

แทปของหม้อแปลงและขนาดของ คาปาซิเตอร์แบงค์ ที่เหมาะสมสำหรับระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตเขต 2

ดร. สัมฤทธิ์ หังสะสูตร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วิเชียร ชฎาศิลป์

นักศึกษาปริญญาโท

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและระบบ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้ประยุกต์หลักการของ Nonlinear Multivariable Optimization เข้ากับโปรแกรม PSS/E (power system simulator for engineering) โดยใช้โปรแกรมภาษา IPLAN ที่มีมาพร้อมกับโปรแกรม PSS/E เพื่อหาดำเนินแทป Tie transformer และขนาดของคาปาซิเตอร์แบงค์ที่เหมาะสมในช่วงที่มีความต้องการสูงสุดในแต่ละวัน (peak load) ซึ่งทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยเขต 2 (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) น้อยที่สุด

Optimal Tie-transformer and capacitor bank sizing for EGAT system : Region 2

Dr.Sumrit Hungsasut

Assistant Professor

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering Khon Kaen University

Wichian Chadasilp

Master Student

Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering Khon Kaen University

Abstract

This paper presents an application of non-linear multivariable optimization technique to reduce the power loss of EGAT system region2. The worldwide PSS/E program, used for power system analysis is modified to incorporate the control of tie-transformer tap setting and capacitor bank sizing to minimize the system losses which is the objective function of the optimization.

บทนำ

การควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าให้มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียน้อยที่สุด เป็นวิธีหนึ่งซึ่งสามารถลดต้นทุนในการผลิตของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ การลดความสูญเสียอาจทำได้หลายวิธี เช่น การชดเชยกำลังรีแอกทีฟ[1] การปรับแทปของหม้อแปลง[2] และวิธีอื่นอีกหลายวิธี เนื่องจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้นำโปรแกรม PSS/E มาใช้ทั่วประเทศ เพื่อวิเคราะห์ระบบกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยใช้ในการวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าที่ส่งผ่าน แรงดันไฟฟ้า ความสูญเสียในระบบกำลังไฟฟ้าและอื่นๆ ได้ทั้งในสภาวะสม่ำเสมอ (steady state) และสภาวะแปรปรวน (transient) การประยุกต์หลักการทำให้เหมาะสม (optimization method) มาใช้กับโปรแกรม

PSS/E จึงได้จัดทำขึ้นโดยใช้โปรแกรมภาษา IPLAN ที่มีมาพร้อมกับโปรแกรม PSS/E เป็นเครื่องมือช่วยในการจัดทำโปรแกรมภาษา IPLAN มีลักษณะโครงสร้างโปรแกรมคล้ายๆ กับโปรแกรมภาษาฟอร์แทน และสามารถป้อนคำสั่งในโปรแกรม PSS/E ได้เป็นชุดคำสั่ง ดังนั้น การหาดำแหน่งแทปของ Tie-transformer และขนาดของคาปาซิเตอร์เบงค์ที่เหมาะสมที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียน้อยที่สุดในระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตภาคตะวันออกเฉียงเหนือจึงได้จัดทำขึ้น

ระบบที่ทำการศึกษา

ระบบที่ทำการศึกษาเป็นระบบกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังแสดงในรูปที่ 1

หลักการทำให้เหมาะสม

หลักการของการทำให้เหมาะสมคือ ในขอบเขตที่ทำการศึกษาที่จำกัด (feasible region) ซึ่งสามารถหาค่าของ objective function ณ จุดใดๆ ได้ การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรที่มีผลกับ objective function ภายใต้ขอบเขตของเงื่อนไขที่บังคับ (constrain boundary) จะมีจุดซึ่งทำให้ฟังก์ชันเป้าหมายมีค่าเหมาะสมที่สุด

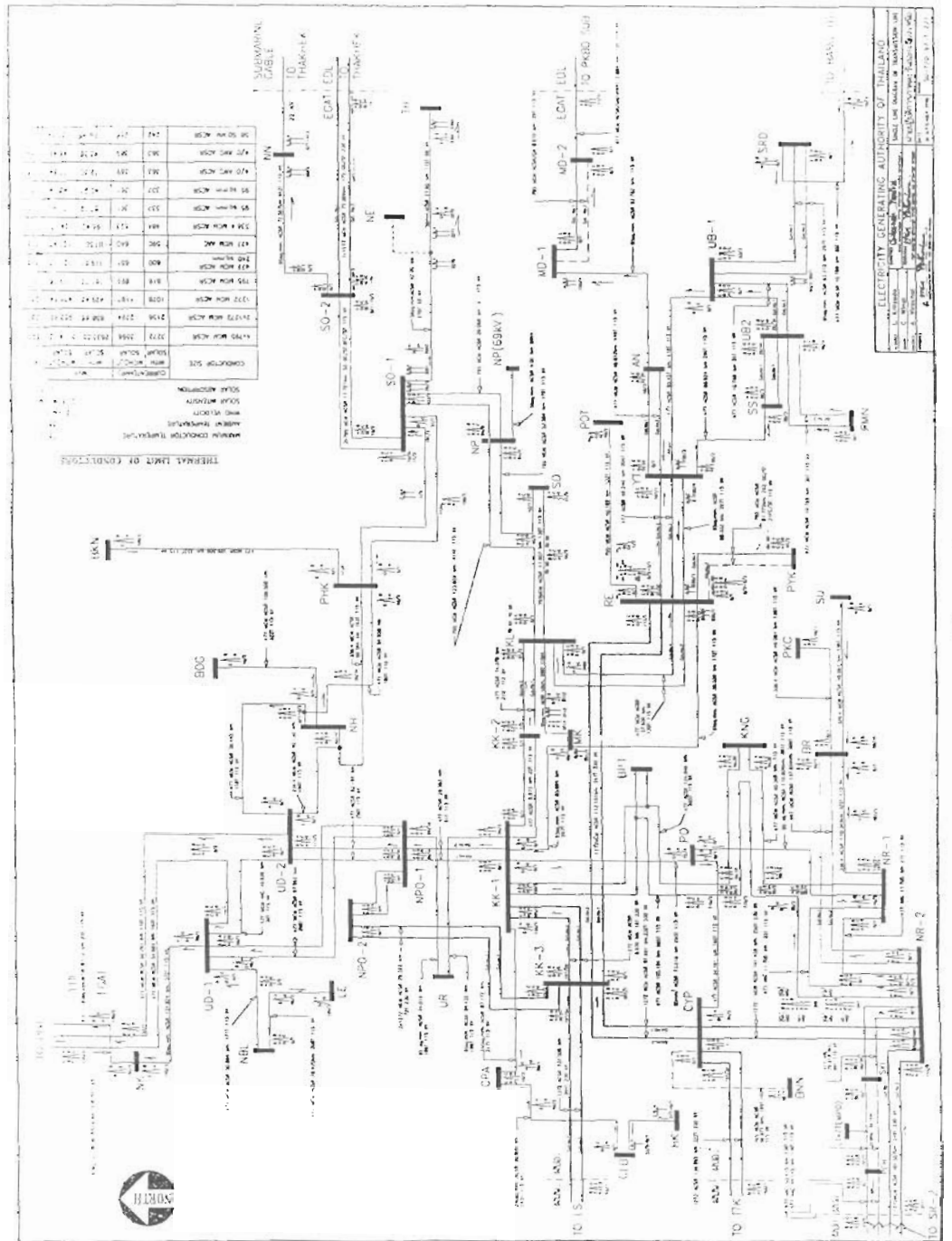
ฟังก์ชันเป้าหมาย

ฟังก์ชันเป้าหมายคือ ฟังก์ชันที่เราต้องการทำให้มีความเหมาะสมที่สุด ซึ่งในบทความนี้ ฟังก์ชันเป้าหมายก็คือ ความสูญเสียในระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่เราต้องการให้ฟังก์ชันเป้าหมายนี้มีค่าเหมาะสมที่สุดหรือมีค่าน้อยที่สุดนั่นเอง

เงื่อนไข (constrain)

เงื่อนไขคือ ข้อกำหนดที่กำหนดไว้ไม่ให้ฟังก์ชันที่ได้อยู่นอกเงื่อนไขที่เรากำหนด ซึ่งเราสามารถแบ่งเงื่อนไขเป็น

1. เงื่อนไขที่เป็นสมการ (equality constrain)
- เงื่อนไขที่เป็นสมการสามารถแทนได้สมการดังนี้
- $$h_i(\phi) = 0 \text{ โดยที่ } i = 1, 2, \dots, m \text{ สำหรับเงื่อนไขที่ } 1, 2, \dots, m \text{ ตามลำดับ}$$



รูปที่ 1 Single Line Diagram ของระบบ กฟผ. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2. เงื่อนไขที่เป็นอสมการ (inequality constrain)

เงื่อนไขที่เป็นอสมการสามารถแทนได้อสมการดังนี้

$g_i(\phi) > 0$ โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n$ สำหรับเงื่อนไขที่ $1, 2, \dots, n$ ตามลำดับ

เงื่อนไขในการศึกษาครั้งนี้ก็คือ แรงดันในบัสใด ๆ ที่กำหนดและแทปของหม้อแปลง Tie-transformer ที่ค้นหาจะต้องอยู่ในช่วงที่กำหนด ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการดังนี้

$$|V_i(\phi) - 115| < a$$

หมายถึง แรงดัน 115 kV ที่บัส i จะต้องอยู่ในช่วง $115 \pm a$ kV เมื่อ a เป็นค่าคงที่ และ

$$0.9 < \phi_i < 1.1$$

หมายถึง สำหรับตัวแปร ϕ_i ที่เป็นตัวแปรแทปของหม้อแปลง Tie-transformer ค่าแทปจะต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.9 ถึง 1.1 เท่านั้น

ดังนั้น เราสามารถหา $\min P(\phi)$ โดย

$$P(\phi) = f(\phi) + \sum_{i=1}^m u_i h_i(\phi) + \sum_{i=1}^m w_i g_i(\phi) \quad (1)$$

เมื่อเราประยุกต์หลักการทำให้เหมาะสมเข้ากับการหาตำแหน่งแทปหม้อแปลงและขนาด คาปาซิเตอร์แรงดัน สมการที่ (1) จะสามารถเขียนได้เป็น

$$P(\phi) = f(\phi) + \sum (u_i |\Delta V_i(\phi)| + w_i |\Delta \phi_i(\phi)|) \quad (2)$$

เมื่อ ϕ_i เป็นตัวแปรตำแหน่งแทปหรือขนาดของคาปาซิเตอร์แรงดันตัวที่ i และ $i = 1, 2, \dots, n$ กรณีที่มี n ตัวแปร $P(\phi)$ เป็น modified objective function ที่ต้องการหาค่าที่น้อยที่สุด $f(\phi)$ เป็นกำลังไฟฟ้าจริงสูญเสีย (power loss) ในระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตเขต 2 (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) ซึ่งหาได้จากการ run load flow ด้วยโปรแกรม PSS/E u_i และ w_i เป็น weighting factor ซึ่งเป็นค่าคงที่ $|\Delta V_i(\phi)|$ จะมีค่าเมื่อแรงดันที่บัส i ออกนอกเงื่อนไขที่กำหนดสามารถเขียนแสดงด้วยสมการดังนี้

$$|\Delta V_i(\phi)| = 0 \text{ เมื่อแรงดันที่บัส } i \text{ อยู่ในขอบเขตที่กำหนด}$$

$$|\Delta V_i(\phi)| = V_i(\phi) - 115 \text{ เมื่อ } V_i(\phi) > 115 + a$$

$$|\Delta V_i(\phi)| = 115 - V_i(\phi) \text{ เมื่อ } V_i(\phi) < 115 - a$$

$|\Delta \phi_i(\phi)|$ จะมีค่าเมื่อตัวแปร ϕ_i มีค่ามากหรือน้อยเกินเงื่อนไขที่กำหนด ($0.9 < \phi_i < 1.1$) สามารถเขียนแสดงด้วยสมการดังนี้

$$|\Delta \phi_i(\phi)| = 0 \text{ เมื่อ } 0.9 < \phi_i < 1.1$$

$$|\Delta \phi_i(\phi)| = \phi_i - 1.0 \text{ เมื่อ } \phi_i > 1.1$$

$$|\Delta \phi_i(\phi)| = 1.0 - \phi_i \text{ เมื่อ } \phi_i < 0.9$$

ดังนั้น เมื่อเราหาที่น้อยที่สุด (minimum) ของ $P(\phi)$ ก็จะเป็นการหาที่น้อยที่สุดของ $f(\phi)$ หรือความสูญเสียในระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วย ขั้นตอนการทำงานในการค้นหาจุดที่เหมาะสมของโปรแกรมสามารถเขียนเป็น flow chart ได้ดังรูปที่ 2

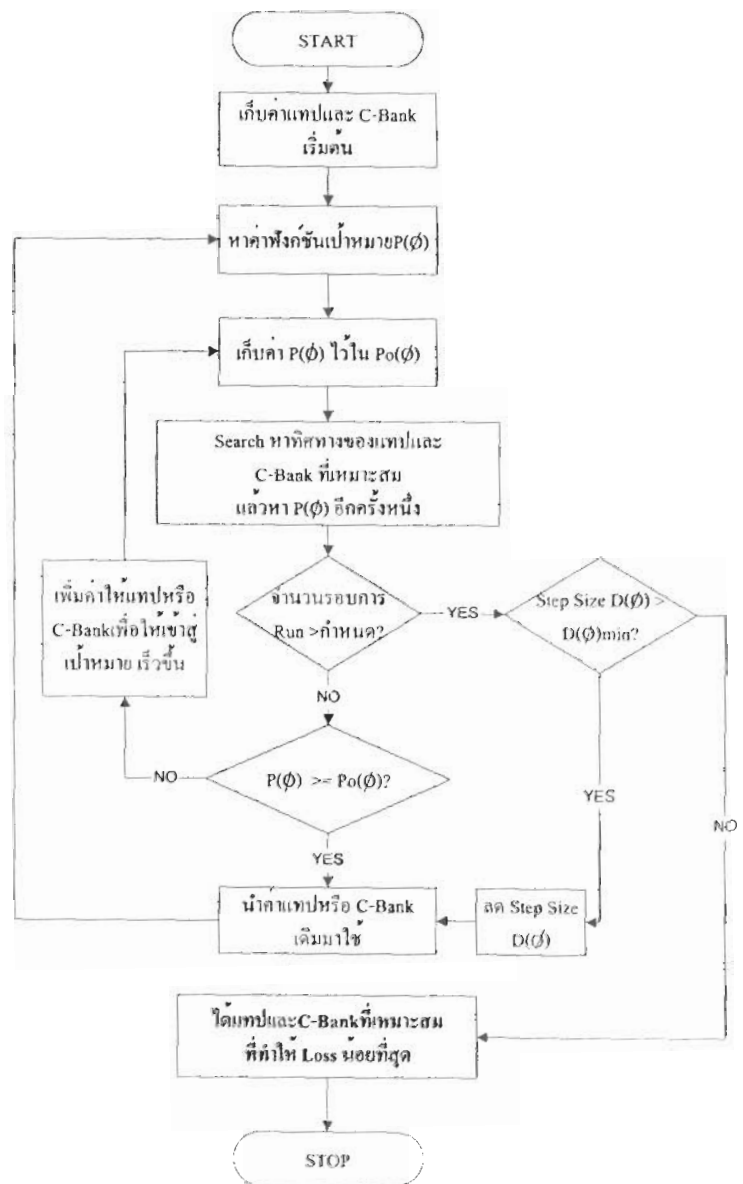
ผลการศึกษา

ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ผลการศึกษากำลังไฟฟ้าสูญเสียด้วยโปรแกรม IPLAN

สภาพระบบ	ความสูญเสียในระบบ	ลดลง(MW.)	คิดเป็น(%)
1. Base Case	95.06	-	-
2. ปรับแทป Tie Transformer	93.92	1.14	1.2
3. ปรับขนาดคาปาซิเตอร์แบงก์	92.23	2.83	2.98
4. ปรับทั้งแทปและคาปาซิเตอร์แบงก์	91.96	3.10	3.26



รูปที่ 2 Flow Chart การค้นหาตำแหน่งแทป และ C-Bank ที่เหมาะสมที่ทำให้ความสูญเสียน้อยที่สุด

บทสรุป

การประยุกต์หลักการทำให้เหมาะสมให้เข้ากับโปรแกรมภาษา IPLAN ทำให้สามารถหาตำแหน่งแทป Tie Transformer และขนาดคาปาซิเตอร์เบงค์ที่เหมาะสม ซึ่งลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้ ข้อมูลที่ได้จากจุดที่เหมาะสมช่วยในการพิจารณาโยกย้าย ติดตั้ง หรือเพิ่ม-ลดขนาดคาปาซิเตอร์เบงค์ที่บัสต่างๆ ในขณะที่ตำแหน่งแทปสามารถใช้เป็นแนวทางในการควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าที่สภาวะสม่ำเสมอจากตารางที่ 1 การกำหนดทั้งแทปและขนาดของคาปาซิเตอร์เบงค์ที่เหมาะสมสามารถลดความสูญเสียได้ 3.10 MW คิดเป็นหน่วยการใช้ไฟฟ้าต่อปีเท่ากับ 27.156 ล้านหน่วย หากคิดราคาต่อหน่วยที่ขายให้กฟภ.ในช่วงความต้องการสูงสุดเท่ากับ 1.7751 บาทต่อหน่วย ก็จะเป็นจำนวนเงินที่สามารถลดได้ทั้งสิ้น 48.2 ล้านบาทต่อปี ในอนาคตหากมีการพัฒนาให้สามารถใช้งานโปรแกรมนี้ในลักษณะ online real time แล้ว ก็ยังจะทำให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. จิตติพัฒน์ ตรียางกูรศรี "การชดเชยกำลังรีแอกทีฟของระบบกำลังไฟฟ้าฝ่ายผลิตเขต 2." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและระบบ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2536.
2. W.J. Smolinski, "Equivalent Circuit Analysis of Power System Reactive Power and Voltage Control Problems." IEEE Transactions on Power Apparatus and System, Vol.PAS-100, No.2, February 1981 pp. 837-842