บทที่ 4
การวิเคราะห์คุณลักษณะแรงดันตกชั่วขณะโดยใช้การแปลงเวฟเลท

4.1 แรงดันตกชั่วขณะ

แรงดันตกชั่วขณะจัดอยู่ในจำพวกความผิดปกติทางด้านแรงดันแบบช่วงเวลาสั้น (Short Duration Voltage Variation) และเป็นความผิดปกติที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้ามากที่สุดในบรรดาความผิดปกติทั้งหมด ความผิดปกติชนิดนี้ จะมีผลให้ขนาดของแรงดันไฟฟ้าประสิทธิผล มีขนาดลดลงอยู่ในช่วง 10-90 เปอร์เซ็นต์ ของค่าแรงดันปกติ โดยมีช่วงเวลาการเกิดอยู่ในช่วงครึ่งไซเคิลถึง 1 นาที สาเหตุใหญ่ของการเกิดปัญหานี้เกิดจากความผิดพร่องในระบบไฟฟ้าและนอกจากนี้การเริ่มเดินโหลดจำพวกมอเตอร์ที่มีขนาดกำลังมากๆ ยังเป็นสาเหตุของความผิดปกติชนิดนี้ด้วยเช่นกัน

ดังนั้นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความไวต่อแรงดันหลายชนิดที่มีอยู่ในส่วนต่างๆของระบบไฟฟ้าจะได้รับผลกระทบเนื่องจากแรงดันตกชั่วขณะ ตัวอย่างของอุปกรณ์เหล่านี้ได้แก่

1.) กลุ่มอุปกรณ์คอมพิวเตอร์
2.) กลุ่มอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุม
3.) กลุ่มอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์
4.) กลุ่มอุปกรณ์ปรับความเร็ว
5.) กลุ่มมอเตอร์เหนี่ยวนำ
6.) กลุ่มหลอดแก๊สดีชชาร์จ

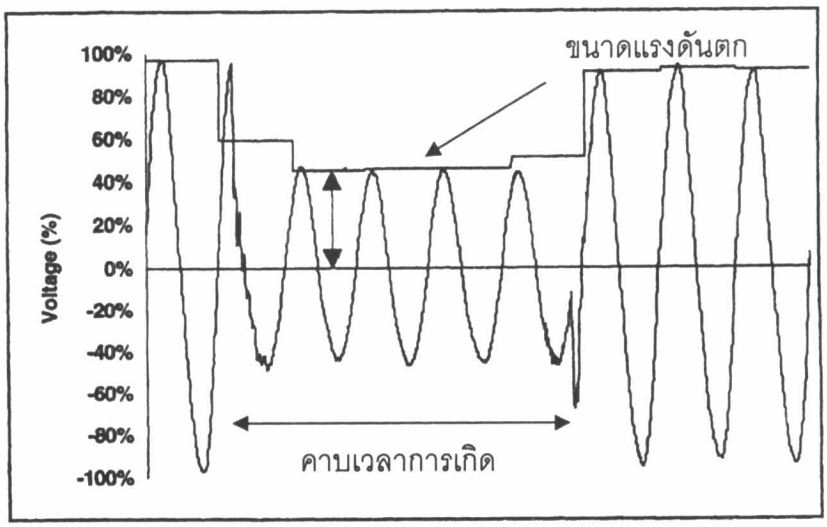
ด้วยเหตุผลดังกล่าวการหาขนาดและระยะเวลาที่เกิดของแรงดันตกชั่วขณะจึงเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการวางแผน ซึ่งในปัจจุบันมีการกำหนดมาตรฐานความสามารถของอุปกรณ์เช่น กลุ่มผู้ผลิตอุปกรณ์ทางคอมพิวเตอร์เชิงธุรกิจ (CBEMA) แต่สำหรับการวิจัยนี้จะใช้การกำหนดมาตรฐานความสามารถของอุปกรณ์ของกลุ่มผู้ผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ (SEMI F47)

4.2 คุณลักษณะของแรงดันตกชั่วขณะ

คุณลักษณะของแรงดันตกชั่วขณะโดยทั่วไปจะถูกกำหนดในรูปแบบของพารามิเตอร์ 2 ชนิดด้วยกันดังนี้

4.2.1 ขนาดของแรงดันชั่วขณะ (Amplitude)

ขนาดของแรงดันตกชั่วขณะ คือ ระดับของค่าแรงดัน ณ สภาวะที่เกิดการตกลงของแรงดัน ขนาดเป็นคุณลักษณะชนิดหนึ่งของความผิดปกติชนิดแรงดันชั่วขณะ ผลของขนาดที่เกิดการลดลงย่อมจะมีผลกระทบต่อความสามารถในการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆที่อยู่ในส่วนต่างๆของระบบไฟฟ้า การคำนวณหาขนาดของแรงดันตกชั่วขณะจากระบบไฟฟ้ากำลังโดยทั่วไปแล้วจะใช้หลักในการหาโดยการคำนวณความผิดพร่องของระบบไฟฟ้าแบบต่างๆ ดังนั้นความรู้ทางด้าน อิมพีแดนซ์ของระบบ ตำแหน่งของจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะหาผลกระทบจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการคำนวณ



รูปที่ 4. 1 คุณลักษณะของแรงดันตกชั่วขณะ

4.2.2 คาบเวลาการเกิด (Duration of Voltage Sag)

คาบเวลาการเกิด คือ ช่วงเวลาที่เริ่มเกิดการลดลงของแรงดันจนกระทั่งกลับเข้าสู่สภาวะปกติ ช่วงเวลาหรือคาบเวลาของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะจะมีค่ายาวนานเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์ป้องกันที่มีในระบบไฟฟ้าที่ยอมให้ กระแสผิดพร่องไหลผ่าน ซึ่งอุปกรณ์ป้องกันต่างๆจะมีช่วงเวลาทำงานที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับอาณาบริเวณของระบบไฟฟ้าว่าบริเวณดังกล่าวมีความสำคัญต่อระบบโดยรวมมากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 4.1 เป็นตารางที่แสดงช่วงเวลาของการทำหน้าที่ในการขจัดความผิดพร่องซึ่งก็คือช่วงเวลาของการเกิดแรงดันตกชั่วขณะ

ชนิดของอุปกรณ์ขจัดความผิดพร่อง	ช่วงเวลาขจัด(ไซเคิล)		
	ชนิดต่ำสุด	ชนิดหน่วงเวลา	จำนวนครั้งกระทำซ้ำ
Expulsion Fuse	0.5	0.5 ถึง 0.6	ไม่มี
Current Limiting Fuse	น้อยกว่า 0.25	0.25 ถึง 6	ไม่มี
Electric Recloser	3	1 ถึง 30	0 ถึง 4
Oil Circuit Breaker	5	1 ถึง 60	0 ถึง 4
SF6 or Vacuum Breaker	3	1 ถึง 60	0 ถึง 4

4.3 การหาคุณลักษณะรูปคลื่นแรงดันตกชั่วขณะจากการแปลงเวฟเลท

การหาขนาดของแรงดันตกชั่วขณะ(Amplitude) และระยะเวลาที่เกิด (Duration of Voltage Sag) ของแรงดันตกชั่วขณะโดยอาศัยวิธีการแปลงเวฟเลทจะต้องทราบถึงผลการแปลงเวฟเลทที่ได้จากรูปคลื่นแรงดันตกชั่วขณะซึ่งมีดังต่อไปนี้

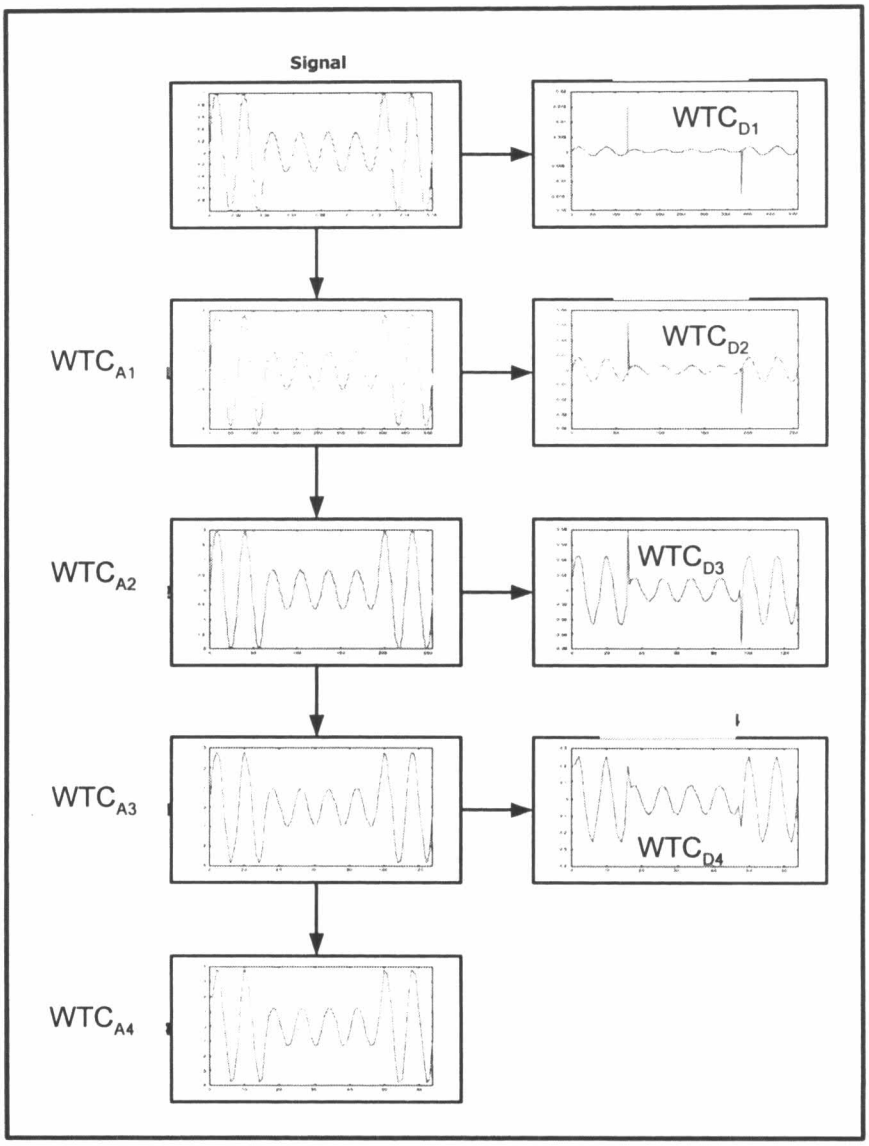
4.3.1 ผลการกระจายส่วนละเอียด (Detail) แต่ละระดับความละเอียด (WTC)

เป็นผลการแปลงเวฟเลทโดยกระจายรูปคลื่นแรงดันออกเป็น 2 ส่วน[8] คือ ส่วนละเอียด $(WTC_D)^1$ และ ส่วนประมาณ $(WTC_A)^2$ โดยจัดแบ่งเป็นแต่ละระดับความละเอียด ซึ่งจะเห็นจากรูปที่ 4.2

---

[1] Wavelet transform coefficients of detail version

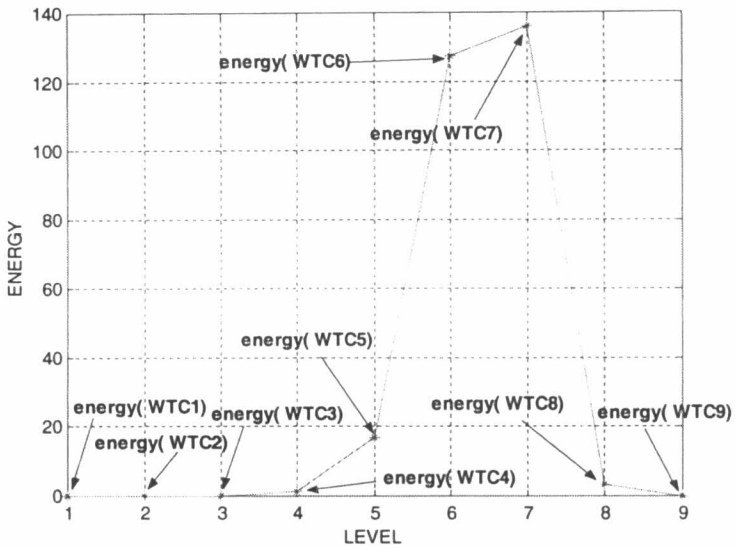
[2] Wavelet transform coefficients of approximate version



รูปที่ 4. 2 ตัวอย่างผลการแปลงเวฟเลทที่ 4 ระดับความละเอียด

4.3.2 กราฟพลังงานของผลการแปลงเวฟเลทในส่วนละเอียดที่แต่ละระดับความละเอียด

เป็นการหาค่าของพลังงานของผลการแปลงเวฟเลทในส่วนละเอียด (Detail) ที่แต่ละระดับความละเอียด ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีบทของปาสเซอร์วาล จากนั้นนำค่าพลังงานในแต่ละระดับมา สร้างกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4. 3 กราฟพลังงานในส่วนละเอียดที่ 9 ระดับ

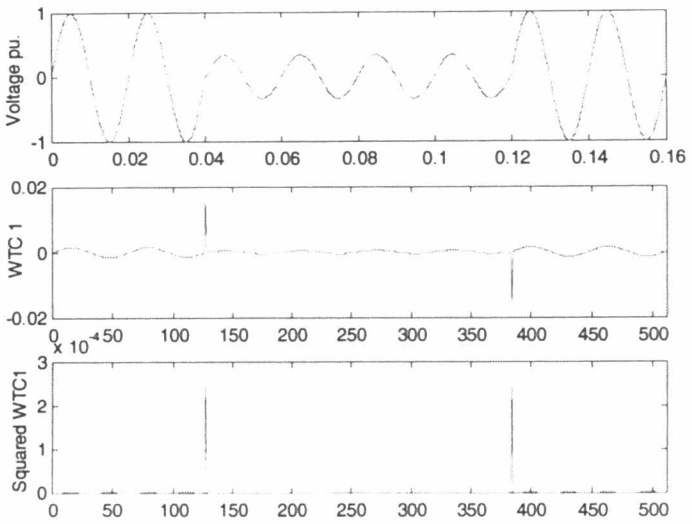
ในการหาระยะเวลาที่เกิดและขนาดของแรงดันตกชั่วขณะจะใช้ผลที่ได้จากหัวข้อที่ 4.2.1 และ 4.2.2 ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

4.3.3 วิธีการหาระยะเวลาที่เกิดของแรงดันตกชั่วขณะ

ใช้ข้อสังเกตจากผลการแปลงเวฟเลทในส่วนละเอียดที่ระดับ 1 หรือ 2 ก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสม โดยที่คุณสมบัติของการแปลงเวฟเลทนั้นจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด ซึ่งจะเห็นจากผลตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงขนาดของรูปคลื่นแรงดันตามรูปที่ 4.4

ดังนั้นจากคุณสมบัติตามที่ได้กล่าวมาจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งของการเริ่มต้นเกิดแรงดันตกและหาตำแหน่งสุดท้ายของการเกิดแรงดันตก และผลที่ได้ตามมาคือ สามารถหาระยะเวลาที่เกิดแรงดันตก

ในการหาระยะเวลาที่เกิดแรงดันตกจากผลการแปลงเวฟเลทในส่วนละเอียดตามที่ได้กล่าวมา สามารถหาจากค่ายกกำลังสองของผลการแปลงเวฟเลทในส่วนละเอียดก็ได้ ถ้าหากผลการแปลงเวฟเลทในส่วนละเอียดมีผลตอบสนองความเปลี่ยนแปลงในตำแหน่งอื่นที่ไม่ใช่ตำแหน่งของการเริ่มต้นเกิดแรงดันตกและตำแหน่งสุดท้ายของการเกิดแรงดันตก เนื่องจากการยกกำลังค่าที่น้อยกว่าหนึ่งจะมีค่าน้อยลง ทำให้เห็นตำแหน่งของการเริ่มต้นเกิดแรงดันตกและหาตำแหน่งสุดท้ายของการเกิดแรงดันตกที่ได้จากการแปลงเวฟเลทเด่นชัดขึ้น

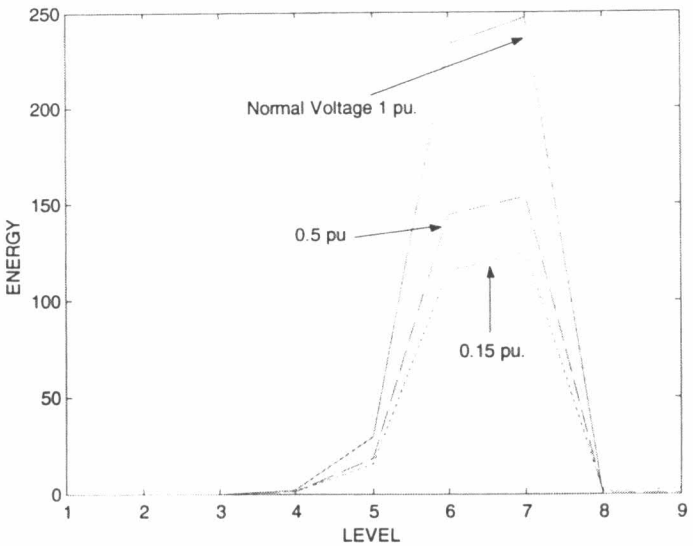


รูปที่ 4. 4 การหาระยะเวลาที่เกิดแรงดันตกจาก WTC_{D1} และ Squared WTC_{D1} (แสดงแกนนอนเป็นจุดตัวอย่าง)

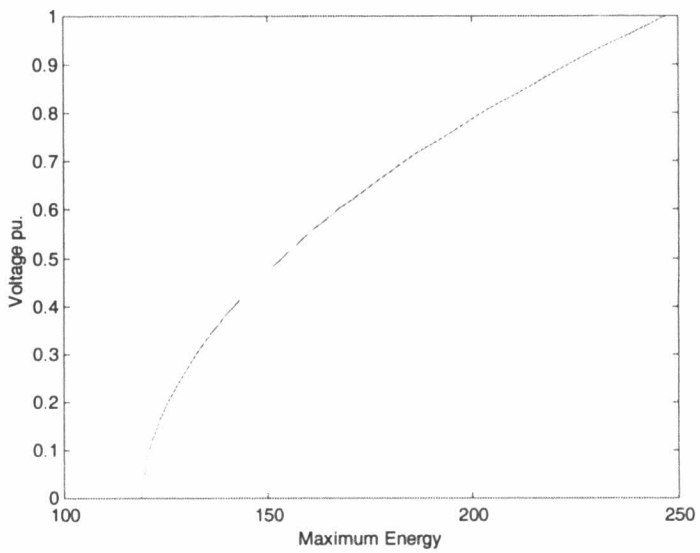
4.3.4 วิธีการหาขนาดของแรงดันตกชั่วขณะ

ใช้ข้อสังเกตของค่าพลังงานสูงสุดของกราฟพลังงานของ WTC_D ในแต่ละระดับความละเอียด โดยจะเห็นว่าที่ระยะเวลาที่เกิดปัญหาแรงดันตกเดียวกัน แต่ค่าขนาดของแรงดันตกต่างกัน มีค่าพลังงานสูงสุดของกราฟพลังงานสอดคล้องกัน เช่น ที่ค่าแรงดันตกค่าหนึ่งส่งผลให้ได้ค่าพลังงานสูงสุดค่าหนึ่ง และถ้าค่าแรงดันตกเพิ่มขึ้น ค่าพลังงานสูงสุดก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งจะเห็นได้จากรูปที่ 4.5

โดยถ้าหากทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันตกต่อหน่วยกับค่าพลังงานสูงสุดของแต่ละระดับความละเอียดที่ระยะเวลาที่เกิดเดียวกันจะได้กราฟที่มีรูปร่างเป็นดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4. 5 ค่าพลังงานสูงสุดสอดคล้องกับขนาดแรงดันตกที่ระยะเวลาการเกิดเดียวกัน

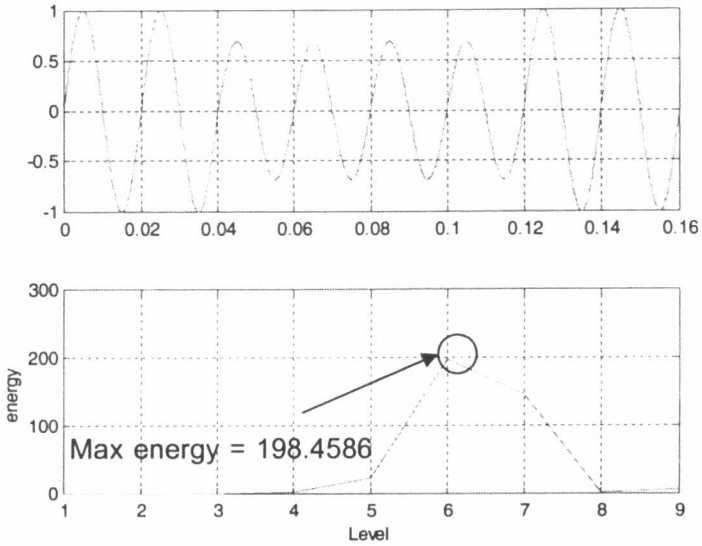


รูปที่ 4. 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันตกต่อหน่วยกับค่าพลังงานสูงสุดของแต่ละระดับความละเอียดที่ระยะเวลาที่เกิดเดียวกัน

จากข้อสังเกตดังที่กล่าวมา สามารถได้แนวคิดการประมาณขนาดของแรงดันตก โดยใช้หลักการสอดแทรก (Interpolation) โดยจะแสดงตัวอย่างวิธีการหาขนาดของแรงดันตกดังต่อไปนี้

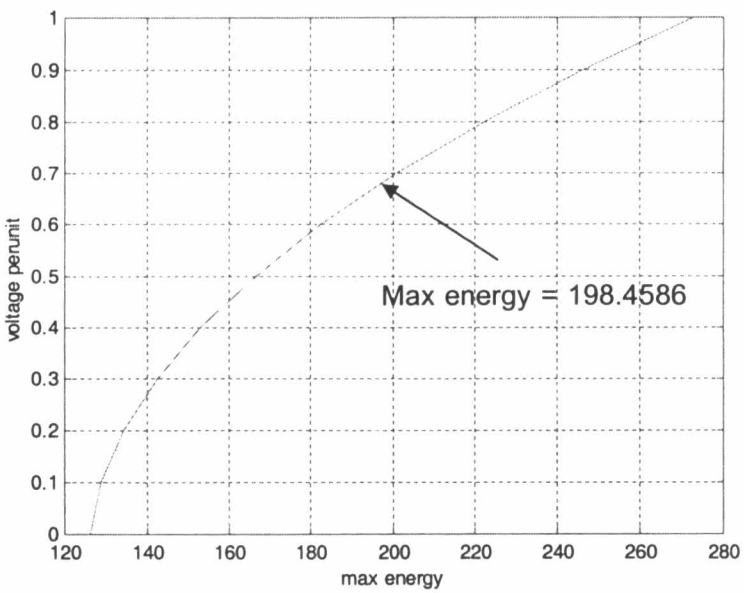
การหาขนาดของแรงดันตกชั่วขณะโดยใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงดันตกและพลังงานสูงสุดของการกระจายแต่ละระดับความละเอียด จากรูปคลื่น

แรงดันที่เกิดปัญหาแรงดันตกชั่วขณะและกราฟพลังงานแต่ละระดับความละเอียดที่ระยะเวลาการเกิดปัญหา 4 ไซเคิล ตามรูปที่ 4.7



รูปที่ 4. 7 การหาค่าพลังงานสูงสุดของรูปคลื่นแรงดันตกชั่วขณะ

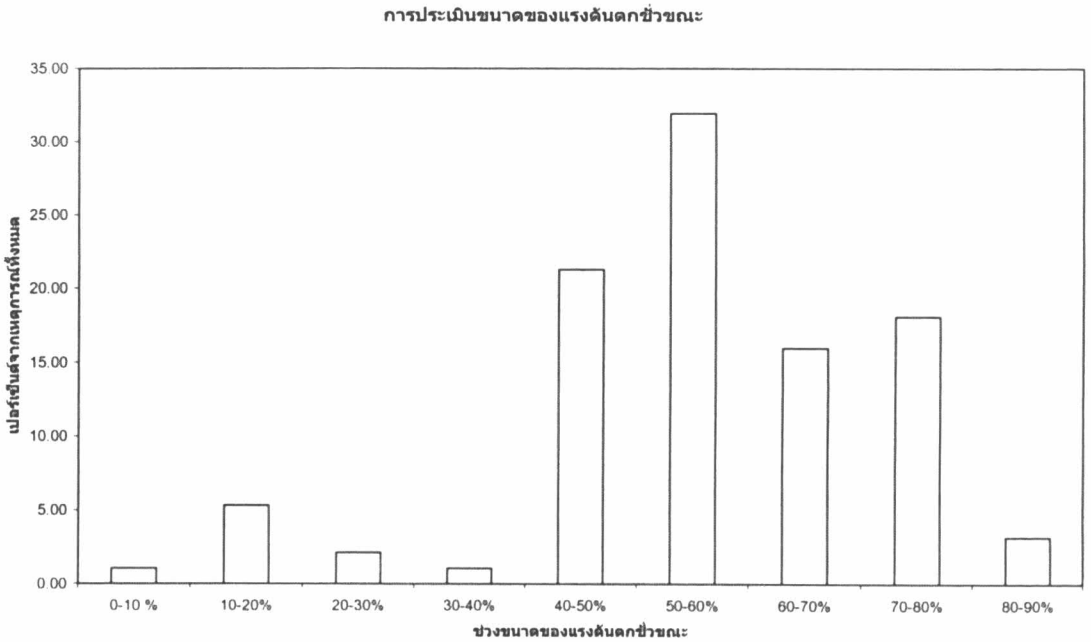
ดังนั้นสามารถหาขนาดแรงดันตกชั่วขณะตามรูปที่ 4.8 ได้ประมาณ 0.69 ต่อหน่วย



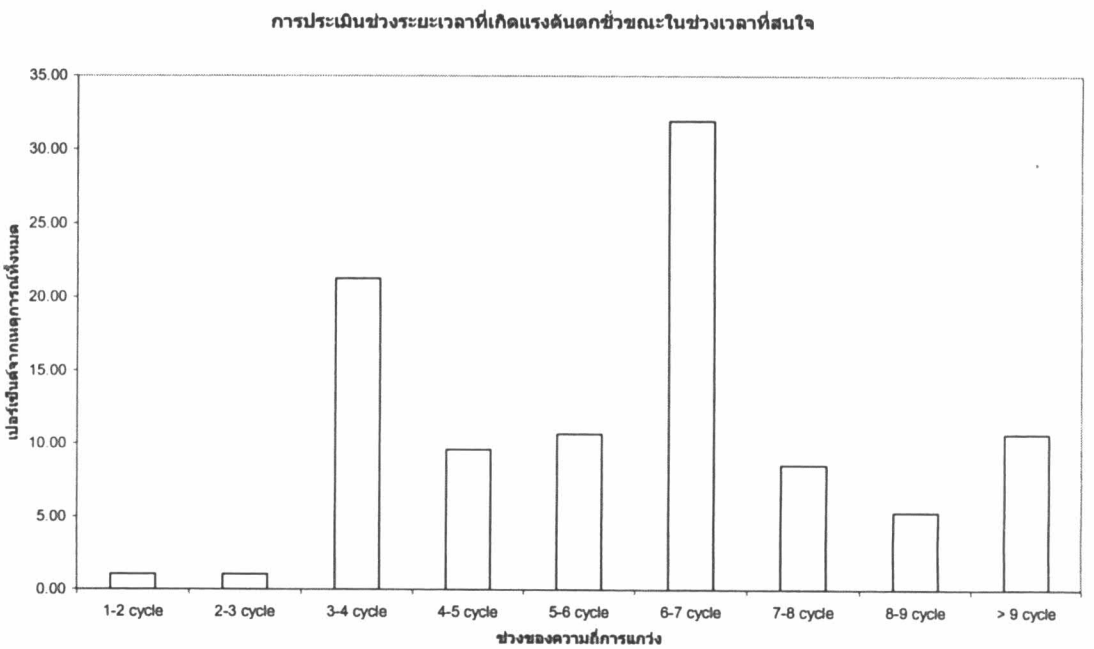
รูปที่ 4. 8 การหาขนาดแรงดันตกชั่วขณะ

การหาค่าที่ละเอียดและถูกต้องจะต้องใช้หลักการสอดแทรก (Interpolation) ในการประมาณค่าขนาดของแรงดันตกชั่วขณะจึงจะเหมาะสม และตัวอย่างการ

ประเมินผลการบันทึกข้อมูลเหตุการณ์แรงดันตกชั่วขณะสำหรับการวางแผนปรับปรุง จะแสดงไว้ในรูปที่ 4.9- 4.10



รูปที่ 4. 9 การประเมินขนาดของแรงดันตกชั่วขณะใน 1 ช่วงเวลาที่สนใจ



รูปที่ 4. 10 การประเมินช่วงระยะเวลาที่เกิดแรงดันตกชั่วขณะในช่วงเวลาที่สนใจ