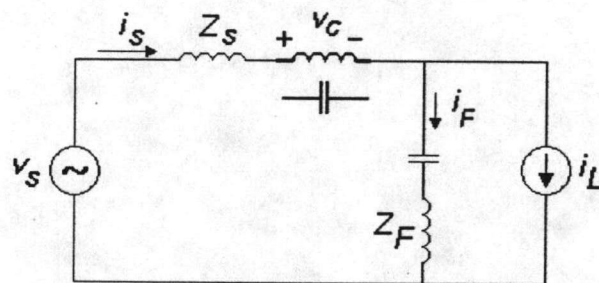


### บทที่ 3

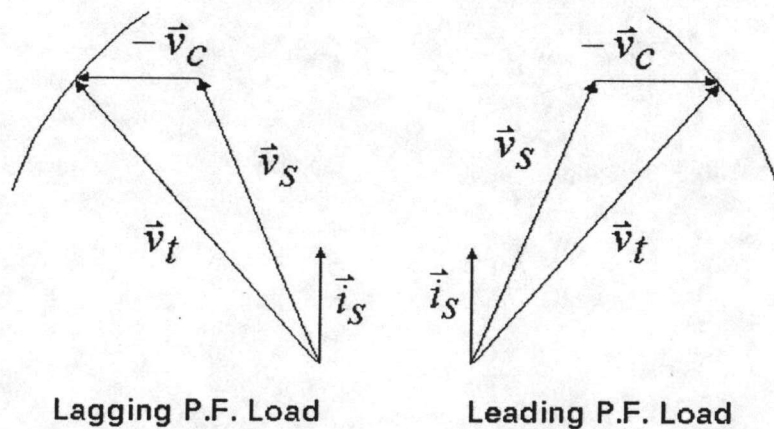
#### ทฤษฎีการรักษาระดับแรงดันตกคร่อมโหลด

##### การรักษาระดับแรงดันตกคร่อมโหลด

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของหลักในการรักษาระดับแรงดันตกคร่อมโหลดให้มีค่าคงที่ ในกรณีนี้วงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมจะกระทำต่อความถี่หลักมูลเสมือนเป็นตัวเก็บประจุ หรือตัวเหนี่ยวนำ ที่ต่ออนุกรมอยู่ระหว่างแหล่งจ่ายกำลังและโหลด ตามรูปที่ 3.1 ซึ่งการเลือกที่จะกระทำแบบใดนั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะของโหลดที่ต่ออยู่กับระบบ เมื่อโหลดมีลักษณะเป็นโหลดแบบล่าหลัง (lagging load) วงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมจะกระทำตัวเสมือนกับตัวเก็บประจุ ในทางตรงกันข้ามถ้าลักษณะของโหลดเป็นโหลดแบบนำหน้า (leading load) วงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมก็จะกระทำตัวเสมือนกับตัวเหนี่ยวนำ โดยเมื่อพิจารณาจากรูปวงจรสมมูลหนึ่งเฟสตามรูปที่ 3.1 เราสามารถที่จะเขียนรูปลักษณะของแรงดันในรูปแบบของสเปซเวกเตอร์ได้ตามรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 วงจรสมมูลหนึ่งเฟสของวงจรกรองแอกทีฟแบบอนุกรมสำหรับความถี่หลักมูล



รูปที่ 3.2 ลักษณะความสัมพันธ์ของแรงดันในรูปแบบของสเปซเวกเตอร์

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 3.2 จะเห็นได้ว่า วงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมจะสร้างแรงดัน  $\vec{v}_c$  ซึ่งมีทิศทางตั้งฉากกับ  $\vec{i}_s$  ซึ่งเมื่อนำมารวมกับแรงดันจากแหล่งจ่าย ( $\vec{v}_s$ ) ในลักษณะของเวกเตอร์แล้ว จะทำให้ขนาดของเวกเตอร์ลัพธ์ของแรงดันคร่อมโหลด ( $\vec{v}_l$ ) มีค่าคงที่ โดยมีจุดปลายอยู่บนเส้นรอบวงกลมที่มีรัศมีคงที่

เมื่อเราทำการย้ายมาพิจารณาสัญญาณกระแสและแรงดันในรูปของเวกเตอร์ที่มองจากแกนหมุน d-q ซึ่งเป็นแกนอ้างอิงที่หมุนด้วยความถี่ 50 Hz โดยที่เราสามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ 3 เฟสกับปริมาณบนแกนหมุนได้ดังนี้คือ

$$\begin{bmatrix} v_{sd} \\ v_{sq} \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} v_{su} \\ v_{sv} \\ v_{sw} \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} v_{ld} \\ v_{lq} \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} v_{lu} \\ v_{lv} \\ v_{lw} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

$$\begin{bmatrix} v_{cd} \\ v_{cq} \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} v_{cu} \\ v_{cv} \\ v_{cw} \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} i_{su} \\ i_{sv} \\ i_{sw} \end{bmatrix}$$

โดยที่  $T = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix}$

จากความสัมพันธ์ระหว่างสเปซเวกเตอร์ตามรูปที่ 3.2 และนิยามของสเปซเวกเตอร์ตามสมการที่ (3.1) เราจะได้ว่า

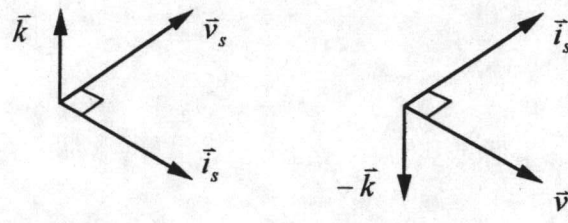
$$\begin{bmatrix} v_{ld} \\ v_{lq} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{sd} \\ v_{sq} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} v_{cd} \\ v_{cq} \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

เนื่องจาก  $\vec{v}_c$  มีทิศทางในแนวตั้งฉากกับทิศของกระแส  $\vec{i}_s$  และทิศทางจะนำหน้าหรือล่าหลังกั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของโหลด ดังนั้นเราจำเป็นต้องทราบลักษณะของโหลดเสียก่อนว่าเป็นแบบนำหน้าหรือล่าหลัง โดยจะสามารถพิจารณาได้จากผลคูณเชิงเวกเตอร์ (cross product) ระหว่าง  $\vec{v}_s$  และ  $\vec{i}_s$  ตามสมการที่ (3.3)

$$\vec{i}_s \times \vec{v}_s = (I_{sd} V_{sq} - I_{sq} V_{sd}) \vec{k} = (\vec{v}_s \cdot J \vec{i}_s) \vec{k} \quad (3.3)$$

ในที่นี้  $\vec{k}$  = unit vector

$$J = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$



รูปที่ 3.3 ทิศทางของเวกเตอร์กระแสแรงดัน และ ผลคูณเชิงเวกเตอร์

จากสมการ(3.3) และรูปที่ 3.3 จะเห็นได้ว่า

$\text{sgn}(\vec{v}_s \cdot J\vec{i}_s) = +1$  ในกรณีที่โหลดเป็นแบบตัวเหนี่ยวนำ

$\text{sgn}(\vec{v}_s \cdot J\vec{i}_s) = -1$  ในกรณีที่โหลดเป็นแบบตัวเก็บประจุ

ดังนั้นเราจะสามารถเขียนสมการใหม่ของ  $\vec{v}_c$  ในรูปของ  $\vec{i}_s$  ได้เป็น

$$\begin{bmatrix} v_{cd} \\ v_{cq} \end{bmatrix} = \delta \cdot x \cdot \begin{bmatrix} -i_{sq} \\ i_{sd} \end{bmatrix} = \delta \cdot x \cdot J \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

โดย  $x =$  ค่าสัมประสิทธิ์ (ค่ารีแอกแตนซ์)  $\geq 0$

$$\delta = -\text{sgn}(\vec{v}_s \cdot J\vec{i}_s)$$

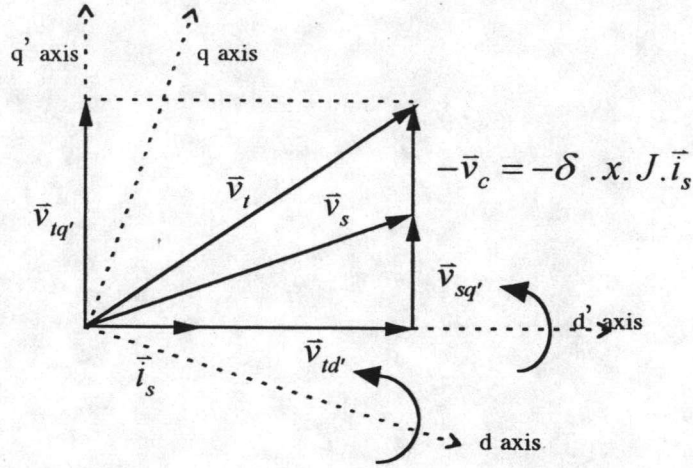
$\delta = -1$  ในกรณีที่โหลดเป็นแบบตัวเหนี่ยวนำ

$\delta = +1$  ในกรณีที่โหลดเป็นแบบตัวเก็บประจุ

ซึ่งเมื่อแทนลงในสมการที่ (3.2) จะได้ว่า

$$\begin{bmatrix} v_{td} \\ v_{tq} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{sd} \\ v_{sq} \end{bmatrix} - \delta \cdot x \cdot J \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

เมื่อเราทราบทิศทางของเวกเตอร์  $\vec{v}_c$  แล้ว สิ่งที่เหลือก็คือต้องคำนวณหาขนาดหรือค่าสัมประสิทธิ์  $x$  ในสมการที่ (3.4) และเพื่อให้การคำนวณค่า  $x$  เป็นไปโดยง่าย เราจะพิจารณาแกนอ้างอิงใหม่เป็นแกน  $d'-q'$  ซึ่งหมุนด้วยความถี่ 50 Hz เช่นเดิมแต่มีมุมเฟสตรงกันกับเวกเตอร์กระแส  $\vec{i}_s$  ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แรงดันของแหล่งจ่าย และ แรงดันตกคร่อมโพลดในรูปแบบของเวกเตอร์

เนื่องจากบนแกนอ้างอิง  $d'$ - $q'$  ใหม่นี้ องค์ประกอบของเวกเตอร์กระแสในแนวแกน  $q'$  จะเป็นศูนย์ เราจึงสามารถที่จะเขียนสมการ (3.5) ได้ใหม่เป็น

$$\begin{bmatrix} v_{td'} \\ v_{tq'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{sd'} \\ v_{sq'} \end{bmatrix} - \delta \cdot x \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ i_{sd'} \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

โดยที่ขนาดของเวกเตอร์แรงดันที่ตกคร่อมโพลด  $v_t$  ที่เราต้องการ เมื่อคำนวณตามสมการ(3.7)จะมีขนาดเป็น  $\sqrt{3}$  เท่าของค่า r.m.s ของแรงดันเฟสคือ 380 โวลต์ ดังนั้นจะได้ว่า

$$380^2 = v_{td'}^2 + v_{tq'}^2 \quad (3.7)$$

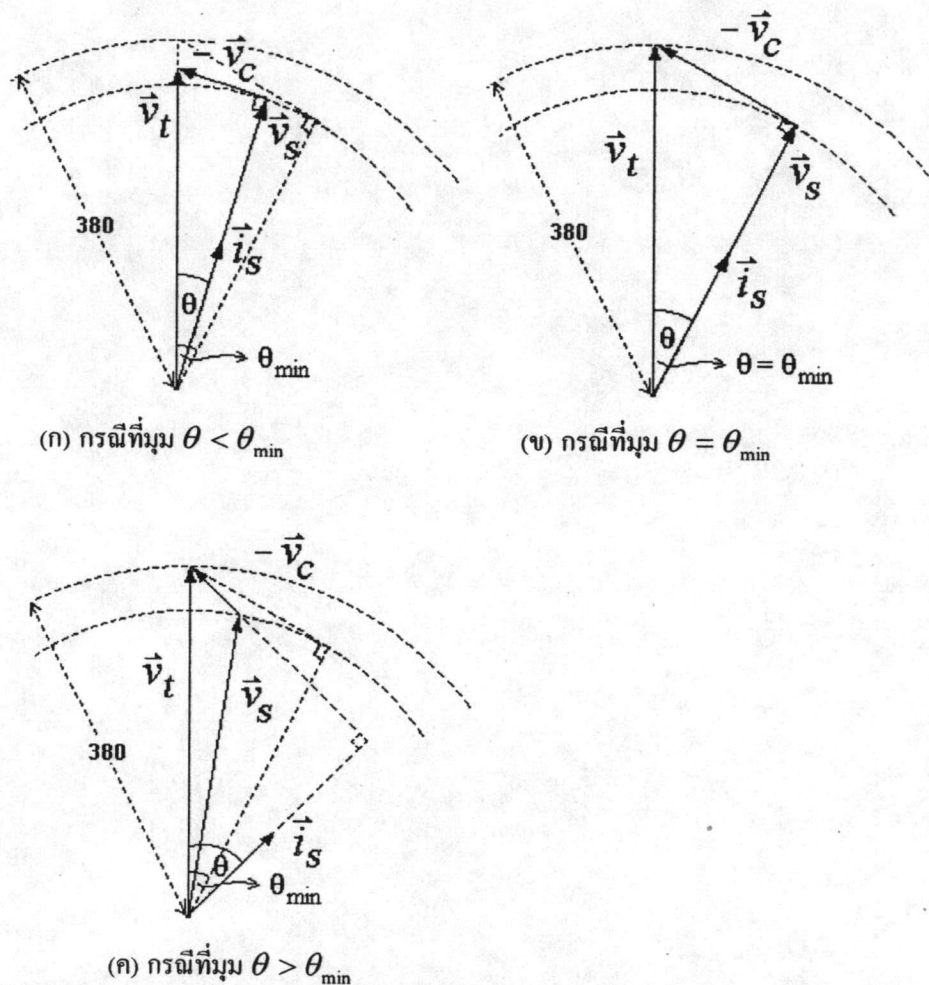
$$\text{หรือ } |v_{tq'}| = \sqrt{380^2 - v_{td'}^2} = \sqrt{380^2 - v_{sd'}^2} \quad (3.8)$$

และจากรูปที่ 3.2 จะพบว่า  $v_{sq'}, v_{tq'} \geq 0$  เมื่อโพลดมีตัวประกอบกำลังแบบล้าหลัง ( $\delta = -1$ ) และ  $v_{sq'}, v_{tq'} \leq 0$  เมื่อโพลดมีตัวประกอบกำลังแบบนำหน้า ( $\delta = 1$ ) ดังนั้นจากสมการ (3.6) และ (3.8) เราสามารถคำนวณหาค่า  $x$  ได้ดังนี้คือ

$$\begin{aligned} -\delta |v_{tq'}| &= -\delta |v_{sq'}| - \delta \cdot x \cdot i_{sd'} \\ \delta \left[ -|v_{tq'}| + |v_{sq'}| \right] &= -\delta \cdot x \cdot i_{sd'} \\ x &= \frac{|v_{tq'}| - |v_{sq'}|}{|i_{sd'}|} \quad (3.9) \end{aligned}$$

### ข้อจำกัดในการรักษาแรงดันคร่อมโหลด

จากหลักการในการชดเชยค่าแรงดันที่ตกคร่อมโหลดให้มีค่าคงที่นั้น เราจะมีเงื่อนไขที่ว่า ค่าแรงดันที่สร้างจากวงจรรองกำลังแยกที่ฟแบบอนุกรม จะต้องมิติศทางที่ตั้งฉากกับทิศของ  $\vec{i}_s$  เท่านั้น ทำให้เมื่อพิจารณาจากรูปเวกเตอร์ตามรูปที่ 3.5 จะพบว่ามีเงื่อนไขที่ทำให้ระบบไม่สามารถที่จะชดเชยแรงดันเพื่อให้ระดับแรงดันที่ตกคร่อมโหลดมีค่าคงที่ได้ดังนี้คือ



รูปที่ 3.5 การชดเชยค่าแรงดันที่ตกคร่อมโหลดในกรณีค่ามุมระหว่าง  $\vec{v}_t$  และ  $\vec{i}_s$  ค่าต่างๆ

#### 1. ข้อจำกัดที่เกิดจากขนาดของแรงดันจากแหล่งจ่าย

ถ้าค่ามุมเฟสระหว่าง  $\vec{v}_t$  และ  $\vec{i}_s$  มีค่าน้อยกว่าค่ามุม  $\theta_{\min}$  ค่าหนึ่ง จะทำให้ระบบชดเชยแรงดันได้เพียงบางส่วนเท่านั้น แต่ไม่สามารถที่จะรักษาระดับแรงดันที่ตกคร่อมโหลดให้มีค่าตามต้องการได้ดังแสดงตามรูปที่ 3.5(ก) ในทางตรงกันข้ามถ้าค่ามุมระหว่าง  $\vec{v}_t$  และ  $\vec{i}_s$  มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ  $\theta_{\min}$  ระบบก็จะสามารถชดเชยให้แรงดันที่ตกคร่อมโหลดให้มีค่าตามต้องการได้ดังแสดงตามรูปที่ 3.5(ข) และรูปที่ 3.5(ค)

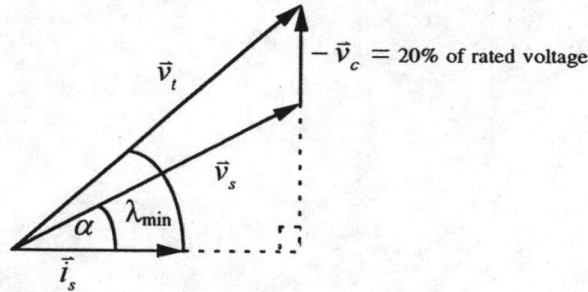
จากรูปที่ 3.5(ข) จะเห็นได้ว่าค่า  $\theta_{\min}$  มีค่าขึ้นอยู่กับค่าขนาดของ  $\vec{v}_s$  โดยเราจะสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง  $\theta_{\min}$  และค่าขนาดแรงดันจากแหล่งจ่าย  $|\vec{v}_s|$  ได้เป็น

$$\theta_{\min} = \cos^{-1}(|\vec{v}_s|_{PU}) \quad (3.10)$$

โดยที่  $|\vec{v}_s|_{PU}$  เป็นค่าแรงดันจากแหล่งจ่ายในหน่วย Per Unit และค่าแรงดันฐานคือ 380 V

## 2. ข้อจำกัดจากขนาด kVA ของวงจรรองกำลังแอกทีฟ

เพื่อให้วงจรรองกำลังแอกทีฟสามารถนำไปใช้งานได้จริง เรามีความจำเป็นที่จะต้องจำกัดไม่ให้ kVA ของวงจรรองมีค่าสูง เนื่องจากว่ายิ่งขนาด kVA มีค่าสูงเท่าไร ราคาของวงจรรองกำลังแอกทีฟซึ่งประกอบไปด้วยสวิตช์กำลังก็จะมีราคาสูงตามไปด้วย อันเป็นอุปสรรคต่อการนำไปใช้งาน ดังนั้นเราจึงจะจำกัดขนาด kVA หรือ อีกนัยหนึ่งก็คือขนาดของแรงดันชดเชยที่วงจรรองกำลังแอกทีฟสร้าง ในงานวิจัยนี้เราจะกำหนดค่าจำกัดของแรงดันไว้ที่ 20% ของแรงดันพิกัดของระบบ และจากข้อกำหนดนี้ทำให้การชดเชยค่าแรงดันที่ตกคร่อมโหลดให้มีค่าคงที่ได้จะต้องมีค่ามุมเฟสระหว่าง  $\vec{v}_t$  และ  $\vec{i}_s$  ที่มากกว่า  $\lambda_{\min}$  ตามที่แสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เวกเตอร์แรงดันและกระแสขณะแรงดันชดเชยมีค่า 20% ของแรงดันพิกัดของระบบ

ถ้าเราจำกัดขนาดแรงดันของวงจรรองกำลังแอกทีฟไว้ที่  $a$  % ของแรงดันพิกัด จากรูปที่ 3.6 จะได้ความสัมพันธ์ที่ว่า

$$|\vec{v}_s|_{PU} \cdot \sin(\alpha) + a = \sin(\lambda_{\min}) \quad (3.11)$$

$$|\vec{v}_s|_{PU} \cdot \cos(\alpha) = \cos(\lambda_{\min}) \quad (3.12)$$

โดยที่  $a$  = ขนาดแรงดันชดเชยสูงสุด ในหน่วยของ Per Unit

$\alpha$  = ค่ามุมเฟสระหว่างเวกเตอร์แรงดัน  $\vec{v}_s$  กับเวกเตอร์กระแส  $\vec{i}_s$

จากสมการ (3.11) และสมการ (3.12) จะได้ว่า

$$\begin{aligned}\cos^2(\lambda_{\min}) + \sin^2(\lambda_{\min}) &= |\vec{v}_s|_{PU.}^2 \cdot (\sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha)) + 2 \cdot a \cdot |\vec{v}_s|_{PU.} \cdot \sin(\alpha) + a^2 \\ \cos^2(\lambda_{\min}) + \sin^2(\lambda_{\min}) &= |\vec{v}_s|_{PU.}^2 + 2 \cdot a \cdot (|\vec{v}_s|_{PU.} \cdot \sin(\alpha) + a) - a^2 \\ 1 &= |\vec{v}_s|_{PU.}^2 + 2 \cdot a \cdot \sin(\lambda_{\min}) - a^2 \\ |\vec{v}_s|_{PU.}^2 &= 1 + a^2 - 2 \cdot a \cdot \sin(\lambda_{\min})\end{aligned}\quad (3.13)$$

ดังนั้นเราจะสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง  $\lambda_{\min}$  และค่าขนาดแรงดันจากแหล่งจ่าย ( $|\vec{v}_s|$ ) ได้เป็น

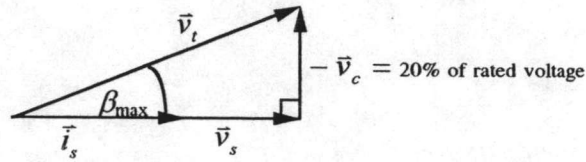
$$\lambda_{\min} = \sin^{-1}\left(\frac{1 + a^2 - |\vec{v}_s|_{PU.}^2}{2 \cdot a}\right) \quad (3.14)$$

เนื่องจากในงานวิจัยนี้เราจำกัดขนาดแรงดันของวงจรรองกำลังแอกทีฟไว้ที่ 20% ของแรงดันพิกัด ดังนั้นเราจะสามารถเขียนสมการ (3.14) ใหม่ได้เป็น

$$\lambda_{\min} = \sin^{-1}\left(\frac{1.04 - |\vec{v}_s|_{PU.}^2}{0.4}\right) \quad (3.15)$$

ในกรณีที่ค่ามุมระหว่าง  $\vec{v}_t$  และ  $\vec{i}_s$  มีค่าน้อยกว่าค่า  $\theta_{\min}$  และ  $\lambda_{\min}$  จะทำให้ระบบวงจรรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมไม่สามารถที่จะชดเชยให้แรงดันที่ตกคร่อมโหลดให้มีค่าคงที่ได้ แต่อย่างไรก็ตาม วงจรรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมยังสามารถที่จะชดเชย VAR ได้โดยค่าแรงดันที่สร้างขึ้นมาเพื่อชดเชย VAR จะต้องมีค่าไม่เกิน 20% ของแรงดันพิกัดของระบบ จากรูปที่ 3.7 ทำให้เราได้เงื่อนไขค่ามุม  $\beta_{\max}$  ที่ทำให้ระบบวงจรรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมยังสามารถที่จะชดเชย VAR ได้โดยค่าแรงดันที่สร้างขึ้นมามีค่าไม่เกิน 20% ของแรงดันพิกัดของระบบ กล่าวคือค่ามุมระหว่าง  $\vec{v}_t$  และ  $\vec{i}_s$  จะต้องมีค่าน้อยกว่า  $\beta_{\max}$  โดยเราจะสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุม  $\beta_{\max}$  และ  $|\vec{v}_s|$  ได้เป็น

$$\beta_{\max} = \tan^{-1}\left(\frac{0.2}{|\vec{v}_s|_{PU.}}\right) \quad (3.16)$$

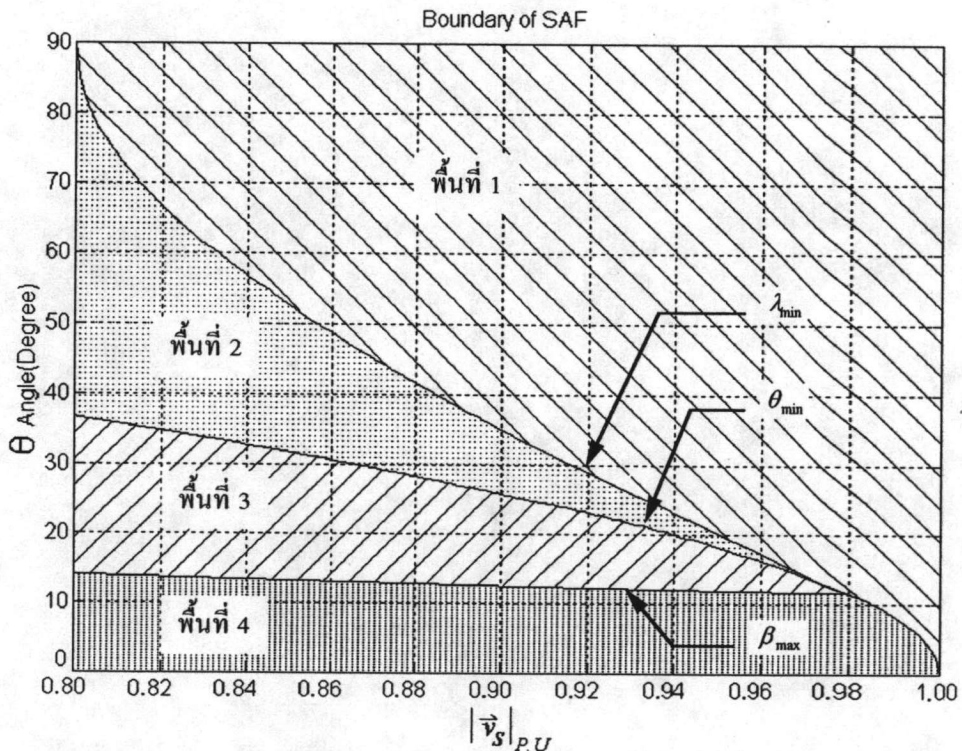


รูปที่ 3.7 เวกเตอร์ขณะชดเชย VAR และแรงดันชดเชยมีค่า 20% ของแรงดันพิกัดของระบบ

จากข้อสรุปที่ได้กล่าวมาในข้างต้นทำให้เราสามารถแบ่งขอบเขตการทำงานของวงจรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมได้ตามที่แสดงในกราฟรูปที่ 3.8 และเราจะสามารถแสดงลักษณะการทำงานได้เป็น 4 ช่วงดังแสดงตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การทำงานของวงจรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรมในช่วงต่างๆ

| พื้นที่ | การรักษาระดับแรงดัน | การชดเชย VAR    |
|---------|---------------------|-----------------|
| 1       | รักษาได้            | ชดเชยได้บางส่วน |
| 2       | ชดเชยได้บางส่วน     | ชดเชยได้บางส่วน |
| 3       | ชดเชยได้บางส่วน     | ชดเชยได้บางส่วน |
| 4       | ชดเชยได้บางส่วน     | ชดเชยได้หมด     |



รูปที่ 3.8 ขอบเขตการทำงานของวงจรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรม



### ลักษณะการทำงาน

- พื้นที่ 1. วงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรม สามารถที่จะชดเชยค่าแรงดันที่ตกคร่อมโหลดให้มีค่าคงที่ได้ โดยค่าแรงดันที่สร้างขึ้นมีค่าไม่เกิน 20% ของแรงดันพิกัดของระบบและช่วยชดเชย VAR ได้บางส่วนด้วย โดยมีเงื่อนไขการทำงานในช่วงนี้คือ

$$\text{ค่ามุมระหว่าง } \vec{v}_i \text{ และ } \vec{i}_s \geq \lambda_{\min}$$

- พื้นที่ 2. วงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรม ไม่สามารถที่จะชดเชยค่าแรงดันที่ตกคร่อมโหลดให้มีค่าคงที่ได้ เนื่องจากข้อจำกัดของขนาดแรงดันชดเชยที่จะต้องไม่เกิน 20% ของค่าแรงดันพิกัด แต่ยังสามารถที่จะชดเชยค่า VAR ได้บางส่วน โดยมีเงื่อนไขการทำงานในช่วงนี้คือ

$$\lambda_{\min} > \text{ค่ามุมระหว่าง } \vec{v}_i \text{ และ } \vec{i}_s \geq \theta_{\min}$$

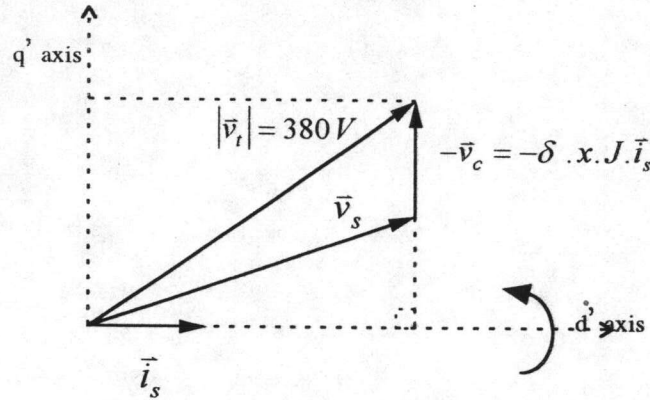
- พื้นที่ 3. วงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรม ไม่สามารถที่จะชดเชยค่าแรงดันที่ตกคร่อมโหลดให้มีค่าคงที่ได้ และไม่สามารถที่จะชดเชยค่า VAR ทั้งหมดได้เนื่องจากข้อจำกัดของขนาดแรงดันชดเชยที่จะต้องไม่เกิน 20% ของค่าแรงดันพิกัด โดยมีเงื่อนไขการทำงานในช่วงนี้คือ

$$\theta_{\min} > \text{ค่ามุมระหว่าง } \vec{v}_i \text{ และ } \vec{i}_s > \beta_{\max}$$

- พื้นที่ 4. วงจรกรองกำลังแอกทีฟแบบอนุกรม ไม่สามารถที่จะชดเชยค่าแรงดันที่ตกคร่อมโหลดให้มีค่าคงที่ได้ แต่สามารถที่จะชดเชยค่า VAR ทั้งหมดได้ โดยขนาดแรงดันชดเชยมีค่าไม่เกิน 20% ของค่าแรงดันพิกัด สำหรับในช่วงนี้มีเงื่อนไขการทำงานคือ

$$\text{ค่ามุมระหว่าง } \vec{v}_i \text{ และ } \vec{i}_s \leq \beta_{\max}$$

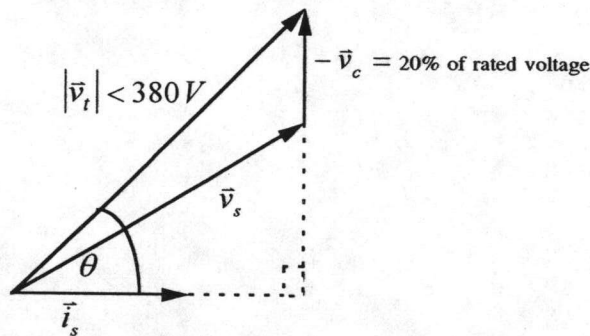
จากขอบเขตจำกัดดังกล่าวข้างต้น ทำให้การทำงานของวงจรกรองกำลังแอกทีฟในแต่ละพื้นที่การทำงานต้องแตกต่างกันออกไป โดยจะเห็นได้ว่าในช่วงพื้นที่การทำงานที่ 1 วงจรกรองกำลังแอกทีฟจะสามารถรักษาระดับแรงดันที่ตกคร่อมโหลดให้มีค่าคงที่ได้โดยไม่ถูกจำกัดด้วยข้อจำกัดใด ๆ ตามแสดงในรูปที่ 3.9 โดยค่าสัมประสิทธิ์  $x$  ในสมการที่(3.5) สามารถคำนวณได้ตามสมการที่(3.9) ที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น



รูปที่ 3.9 เวกเตอร์กระแสและแรงดันต่างๆ ขณะทำงานในพื้นที่ 1

ในขณะที่พื้นที่การทำงานช่วงพื้นที่ 2,3 จะเป็นช่วงที่ระบบถูกจำกัดการทำงานด้วยข้อจำกัดของขนาดแรงดันขดขั้วที่จะสร้าง ดังแสดงในรูปที่ 3.10 จากรูปเราสามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์  $x$  ในสมการ(3.5) ได้ใหม่เป็น

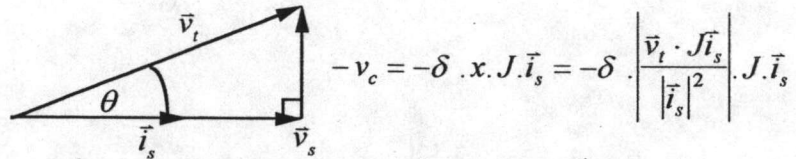
$$\begin{aligned} |\vec{i}_s| \cdot x &= 20\% \text{ of rated voltage} \\ x &= \frac{0.2 \cdot 380}{|\vec{i}_s|} \end{aligned} \quad (3.17)$$



รูปที่ 3.10 เวกเตอร์กระแสและแรงดันต่างๆ ขณะทำงานในพื้นที่ 2,3

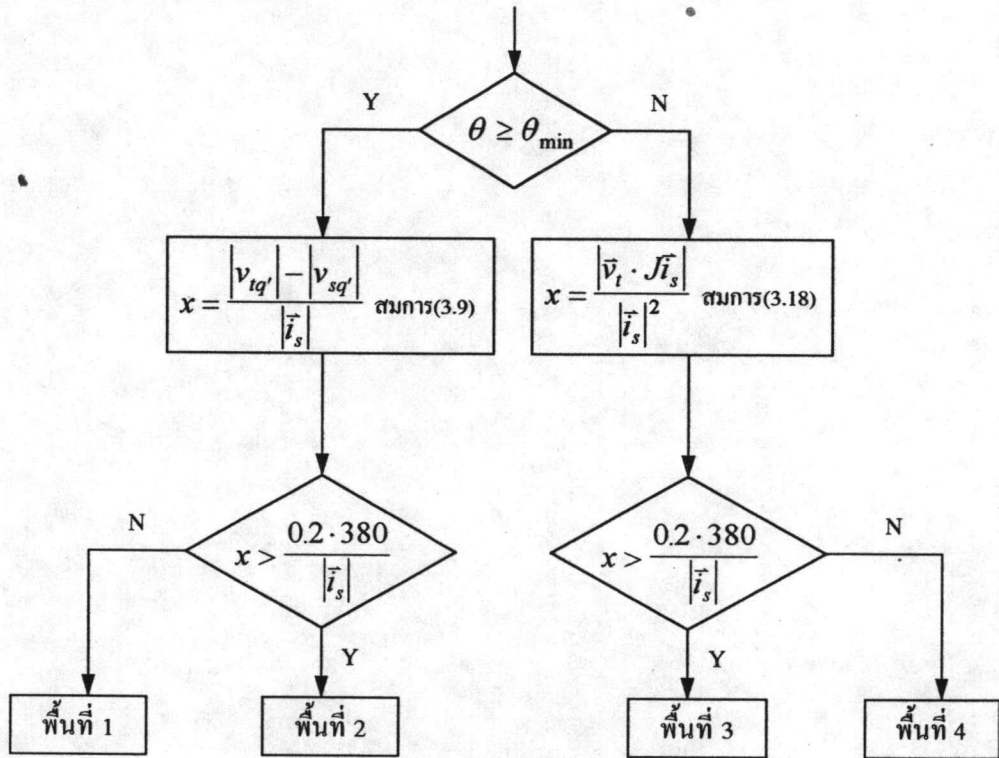
ส่วนในช่วงพื้นที่การทำงานในพื้นที่ 4 จะเป็นช่วงการทำงานที่ถูกจำกัดด้วยข้อจำกัดที่เกิดจากขนาดแรงดันของแหล่งจ่ายตามที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น แต่ในช่วงการทำงานนี้วงจรรองกำลังแอกทีฟสามารถที่จะชดเชย VAR ของระบบได้ทั้งหมดและทำให้ได้ตัวประกอบกำลังเป็น 1.0 ตามแสดงในรูปที่ 3.11 จากรูปเราสามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์  $x$  ได้ตามสมการ(3.18)

$$x = \frac{|\vec{v}_t \cdot J\vec{i}_s|}{|\vec{i}_s|^2} \quad (3.18)$$



รูปที่ 3.11 เวกเตอร์กระแสและแรงดัน ขณะทำงานในพื้นที่ 4

จากการทำงานที่มีหลายช่วงพื้นที่การทำงาน วงจรรองกำลังแอกทีฟจึงจำเป็นต้องสามารถที่จะเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์  $x$  ให้ถูกต้อง ซึ่งการที่จะหาว่าระบบจะทำงานอยู่ในพื้นที่ใดนั้น สามารถแสดงได้ดังแผนภาพในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แผนภาพวิธีการหาพื้นที่การทำงาน

สำหรับขอบเขตในงานวิจัยนี้ ได้ออกแบบสร้างวงจรรองกำลังแอกทีฟให้ทำงานเฉพาะในช่วงพื้นที่การทำงานพื้นที่ 1 และ 2 เท่านั้น เพื่อให้ระบบไม่มีความยุ่งยากซับซ้อนจนเกินไปนัก