilent Version 15.1

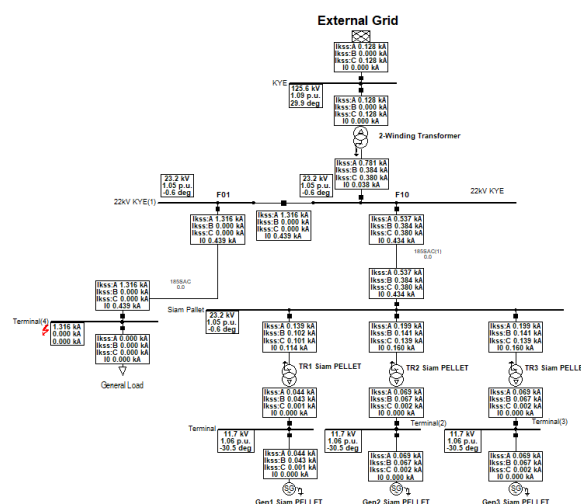


รูปที่ 3 กราฟกระแสลัดวงจรจาก Relay ฟีดเดอร์ KYE09 (บน) และ
Relay ฟีดเดอร์ KYE01 (ล่าง)

| เวลา | อุปกรณ์ | Event | Relay | IFG | IFA | IFB | IFC |
|-------|---------|-------|-------|-----|-----|-----|------|
| 06.02 | 01VB-01 | TR/1 | G/T | 439 | - | - | 1523 |
| 06.02 | 09VB-01 | TR/1 | G/T | 439 | 478 | 479 | 479 |

ตารางที่ 5 เหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องวันที่ 31 กรกฎาคม 2564

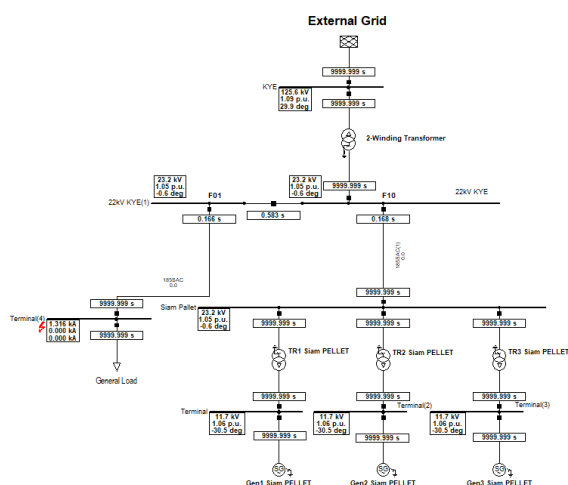
4.2 ผลการจำลองและบทวิเคราะห์



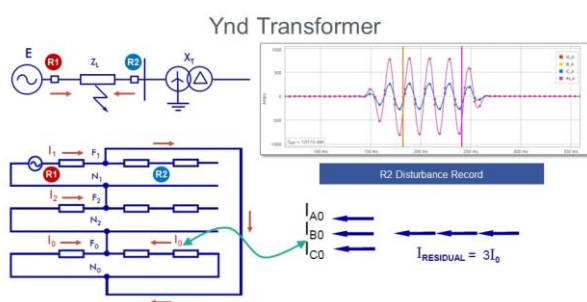
รูปที่ 4 ผลการศึกษาแบบจำลองระบบกระแสลัดวงจรจำหน่ายวงจรที่ 1
และ VSPP บ.สยามเพเล่ไฟฟ้า (วงจรที่ 9) ต่อหม้อแปลงแบบ YNd กับ
สถานีไฟฟ้า โคกแย้กรณีหม้อแปลงต่อ NGR

จากผลการศึกษาแบบจำลองค่ากระแสลัดวงจรในไลน์ฟีด
เดอร์ KYE01 ตามรูปที่ 4 ด้วยขนาดใกล้เคียงกับเหตุการณ์จริง
(1523 แอมแปร์) ที่ 1316 แอมแปร์ ชนิดหนึ่งเฟสลงดินพบว่า
จะมีกระแสกราวด์จากจุดลัดวงจรไหลผ่านกราวด์นิวตรอน
ทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง VSPP บ.สยามเพเล่ไฟฟ้า
เวอร์ จำกัด ซึ่งติดตั้งหม้อแปลงชนิด YNd ไหลกลับย้อนขึ้น
กราวด์ของวงจร KYE09 ด้วยขนาดเดียวกับวงจร KYE01 ที่
เกิดการลัดวงจรด้วยขนาด 434 แอมแปร์ไหลเข้าบัสที่สถานี
ไฟฟ้าโคกแย้ผ่านรีเลย์ป้องกันวงจร KYE09 ในทิศทางย้อนกลับ
(Reverse) ทำให้รีเลย์ป้องกันกระแสเกิน (Overcurrent
Relay) ทำงานปลดวงจรทั้ง KYE01 และ KYE09 ใกล้เคียงกัน

มาก (0.166 วินาที และ 0.168 วินาที ตามรูปที่ 5 ตามลำดับ) โดยจะเห็นเป็นค่ากระแสลัดวงจรแต่ละเฟสประมาณ 1/3 เท่าของกระแส I_0 (IFA = 537A, IFB = 384A, IFC = 380A) ใกล้เคียงกับค่ากระแสการทำงานจริงในวันเกิดเหตุ



รูปที่ 5 ผลการศึกษาแบบจำลองระยะเวลาการปลดวงจรของระบบจำหน่ายวงจรที่ 1 และ VSPP บ.สยามเพล็ท (วงจรที่ 9) ต่อหม้อแปลงแบบ YNd กับสถานีไฟฟ้าโคกแย้กรณีหม้อแปลงต่อ NGR



รูปที่ 6 แสดงองค์ประกอบในการไหลของกระแส I_0 กรณีเกิดลัดวงจรจากการต่อหม้อแปลงแบบ Ynd

แนวทางแก้ไข: กปน.ก.1 ได้หารือส่วนงานที่เกี่ยวข้องเพื่อจัดประชุมแก้ไขปัญหาดังกล่าวร่วมกันทั้งในส่วนของ PEA และในส่วนของผู้ผลิตไฟเอกชน VSPP ปัจจุบันอยู่ระหว่างรอการประชุมเพื่อกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาร่วมกันซึ่งวิธีการที่จะสามารถแก้ไขได้คือการเสนอเปลี่ยน Relay ระบบป้องกันในวงจรที่มี VSPP เกาะอยู่จาก Overcurrent Relay (50/51) เป็น Directional Relay (67/67N) เพื่อให้ Relay เห็นกระแสไหลออกจากบัสเพียงทิศทางเดียวไปก่อน ส่วนแนวทางการแก้ไขอื่น ๆ จะรอหารือในที่ประชุมต่อไป ทั้งนี้หากเป็นเหตุการณ์ที่เกิดในลักษณะเดียวกันแต่เกิดที่สถานีไฟฟ้าอื่น ๆ ก็อาจจะไม่เกิดปัญหาในลักษณะนี้หากหม้อแปลงกำลังแต่แบบ Solid ground โดยตรงทำให้เมื่อเกิดลัดวงจร กระแสลัดวงจรส่วนใหญ่จะวิ่งจากแหล่งจ่ายไหลไปยังจุดลัดวงจร ทำให้อุปกรณ์ป้องกันในวงจรอื่นที่มี VSPP เกาะอยู่ไม่มีการทำงาน

เนื่องจากกระแสลัดวงจรที่จะไหลย้อนกลับไปที่ Relay วงจรอื่น ๆ เห็นมีค่าน้อยมาก

5. สรุป

จากการจำลองพฤติกรรมการเกิดเหตุการณ์ลัดวงจรและการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันดังกล่าวจะเห็นว่าเหตุการณ์กระแสไฟฟ้าขัดข้องแล้วเกิดอุปกรณ์ป้องกันทำงานพร้อมกันนั้น เกิดจากการลัดวงจรจากเหตุผิดปกติในระบบไฟฟ้า 1 วงจร และกระแสลัดวงจรดังกล่าวไหลย้อนผ่านกราวด์ของหม้อแปลงผู้ใช้ไฟที่ต่อผ่านระบบกราวด์ทางด้านแรงสูงกลับไปที่ Relay ป้องกันต้นทางในทิศทางย้อนกลับ (Reverse) อีก 1 วงจร ซึ่งมีแนวทางป้องกันในเบื้องต้น คือ

- 1) ตรวจสอบป้องกันปรับปรุงระบบจำหน่ายโดยใช้สายหุ้มฉนวนทั้งหมด พันเทปจุดต่อและติดอุปกรณ์ cover ต่างๆ เพื่อป้องกันการลัดวงจรในเบื้องต้น
- 2) กรณียังไม่สามารถป้องกันการลัดวงจรได้ อาจพิจารณาจ่ายไฟทุกวงจรด้วยหม้อแปลง 2 เครื่องแบบแยกบัส เพื่อลดผลกระทบการลัดวงจรจากบัสข้างเคียง
- 3) พิจารณาเปลี่ยนแปลง Relay ป้องกันจาก Overcurrent Relay (50/51) เป็น Directional Relay (67/67N) เฉพาะวงจรที่มี VSPP เกาะอยู่ไปก่อนเพื่อป้องกันไม่ให้ Relay ทำงานในกรณีเกิดกระแสลัดวงจรแบบไหลย้อนขึ้นบัส
- 4) อาจปรับตั้งค่า Relay Setting ของวงจรที่มีผลกระทบได้ตามความเหมาะสม ทั้งนี้ต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมกับการทำงานของอุปกรณ์ป้องกันหลักและรองของวงจรอื่นๆร่วมด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ระเบียบ กพท.ว่าด้วยข้อกำหนดการเชื่อมต่อระบบโครงข่ายไฟฟ้า ปี 2559, การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
- [2] คู่มือการขอจำหน่ายไฟฟ้ากับ กพท., สำนักงานโครงการรับซื้อไฟฟ้าจากแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก กพท.
- [3] เจื่อนไช Sub-Bid C_Power transformer 50 MVA 115-23.1 kV Dyn1 จำนวน 3 เครื่อง (งบลงทุนปกติประจำปี 2562), การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
- [4] Saif Aldeen Saad Obayes Al-Kadhim, "Three phase Transformer: Connection and Configuration," July 2020
- [5] C. Russell Mason, "The Art & Science of Protective Relaying," GE Grid Solutions, pp. 46-70.