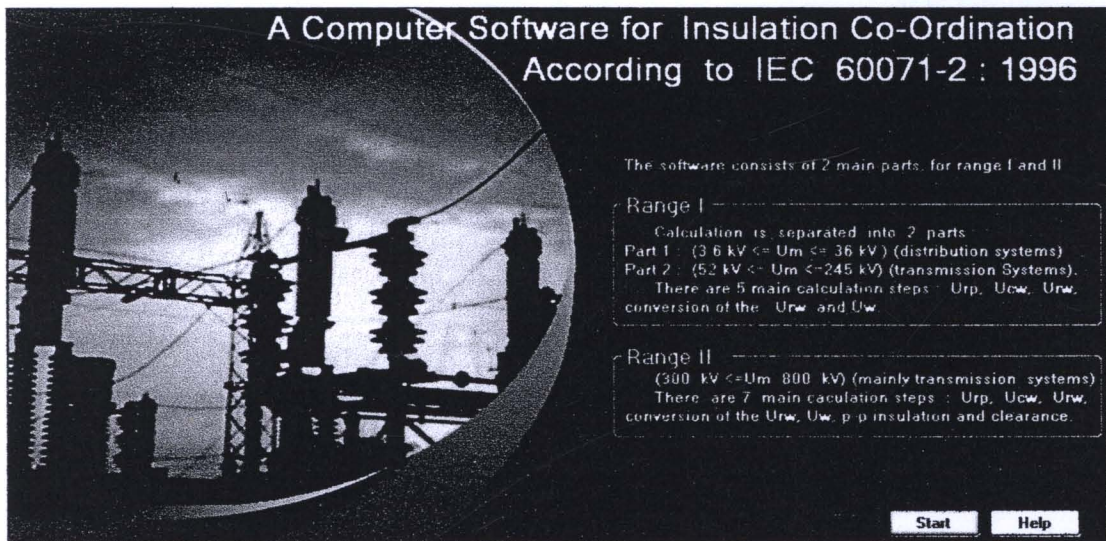


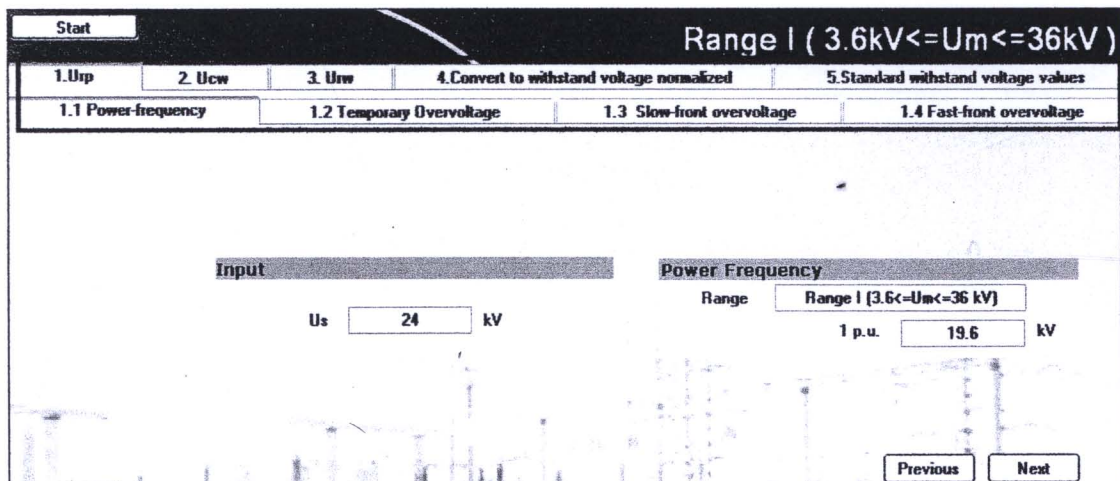
## การออกแบบ และการใช้งานโปรแกรมการสำหรับประสานสัมพันธ์ฉนวน

การออกแบบโปรแกรมสำหรับการประสานสัมพันธ์ฉนวนแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ตามระดับแรงดัน พิจารณาจากรูปที่ 4.1 หน้าแรกของโปรแกรม อธิบายถึงขอบเขตในการการประสานสัมพันธ์ฉนวน ดังนี้



รูปที่ 4.1 หน้าแรกของตัวโปรแกรมสำหรับการประสานสัมพันธ์ฉนวน

1. สำหรับระดับแรงดันในช่วงที่ 1 แบ่งออกเป็นสองส่วนย่อย คือ



รูปที่ 4.2 การประสานสัมพันธ์ฉนวนสำหรับระดับแรงดันช่วงที่ 1 ( $3.6 \text{ kV} \leq U_m \leq 36 \text{ kV}$ )

ส่วนที่ 1 จากรูปที่ 4.2 แสดงถึงหน้าโปรแกรมหลักของการประสานล้มพันธุฉนวนสำหรับระดับแรงดัน  $3.6 \text{ kV} \leq U_m \leq 36 \text{ kV}$  ซึ่งใช้งานสำหรับระบบจำหน่าย โดยขั้นตอนในการประสานล้มพันธุฉนวน พิจารณาจากกรอบสีแดง ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ ตัวแทนแรงดันเกิน( $U_{rp}$ ), ความคงทนแรงดันในการประสานล้มพันธุฉนวน ( $U_{cw}$ ), ความคงทนแรงดันที่ต้องการ( $U_{rw}$ ), การเปลี่ยนรูปของ  $U_{rw}$  (conversion of the  $U_{rw}$ ) และมาตรฐานความคงทนแรงดัน ( $U_w$ )

Start Range I ( 52kV ≤ Um ≤ 245kV )

|                     |                           |                            |                                            |                                      |
|---------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Urp              | 2. Ucw                    | 3. Urw                     | 4. Convert to withstand voltage normalized | 5. Standard withstand voltage values |
| 1.1 Power-frequency | 1.2 Temporary Overvoltage | 1.3 Slow-front overvoltage | 1.4 Fast-front overvoltage                 |                                      |

Power Frequency

Us: 245 kV

Range: Range I (52 ≤ Um ≤ 245 kV)

1 p.u.: 200.04 kV

Previous Next

รูปที่ 4.3 การประสานล้มพันธุฉนวนสำหรับระดับแรงดันช่วงที่ 1 ( $52 \text{ kV} \leq U_m \leq 245 \text{ kV}$ )

ส่วนที่ 2 จากรูปที่ 4.3 แสดงถึงหน้าโปรแกรมหลักของการประสานล้มพันธุฉนวนสำหรับระดับแรงดัน  $52 \text{ kV} \leq U_m \leq 245 \text{ kV}$  ซึ่งใช้งานสำหรับระบบส่ง โดยขั้นตอนในการประสานล้มพันธุฉนวน พิจารณาจากกรอบสีแดง ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ ตัวแทนแรงดันเกิน( $U_{rp}$ ), ความคงทนแรงดันในการประสานล้มพันธุฉนวน ( $U_{cw}$ ), ความคงทนแรงดันที่ต้องการ( $U_{rw}$ ), การเปลี่ยนรูปของ  $U_{rw}$  (conversion of the  $U_{rw}$ ) และมาตรฐานความคงทนแรงดัน ( $U_w$ )

Start Range II ( 300kV ≤ Um ≤ 800kV )

|                     |                           |                            |                            |       |                                            |              |
|---------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-------|--------------------------------------------|--------------|
| 1. Urp              | 2. Ucw                    | 3. Urw                     | 4. 5FW                     | 5. Uw | 6. Phase-to-phase insulation co-ordination | 7. Clearance |
| 1.1 Power frequency | 1.2 Temporary Overvoltage | 1.3 Slow-front overvoltage | 1.4 Fast-front overvoltage |       |                                            |              |

Power Frequency

Us: 800 kV

Range: Range II (300 ≤ Um ≤ 800 kV)

1 p.u.: 653.2 kV

Previous Next

รูปที่ 4.4 การประสานล้มพันธุฉนวนสำหรับระดับแรงดันช่วงที่ 2 ( $300 \text{ kV} \leq U_m \leq 800 \text{ kV}$ )

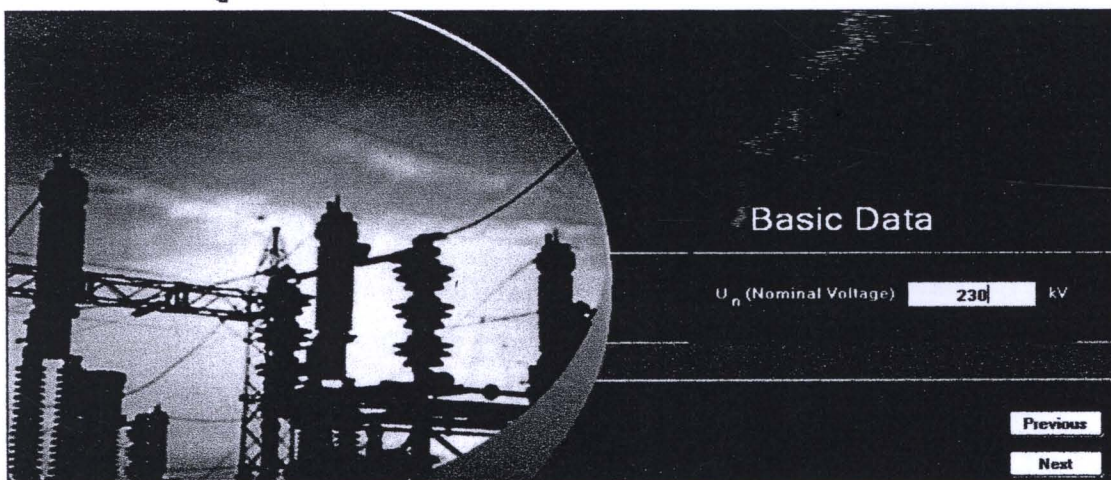
2. ระดับแรงดันในช่วงที่ 2 จากรูปที่ 4.4 แสดงถึงน้ำหนักของโปรแกรมการประสานสัมพันธนวนที่ระดับแรงดัน  $300 \text{ kV} \leq U_m \leq 800 \text{ kV}$  ซึ่งใช้งานสำหรับระบบส่ง โดยขั้นตอนในการประสานสัมพันธนวน พิจารณาจากกรอบสีแดง ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ ตัวแทนแรงดันเกิน ( $U_{gp}$ ), ความคงทนแรงดันในการประสานสัมพันธนวน ( $U_{cw}$ ), ความคงทนแรงดันที่ต้องการ ( $U_{rw}$ ), การเปลี่ยนรูปของ  $U_{rw}$  (conversion of the  $U_{rw}$ ), การประสานสัมพันธนวนระหว่างเฟสกับเฟส และ ระยะห่างน้อยที่สุด (clearance)

การใช้งานโปรแกรมสำหรับการประสานสัมพันธนวน เริ่มต้นจากการติดตั้งโปรแกรมพิจารณาจากภาคผนวก ข โดยในบทนี้จะนำเสนอตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม สำหรับการประสานสัมพันธนวนที่ระดับแรงดันในช่วงที่ 1 ส่วนที่ 2 ระดับแรงดันสูงสุดของอุปกรณ์  $52 \text{ kV} \leq U_m \leq 245 \text{ kV}$  เพื่อให้เห็นถึงภาพรวมการใช้งานโปรแกรมแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียด นอกจากนี้กรณีตัวอย่างการใช้งานโปรแกรมสำหรับประสานสัมพันธนวน ที่ระดับแรงดันในช่วงที่ 1 ส่วนที่ 1 ระดับแรงดันสูงสุดของอุปกรณ์  $3.6 \text{ kV} \leq U_m \leq 36 \text{ kV}$  และ แรงดันในช่วงที่ 2 ระดับแรงดันสูงสุดของอุปกรณ์  $300 \text{ kV} \leq U_m \leq 800 \text{ kV}$  พิจารณาจากภาคผนวก ค

#### 4.1 ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม ประสานสัมพันธนวนสำหรับสถานีไฟฟ้าในระบบ 230 kV ในระดับแรงดันช่วงที่ 1 ( $52 \text{ kV} \leq U_m \leq 245 \text{ kV}$ )

จากรูปที่ 4.1 หน้าแรกของโปรแกรม แสดงถึงขอบเขตการประสานสัมพันธนวน จากนั้นผู้ใช้งานกดปุ่ม Next เพื่อสู่ขั้นตอนถัดไป

##### 4.1.1 ข้อมูลเบื้องต้น



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างการประสานสัมพันธนวนสำหรับแรงดันระบบ 230 kV

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง :

$U_n$  คือ แรงดันระบุของระบบ

จากรูปที่ 4.5 ในส่วนกรอบสีแดง ผู้ใช้งานป้อนค่าแรงดันของระบบที่พิจารณา ( $U_n$ ) โดยผู้ใช้งานสามารถกรอกค่าได้ตั้งแต่ 3.6 kV ถึง 800 kV ซึ่งครอบคลุมแรงดันช่วงที่ 1 ( $3.6 \text{ kV} \leq U_m \leq 245 \text{ kV}$ ) และแรงดันช่วงที่ 2 ( $300 \text{ kV} \leq U_m \leq 800 \text{ kV}$ ) สำหรับตัวอย่างนี้ พิจารณาแรงดันของระบบ 230 kV จากนั้นผู้ใช้กดปุ่ม Next เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

#### 4.1.2 ตัวแทนแรงดันเกิน ( $U_p$ )

##### 4.1.2.1 แรงดันเกินความถี่กำลัง

| Range I ( 52kV<=Um<245 ) |        |                           |                                            |                                      |
|--------------------------|--------|---------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Up                    | 2. Ucw | 3. Um                     | 4. Convert to withstand voltage normalized | 5. Standard withstand voltage values |
| 1.1 Power-frequency      |        | 1.2 Temporary Overvoltage | 1.3 Slow-front overvoltage                 | 1.4 Fast-front overvoltage           |

**Power Frequency**

$U_s$   kV

Range **Range I (52kV<=Um<245 kV)**

1 p.u.  kV

รูปที่ 4.6 ขั้นตอนที่ 1  $U_p$  หัวข้อย่อยที่ 1.1 Power-frequency

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง :

$U_s$  คือ แรงดันสูงสุดของระบบ

Range คือ ช่วงของแรงดันที่พิจารณา ซึ่งจะขึ้นกับ  $U_n$  ที่ผู้ใช้งานป้อน ซึ่งประกอบด้วย แรงดันช่วงที่ 1 ( $3.6 \text{ kV} \leq U_m \leq 36 \text{ kV}$ ), แรงดันช่วงที่ 1 ( $52 \text{ kV} \leq U_m \leq 245 \text{ kV}$ ) และแรงดันช่วงที่ 2 ( $300 \text{ kV} \leq U_m \leq 800 \text{ kV}$ )

1 pu คือ ค่าต่อหน่วย

จากรูปที่ 4.6 ในส่วนกรอบสีแดง แสดงขั้นตอนที่ 1 หัวข้อย่อย 1.1 Power Frequency เมื่อทราบค่า  $U_n$  จากหัวข้อ 4.1.1 โปรแกรมแสดงผล ดังนี้

- $U_s$  คือ 245 kV พิจารณาจากตารางที่ 2.2
- แสดงว่าเป็นการประสานสัมพันธ์จำนวนสำหรับส่วนที่ 1 ( $52 \text{ kV} \leq U_m \leq 245 \text{ kV}$ )
- ผลการคำนวณ 1 pu มีค่า 200.04 kV พิจารณาจากสมการที่ 3.2

## 4.1.2.2 แรงดันเกินชั่วคราว

Start Range I ( 52kV<=Um<=245kV )

| 1. Urp              | 2. Ucw                    | 3. Urw                     | 4. Convert to withstand voltage normalized | 5. Standard withstand voltage values |
|---------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1.1 Power-frequency | 1.2 Temporary Overvoltage | 1.3 Slow-front overvoltage | 1.4 Fast-front overvoltage                 |                                      |

**Basic Data**

Earth faults Earth fault factor (k)

Load rejection Max. Overvoltage  p.u.

Resonance and ferroresonance Max. Overvoltage  p.u.

Synchronization Max. Overvoltage  p.u.

Combination Max. Overvoltage  p.u.

**Temporary overvoltage**

Earth-faults Urp (p-to-e)  kV

Load-rejection Urp (p-to-e)  kV

Ur (p-to-p)  kV

Resonance Urp (p-to-e)  kV

Ur (p-to-p)  kV

Synchronization Urp (p-to-e)  kV

Ur (p-to-p)  kV

Combine Urp (p-to-e)  kV

Ur (p-to-p)  kV

**Representative Overvoltage**

Urp (p-to-e)  kV (rms)

Ur (p-to-p)  kV (rms)

Previous Next

รูปที่ 4.7 ขั้นตอนที่ 1  $U_{rp}$  หัวข้อย่อยที่ 1.2 Temporary Overvoltage

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง :

 $k$  คือ ตัวแปรความผิดพลาดลงดิน $U_{e2}$  คือ ค่าของแรงดันเกินระหว่างเฟสกับดินซึ่งมีโอกาสเกิดแรงดันเกินค่านี้ 2 % $U_{rp}(p-e)$  คือ ตัวแทนแรงดันเกินชั่วคราวระหว่างเฟสกับดิน $U_{rp}(p-p)$  คือ ตัวแทนแรงดันเกินชั่วคราวระหว่างเฟสกับเฟส

จากรูปที่ 4.7 ในกรอบสีแดง แสดงขั้นตอนที่ 1  $U_{rp}$  หัวข้อย่อย 1.2 Temporary Overvoltage โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

## 1. ผู้ใช้ป้อนข้อมูล :

ในส่วนกรอบสีน้ำเงิน พื้นที่สีชมพู คือ แหล่งกำเนิดแรงดันเกินที่เป็นไปได้ ( $U_{e2}$ )

เช่น ความผิดพลาดลงดิน การปลดโหลด แรโซแนนซ์ หรือ ผลรวมจากการเกิดหลายแหล่งกำเนิด ในตัวอย่างนี้เกิดความผิดพลาดลงดิน มีค่า  $k$  (ตัวแปรความผิดพลาดลงดิน) ค่า 1.5 และ เกิดการปลดโหลดเกิดแรงดันเกิน  $U_{e2}$  ขนาด 1.4 pu



## 2. ผลการคำนวณจากโปรแกรม :

- ในหัวข้อ Temporary Overvoltage แสดงผลจากการคำนวณแรงดันเกินชั่วคราวจากทุกแหล่งกำเนิด ( $U_{rp}(p-e)$  และ  $U_{rp}(p-p)$ )
- ในหัวข้อ Representative Overvoltage โปรแกรมจะทำการเลือกค่า  $U_{rp}(p-e)$  และ  $U_{rp}(p-p)$  ที่มากที่สุดจากหัวข้อ Temporary Overvoltage มาแสดงผล ในที่นี้คือ  $U_{rp}(p-e)$  มีค่า 212.18 kV และ  $U_{rp}(p-p)$  มีค่า 343 kV จากนั้นผู้ใช้กดปุ่ม Next เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

### 4.1.2.3 แรงดันเกินหน้าคลื่นซ้ำ

Start Range I ( 52kV<=Um<=245kV )

| 1. Up                                 | 2. Ucw                         | 3. Unw                         | 4. Convert to withstand voltage normalized | 5. Standard withstand voltage values |
|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1.1 Power-frequency                   | 1.2 Temporary Overvoltage      | 1.3 Slow-front overvoltage     | 1.4 Fast-front overvoltage                 |                                      |
| 1.3.1 Overvoltage from remote station | 1.3.2 Overvoltage at station 1 | 1.3.3 Selection surge arrester | 1.3.4 Representative overvoltage           |                                      |

A schematic substation layout

| Input Data                              |          | Overvoltage from remote station |            |
|-----------------------------------------|----------|---------------------------------|------------|
| <b>Energization and re-energization</b> |          |                                 |            |
| Ue2                                     | 3 p.u.   | Uet                             | 700.14 kV  |
| Up2                                     | 4.5 p.u. | Upt                             | 1039.21 kV |
| <b>Fault and fault-clearing</b>         |          |                                 |            |
| Earth fault factor (k)                  | 0        | Uet (Fault)                     | 0 kV       |
|                                         |          | Uet (fault-clearing)            | 0 kV       |
| <b>Load reject</b>                      |          |                                 |            |
| Ue2                                     | 0 p.u.   | Uet                             | 0 kV       |
| Up2                                     | 0 p.u.   | Upt                             | 0 kV       |
| <b>Switching of capacitive current</b>  |          |                                 |            |
| Ue2                                     | 0 p.u.   | Uet                             | 0 kV       |
| Up2                                     | 0 p.u.   | Upt                             | 0 kV       |

Previous Next

รูปที่ 4.8 ขั้นตอนที่ 1  $U_{rp}$  หัวข้อย่อยที่ 1.3.1 Overvoltage from remote station

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง :

$U_{e2}$  คือ ค่าของแรงดันเกินระหว่างเฟสกับดินซึ่งมีโอกาสเกิดแรงดันเกินค่านี้ 2 %

$U_{p2}$  คือ ค่าของแรงดันเกินระหว่างเฟสกับเฟสซึ่งมีโอกาสเกิดแรงดันเกินค่านี้ 2 %

$k$  คือ ตัวแปรความผิดพร่องลงดิน

$U_{et}$  คือ ค่าสูงสุดของแรงดันเกินหน้าคลื่นซ้ำระหว่างเฟสกับดิน

$U_{pt}$  คือ ค่าสูงสุดของแรงดันเกินหน้าคลื่นซ้ำระหว่างเฟสกับเฟส

จากรูปที่ 4.8 ในส่วนกรอบสีแดง แสดงขั้นตอนที่ 1  $U_{rp}$  หัวข้อย่อย 1.3.1 Overvoltage originate from remote station โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

1. ผู้ใช้ป้อนข้อมูล :

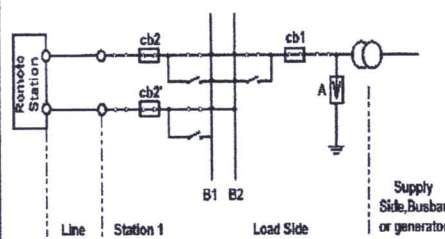
ในส่วนกรอบสีน้ำเงิน พื้นสีชมพู ผู้ใช้งานป้อนค่าแหล่งกำเนิดแรงดันเกินหน้าคลื่นซ้ำที่เป็นไปได้ คือ Energization and Re-Energization, Load Reject, Fault and Fault Clearing และ Switching Capacitive Current ตัวอย่างนี้สมมุติเกิด Energization and Re-Energization มีค่า  $U_{e2}$  มีค่า 3 pu และ  $U_{p2}$  มีค่า 3.86 pu

2. ผลการคำนวณจากโปรแกรม :

โปรแกรมจะแสดงผลการคำนวณค่า  $U_{et}$  และ  $U_{pt}$  จากผลของ Energization and Re-Energization คือ  $U_{et}$  มีค่า 700.14 kV และค่า  $U_{pt}$  มีค่า 1039.21 kV จากนั้นผู้ใช้กดปุ่ม Next เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

Start Range I ( 52kV<=Um<=245kV )

|                                       |                                |                                |                                            |
|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|
| 1. $U_{rp}$                           | 2. $U_{cw}$                    | 3. $U_{rw}$                    | 4. Convert to withstand voltage normalized |
| 1.1 Power-frequency                   | 1.2 Temporary Overvoltage      | 1.3 Slow-front overvoltage     | 1.4 Fast-front overvoltage                 |
| 1.3.1 Overvoltage from remote station | 1.3.2 Overvoltage at station 1 | 1.3.3 Selection surge arrester | 1.3.4 Representative overvoltage           |



A schematic substation layout

| Input Data                              |          |
|-----------------------------------------|----------|
| <b>Energization and re-energization</b> |          |
| $U_{e2}$                                | 1.9 p.u. |
| $U_{p2}$                                | 2.9 p.u. |
| <b>Fault and fault-clearing</b>         |          |
| Earth fault factor (k)                  | 0        |
| <b>Load reject</b>                      |          |
| $U_{e2}$                                | 0 p.u.   |
| $U_{p2}$                                | 0 p.u.   |
| <b>Switching capacitive current</b>     |          |
| $U_{e2}$                                | 0 p.u.   |
| $U_{p2}$                                | 0 p.u.   |

| Overvoltage originate from station I    |           |
|-----------------------------------------|-----------|
| <b>Energization and re-energization</b> |           |
| $U_{et}$                                | 425.09 kV |
| $U_{pt}$                                | 639.13 kV |
| <b>Fault and fault-clearing</b>         |           |
| $U_{et}$ (Fault)                        | 0 kV      |
| $U_{et}$ (fault-clearing)               | 0 kV      |
| <b>Load reject</b>                      |           |
| $U_{et}$                                | 0 kV      |
| $U_{pt}$                                | 0 kV      |
| <b>Switching capacitive current</b>     |           |
| $U_{et}$                                | 0 kV      |
| $U_{pt}$                                | 0 kV      |

Previous Next

รูปที่ 4.9 ขั้นตอนที่ 1  $U_{rp}$  หัวข้อย่อยที่ 1.3.2 Overvoltage at station 1

จากรูปที่ 4.9 ในส่วนกรอบสีแดง แสดงขั้นตอนที่ 1  $U_{rp}$  หัวข้อย่อย 1.3.2 Overvoltage at station 1 โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

1. ผู้ใช้ป้อนข้อมูล :

ในส่วนกรอกรบสีน้ำเงินพื้นสีชมพู ผู้ใช้งานป้อนค่าแหล่งกำเนิดแรงดันเกินหน้าคลื่นซ้ำที่เป็นไปได้ คือ Energization and Re-Energization, Load Reject, Fault and Fault Clearing และ Switching Capacitive Current ตัวอย่างนี้สมมุติเกิด Energization and Re-Energization คือ  $U_{e2}$  มีค่า 1.9 pu และ  $U_{p2}$  มีค่า 2.9 pu

2. ผลการคำนวณจากโปรแกรม :

โปรแกรมจะแสดงผลการคำนวณค่า  $U_{et}$  และ  $U_{pt}$  จากผลของ Energization and Re-Energization คือ  $U_{et}$  มีค่า 425.09 kV และค่า  $U_{pt}$  มีค่า 639.13 kV จากนั้นผู้ใช้กดปุ่ม Next เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

Start

Range I ( 52kV<=Um<=245kV )

|                                       |                                |                                |                                            |                                      |
|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Up                                 | 2. Ucw                         | 3. Unw                         | 4. Convert to withstand voltage normalized | 5. Standard withstand voltage values |
| 1.1 Power-frequency                   | 1.2 Temporary Overvoltage      | 1.3 Slow-front overvoltage     | 1.4 Fast-front overvoltage                 |                                      |
| 1.3.1 Overvoltage from remote station | 1.3.2 Overvoltage at station 1 | 1.3.3 Selection surge arrester | 1.3.4 Representative overvoltage           |                                      |

Identification and classification

Arrester classification

Station(52kV<=Us<550kV)

Nominal discharge current

10 kA

Switching impulse classifying currents

1 kA

TOV (p-to-e) from last step

212.18 kV

Line discharge class (IEC)

Class 2

ABB

SIMENS

Porcelain-housed arrester

Silicon-housed arrester

36 kV <= Um <= 170 kV

Line discharge class 2 (IEC)

Um 0 kV

Ur 0 kV

EXLIM Q

170 kV <= Um <= 420 kV

Line discharge class 3 (IEC)

Um 245 kV

Ur 216 kV

Reset

Click reset .If you can't select arrester product .

If you want to select other product , you can key only Up1 and Ups of your arrester .

Protective Level

Lightning impulse protective level (Up1)

508 kV

Switching impulse protective level (Ups)

428 kV

Previous

Next

รูปที่ 4.10 ขั้นตอนที่ 1  $U_{rp}$  หัวข้อย่อยที่ 1.3.3 Selection Surge Arrester

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง :

- กระแสถ่ายเทประจุที่ระบุ (nominal discharge current) พิจารณาจากตารางที่ 3.1
- ระดับการถ่ายเทประจุในสาย (line discharge class) พิจารณาจากตารางที่ 3.2
- ระดับกระแสสวิตซิงอิมพัลส์ (switching impulse classifying current) พิจารณาจากตารางที่ 3.3

$U_m$  คือ แรงดันสูงสุดสำหรับอุปกรณ์

$U_r$  คือ พิกัดแรงดันของกัปกัดเล็รจ

$U_{pl}$  คือ ระดับการป้องกันอิมพัลส์ฟ้าผ่าของกัปกัดเล็รจ

$U_{ps}$  คือ ระดับการป้องกันอิมพัลส์สวิตซิงของกัปกัดเล็รจ

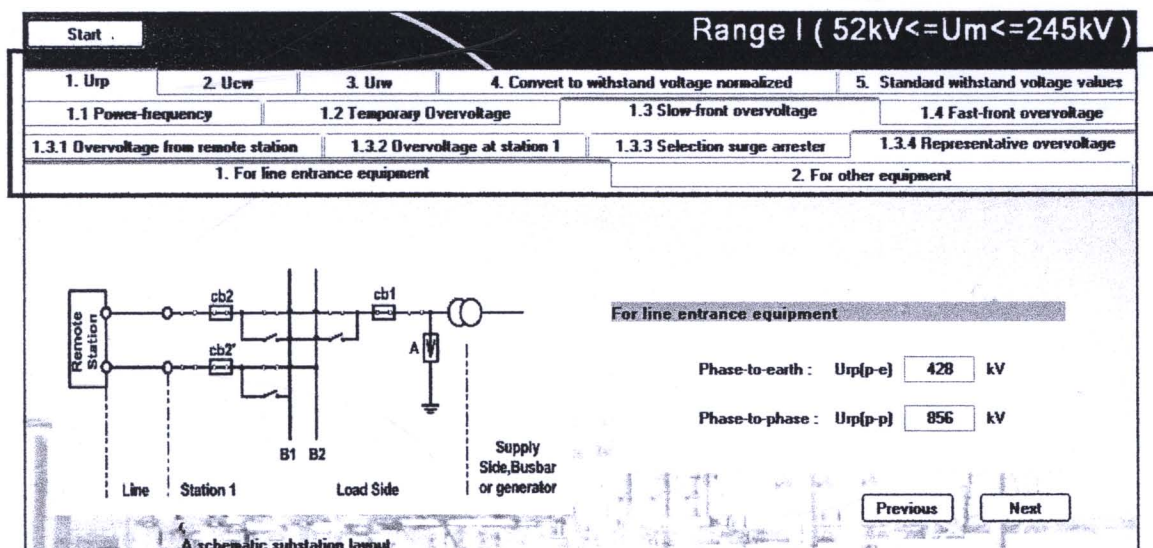
จากรูปที่ 4.10 ในส่วนกรอบสีแดง แสดงขั้นตอนที่ 1  $U_{rp}$  หัวข้อย่อย 1.3.3 Selection surge arrester มีรายละเอียดดังนี้

- ในส่วนกรอบสีน้ำเงิน พื้นสีชมพู หัวข้อ Identification and Classification เมื่อผู้ใช้งานเลือก, Arrester Classification โปรแกรมจะแสดงค่ากระแสถ่ายเทประจุที่ระบุ (nominal discharge current), ระดับกระแสสวิตซิงอิมพัลส์ (switching impulse classifying current), ระดับการถ่ายเทประจุในสาย(line discharge class) และแสดงค่าแรงดันเกินชั่วคราวระหว่างเฟสกับดินจากขั้นตอนที่ 1.2 (หัวข้อ 4.1.2.2)

- ตัวอย่างนี้ได้ทำการเลือก Arrester Classification คือ Station ( $52\text{kV} \leq U_r \leq 550\text{kV}$ ) โปรแกรมจะทำการเลือกค่า Nominal discharge current มีค่า 10 kA, Switching Impulse Classify Current มีค่า 1 kA, line discharge class 2 และ  $TOV(p-e)$  มีค่า 212.18 kV ซึ่งเป็นค่าแรงดันเกินชั่วคราวระหว่างเฟสกับดินจากขั้นตอนที่ 1.2 (หัวข้อ 4.1.2.2)

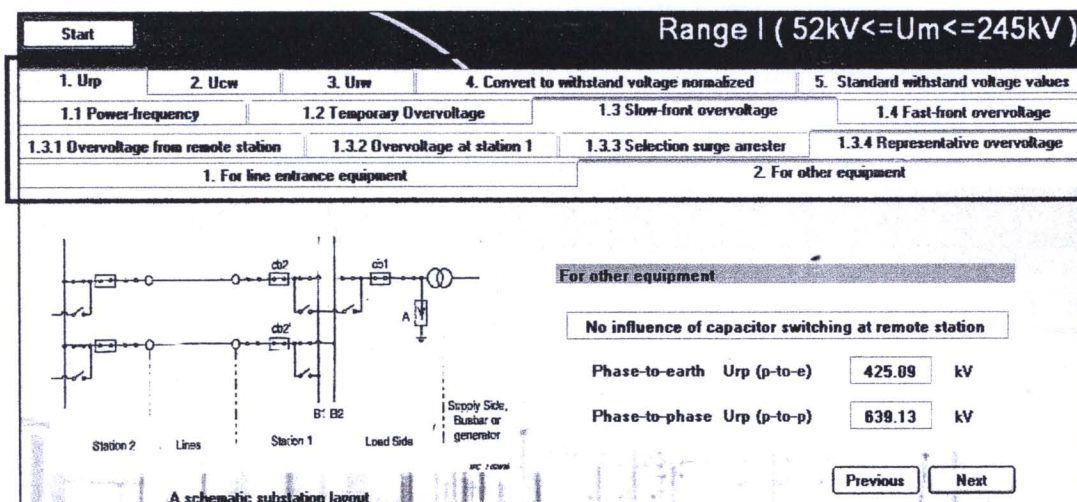
- ในส่วนกรอบสีเขียว พื้นสีชมพู หัวข้อการเลือกใช้งานผลิตภัณฑ์กัปกัดเล็รจ ในโปรแกรมนี้ผู้ใช้งานสามารถเลือกบริษัท ABB หรือ SIMENS ซึ่งทั้งสองบริษัทจะครอบคลุมการประสานสัมพันธ์ของแรงดันในช่วงที่ 1 และช่วงที่ 2 จากนั้นผู้ใช้งานสามารถเลือกชนิดของกัปกัดเล็รจได้ว่าเป็นชนิด Porcelain-Housing Arrester หรือ Silicon-Housing Arrester เมื่อผู้ใช้งานเลือกรุ่นของกัปกัดเล็รจ โปรแกรมจะทำการเลือก  $U_m$  ของกัปกัดเล็รจที่สามารถใช้งานได้ หลังจากนั้นโปรแกรมจะแสดงค่า  $U_r$  ที่สามารถเลือกใช้งานได้ ซึ่งมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับแรงดันเกินชั่วคราวระหว่างเฟสกับดิน โดยผู้ใช้งานจะต้องทำการเลือกค่า  $U_r$  ซึ่งมีหลายค่าให้เลือกขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน จากนั้นโปรแกรมจะแสดงผลการเลือกค่า  $U_{pl}$  และ  $U_{ps}$  ในหัวข้อ Protective Level

- ตัวอย่างนี้เลือกกัปกัดเล็รจผลิตภัณฑ์ ABB ชนิด Porcelain-Housing Arrester รุ่น EXLIM-Q โปรแกรมจะแสดงผลการเลือกค่า  $U_m$  ของกัปกัดเล็รจ มีค่า 245 kV ตัวอย่างนี้เลือก  $U_r$  ค่า 216 kV โปรแกรมจะแสดงผลค่า  $U_{pl}$  มีค่า 508 kV และ  $U_{ps}$  มีค่า 428 kV จากนั้นกดปุ่ม Next เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 4.11 ขั้นตอนที่ 1  $U_{rp}$  หัวข้อย่อยที่ 1.3.4.1 For line entrance equipment

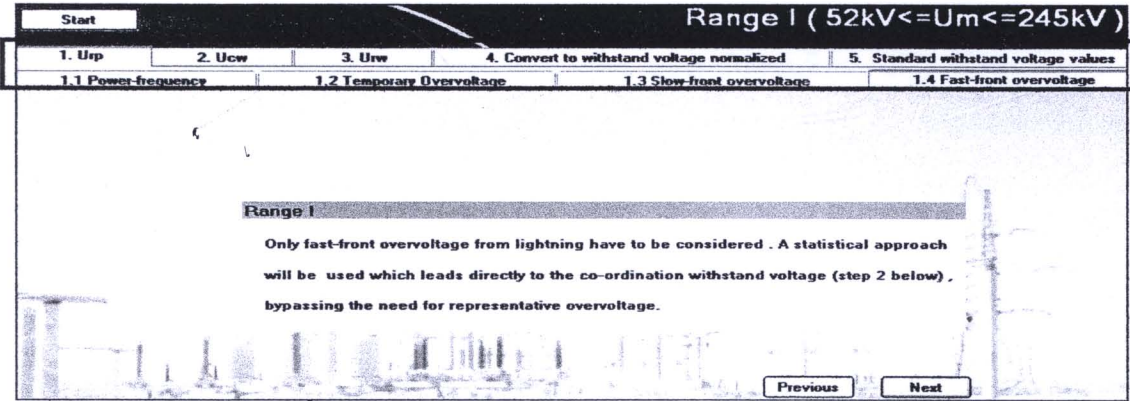
จากรูปที่ 4.11 ในส่วนกรอบสีแดง แสดงขั้นตอนที่ 1  $U_{rp}$  หัวข้อย่อย 1.3.4.1 For line entrance equipment แสดงผลการคำนวณค่า Representative Slow-Front Overvoltage สำหรับ line entrance equipment คือ  $U_{rp}(p-e)$  มีค่า 428 kV และ  $U_{rp}(p-p)$  มีค่า 856 kV จากนั้นกดปุ่ม Next เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 4.12 ขั้นตอนที่ 1  $U_{rp}$  หัวข้อย่อยที่ 1.3.4.2 For other equipment

จากรูปที่ 4.12 ในส่วนกรอบสีแดง แสดงขั้นตอนที่ 1  $U_{rp}$  หัวข้อย่อย 1.3.4.2 For line entrance equipment แสดงผลการคำนวณค่า Representative Slow-Front Overvoltage สำหรับ line entrance equipment คือ  $U_{rp}(p-e)$  มีค่า 425.09 kV และ  $U_{rp}(p-p)$  มีค่า 639.13 kV โดยจะมีข้อความแสดงว่ากรณีนี้คือ No influence of capacitor switching at remote station จากนั้นกดปุ่ม Next เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป

4.1.2.4 แรงดันเกินหน้าคลื่นเร็ว

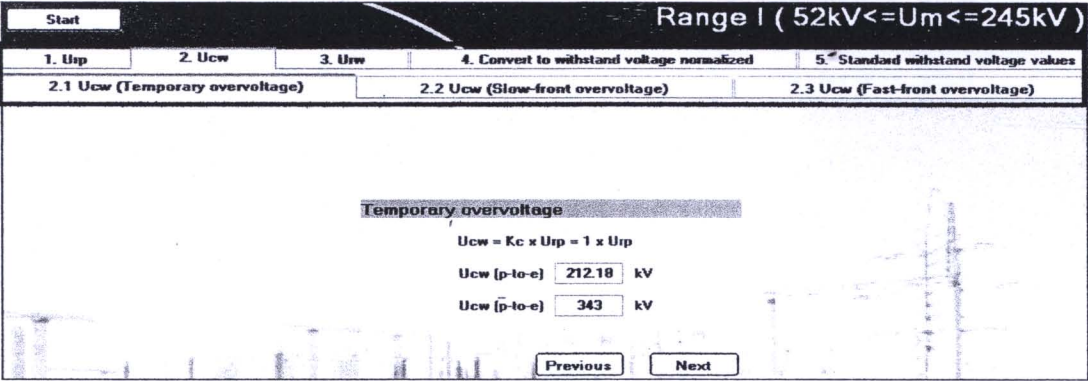


รูปที่ 4.13 ขั้นตอนที่ 1  $U_{rp}$  หัวข้อย่อยที่ 1.4 Fast - front overvoltage

จากรูปที่ 4.13 ในส่วนกรอบสีแดง แสดงขั้นตอนที่ 1  $U_{rp}$  หัวข้อย่อย 1.4 Fast-front overvoltage แสดงข้อความอธิบายว่า แรงดันเกินหน้าคลื่นเร็วจะพิจารณาในขั้นตอนที่ 2  $U_{cw}$  ของการประสานสัมพันธ์จนวน จากนั้นกดปุ่ม Next เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป

4.1.3 ความคงทนแรงดันในการประสานจนวน ( $U_{cw}$ )

4.1.3.1 แรงดันเกินชั่วคราว



รูปที่ 4.14 ขั้นตอนที่ 2  $U_{cw}$  หัวข้อย่อยที่ 2.1  $U_{cw}$  (Temporary overvoltage)

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง :

$K_c$  คือ ตัวแปรในการประสานสัมพันธฉนวน

$U_{cw}(p-e)$  คือ ความคงทนแรงดันในการประสานสัมพันธฉนวนระหว่างเฟสกับดินสำหรับแรงดันเกินชั่วคราว

$U_{cw}(p-p)$  คือ ความคงทนแรงดันในการประสานสัมพันธฉนวนระหว่างเฟสกับเฟสสำหรับแรงดันเกินชั่วคราว

จากรูปที่ 4.14 ในส่วนกรอบสีแดง แสดงขั้นตอนที่ 2  $U_{cw}$  หัวข้อย่อย 2.1  $U_{cw}$  (Temporary Overvoltage) โปรแกรมแสดงผลการคำนวณค่า  $U_{cw}$  จากสมการที่แสดงเมื่อทราบค่า  $U_{rp}$  จากหัวข้อ 4.1.2.2 จากตัวอย่างนี้  $U_{cw}(p-e)$  มีค่า 212.18 kV และ  $U_{cw}(p-p)$  มีค่า 343 kV จากนั้นกดปุ่ม Next เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป

#### 4.1.3.2 แรงดันเกินหน้าคลื่นซ้ำ

รูปที่ 4.15 ขั้นตอนที่ 2  $U_{cw}$  หัวข้อย่อยที่ 2.2  $U_{cw}$  (Slow-front overvoltage)

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง :

$K_{cd}$  คือ Deterministic co-ordination factor

จากรูปที่ 4.15 ในส่วนกรอบสีแดง แสดงขั้นตอนที่ 2  $U_{cw}$  หัวข้อย่อย 2.2  $U_{cw}$  (Slow-Front Overvoltage) โปรแกรมแสดงผลการคำนวณค่า  $K_{cd}$  จากสมการที่แสดง เมื่อทราบค่า  $U_{ps}$ ,  $U_{e2}$  และ  $U_{p2}$  จากขั้นตอนก่อนหน้านี้ และโปรแกรมจะแสดงผลการคำนวณ  $U_{cw}$  จากสมการที่แสดง โดยพิจารณาแยกระหว่าง Line entrance equipment และ Other equipment ดังนี้

Line entrance equipment :

$$U_{cw}(p - e) = 470.8 \text{ kV}$$

$$U_{cw}(p - p) = 856 \text{ kV}$$

Other equipment :

$$U_{cw}(p - e) = 433.59 \text{ kV}$$

$$U_{cw}(p - p) = 639.13 \text{ kV}$$

4.1.3.3 แรงดันดันเกินน้ำหนักลื่นเร็ว

Start

Range I ( 52kV<=Um<=245kV )

|                                             |                    |                                              |                                            |                                              |
|---------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1. U <sub>ip</sub>                          | 2. U <sub>cw</sub> | 3. U <sub>irw</sub>                          | 4. Convert to withstand voltage normalized | 5. Standard withstand voltage values         |
| 2.1 U <sub>cw</sub> (Temporary overvoltage) |                    | 2.2 U <sub>cw</sub> (Slow-front overvoltage) |                                            | 2.3 U <sub>cw</sub> (Fast-front overvoltage) |
| 2.3.1 Input Data                            |                    | 2.3.2 U <sub>cw</sub>                        |                                            |                                              |

Basic Data

Maximum separate distance for internal insulation (L)

30

m

Maximum separate distance for external insulation (L)

60

m

n

2

▼

L<sub>sp</sub>

300

m

Acceptable failure rate 1 in

400

years

Lightning performance performance for such line is

1

per 100 km per year

Type of line

Distribution lines (phase-phase flashover) :

☐ with earthed crossarms  
(flashover to earth at low voltage)

☐ wood-pole lines  
(flashover to earth at high voltage)

Transmission lines  
(single-phase flashover to earth)

☒ single conductor

☐ double conductor bundle

☐ four conductor bundle

☐ six and eight conductor bundle

factor A

4500

kV

Previous

Next

รูปที่ 4.16 ขั้นตอนที่ 2  $U_{cw}$  หัวข้อย่อยที่ 2.3.1 ข้อมูลที่ผู้ใช้งานต้องป้อน สำหรับ  $U_{cw}$  (Fast-front overvoltage)

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง :

$L$  คือ ระยะห่างระหว่างกับดักเสิร์จ และอุปกรณ์ที่ต้องการป้องกัน สำหรับ  
ฉนวนภายใน และฉนวนภายนอก (m)

$n$  คือ จำนวนของสายส่งเหนือศีรษะต่อไปยังสถานีไฟฟ้า ในการหาค่าของ  
ขนาดเสิร์จที่มาปะทะ

$L_{sp}$  คือ ความยาวช่วง (m)

$R_a$  คือ อัตราการล้มเหลวที่ยอมรับได้สำหรับอุปกรณ์สำหรับสายส่ง โดยตัวแปร  
โดยปกติจะเขียนในรูป (1/year)

$R_{km}$  คือ อัตราการขัดข้องของสายส่งเหนือศีรษะต่อปี สำหรับการออกแบบต่อ  
หนึ่งกิโลเมตรแรก ในส่วนหน้าของสถานีไฟฟ้า โดยตัวแปรโดยปกติจะเขียนในรูป(1/km/year)

$A$  คือ ตัวแปรแสดงคุณลักษณะของสายส่งพิจารณาตามตารางที่ 3.5

จากรูปที่ 4.16 ในส่วนกรอบสีแดง แสดงขั้นตอนที่ 2  $U_{cw}$  หัวข้อย่อย 2.3.1  
ผู้ใช้งานป้อนข้อมูล สำหรับ คำนวณค่า  $U_{cw}$  (Fast-Front Overvoltage) พิจารณาในส่วนกรอบสีน้ำ  
เงิน ตัวอย่างนี้สมมุติ

- $L$  สำหรับฉนวนภายใน มีค่า 30 m
- $L$  สำหรับฉนวนภายนอก มีค่า 60 m
- $n$  มีค่า 2
- $L_{sp}$  มีค่า 300m
- $R_a$  มีค่า 1 in 400 year
- $R_{km}$  มีค่า 1 per 100 km. year
- เลือกชนิดของสายส่งจากตารางที่ 3.5 ตัวอย่างนี้สมมุติเลือก Single conductor

ตัวแปร  $A$  มีค่า 4500

เมื่อผู้ใช้ป้อนข้อมูลอินพุตเสร็จสิ้น กดปุ่ม Next เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

Start

Range I ( 52kV<=Um<=245kV )

|                                             |                    |                                              |                                            |                                              |
|---------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1. U <sub>ip</sub>                          | 2. U <sub>cw</sub> | 3. U <sub>rw</sub>                           | 4. Convert to withstand voltage normalized | 5. Standard withstand voltage values         |
| 2.1 U <sub>cw</sub> (Temporary overvoltage) |                    | 2.2 U <sub>cw</sub> (Slow-front overvoltage) |                                            | 2.3 U <sub>cw</sub> (Fast-front overvoltage) |
| 2.3.1 Input Data                            |                    |                                              | 2.3.2 U <sub>cw</sub>                      |                                              |

The co-ordination withstand voltage

For internal insulation :

U<sub>cw</sub> 630.73 kV

For external insulation :

U<sub>cw</sub> 753.45 kV

Previous

Next

รูปที่ 4.17 ขั้นตอนที่ 2  $U_{cw}$  หัวข้อย่อยที่ 2.3.2 ผลการคำนวณ  $U_{cw}$  (Fast-front overvoltage)

จากรูปที่ 4.17 ในส่วนกรอบสีแดง แสดงขั้นตอนที่ 2  $U_{cw}$  หัวข้อย่อยที่ 2.3.2 ผลการคำนวณ  $U_{cw}$  (Fast-front overvoltage) แสดงค่า  $U_{cw}$  สำหรับฉนวนภายใน คือ 630.73 kV และ ค่า  $U_{cw}$  สำหรับฉนวนภายนอก คือ 753.45 kV

4.1.4 ความคงทนที่ต้องการ ( $U_{rw}$ )

Start

Range I ( 52kV<=Um<=245kV )

|                    |                    |                     |                                            |                                      |
|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. U <sub>ip</sub> | 2. U <sub>cw</sub> | 3. U <sub>rw</sub>  | 4. Convert to withstand voltage normalized | 5. Standard withstand voltage values |
| 3.1 Input Data     |                    | 3.2 U <sub>rw</sub> |                                            |                                      |

Safety factor

For internal insulation Ks = 1.15

For external insulation Ks = 1.05

Atmospheric correction factor

Altitude

The installation is attitude : H 1000 m

For power frequency withstand :

m 0.5 >> phase-to-phase and phase to earth : Ka 1.063

For switching impulse withstand :

m 0.902 >> Phase to earth : Ka 1.117

m 1 >> Phase to phase : Ka 1.131

For lightning impulse withstand :

m = 1 >> phase-to-phase and phase to earth : Ka 1.131

Previous

Next

รูปที่ 4.18 ขั้นตอนที่ 3  $U_{rw}$  หัวข้อย่อยที่ 3.1 ข้อมูล Input สำหรับคำนวณ  $U_{rw}$

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง :

$H$  คือ ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล

$m$  คือ เลขยกกำลังของตัวแปรชดเชยระดับความสูงสำหรับฉนวนภายนอก

$K_a$  คือ ตัวแปรชดเชยระดับความสูง

$K_s$  คือ ตัวแปรความปลอดภัย

จากรูปที่ 4.18 ในส่วนกรอบสีแดง แสดงขั้นตอนที่ 3  $U_{rw}$  หัวข้อย่อย 3.1 ผู้ใช้งานป้อนข้อมูลสำหรับการคำนวณ  $U_{rw}$  ตัวอย่างนี้สมมติ

- ในส่วนกรอบสีน้ำเงิน พื้นสีชมพู ผู้ใช้งานป้อนค่า  $H$  ตัวอย่างนี้สมมติ  $H$  มีค่า 1000 m

- ในส่วนกรอบสีชมพู ผู้ใช้งานต้องป้อนค่า  $m$  สำหรับ Power Frequency ซึ่งจะขึ้นกับสภาพมลภาวะของตัวฉนวน ถ้าฉนวนมีสภาพสกปรกค่า  $m$  มีค่า 0.5 ถ้าฉนวนมีสภาพสะอาด  $m$  มีค่า 1 ตัวอย่างนี้สมมติ  $m$  มีค่า 0.5 พิจารณา  $m$  ของ Switching Impulse และ Lightning Impulse เป็นค่าที่ได้มาจากการคำนวณจากขั้นตอนก่อนหน้านี้ เมื่อทราบค่าตัวแปร  $m$  โปรแกรมจะคำนวณค่า  $K_a$

-  $K_s$  เป็นค่าคงที่ สำหรับฉนวนภายใน  $K_s$  มีค่า 1.15 และสำหรับฉนวนภายนอก  $K_s$  มีค่า 1.05

เมื่อผู้ใช้ป้อนข้อมูลอินพุตเสร็จสิ้น กดปุ่ม Next เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

Start

Range I ( 52kV<=Um<=245kV )

1. Up

2. Ucw

3. Urw

4. Convert to withstand voltage normalized

5. Standard withstand voltage values

3.1 Input Data

3.2 Urw

Internal insulation :  $U_{rw}=U_{cw} \times K_s$   
External insulation :  $U_{rw}=U_{cw} \times K_s \times K_a$

Temporary overvoltage

Internal insulation :  
Phase-to-earth :  $U_{rw}$  244.01 kV  
Phase-to-phase :  $U_{rw}$  394.45 kV  
External insulation :  
Phase-to-earth :  $U_{rw}$  236.82 kV  
Phase-to-phase :  $U_{rw}$  382.84 kV

Fast-front overvoltage

Internal insulation :  
Phase-to-earth :  $U_{rw}$  725.34 kV  
Phase-to-phase :  $U_{rw}$  725.34 kV  
External insulation :  
Phase-to-earth :  $U_{rw}$  894.76 kV  
Phase-to-phase :  $U_{rw}$  894.76 kV

Switching overvoltage

No influence of capacitor switching at remote station

Line entrance equipment

External insulation :  
Phase-to-earth :  $U_{rw}$  552.18 kV  
Phase-to-phase :  $U_{rw}$  1016.54 kV

Other equipment

Internal insulation :  
Phase-to-earth :  $U_{rw}$  498.83 kV  
Phase-to-phase :  $U_{rw}$  735 kV  
External insulation :  
Phase-to-earth :  $U_{rw}$  508.54 kV  
Phase-to-phase :  $U_{rw}$  759 kV

Previous

Next

รูปที่ 4.19 ขั้นตอนที่ 3  $U_{rw}$  หัวข้อย่อยที่ 3.2 ผลการคำนวณคำนวณ  $U_{rw}$

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง :

$U_{rw}(p-e)$  คือ ความคงทนแรงดันที่ต้องการระหว่างเฟสกับดิน

$U_{rw}(p-p)$  คือ ความคงทนแรงดันที่ต้องการระหว่างเฟสกับเฟส

จากรูปที่ 4.19 ในส่วนกรอบสีแดง แสดงขั้นตอนที่ 3  $U_{rw}$  หัวข้อย่อย 3.2 โปรแกรมจะแสดงผลการคำนวณค่า  $U_{rw}$  จากสมการที่แสดง ดังนี้

Temporary Overvoltage :

- จำนวนภายใน

$$U_{rw}(p-e) = 244.01 \text{ kV}$$

$$U_{rw}(p-p) = 394.45 \text{ kV}$$

- จำนวนภายนอก

$$U_{rw}(p-e) = 236.82 \text{ kV}$$

$$U_{rw}(p-p) = 382.84 \text{ kV}$$

Fast-Front Overvoltage :

- จำนวนภายใน

$$U_{rw}(p-e) = 725.34 \text{ kV}$$

$$U_{rw}(p-p) = 725.34 \text{ kV}$$

- จำนวนภายนอก

$$U_{rw}(p-e) = 894.76 \text{ kV}$$

$$U_{rw}(p-p) = 894.76 \text{ kV}$$

Switching Overvoltage :

สำหรับ Line entrance equipment :

- จำนวนภายนอก

$$U_{rw}(p-e) = 552.18 \text{ kV}$$

$$U_{rw}(p-p) = 1016.54 \text{ kV}$$

สำหรับ Other equipment:

จำนวนภายใน:

$$U_{rw}(p-e) = 498.63 \text{ kV}$$

$$U_{rw}(p-p) = 735 \text{ kV}$$

ฉนวนภายนอก:

$$U_{rw}(p-e) = 508.54 \text{ kV}$$

$$U_{rw}(p-p) = 759 \text{ kV}$$

จากนั้นผู้ใช้กดปุ่ม Next เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

#### 4.1.5 Convert to withstand voltage normalized

Start Range I ( 52kV<=Um<=245kV )

1. Up 2. Ucw 3. Urw 4. Convert to withstand voltage normalized 5. Standard withstand voltage values

4.1 Short-duration power-frequency withstand voltage 4.2 Lightning impulse withstand voltage

**Test conversion factor**

**External Insulation**

Air clearance and clean insulators, dry Phase-to-Earth and Phase-to-Phase

Clean insulators, wet none

**Internal Insulation**

liquid-immersed insulation

**SDW**

**Line entrance equipment**

External Insulation : p-to-e : SDW 367.18 kV

p-to-p : SDW 691.29 kV

**Other equipment**

External Insulation : p-to-e : SDW 335.55 kV

p-to-p : SDW 500.76 kV

Internal Insulation : p-to-e : SDW 249.32 kV

p-to-p : SDW 367.5 kV

Previous Next

รูปที่ 4.20 ขั้นตอนที่ 4 Convert to withstand voltage normalized หัวข้อย่อยที่ 4.1

Short-duration power-frequency withstand voltage

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง :

*SDW* คือ มาตรฐานพิกัดความคงทนของแรงดันความถี่กำลังวงจรสูง

Test Conversion factor คือ ตัวแปรที่ใช้เปลี่ยนรูปเพื่อการทดสอบ สำหรับ

ฉนวนภายนอก และฉนวนภายใน

จากรูปที่ 4.20 ในส่วนกรอบสีแดง แสดงขั้นตอนที่ 4 Conversion to withstand voltage normalized หัวข้อย่อย 4.1 *SDW* ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

1. ผู้ใช้งานป้อนค่า :

- ในส่วนกรอบสีน้ำเงิน ผู้ใช้งานเลือกค่า Test Conversion Factor สำหรับฉนวนภายนอก สำหรับระหว่างเฟสกับดิน และระหว่างเฟสกับเฟส ผู้ใช้สามารถเลือกเป็น Air clearance and clean insulator, dry หรือ Clean insulator, wet สำหรับฉนวนภายใน สำหรับระหว่างเฟสกับดิน และระหว่างเฟสกับเฟส ผู้ใช้สามารถเลือกเป็น GIS, Liquid immersed insulation หรือ Solid Insulation

- ตัวอย่างนี้สมมุติ เลือก Test Conversion Factor สำหรับฉนวนภายนอก สำหรับระหว่างเฟสกับดิน และระหว่างเฟสกับเฟส คือ Air clearance and clean insulator ,dry และสำหรับฉนวนภายใน สำหรับระหว่างเฟสกับดิน เลือกเป็น Liquid immersed insulation

2. ผลการคำนวณจากโปรแกรม :

เมื่อผู้ใช้งานป้อนข้อมูลข้างต้นแล้วเสร็จ โปรแกรมจะแสดงผลการคำนวณ *SDW* โดยพิจารณาแยกระหว่าง Line entrance equipment และ Other equipment คือ

Line entrance equipment

- สำหรับฉนวนภายนอก: *SDW(p-e)* มีค่า 367.18 kV และ *SDW(p-p)* มีค่า 691.29 kV

Other equipment

- สำหรับฉนวนภายนอก: *SDW(p-e)* มีค่า 335.55 และ *SDW(p-p)* มีค่า 500.76 kV

- สำหรับฉนวนภายใน: *SDW(p-e)* มีค่า 249.32 kV และ *SDW(p-p)* มีค่า 367.5 kV

Start

Range I ( 52kV<=Um<=245kV )

1. U<sub>rp</sub> 2. U<sub>cw</sub> 3. U<sub>rw</sub> 4. Convert to withstand voltage normalized 5. Standard withstand voltage values

4.1 Short-duration power-frequency withstand voltage 4.2 Lightning impulse withstand voltage

Test conversion factor

External Insulation

Air clearance and clean insulators, dry Phase-to-Phase

Clean insulators, wet Phase-to-Earth

Internal Insulation

liquid-immersed insulation

LIW

Line entrance equipment

External Insulation : p-to-e : LIW 717.83 kV

p-to-p : LIW 1182.18 kV

Other equipment

External Insulation : p-to-e : LIW 661.1 kV

p-to-p : LIW 860.96 kV

Internal Insulation : p-to-e : LIW 548.49 kV

p-to-p : LIW 808.5 kV

Previous Next

รูปที่ 4.21 ขั้นตอนที่ 4 Convert to withstand voltage normalized หัวข้อย่อยที่ 4.2

Lightning Impulse withstand voltage

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง :

*LIW* คือ มาตรฐานพิกัดความคงทนแรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่า

จากรูปที่ 4.21 ขั้นตอนที่ 4 Conversion to withstand voltage normalized  
หัวข้อย่อย 4.2 *LIW* ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

1. ผู้ใช้งานป้อนค่า :

- ในส่วนกรอบสีน้ำเงิน ผู้ใช้ทำการเลือกค่า Test Conversion Factor สำหรับ  
ฉนวนภายนอก สำหรับระหว่างเฟสกับดิน และระหว่างเฟสกับเฟส ผู้ใช้สามารถเลือกเป็น Air  
clearance and clean insulator ,dry หรือ Clean insulator, wet สำหรับฉนวนภายใน สำหรับ  
ระหว่างเฟสกับดิน และระหว่างเฟสกับเฟส ผู้ใช้สามารถเลือกเป็น GIS, Liquid immersed  
insulation หรือ Solid Insulation

- ตัวอย่างนี้สมมติ เลือก Test Conversion Factor สำหรับฉนวนภายนอก สำหรับ  
ระหว่างเฟสกับดิน คือ Clean insulator, wet และสำหรับระหว่างเฟสกับเฟส คือ Air clearance  
and clean insulator ,dry และสำหรับฉนวนภายใน สำหรับระหว่างเฟสกับดิน เลือกเป็น Liquid  
immersed insulation

2. ผลการคำนวณจากโปรแกรม :

เมื่อผู้ใช้งานป้อนข้อมูลข้างต้นแล้วเสร็จ โปรแกรมจะแสดงผลการคำนวณ *LIW*  
โดยพิจารณาแยกระหว่าง Line entrance equipment และ Other equipment คือ

Line entrance equipment

- สำหรับฉนวนภายนอก :  $LIW(p-e)$  มีค่า 717.83 kV และ  $LIW(p-p)$  มีค่า  
1182.18 kV

Other equipment

- สำหรับฉนวนภายนอก :  $LIW(p-e)$  มีค่า 661.1 kV และ  $LIW(p-p)$  มีค่า  
860.96 kV

- สำหรับฉนวนภายใน :  $LIW(p-e)$  มีค่า 548.49 kV และ  $LIW(p-p)$  มีค่า  
808.5 kV

#### 4.1.6 การเลือกค่ามาตรฐานความคทนแรงดัน $U_w$

Start Range I ( 52kV ≤  $U_m$  ≤ 245kV )

1.  $U_{rp}$  2.  $U_{cw}$  3.  $U_{rw}$  4. Convert to withstand voltage normalized 5. Standard withstand voltage values

5.1 Summary of minimum required withstand voltages 5.2 Selection of standard withstand voltage values

- in kV r.m.s for short-duration power frequency  
Values of  $U_{rw}$  :  
- in kV peak for switching or lightning impulse

|                                |     | External insulation     |         |                 |        | Internal insulation |             |
|--------------------------------|-----|-------------------------|---------|-----------------|--------|---------------------|-------------|
|                                |     | Line entrance equipment |         | Other equipment |        | $U_{rw}(s)$         | $U_{rw}(c)$ |
| Short-duration power-frequency | p-e | 236.82                  | 367.18  | 236.82          | 335.55 | 244.01              | 249.32      |
|                                | p-p | 382.84                  | 691.29  | 382.84          | 500.76 | 394.45              | 367.5       |
| Switching impulse              | p-e | 552.18                  |         | 588.54          |        | 498.63              |             |
|                                | p-p | 1016.54                 |         | 759             |        | 735                 |             |
| Lightning impulse              | p-e | 894.76                  | 717.83  | 894.76          | 661.1  | 725.34              | 548.49      |
|                                | p-p | 894.76                  | 1182.18 | 894.76          | 860.96 | 725.34              | 808.5       |

Previous Next

รูปที่ 4.22 ขั้นตอนที่ 5 Standard withstand voltage หัวข้อย่อยที่ 5.1

Summary of minimum required withstand voltage

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง :

$U_{rw(s)}$  คือ ความคทนแรงดันที่ต้องการ จากขั้นตอนที่ 3 ของการประสานสัมพันธนวน

$U_{rw(c)}$  คือ การเปลี่ยนรูปของความคทนแรงดันที่ต้องการจากขั้นตอนที่ 4 ของการประสานสัมพันธนวน

Start Range I ( 52kV ≤  $U_m$  ≤ 245kV )

1.  $U_{rp}$  2.  $U_{cw}$  3.  $U_{rw}$  4. Convert to withstand voltage normalized 5. Standard withstand voltage values

5.1 Summary of minimum required withstand voltages 5.2 Selection of standard withstand voltage values

No influence of capacitor switching at remote station

Standard insulation level :

External insulation ( SDW/BIL ) : 395 kV / 950 kV  
Internal insulation ( SDW / BIL ) : 395 kV / 950 kV

External Insulation :

No phase-to-phase test required ,If clearance are : - for line entrance equipment : 2.6 m  
- for other equipment : 1.9 m

Internal Insulation :

Minimum standard lightning impulse level : - phase-to-earth : 750 kV  
- phase-to-phase : 850 kV

Preview Print Previous Start

รูปที่ 4.23 ขั้นตอนที่ 5 Standard withstand voltage หัวข้อย่อยที่ 5.2

Selection of standard withstand voltage values

หลักในการเลือกค่ามาตรฐานความคงทนแรงดัน สำหรับมาตรฐานพิกัดความคงทนของแรงดันความถี่กำลังช่วงเวลานั้น (*SDW*) จะพิจารณาเลือกค่า  $U_{rw(s)}$  ที่มีค่ามากที่สุดระหว่างเฟสกับเฟส และสำหรับ มาตรฐานพิกัดความคงทนของแรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่า (*LIW*) จะพิจารณาเลือกค่า  $U_{rw(s)}$  ที่มีค่ามากที่สุด

จากรูปที่ 4.23 หัวข้อ Standard insulation level

สำหรับ External insulation:

จากรูปที่ 4.22 หัวข้อ Short-duration power frequency ระหว่างเฟสกับเฟส โปรแกรมจะทำการเลือกค่า  $U_{rw(s)}$  จาก Line entrance equipment หรือ Other equipment โดยพิจารณาเลือกค่าที่มีค่ามากที่สุด จากตัวอย่างนี้มีค่าเท่ากัน คือ 282.82 kV

จากรูปที่ 4.22 หัวข้อ Lightning Impulse ระหว่างเฟสกับเฟส โปรแกรมจะเลือกค่า  $U_{rw(s)}$  ที่มีค่ามากที่สุด โดยพิจารณาจาก Line entrance equipment และ Other equipment จากตัวอย่างนี้มีค่าเท่ากันคือ 894.76 kV

เมื่อนำค่า Short-duration power frequency ซึ่งมี  $U_{rw(s)}$  ค่ามากที่สุด คือ 282.82 kV และค่า Lightning Impulse ซึ่งมี  $U_{rw(s)}$  ค่ามากที่สุด คือ 894.76 kV มาเปิดตารางที่ 2.2 มาตรฐานระดับการฉนวนสำหรับแรงดันช่วงที่ 1 ที่แรงดันสูงสุดสำหรับอุปกรณ์ ( $U_m$ ) มีค่า 245 kV โดยพิจารณาเลือกค่ามาตรฐานพิกัดความคงทนของแรงดันความถี่กำลังช่วงเวลานั้น (*SDW*) ค่า 395 kV และมาตรฐานพิกัดความคงทนของแรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่า (*LIW*) ค่า 950 kV เนื่องจากเป็นค่าที่ทั้ง Short-duration power frequency และ Lightning Impulse ผ่านเกณฑ์ทั้งคู่ที่ระดับเดียวกัน นั่นคือค่าที่มากกว่าหรือเท่ากับค่าที่นำมาพิจารณา

สำหรับ Internal Insulation :

จากรูปที่ 4.22 หัวข้อ Short-duration power frequency ระหว่างเฟสกับเฟส มีค่า  $U_{rw(s)}$  คือ 394.45 kV

จากรูปที่ 4.22 หัวข้อ Lightning Impulse ระหว่างเฟสกับเฟส พิจารณาค่ามากที่สุด ระหว่าง  $U_{rw(s)}$  และ  $U_{rw(c)}$  ในที่นี้ค่ามากที่สุด คือ  $U_{rw(c)} = 808.5$  kV

เมื่อนำค่า Short-duration power frequency ซึ่งมีค่า  $U_{rw(s)}$  คือ 394.45 kV และค่า Lightning Impulse ซึ่งมี  $U_{rw(s)}$  ค่ามากที่สุด คือ 808.5 kV มาเปิดตารางที่ 2.2 มาตรฐานระดับการฉนวนสำหรับแรงดันช่วงที่ 1 ที่แรงดันสูงสุดสำหรับอุปกรณ์ ( $U_m$ ) มีค่า 245 kV โดยพิจารณาเลือก ค่ามาตรฐานพิกัดความคงทนของแรงดันความถี่กำลังช่วงเวลานั้น ( $SDW$ ) ค่า 395 kV และมาตรฐานพิกัดความคงทนของแรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่า ( $LIW$ ) ค่า 950 kV เนื่องจากเป็นค่าที่ทั้ง Short-duration power frequency และ Lightning Impulse ผ่านเกณฑ์ทั้งคู่ที่ระดับเดียวกัน นั่นคือค่าที่มากกว่าหรือเท่ากับค่าที่นำมาพิจารณา

จากรูปที่ 4.23 หัวข้อ External Insulation พิจารณาระยะห่างระหว่างเฟสกับเฟส (p-p Clearance) โดยพิจารณาแยกระหว่าง Line entrance equipment และ Other equipment

Line entrance equipment :

จากรูปที่ 4.22 พิจารณา Lightning Impulse ระหว่างเฟสกับเฟส โดยพิจารณาเลือกค่าที่มากที่สุดระหว่าง  $U_{rw(s)}$  และ  $U_{rw(c)}$  ในที่นี้ค่ามากที่สุด คือ  $U_{rw(c)} = 1182.18$  kV เมื่อนำค่านี้เปิดตารางที่ 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานความคงทนแรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่า และค่าน้อยที่สุดของระยะห่างระหว่างอากาศ (minimum air clearance) ที่มาตรฐานพิกัดความคงทนของแรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่า ( $LIW$ ) 1300 kV จะได้ค่า minimum p-p Clearance ค่า 2.6 m

Other equipment :

จากรูปที่ 4.22 พิจารณา Lightning Impulse ระหว่างเฟสกับเฟส โดยพิจารณาเลือกค่าที่มากที่สุดระหว่าง  $U_{rw(s)}$  และ  $U_{rw(c)}$  ในที่นี้ค่ามากที่สุด คือ  $U_{rw(c)} = 894.76$  kV เมื่อนำค่านี้เปิดตารางที่ 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานความคงทนแรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่า และค่าน้อยที่สุดของระยะห่างระหว่างอากาศ (minimum air clearance) ที่มาตรฐานความคงทนแรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่า ( $LIW$ ) 950 kV จะได้ค่า minimum p-p Clearance ค่า 1.9 m

จากรูปที่ 4.23 หัวข้อ Internal Insulation พิจารณาเลือกค่า Minimum Standard Lightning Impulse ระหว่างเฟสกับเฟส และระหว่างเฟสกับดิน

ระหว่างเฟสกับดิน :

จากรูปที่ 4.22 พิจารณา Lightning Impulse ระหว่างเฟสกับดิน โดยเลือกค่าที่มากที่สุดระหว่าง  $U_{rw(s)}$  และ  $U_{rw(c)}$  ในที่นี้ค่ามากที่สุด คือ  $U_{rw(c)} = 808.5$  kV นำค่านี้เปิดตารางที่ 2.2 มาตรฐานระดับการฉนวนสำหรับแรงดันช่วงที่ 1 ที่แรงดันสูงสุดสำหรับอุปกรณ์ ( $U_m$ ) มีค่า 245 kV โดยเลือกค่ามาตรฐานความคงทนแรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่า ( $LIW$ ) คือ 850 kV

ระหว่างเฟสกับเฟส :

จากรูปที่ 4.22 พิจารณา Lightning Impulse ระหว่างเฟสกับเฟส โดยเลือกค่าที่มากที่สุดระหว่าง  $U_{rw(s)}$  และ  $U_{rw(c)}$  ในที่นี้ค่ามากที่สุด คือ  $U_{rw(s)} = 725.34$  kV จากนั้นนำค่านี้เปิดตารางที่ 2.2 มาตรฐานระดับการฉนวนสำหรับแรงดัน ช่วงที่ 1 ที่แรงดันสูงสุดสำหรับอุปกรณ์ ( $U_m$ ) มีค่า 245 kV โดยเลือกค่ามาตรฐานความคงทนแรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่า ( $LIW$ ) คือ 750 kV