

บทที่ 6

ผลการจำลองและเปรียบเทียบ

บทนี้จะแสดงผลการจำลองแรงดันบนขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง จากหม้อแปลงที่ใช้เป็นกรณีศึกษา เปรียบเทียบผลที่ได้กับผลที่พิจารณาจากวิธีการทางคณิตศาสตร์ซึ่งได้กล่าวในบทที่ 5 รวมทั้งผลที่ได้จากบริษัทผู้ผลิต และศึกษาผลของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการกระจายของแรงดันบนขดลวดหม้อแปลงเมื่อหม้อแปลงได้รับแรงดันเสิร์จฟ้าผ่า โดยการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์เพื่อดูผลที่เกิดขึ้น

6.1 แบบจำลองขดลวดหม้อแปลง

เป็นการจำลองขดลวดหม้อแปลงทางด้านแรงดันสูงโดยจะพิจารณาองค์ประกอบเป็นแบบก้อน(Lump)รวมทั้งแบบจำลองโดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ แบ่งแบบจำลองได้เป็น 4 กรณี ดังนี้

1. แบบจำลองที่ 1 (model 1) คือ แบบจำลองที่ไม่พิจารณาผลของความเหนี่ยวนำร่วมระหว่างดิสก์ของขดลวด ดังแสดงตามรูปที่ 4.5
2. แบบจำลองที่ 2 (model 2) คือ แบบจำลองที่พิจารณาผลของความเหนี่ยวนำร่วมเฉพาะระหว่างดิสก์แรกกับดิสก์อื่นๆ ดังแสดงตามรูปที่ 4.6
3. แบบจำลองที่ 3 (model 3) คือ แบบจำลองที่พิจารณาผลของความเหนี่ยวนำร่วมของขดลวดแต่ละดิสก์กับดิสก์ที่อยู่ใกล้เคียงกันจำนวน 3 ดิสก์ดังแสดงตามรูปที่ 4.7
4. แบบจำลองโดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ของ Bewley

6.2 ค่าพารามิเตอร์จากการคำนวณ

พารามิเตอร์ที่ใช้ภายในโมเดล โดยไม่คิดผลของการสูญเสีย ประกอบด้วย

- 1) ค่าความจุไฟฟ้าเทียบกราวด์(Stay capacitances, C_g)
- 2) ค่าความจุไฟฟ้าอนุกรม(Series capacitances, C_s)
- 3) ค่าความเหนี่ยวนำตัวเอง(Self inductance)
- 4) ค่าความเหนี่ยวนำร่วม(Mutual inductance)

วิธีการคำนวณพารามิเตอร์ของแต่ละตัวมีผู้นำเสนอไว้หลายวิธี ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ทำการคำนวณพารามิเตอร์เหล่านี้จากข้อมูลหม้อแปลง และสรุปค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้ดังในตารางที่ 6.1- ตารางที่ 6.3 ข้อมูลของหม้อแปลงที่ทำการศึกษาแสดงในภาคผนวก ข ส่วนค่าพารา-

มิเตอร์ที่เป็นค่าความเหนี่ยวนำร่วมของขดลวด ซึ่งคำนวณตามวิธีของ K.A.Wirgau[10] และ A. Greenwood[4] แสดงอยู่ในภาคผนวก ค

ตารางที่ 6.1 พารามิเตอร์ความจุไฟฟ้าเทียบกรวดของขดลวด

Literature	C_g (pF)	
	Disc Winding	Interleave Winding
K.Karsai[6]	2001.27	2001.27
H.Rodrigo[8]	2008.96	2008.96

หมายเหตุ ความจุไฟฟ้าเทียบกรวด C_g ในตารางข้างต้นเป็นค่าความจุไฟฟ้าเทียบกรวดรวม

ตารางที่ 6.2 พารามิเตอร์ความจุไฟฟ้าอนุกรมของขดลวด

Literature	C_s (pF)	
	Disc Winding	Interleave Winding
K.Karsai[6]	42.3916	54.3567
A.Greenwood[4]	42.5	-

หมายเหตุ ความจุไฟฟ้าอนุกรม C_s ในตารางข้างต้นเป็นค่าความจุไฟฟ้าอนุกรมรวม

ตารางที่ 6.3 พารามิเตอร์ความเหนี่ยวนำตัวเองของขดลวด

Literature	L (μH)	
	Disc Winding	Interleave Winding
K.Karsai[6]	266.831	945.55
A.Greenwood[4]	242.323	-

ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของขดลวดหม้อแปลงซึ่งแสดงในตารางที่ 6.1 ถึง ตารางที่ - 6.3 สรุปได้ว่า

1. ความจุไฟฟ้าเทียบกราวด์ C_g ในกรณีขดลวดแบบดิสก์และแบบอินเตอร์ลีฟที่คำนวณโดยวิธีของ K.Karsai เทียบกับวิธีของ H.Rodrigo ได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกัน
2. การคำนวณความจุไฟฟ้าอนุกรมของขดลวด C_s ด้วยวิธีของ K.Karsai พบว่าค่าความจุไฟฟ้าอนุกรมของขดลวดแบบอินเตอร์ลีฟจะมีค่ามากกว่าการพันขดลวดเป็นแบบดิสก์ ส่วนการคำนวณด้วยวิธีของ A. Greenwood ได้กล่าวถึงเฉพาะขดลวดแบบดิสก์เท่านั้นซึ่งได้ผลของความจุไฟฟ้าอนุกรมที่ใกล้เคียงกับวิธีของ K.Karsai
3. จากการคำนวณด้วยวิธีของ K.Karsai ค่าความเหนี่ยวนำตัวเองของขดลวดที่พันแบบอินเตอร์ลีฟจะมีค่าสูงกว่าขดลวดที่เป็นแบบดิสก์มาก ส่วนการคำนวณด้วยวิธีของ A. Greenwood ได้กล่าวถึงเฉพาะขดลวดแบบดิสก์เท่านั้นซึ่งได้ผลของค่าความเหนี่ยวนำตัวเองที่ใกล้เคียงกับวิธีของ K.Karsai

ตารางที่ 6.4 แสดงค่าแฟกเตอร์การกระจายของแรงดัน

Winding type	α factor
Disc winding	6.8708
Interleave winding	6.0677

จากผลของค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้ ดังแสดงในตารางที่ 6.1 และตารางที่ 6.2 นำมาหาค่าแฟกเตอร์การกระจายของแรงดันได้ดังแสดงในตารางที่ 6.4 จะพบว่าค่าแฟกเตอร์การกระจายของแรงดันของขดลวดที่มีการพันขดลวดเป็นแบบอินเตอร์ลีฟจะมีค่าที่ต่ำกว่าขดลวดที่พันเป็นแบบดิสก์ซึ่งจะทำให้แรงดันมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอมากกว่าแรงดันที่กระจายบนขดลวดแบบดิสก์

6.3 ผลการจำลองและเปรียบเทียบ

เป็นการแสดงผลการจำลองแรงดันบนขดลวดแบบดิสก์ของขดลวดที่มีจำนวน 80 ดิสก์และขดลวดแบบอินเตอร์ลีฟที่ขดลวดแบ่งเป็น 40 องค์ประกอบเมื่อได้รับแรงดันเสิร์จรูปคลื่น $1.2/50 \mu s$ ขนาด 325 kV เปรียบเทียบผลการจำลองขดลวดแบบดิสก์ด้วยผลจากการจำลองด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ของ Bewley และผลการจำลองของบริษัทผู้ผลิตหม้อแปลง รวมทั้งแสดงผลการจำลองเพื่อศึกษาผลของพารามิเตอร์ต่อการกระจายของแรงดันบนขดลวด

6.3.1 ผลการจำลองขดลวดแบบดิสก์

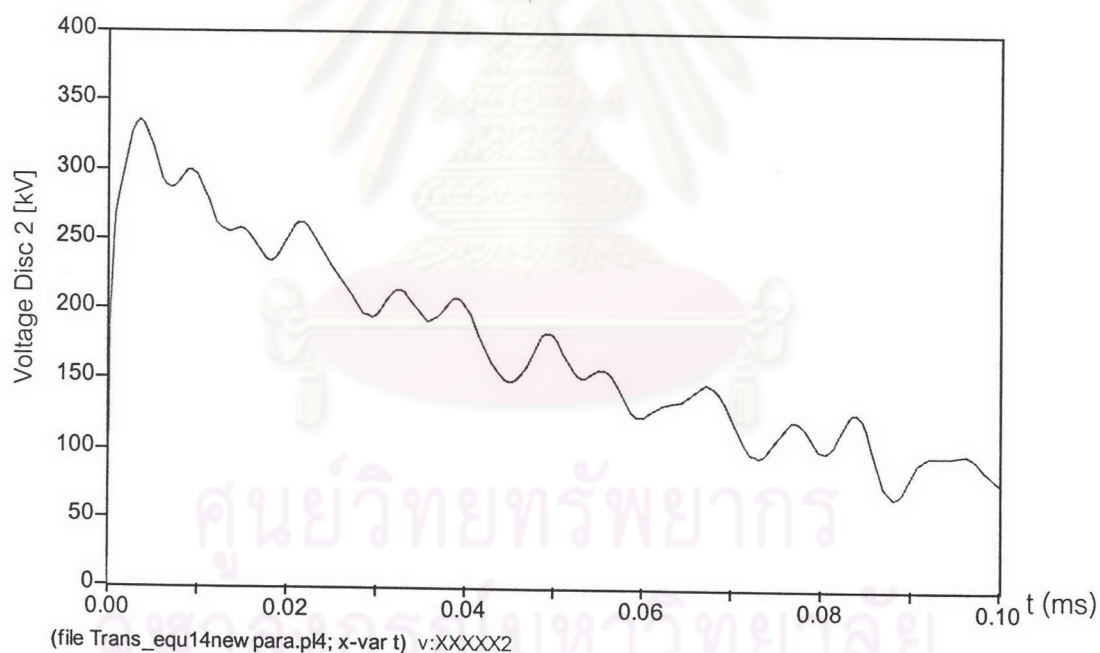
6.3.1.1 การจำลองด้วยโปรแกรม EMTP

แบ่งผลการจำลองได้เป็น 2 กรณีตามค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้

1). กรณีแทนพารามิเตอร์ตาม H.Rodrigo[8] และ A.Greenwood[4]

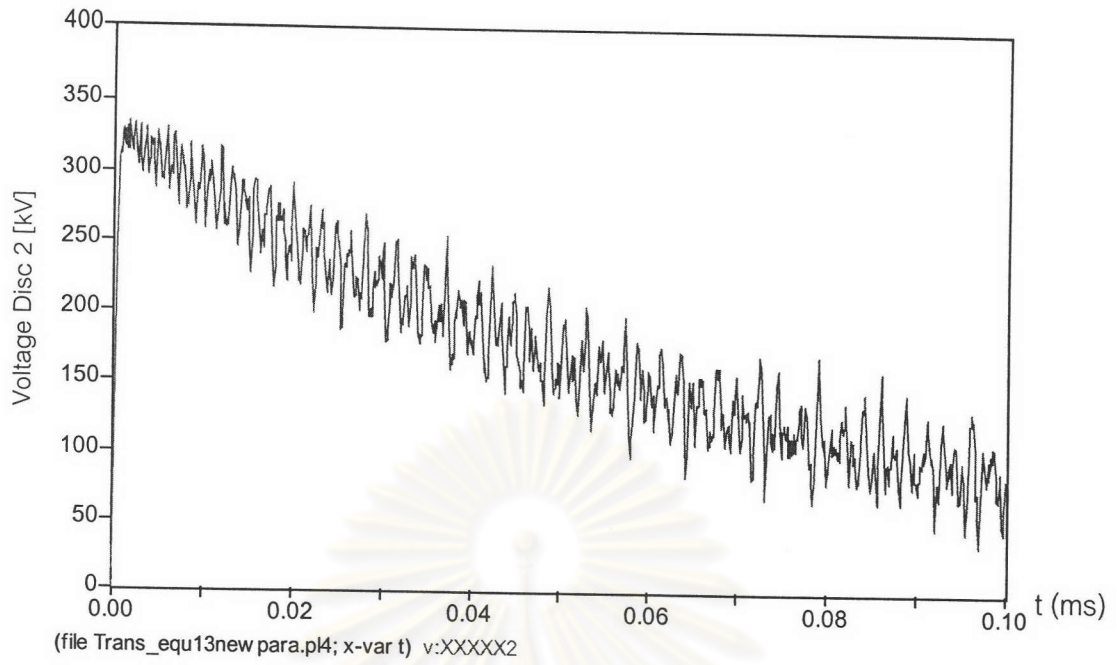
นำพารามิเตอร์แทนในแบบจำลองที่ 1,2,3 แล้วจำลองค่าแรงดันเทียบกับเวลาที่ดิสก์ต่างๆของขดลวดหม้อแปลงโดยแสดงเฉพาะตำแหน่งขดลวดดิสก์ที่ 2 ดิสก์ที่ 4 และดิสก์ที่ 20 ซึ่งตำแหน่งดิสก์จะนับจากขดลวดที่ได้รับแรงดันรูปคลื่นฟ้าผ่าเป็นดิสก์แรก รวมทั้งแสดงแรงดันแต่ละดิสก์ที่เวลาต่างๆของขดลวดและแรงดันสูงสุดที่เกิดขึ้นในแต่ละดิสก์ แสดงผลการจำลองได้ตามรูปที่ 6.1 ถึงรูปที่ 6.15

- การกระจายแรงดันเสิร์จบนขดลวดดิสก์

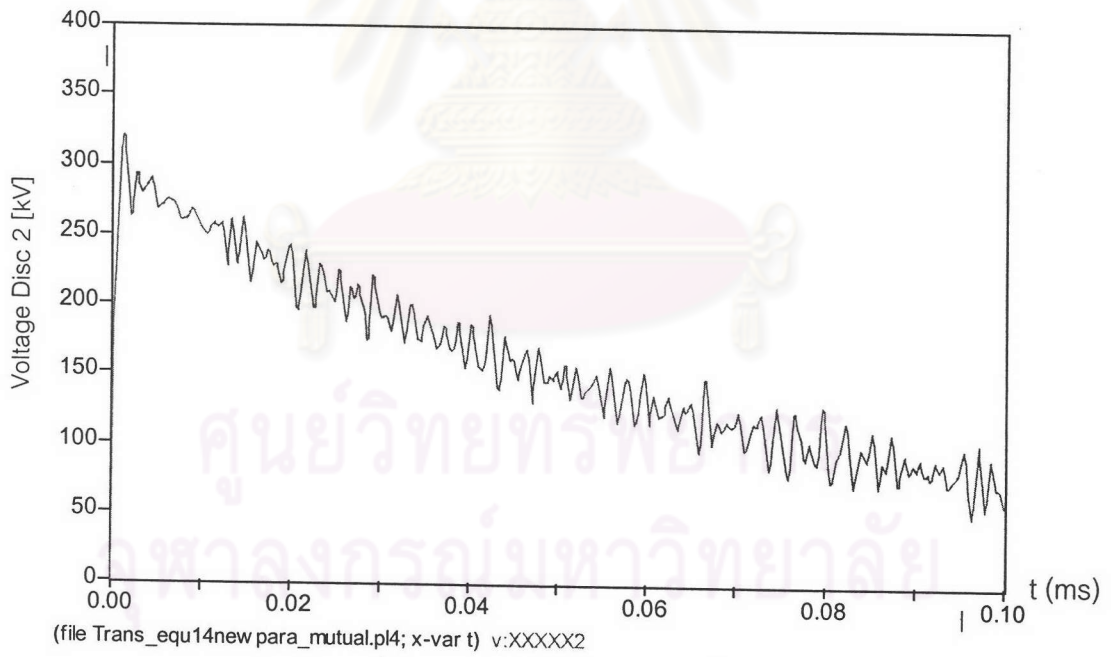


รูปที่ 6.1 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 2

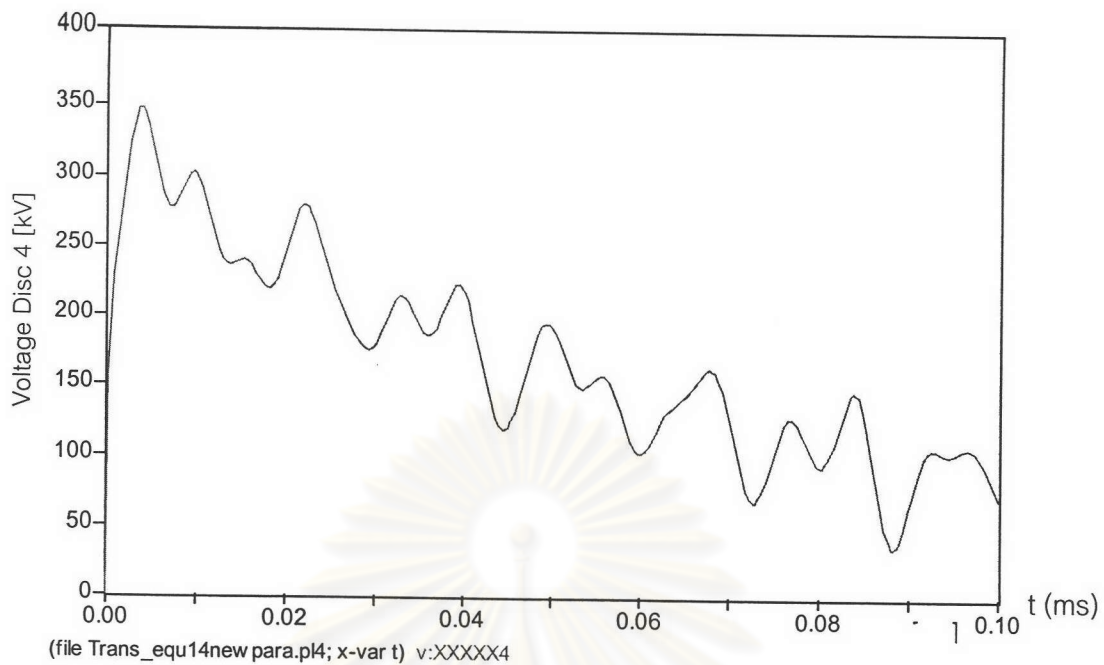
(แบบจำลองที่ 1)



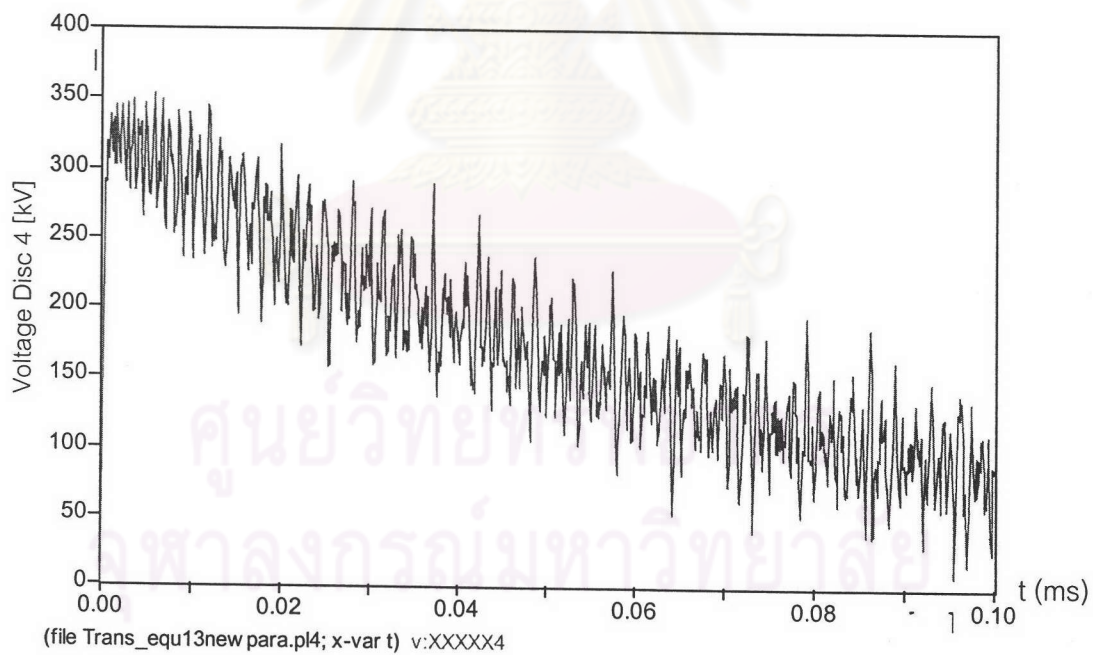
รูปที่ 6.2 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 2
(แบบจำลองที่ 2)



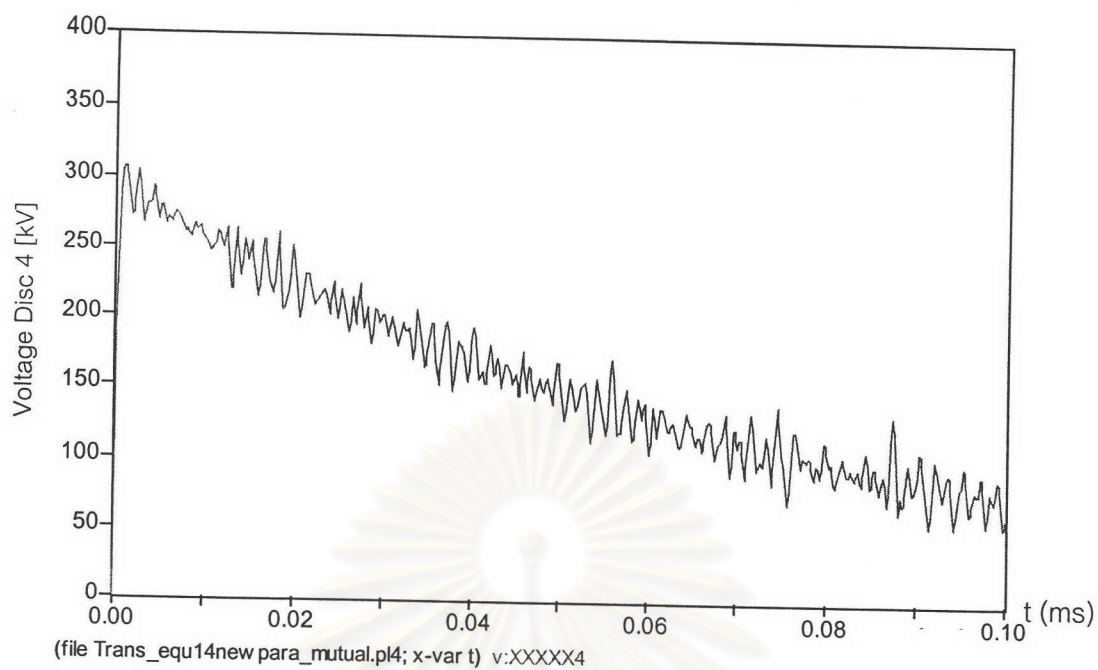
รูปที่ 6.3 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 2
(แบบจำลองที่ 3)



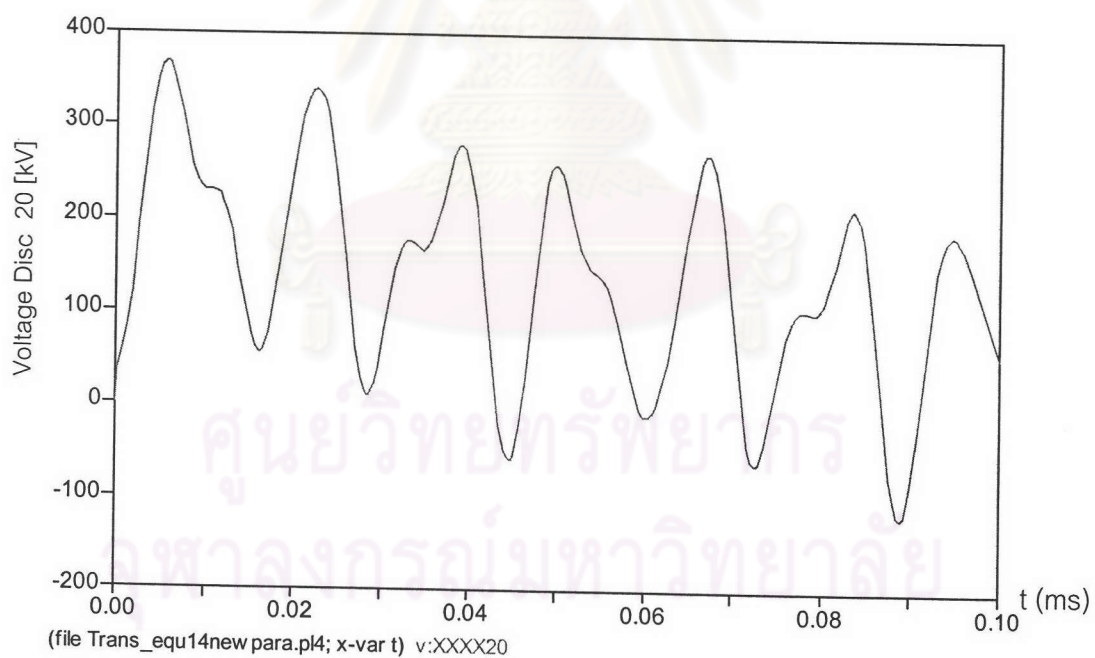
รูปที่ 6.4 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 4
(แบบจำลองที่ 1)



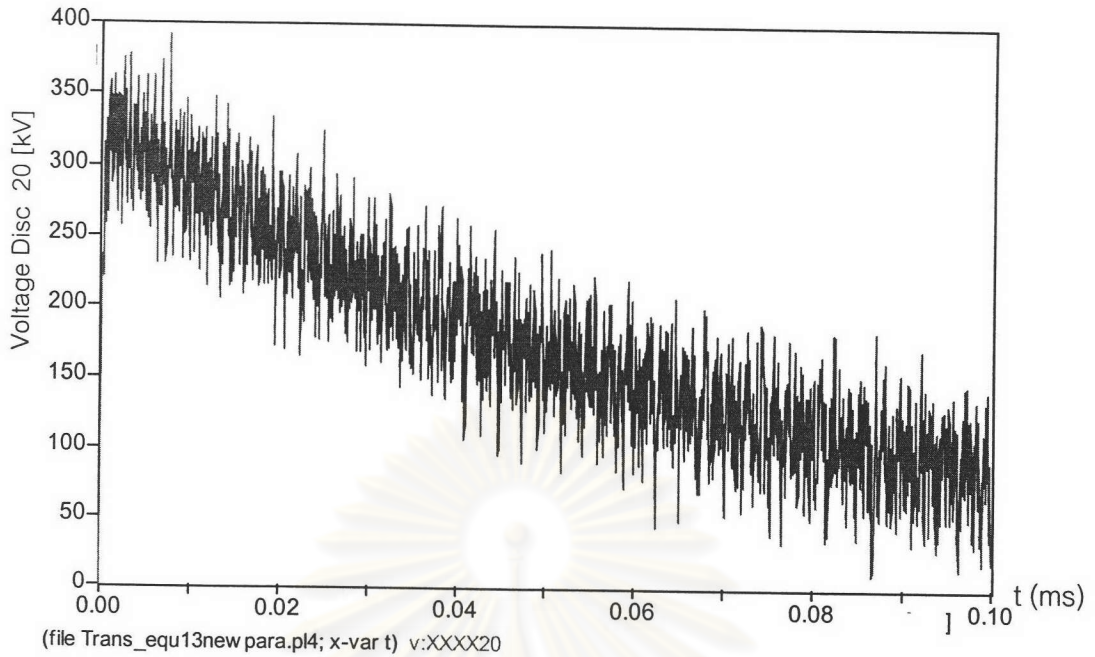
รูปที่ 6.5 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 4
(แบบจำลองที่ 2)



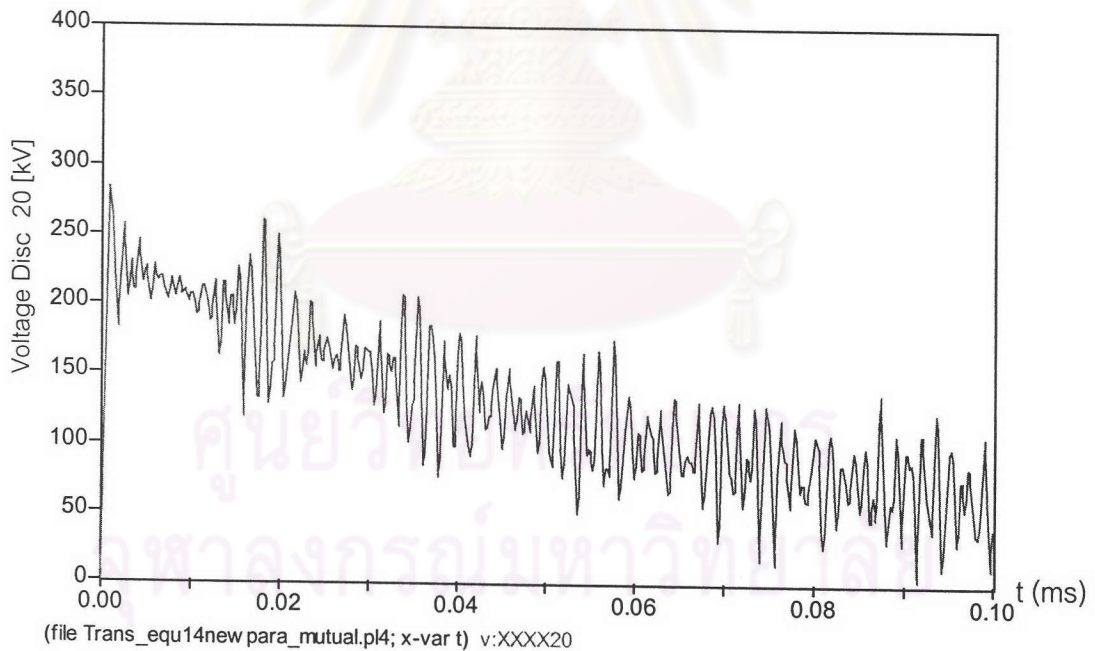
รูปที่ 6.6 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 4
(แบบจำลองที่ 3)



รูปที่ 6.7 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 20
(แบบจำลองที่ 1)



รูปที่ 6.8 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 20
(แบบจำลองที่ 2)



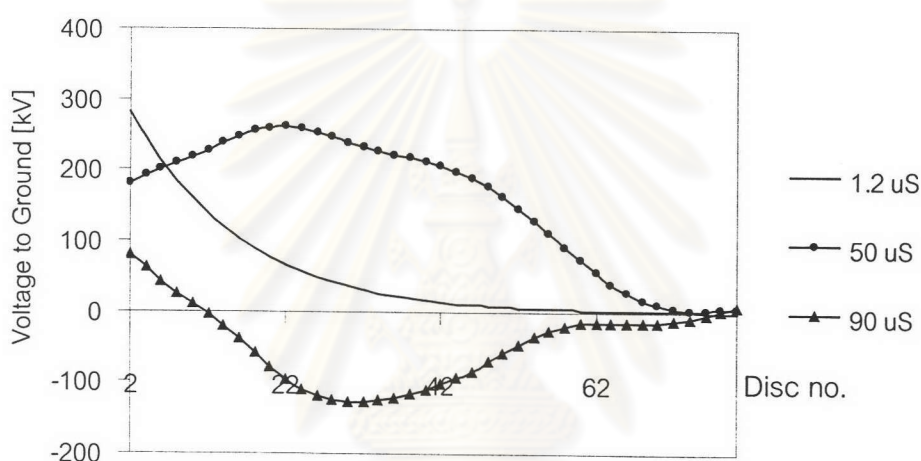
รูปที่ 6.9 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 20
(แบบจำลองที่ 3)

จากรูปที่ 6.1 ถึง รูปที่ 6.9 ซึ่งเป็นผลการจำลองโดยใช้แบบจำลอง 1, 2 และ 3 สรุปผลได้ว่า
1. ในทุกแบบจำลองแรงดันบนขดลวดเกิดออสซิลเลชันขึ้นเนื่องจากความจุไฟฟ้าและความเหนี่ยวนำของขดลวดซึ่งเป็นพารามิเตอร์ของขดลวดภายในหม้อแปลง

2. ผลการจำลองแรงดันที่ได้จากแบบจำลองที่ 2 จะมีความถี่ในการแกว่งมากที่สุดแม้ว่าแบบจำลองนี้จะประกอบด้วยความเหนี่ยวนำร่วมระหว่างดิสก์ในจำนวนที่น้อยกว่าแบบจำลองที่ 3 ก็ตาม

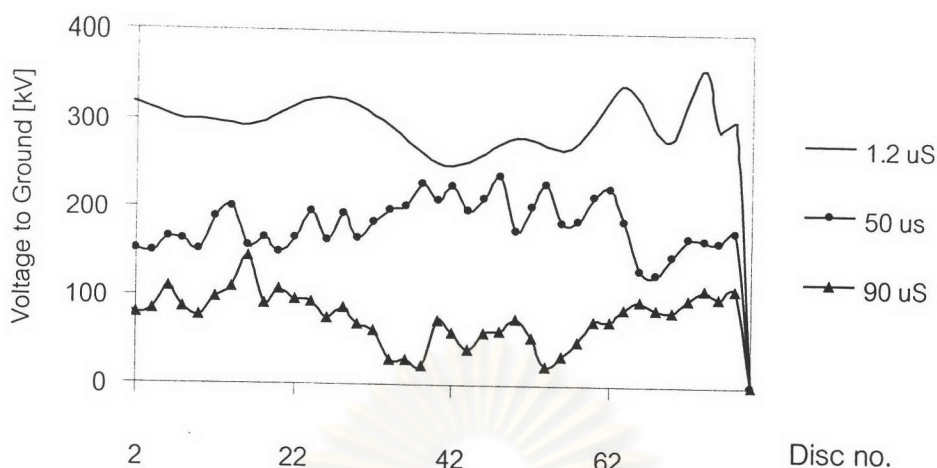
3. ในทุกแบบจำลองขนาดการแกว่งของแรงดันจะเพิ่มสูงขึ้นบนขดลวดดิสก์ที่ 2, 4 และ 20 ตามลำดับ โดยแบบจำลองที่ 1 มีขนาดการแกว่งมากกว่าแบบจำลองอื่นอย่างเห็นได้ชัด ในขดลวดดิสก์ที่ 20 แบบจำลองที่ 3 มีขนาดการแกว่งน้อยที่สุด

- การกระจายแรงดันเสิร์จบนขดลวดที่เวลาต่างๆ



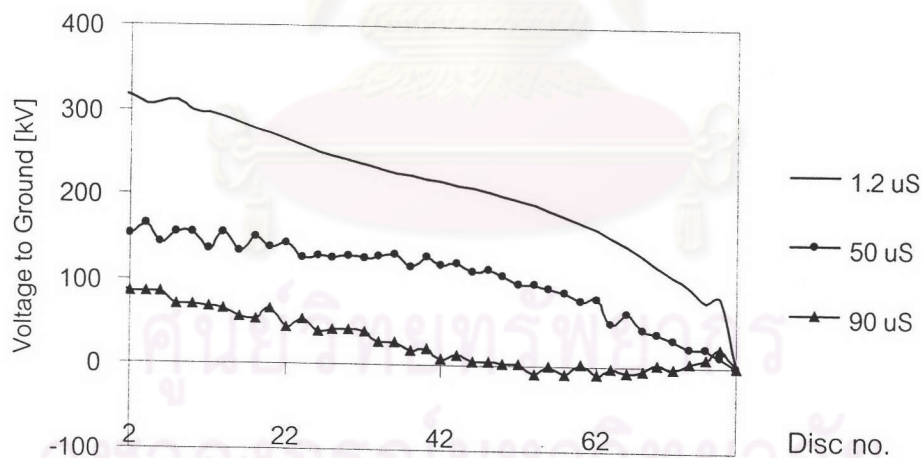
รูปที่ 6.10 ค่าแรงดันในแต่ละดิสก์ที่เวลาต่างๆ
(แบบจำลองที่ 1)

ผลการจำลองค่าแรงดันในแต่ละดิสก์ที่เวลาต่างๆตามรูปที่ 6.10 พบว่าที่เวลา $1.2 \mu s$ ซึ่งเป็นช่วงเวลาหน้าคลื่น แรงดันจะมีการกระจายเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียลคือมีความแตกต่างของแรงดันระหว่างดิสก์สูงในดิสก์ต้นๆของขดลวดและจะเปลี่ยนรูปไปเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น จากรูปที่เวลา $50 \mu s$ ขนาดแรงดันสูงสุดเกิดขึ้นบนดิสก์ที่ 22 แล้วค่อยๆลดขนาดลงเมื่อตำแหน่งดิสก์สูงขึ้นและที่เวลา $90 \mu s$ แรงดันจะมีขนาดสูงสุดอยู่ที่ดิสก์ 30



รูปที่ 6.11 ค่าแรงดันในแต่ละดิสก์ที่เวลาต่างๆ
(แบบจำลองที่ 2)

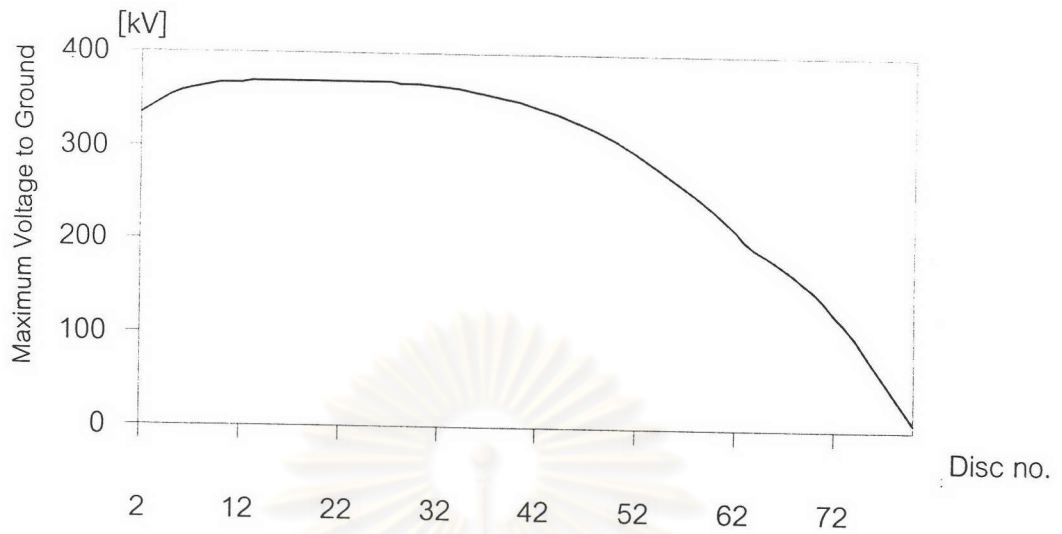
จากผลการจำลองการกระจายของแรงดันตามรูปที่ 6.11 ซึ่งเป็นผลจากแบบจำลองที่ 2 พบว่าขนาดของแรงดันที่เกิดขึ้นแต่ละดิสก์ที่เวลาต่างๆจะสลับขึ้นลงไม่คงที่และขนาดแรงดันแต่ละดิสก์จะลดขนาดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น



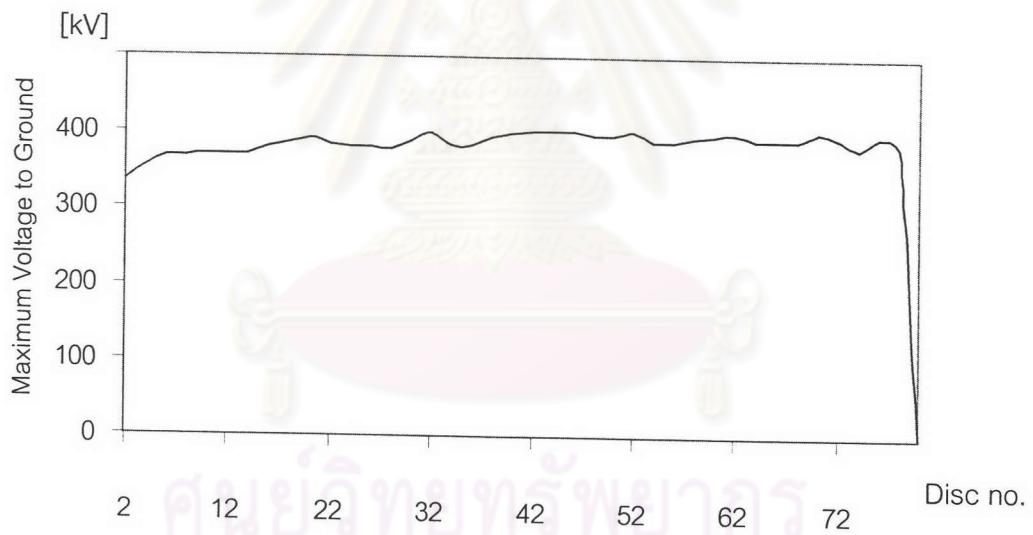
รูปที่ 6.12 ค่าแรงดันในแต่ละดิสก์ที่เวลาต่างๆ
(แบบจำลองที่ 3)

จากผลการจำลองการกระจายของแรงดันตามรูปที่ 6.12 ซึ่งเป็นผลจากแบบจำลองที่ 3 พบว่าขนาดของแรงดันที่เกิดขึ้นแต่ละดิสก์ที่เวลาต่างๆจะมีแนวโน้มของการกระจายแรงดันเป็นเชิงเส้นมากขึ้นและขนาดแรงดันแต่ละดิสก์จะลดขนาดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

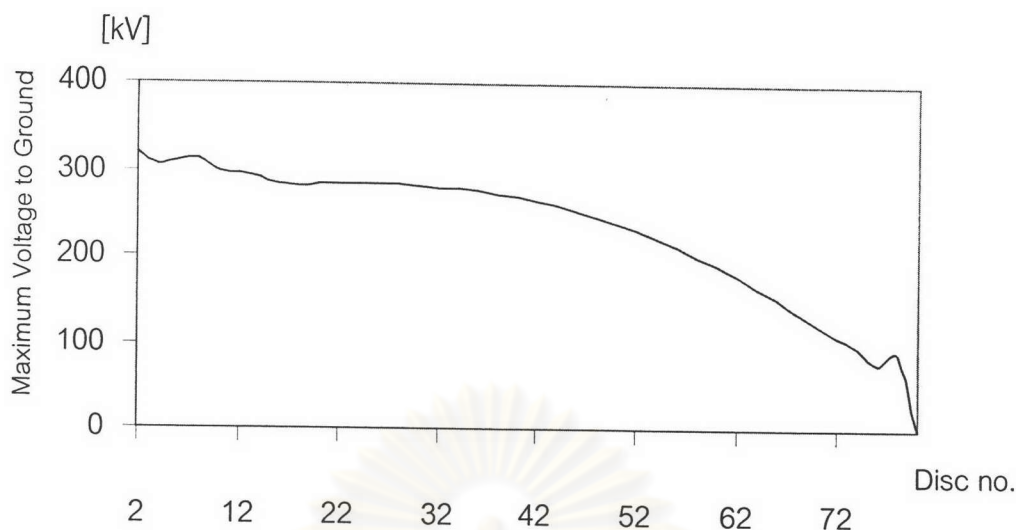
- การกระจายของขนาดแรงดันสูงสุดในแต่ละดิสก์



รูปที่ 6.13 ขนาดแรงดันสูงสุดในแต่ละดิสก์
(แบบจำลองที่ 1)



รูปที่ 6.14 ขนาดแรงดันสูงสุดในแต่ละดิสก์
(แบบจำลองที่ 2)



รูปที่ 6.15 ขนาดแรงดันสูงสุดในแต่ละดิสก์
(แบบจำลองที่3)

จากรูปที่ 6.13 ถึงรูปที่ 6.15 ซึ่งเป็นผลการจำลองแรงดันสูงสุดในแต่ละดิสก์จากแบบจำลองที่ 1, 2 และ 3 สรุปผลได้ว่า

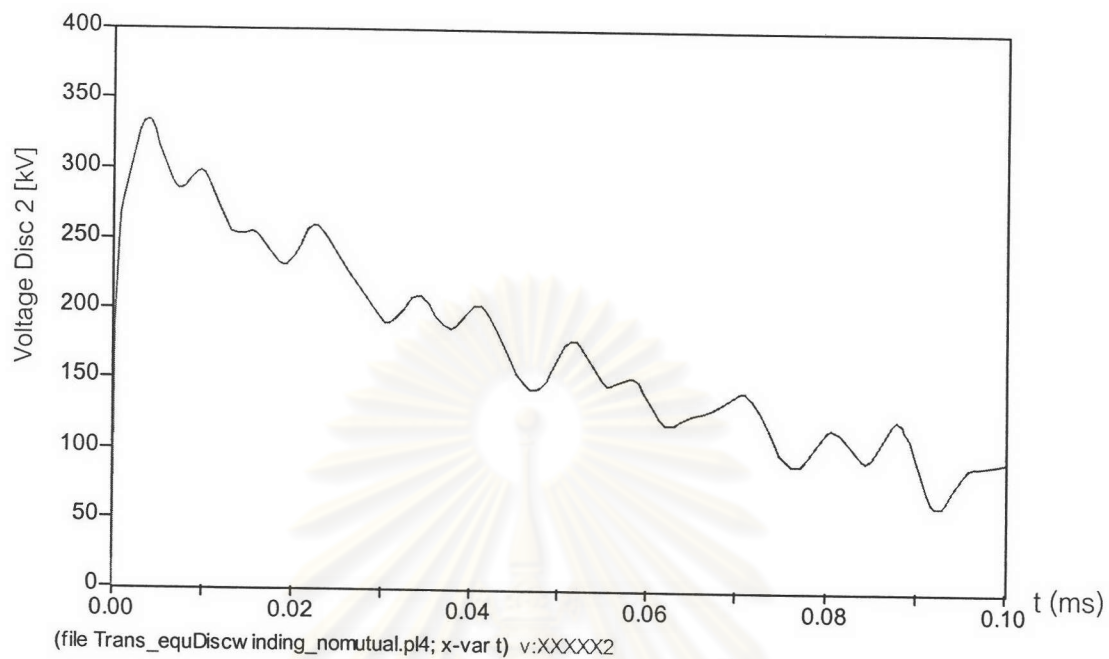
1. ผลการจำลองของแบบจำลองที่ 1 ในรูปที่ 6.13 ขนาดของแรงดันสูงสุดที่เกิดขึ้นบนขดลวด จะอยู่ที่ดิสก์ต้นๆจนถึงดิสก์กลางประมาณดิสก์ที่ 2 ถึงดิสก์ที่ 46 ซึ่งมีขนาดแรงดันสูงกว่าค่าสูงสุดของเสิร์จ(ในการจำลองใช้ 325 kV) และจะมีขนาดลดลงต่ำกว่าขนาดแรงดันสูงสุดของเสิร์จบริเวณดิสก์ปลายๆ(ปลายขดลวด)

2. ขนาดของแรงดันสูงสุดที่เกิดขึ้นบนขดลวดจากการจำลองด้วยแบบจำลองที่ 2 รูปที่ 6.14 มีขนาดแรงดันสูงกว่าค่าสูงสุดของเสิร์จ(325 kV) ในทุกๆดิสก์(ยกเว้นดิสก์ที่ 80 ขนาดแรงดันลดลงมาเป็นศูนย์เนื่องจากดิสก์ส่วนนี้ต่อลงกราวด์)และมีขนาดสูงสุดที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากเมื่อพิจารณาจากแบบจำลองพบว่าแรงดันที่เกิดขึ้นบนขดลวดในแต่ละดิสก์สามารถได้รับแรงดันเสิร์จโดยผ่านความเหนี่ยวนำร่วมที่เกิดขึ้นจากดิสก์แรก ซึ่งในความเป็นจริงเมื่อพิจารณาถึงผลของความเหนี่ยวนำร่วม ความเหนี่ยวนำร่วมที่พิจารณาน่าจะเป็นผลมาจากทุกๆดิสก์เหนี่ยวนำซึ่งกันและกันดังนั้นการจำลองด้วยแบบจำลองนี้ผลที่เกิดขึ้นอาจจะคลาดเคลื่อนได้

3. ขนาดแรงดันสูงสุดในรูปที่ 6.15 จากการจำลองด้วยแบบจำลองที่ 3 จะค่อยๆลดลงและขนาดแรงดันสูงสุดที่เกิดขึ้นบนขดลวดทุกดิสก์จะต่ำกว่าขนาดแรงดันสูงสุดของเสิร์จ ทั้งนี้เนื่องจากผลการจำลองจากแบบจำลองที่ 3 มีการแกว่งของขนาดแรงดันที่น้อยกว่าแบบจำลองอื่นๆดังที่กล่าวไว้ข้างต้นทำให้ขนาดแรงดันสูงสุดในแต่ละดิสก์ลดลง ต่างจากแบบจำลองที่ 1 ซึ่งมีการแกว่งของแรงดันมาก

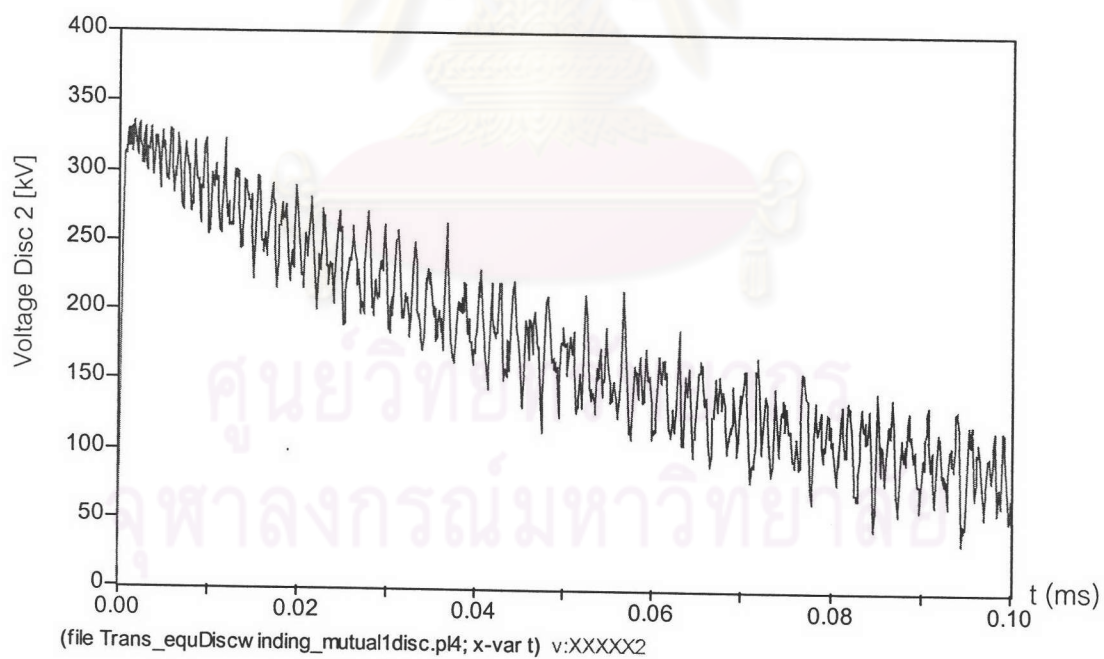
2) กรณีแทนพารามิเตอร์ตาม K.Karsai[6]

- การกระจายแรงดันเส้นรีจบนขดลวดดิสก์



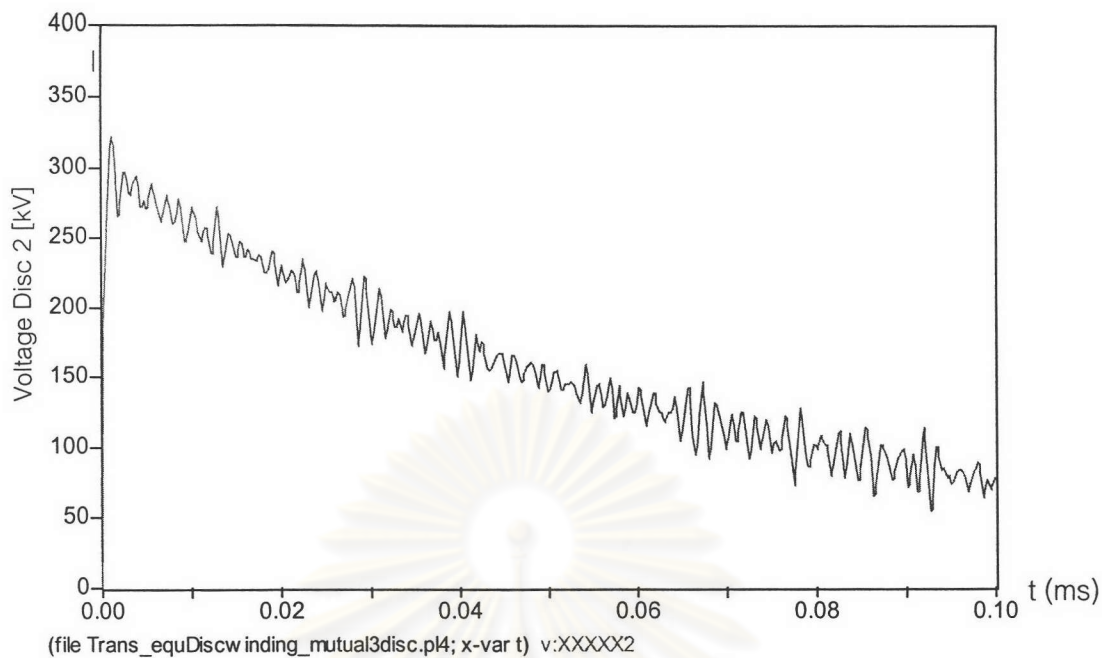
รูปที่ 6.16 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 2

(แบบจำลองที่ 1)

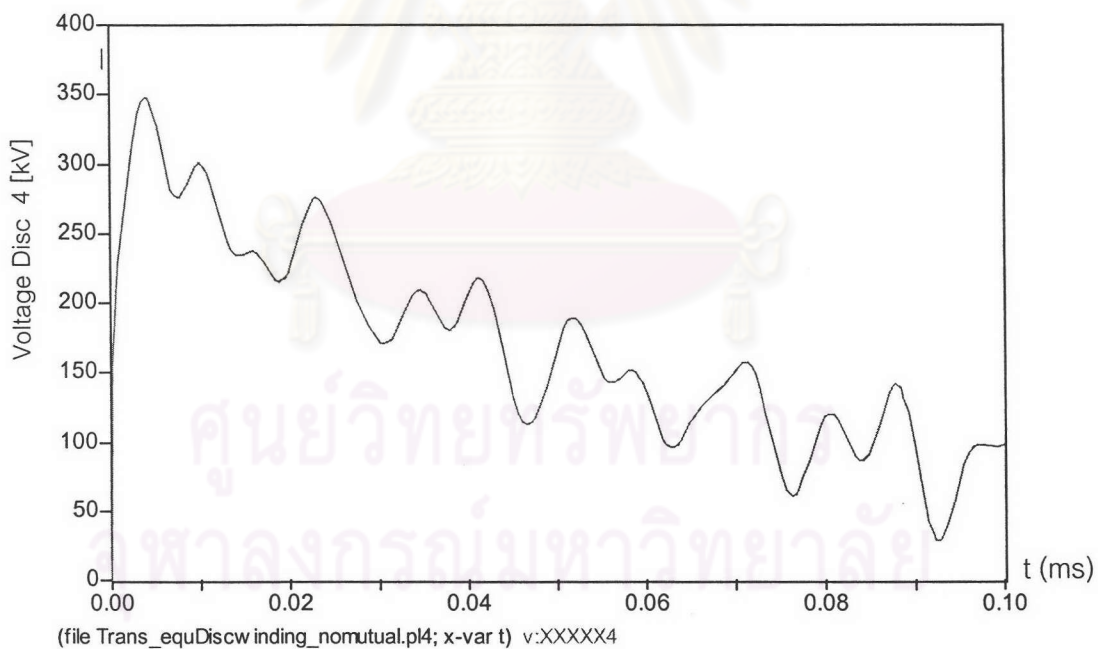


รูปที่ 6.17 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 2

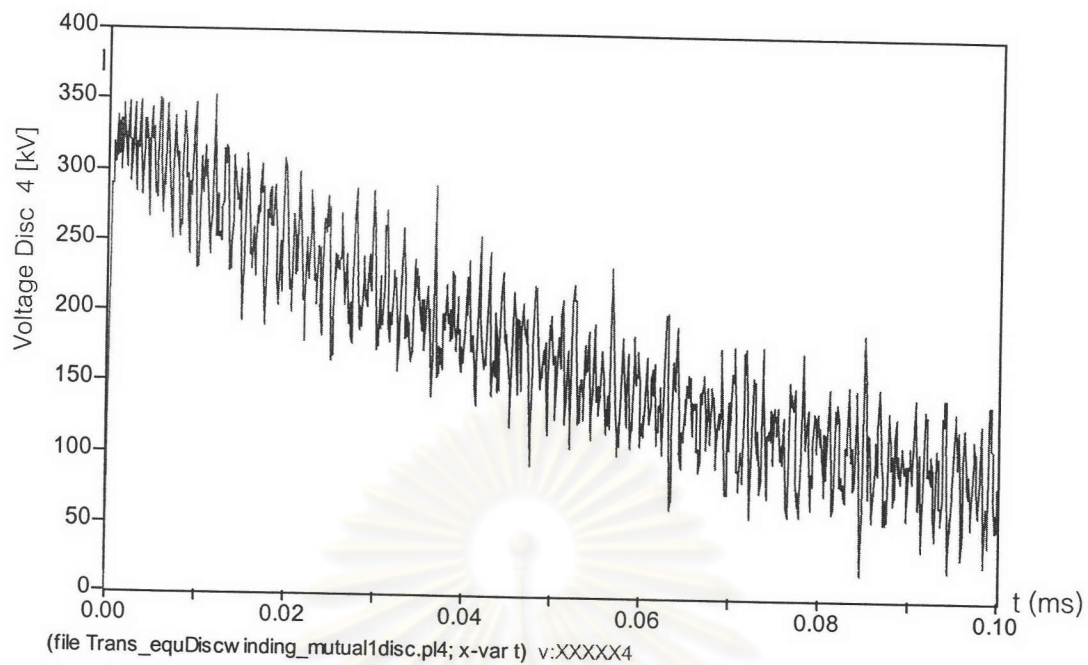
(แบบจำลองที่ 2)



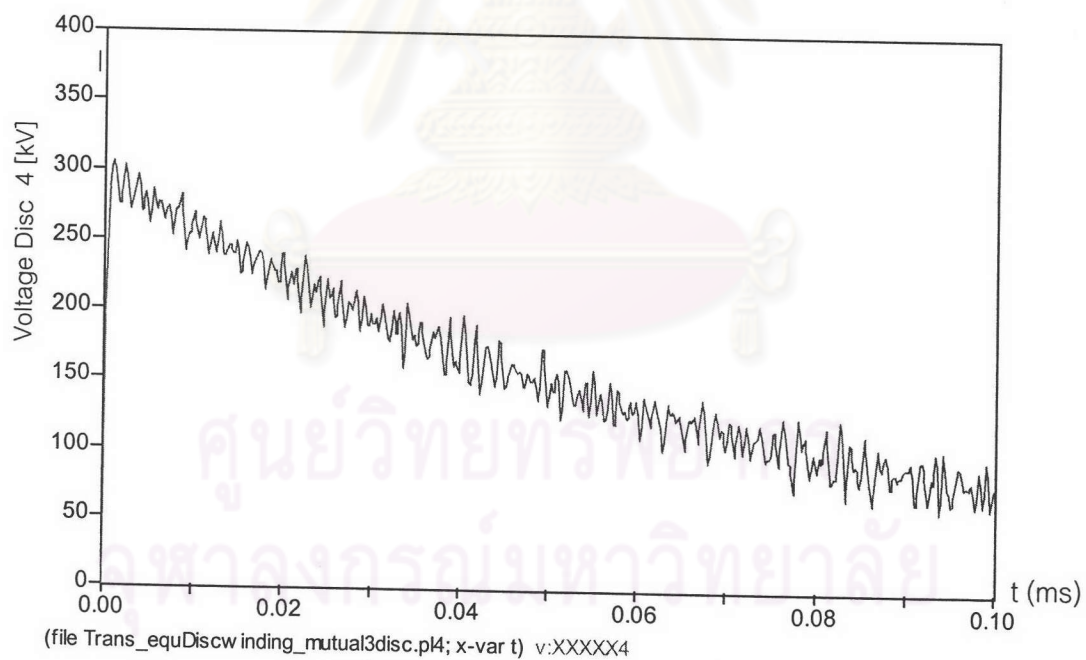
รูปที่ 6.18 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 2
(แบบจำลองที่ 3)



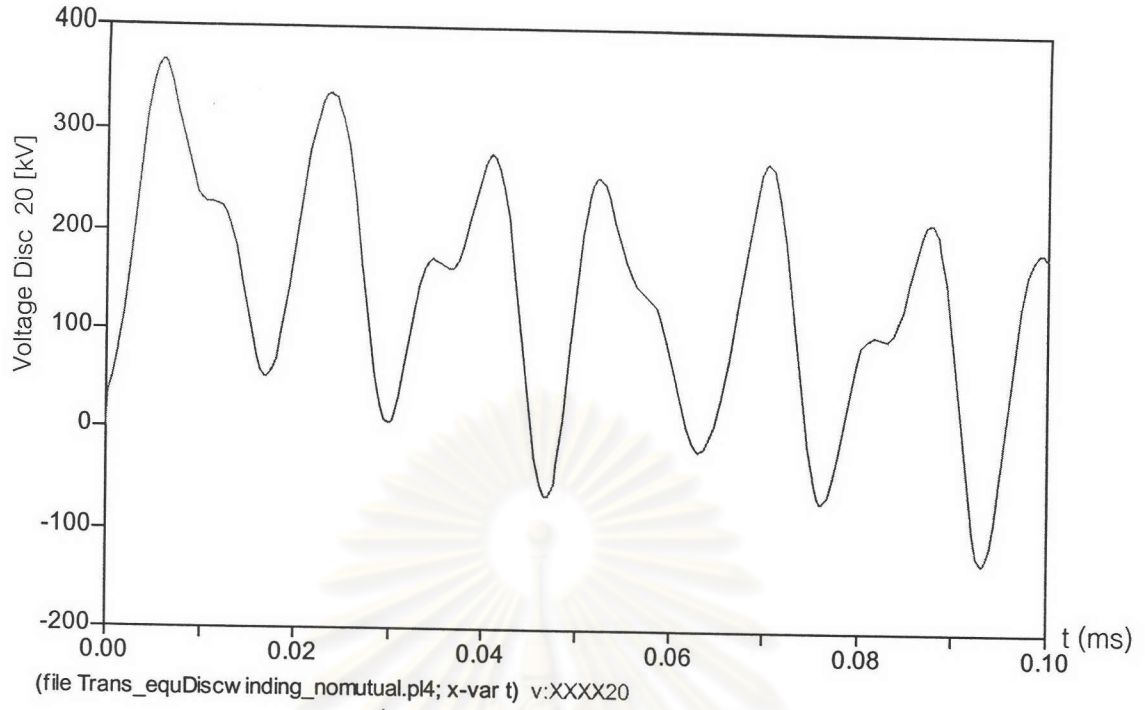
รูปที่ 6.19 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 4
(แบบจำลองที่ 1)



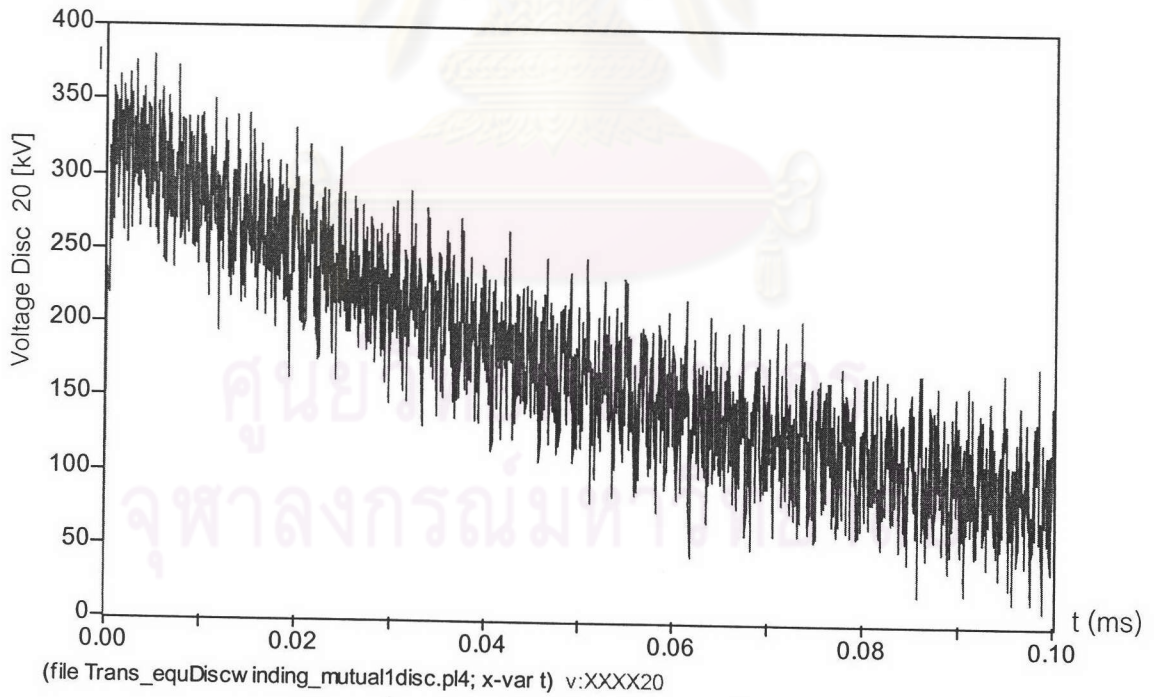
รูปที่ 6.20 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 4
(แบบจำลองที่ 2)



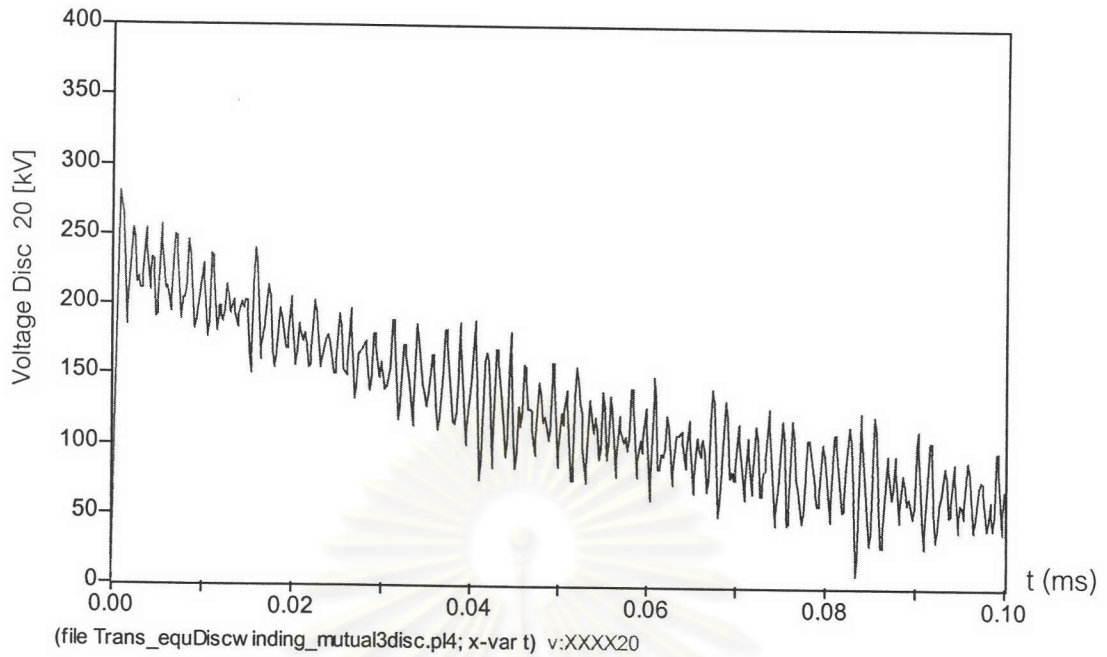
รูปที่ 6.21 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 4
(แบบจำลองที่ 3)



รูปที่ 6.22 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 20
(แบบจำลองที่ 1)



รูปที่ 6.23 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 20
(แบบจำลองที่ 2)

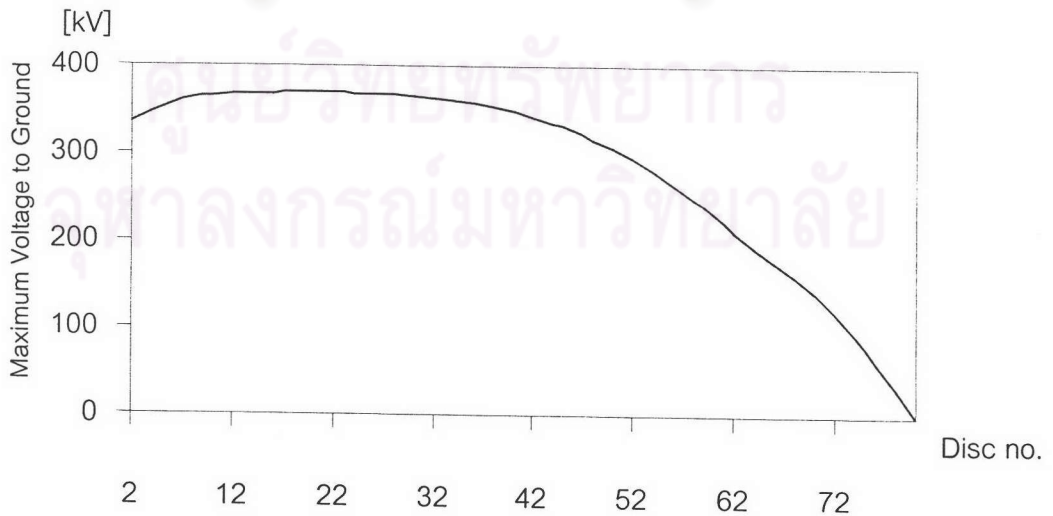


รูปที่ 6.24 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 20
(แบบจำลองที่ 3)

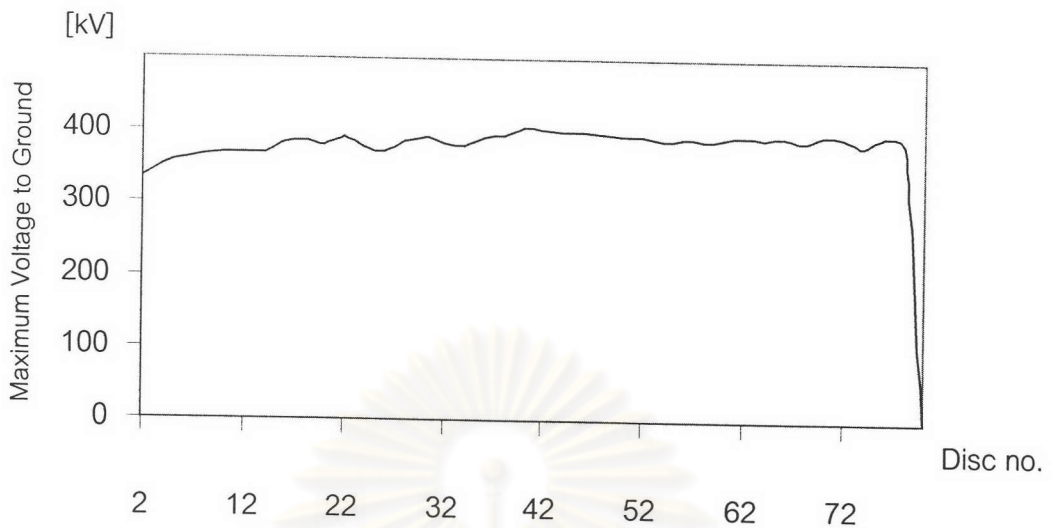
จากรูปที่ 6.16 ถึง รูปที่ 6.24 ซึ่งเป็นผลการจำลองแรงดันบนขดลวดดิสก์โดยใช้แบบจำลอง 1, 2 และ 3 สรุปผลได้ว่า

การจำลองการกระจายของแรงดันโดยการแทนพารามิเตอร์ตามวิธีของ K.Karsai. จะมีรูปร่างใกล้เคียงกับรูปที่ 6.1 ถึงรูปที่ 6.9 ที่แทนพารามิเตอร์โดยการคำนวณด้วยวิธีของ H.Rodrigo และ A. Greenwood

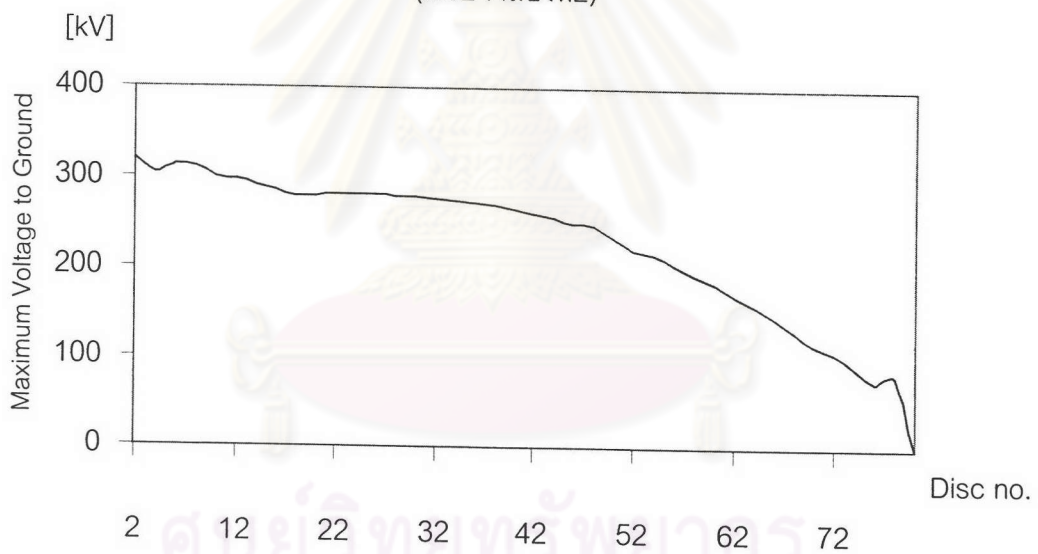
- การกระจายของขนาดแรงดันสูงสุดในแต่ละดิสก์



รูปที่ 6.25 ขนาดแรงดันสูงสุดในแต่ละดิสก์
(แบบจำลองที่ 1)



รูปที่ 6.26 ขนาดแรงดันสูงสุดในแต่ละดิสก์
(แบบจำลองที่ 2)

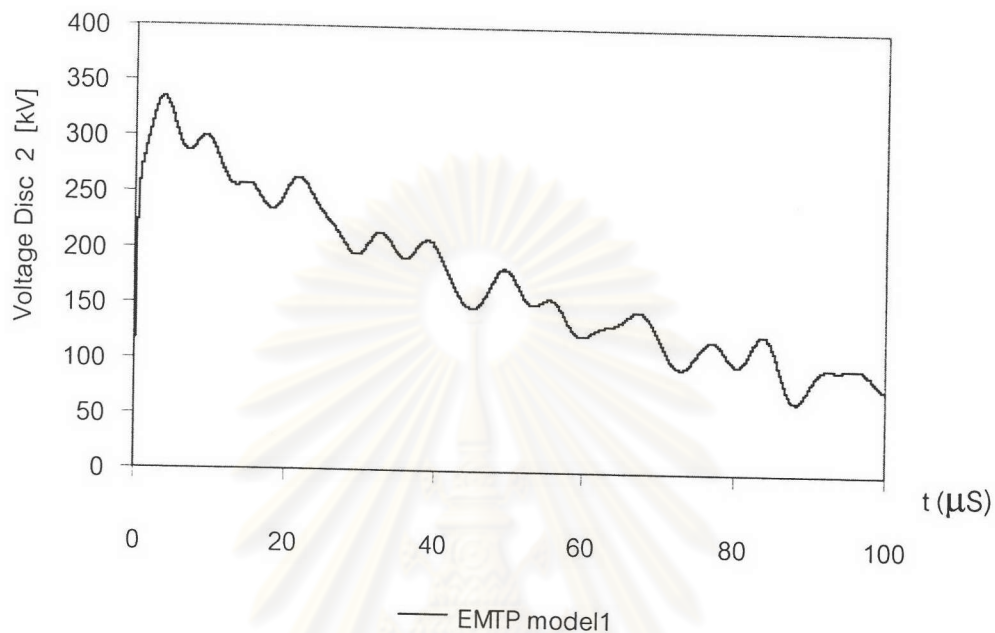


รูปที่ 6.27 ขนาดแรงดันสูงสุดในแต่ละดิสก์
(แบบจำลองที่ 3)

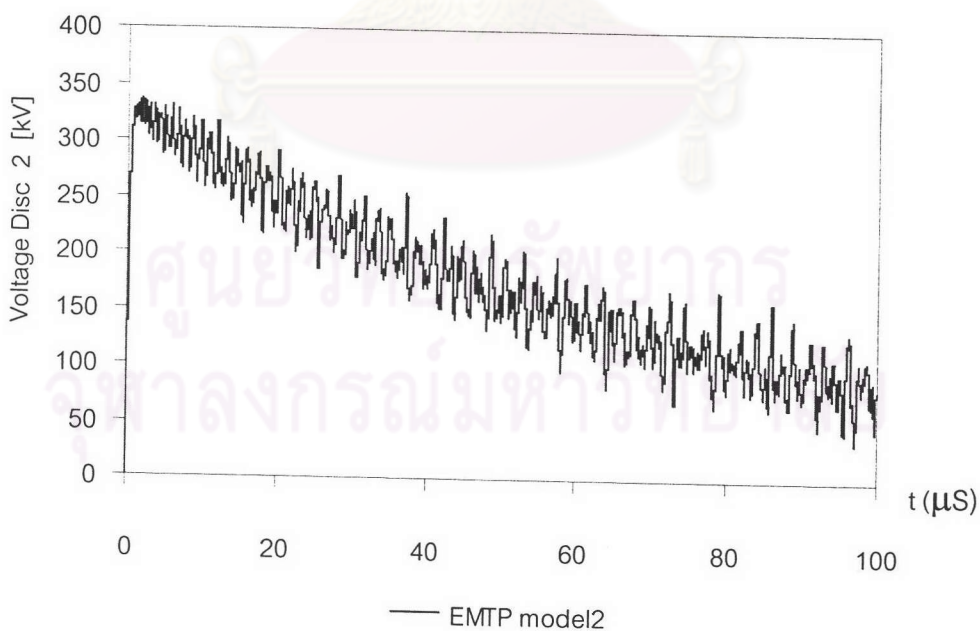
จากรูปที่ 6.25 ถึง รูปที่ 6.27 ซึ่งเป็นการจำลองการกระจายของแรงดันด้วยแบบจำลองที่ 1, 2 และ 3 โดยการแทนพารามิเตอร์ตามวิธีของ K.Karsai. จะพบว่าจะมีรูปร่างแรงดันสูงสุดที่เกิดขึ้นจะใกล้เคียงกับผลการจำลองในรูปที่ 6.13 ถึงรูปที่ 6.15 ที่แทนพารามิเตอร์โดยการคำนวณด้วยวิธีของ H.Rodrigo และ A.Greenwood เนื่องจากค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้ตามตารางที่ 6.1 ถึง ตารางที่ 6.3 มีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก

6.3.1.2 ผลการจำลองโดยใช้วิธีการของ Bewley และเปรียบเทียบ

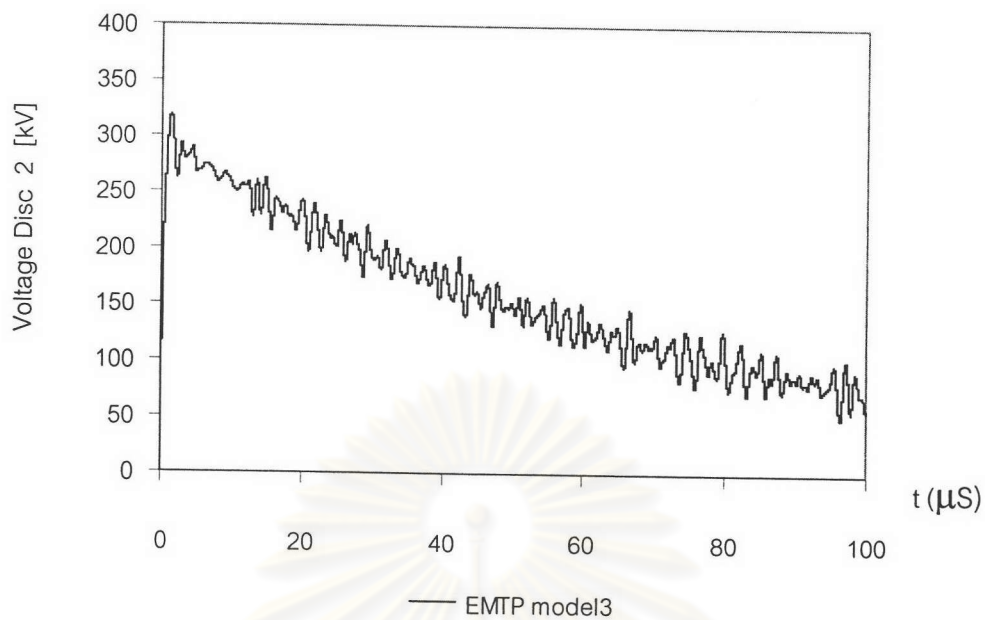
นำผลที่จำลองด้วยโปรแกรม EMTP ของแบบจำลองต่างๆ มาเปรียบเทียบกับผลที่คำนวณได้ด้วยวิธีของ Bewley และผลที่ได้จากการใช้โปรแกรมของผู้ผลิตหม้อแปลง



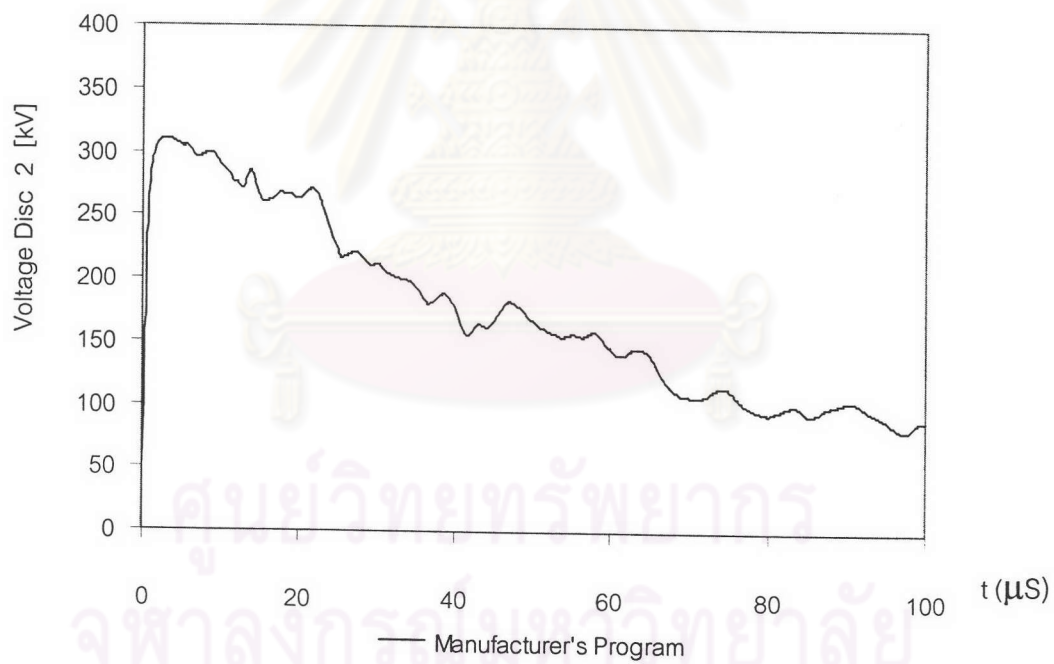
รูปที่ 6.28 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 2



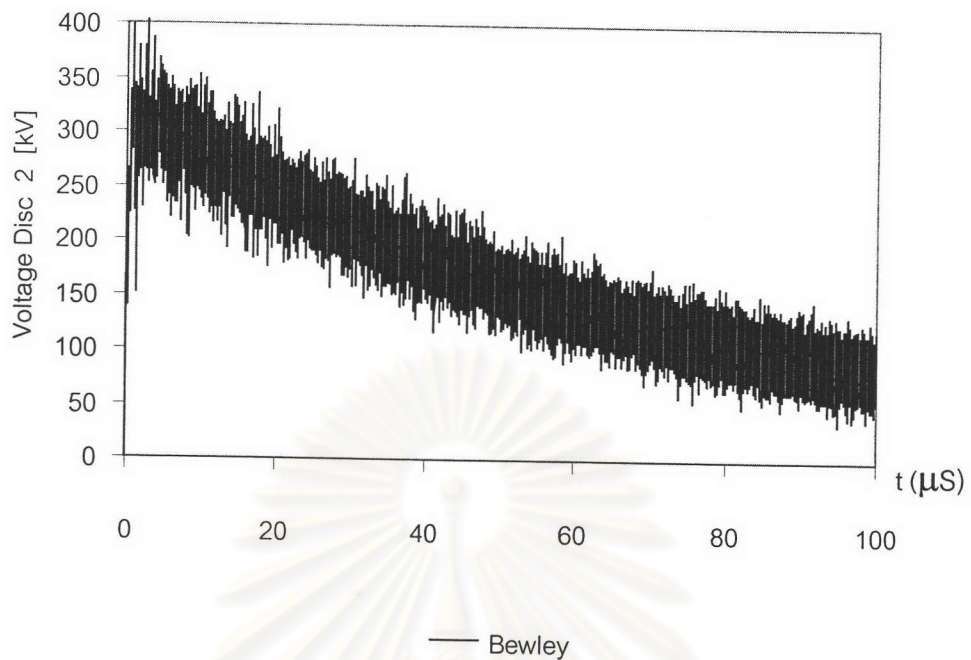
รูปที่ 6.29 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 2



รูปที่ 6.30 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 2



รูปที่ 6.31 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 2



รูปที่ 6.32 แรงดันของขดลวดดิสก์ที่ 2

ตารางที่ 6.5 เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าสูงสุดของขดลวดดิสก์ที่ 2

แบบจำลอง	ขนาดแรงดันไฟฟ้า(Peak) ดิสก์ที่ 2 (kV)
EMTP แบบที่ 1	334.6
EMTP แบบที่ 2	335.7
EMTP แบบที่ 3	319.6
Manufacturer	310.3
Bewley	423.5

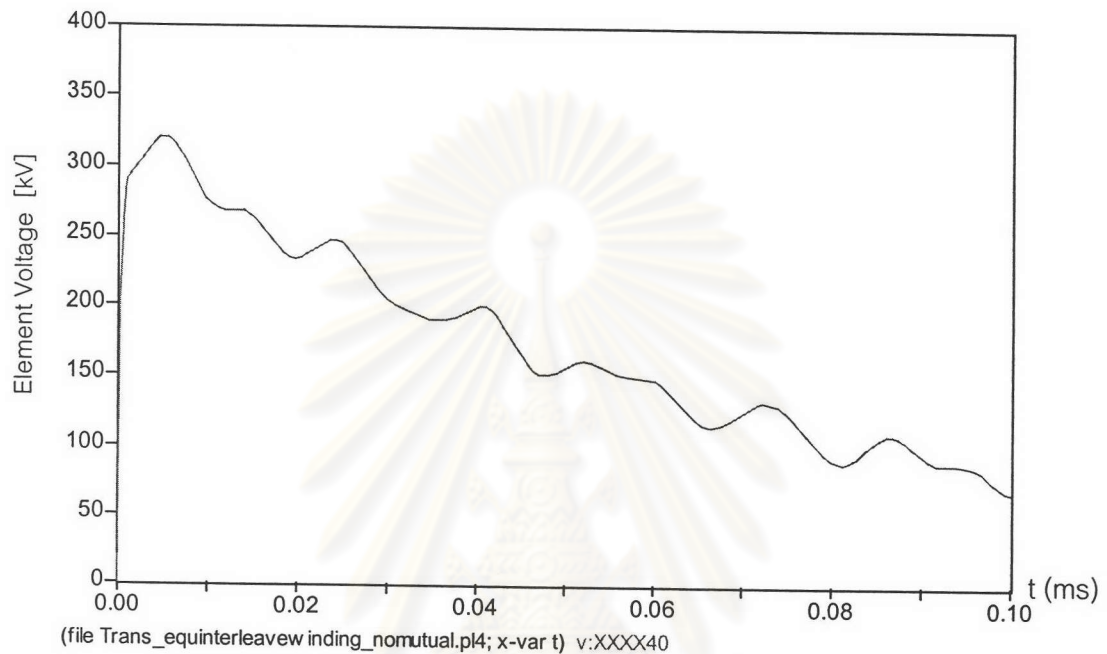
จากผลการแสดงเปรียบเทียบแรงดันที่เกิดขึ้นบนขดลวดดิสก์ที่ 2 รูปที่ 6.28 ถึงรูปที่ 6.32 พบว่า

1. แรงดันจะเกิดออกซิเลชันขึ้นจากทุกแบบจำลอง โดยการจำลองแรงดันด้วยวิธีของ Bewley แรงดันที่เกิดขึ้นบนขดลวดเกิดออกซิเลตมากที่สุดเมื่อเทียบกับแบบจำลองต่างๆ รวมทั้งขนาดแรงดันสูงสุดที่เกิดขึ้นตามตารางที่ 6.5 จะมีขนาดสูงที่สุดด้วย
2. การกระจายของแรงดันจากแบบจำลองที่ 1 จะมีรูปการกระจายของแรงดันที่ใกล้เคียงกับผลการจำลองจากผู้ผลิตแต่จะมีขนาดของแรงดันสูงสุดที่สูงกว่า

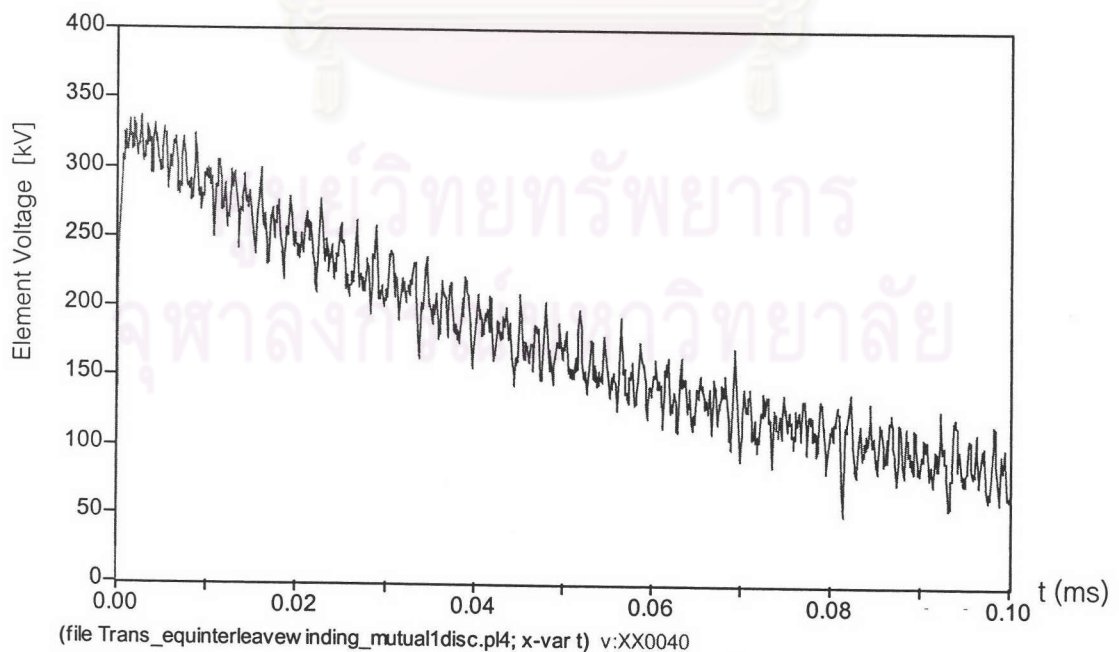
6.3.2 ผลการจำลองขดลวดแบบอินเตอร์ลีฟ

ผลการจำลองแรงดันของขดลวดอินเตอร์ลีฟ โดยจำลองขดลวด 1 องค์ประกอบประกอบด้วยขดลวด 2 ส่วน แสดงผลการจำลองได้ตามรูปที่ 6.33 ถึง รูปที่ 6.35 รวมทั้งแสดงแรงดันแต่ละองค์ประกอบที่เวลาต่างๆและแรงดันสูงสุดที่เกิดขึ้นในแต่ละองค์ประกอบ

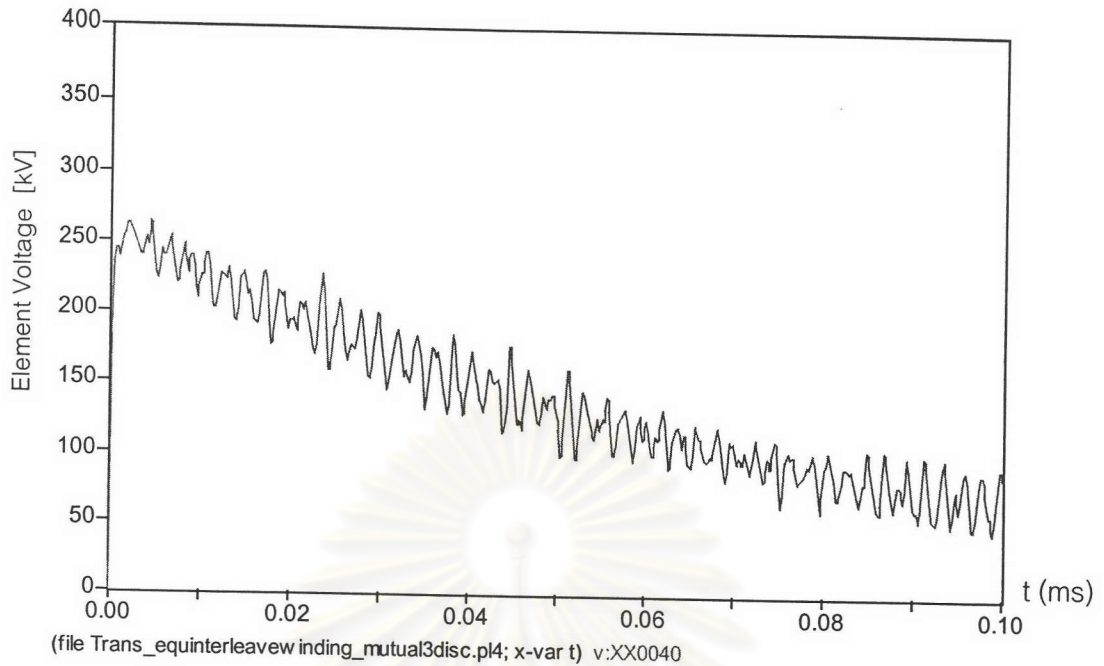
- การกระจายแรงดันเส้นรีจบนขดลวดอินเตอร์ลีฟ



รูปที่ 6.33 แรงดันขององค์ประกอบที่ 1
(แบบจำลองที่ 1)



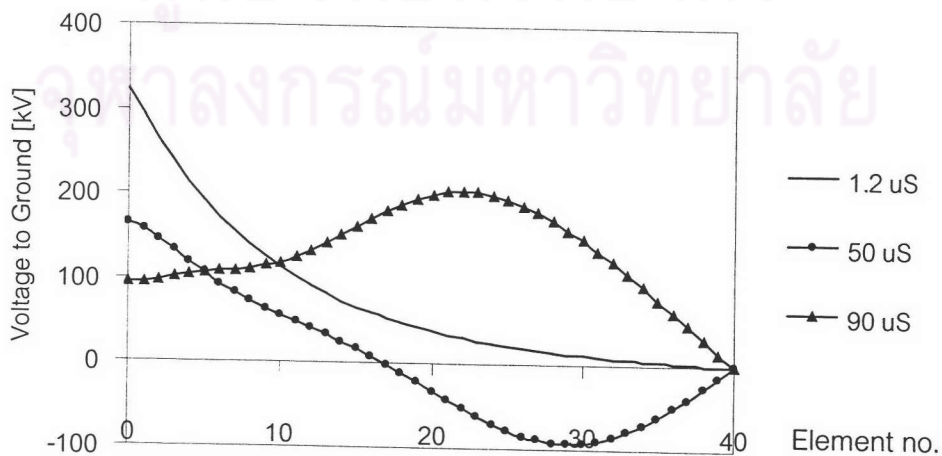
รูปที่ 6.34 แรงดันขององค์ประกอบที่ 1
(แบบจำลองที่ 2)



รูปที่ 6.35 แรงดันขององค์ประกอบที่ 1
(แบบจำลองที่ 3)

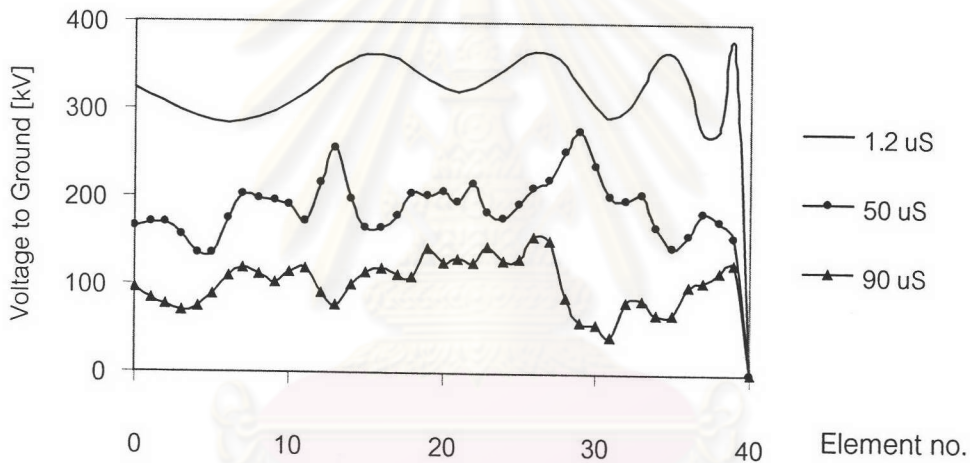
จากรูปที่ 6.33 ถึง รูปที่ 6.35 เป็นผลการจำลองการกระจายของแรงดันของขดลวดอินเตอรัลล์ด้วยแบบจำลองที่ 1, 2 และ 3 ของขดลวดตำแหน่งองค์ประกอบที่ 1 พบว่าแรงดันเกิดการออสซิลเลตโดยแรงดันที่เกิดขึ้นบนขดลวดในแบบจำลองที่ 1 ออสซิลเลตน้อยกว่าแรงดันที่เกิดขึ้นจากการใช้แบบจำลองที่ 2 และ 3 รวมทั้งแรงดันสูงสุดที่เกิดขึ้นบนขดลวดจะต่ำกว่าแรงดันสูงสุดที่ได้จากแบบจำลองที่ 2 แต่จะสูงกว่าแรงดันสูงสุดที่เกิดบนขดลวดจากแบบจำลองที่ 3

- ขนาดแรงดันแต่ละองค์ประกอบที่เวลาต่างๆ



รูปที่ 6.36 แรงดันในแต่ละองค์ประกอบที่เวลาต่างๆ(แบบจำลองที่ 1)

จากรูปที่ 6.36 เป็นผลการจำลองการกระจายแรงดันของขดลวดอินเตอร์ลิฟที่เวลาต่างๆ ด้วยแบบจำลองที่ 1 สรุปได้ว่า ที่เวลา $1.2 \mu s$ ซึ่งเป็นช่วงเวลานำคลื่น แรงดันจะมีการกระจายเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียลเช่นเดียวกับการจำลองขดลวดดิสก์คือมีความแตกต่างของแรงดันระหว่างดิสก์สูงในดิสก์ต้นๆของขดลวดและจะเปลี่ยนรูปไปเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น จากรูปที่เวลา $50 \mu s$ ขนาดแรงดันค่อยๆลดขนาดลงเมื่อตำแหน่งองค์ประกอบสูงขึ้นและที่เวลา $90 \mu s$ ขนาดแรงดันกลับมาสูงขึ้นโดยมีขนาดสูงสุดอยู่ประมาณองค์ประกอบที่ 22 เมื่อเปรียบเทียบขนาดแรงดันที่เกิดขึ้นกับขนาดแรงดันบนขดลวดดิสก์ ขนาดแรงดันสูงสุดบนขดลวดอินเตอร์ลิฟจะมีขนาดต่ำกว่าขดลวดแบบดิสก์ที่เวลา 1.2 และ $50 \mu s$ แต่ที่เวลา $90 \mu s$ ขนาดแรงดันสูงสุดบนขดลวดอินเตอร์ลิฟกลับมีขนาดที่สูงกว่าแรงดันบนขดลวดแบบดิสก์



รูปที่ 6.37 แรงดันในแต่ละองค์ประกอบที่เวลาต่างๆ
(แบบจำลองที่ 2)

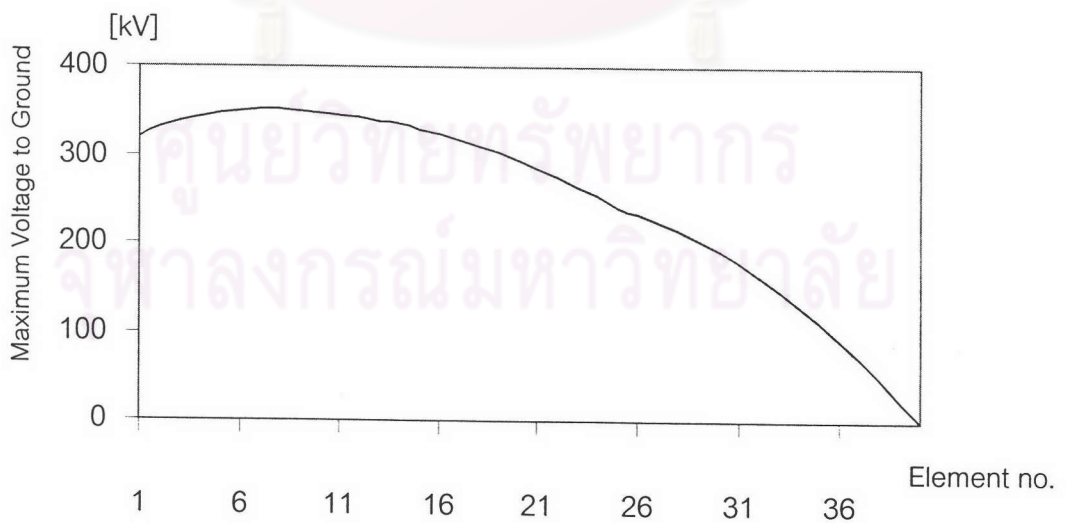
จากผลการจำลองการกระจายของแรงดันตามรูปที่ 6.37 ซึ่งเป็นผลจากแบบจำลองที่ 2 ของขดลวดอินเตอร์ลิฟ พบว่าขนาดของแรงดันที่เกิดขึ้นแต่ละองค์ประกอบที่เวลาต่างๆจะสลับขึ้น-ลงไม่คงที่และขนาดแรงดันจะลดขนาดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น แต่ขนาดแรงดันสูงสุดที่เกิดขึ้นบนขดลวดแบบอินเตอร์ลิฟจะสูงกว่าเมื่อเทียบกับแรงดันสูงสุดที่เกิดขึ้นบนขดลวดดิสก์ที่เวลาเดียวกัน



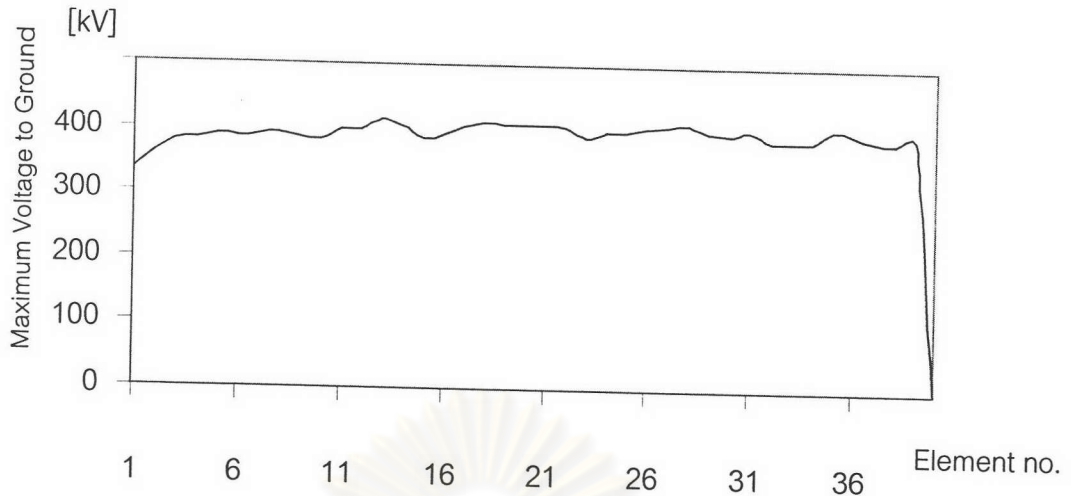
รูปที่ 6.38 แรงดันในแต่ละองค์ประกอบที่เวลาต่างๆ
(แบบจำลองที่ 3)

ส่วนผลการจำลองการกระจายของแรงดันตามรูปที่ 6.38 ซึ่งเป็นผลจากแบบจำลองที่ 3 พบว่าขนาดของแรงดันที่เกิดขึ้นแต่ละองค์ประกอบที่เวลาต่างๆมีแนวโน้มของการกระจายแรงดันเป็นเชิงเส้น โดยจะลดขนาดจากตำแหน่งของขดลวดองค์ประกอบแรกไปยังองค์ประกอบสุดท้ายและขนาดแรงดันแต่ละองค์ประกอบจะลดขนาดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

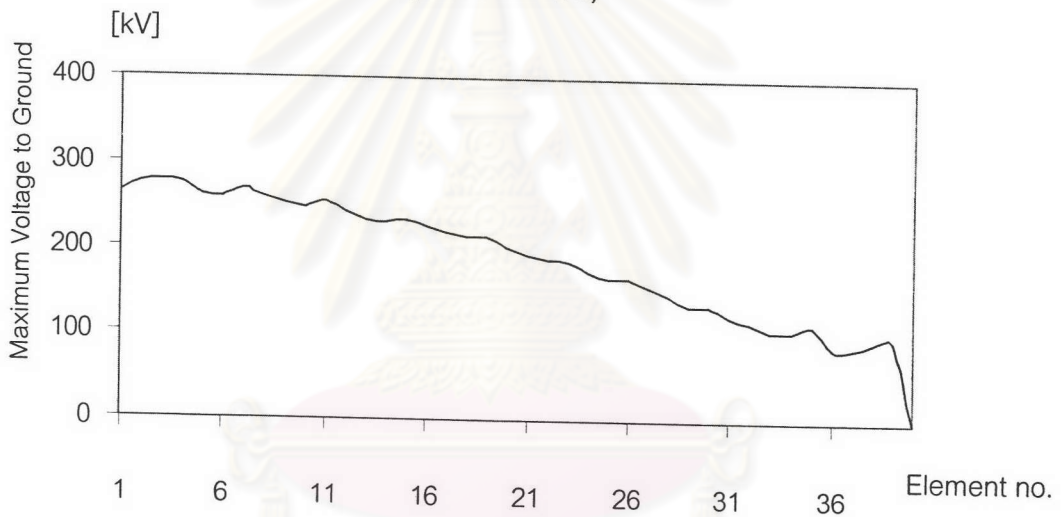
- การกระจายของแรงดันสูงสุดในแต่ละองค์ประกอบ



รูปที่ 6.39 แรงดันสูงสุดขององค์ประกอบต่างๆ
(แบบจำลองที่ 1)



รูปที่ 6.40 แรงดันสูงสุดขององค์ประกอบต่างๆ
(แบบจำลองที่ 2)



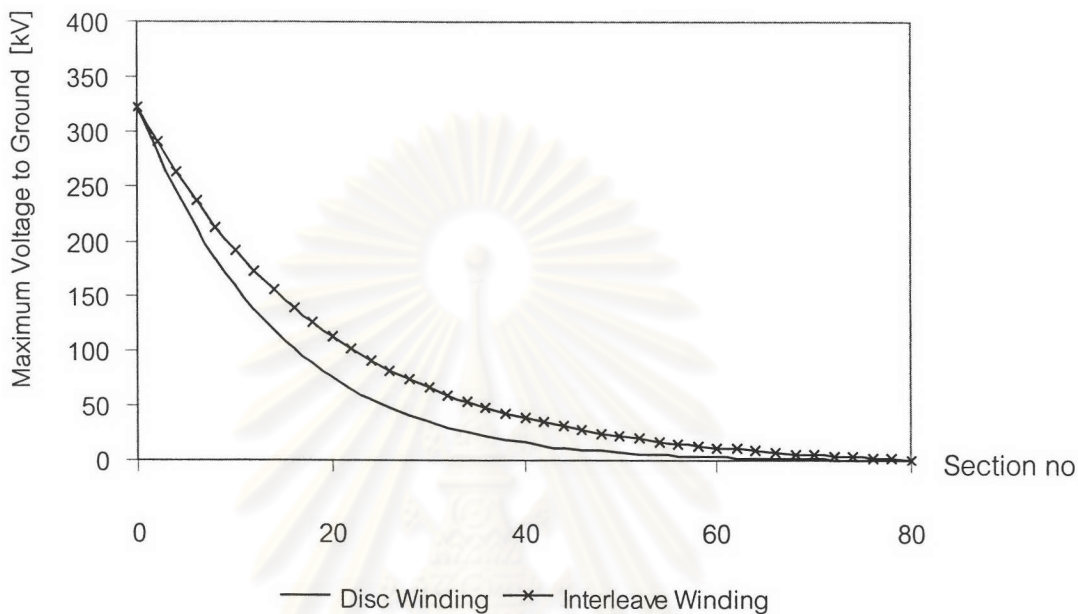
รูปที่ 6.41 แรงดันสูงสุดขององค์ประกอบต่างๆ
(แบบจำลองที่ 3)

จากรูปที่ 6.39 ถึง รูปที่ 6.41 เป็นผลการจำลองแรงดันสูงสุดของขดลวดแบบอินเตอร์ลีฟในแต่ละองค์ประกอบของขดลวดจากแบบจำลองทั้ง 3 แบบ สรุปได้ว่า

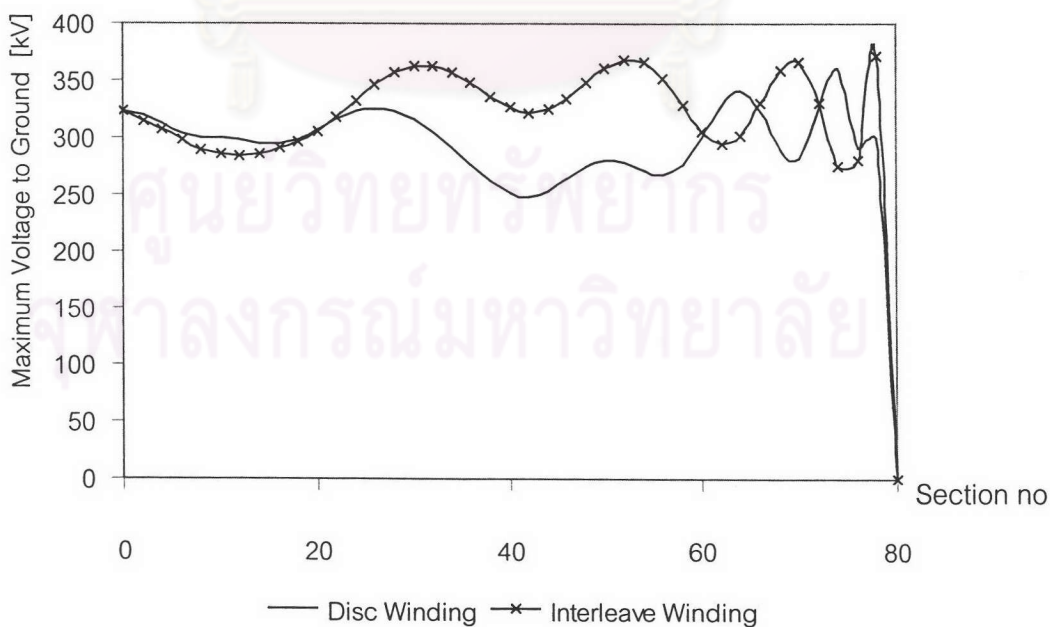
1. ขนาดแรงดันสูงสุดที่เกิดขึ้นบนขดลวดแต่ละองค์ประกอบของการจำลองด้วยแบบจำลองที่ 1 และแบบจำลองที่ 3 จะมีขนาดแรงดันสูงสุดอยู่บริเวณต้นๆของขดลวดและค่อยๆลดขนาดลงตามจำนวนองค์ประกอบที่สูงขึ้น
2. ขนาดแรงดันสูงสุดบนขดลวดจากการจำลองด้วยแบบจำลองที่ 2 ที่เกิดขึ้นแต่ละองค์ประกอบจะมีขนาดเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกันมากและขนาดจะไม่ลดลงตามจำนวนองค์ประกอบที่สูงขึ้น(บริเวณปลายขดลวดแรงดันยังสูงอยู่)

- เปรียบเทียบผลการกระจายแรงดันของขดลวด 2 ประเภท

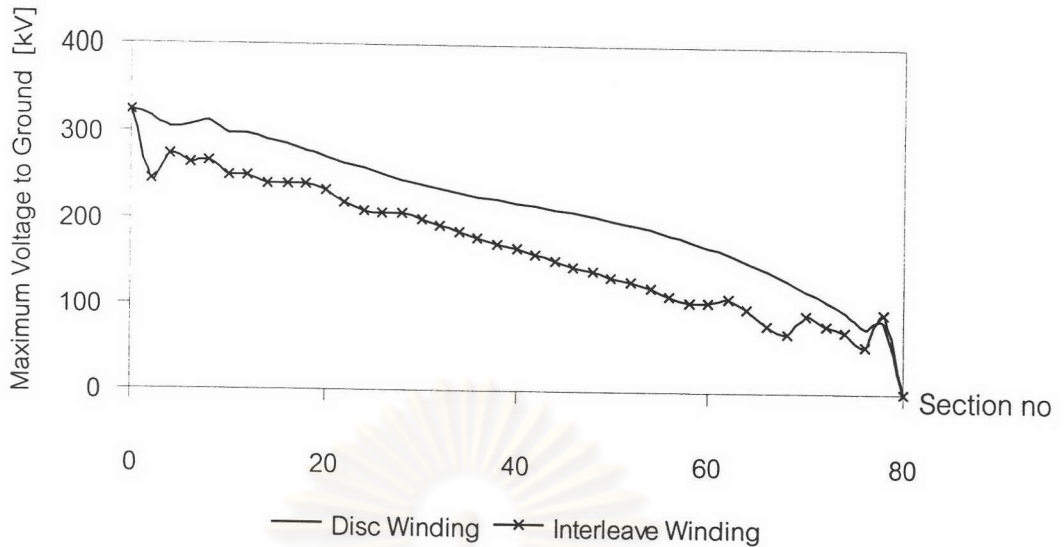
ในหัวข้อนี้เป็นการแสดงผลของการเปรียบเทียบแรงดันที่เกิดขึ้นบนขดลวดแบบดิสก์กับแรงดันที่เกิดขึ้นบนขดลวดแบบอินเตอร์ลีฟที่เวลาหน้าคลื่นของเสิร์จดังในรูปที่ 6.42 ถึงรูปที่ 6.44



รูปที่ 6.42 เปรียบเทียบแรงดันตำแหน่งต่างๆของขดลวด2ประเภท
(แบบจำลองที่ 1)



รูปที่ 6.43 เปรียบเทียบแรงดันตำแหน่งต่างๆของขดลวด2ประเภท
(แบบจำลองที่ 2)



รูปที่ 6.44 เปรียบเทียบแรงดันตำแหน่งต่างๆของขดลวด2ประเภท
(แบบจำลองที่ 3)

ผลการเปรียบเทียบแรงดันตำแหน่งต่างๆของขดลวด 2 ประเภท รูปที่ 6.42 ถึงรูปที่ 6.44 สรุปได้ว่า

1. การจำลองด้วยแบบจำลองที่ 1 ขนาดแรงดันที่ตำแหน่งต่างๆบนขดลวดอินเตอร์ลิฟจะสูงกว่าแรงดันที่เกิดขึ้นบนขดลวดดิสก์แต่ขนาดแรงดันที่ตำแหน่งต่างๆของขดลวดอินเตอร์ลิฟจะมีแรงดันกระจายสม่ำเสมอเป็นเชิงเส้นมากกว่าขดลวดแบบดิสก์กล่าวคือความแตกต่างของแรงดันระหว่างองค์ประกอบของขดลวดแบบอินเตอร์ลิฟจะต่ำกว่าขดลวดแบบดิสก์
2. การกระจายของแรงดันที่เกิดขึ้นบนขดลวดทั้งสองแบบจากการจำลองด้วยแบบจำลองที่ 2 เกิดออสซิลเลต แรงดันที่เกิดขึ้นแต่ละตำแหน่งเปลี่ยนแปลงขึ้นลงไม่สม่ำเสมอ
3. การกระจายของแรงดันจากแบบจำลองที่ 3 ของขดลวดทั้งสองแบบมีแนวโน้มเป็นเชิงเส้นแต่ขนาดแรงดันที่ตำแหน่งต่างๆของขดลวดดิสก์จะสูงกว่าแรงดันที่เกิดขึ้นบนขดลวดอินเตอร์ลิฟ

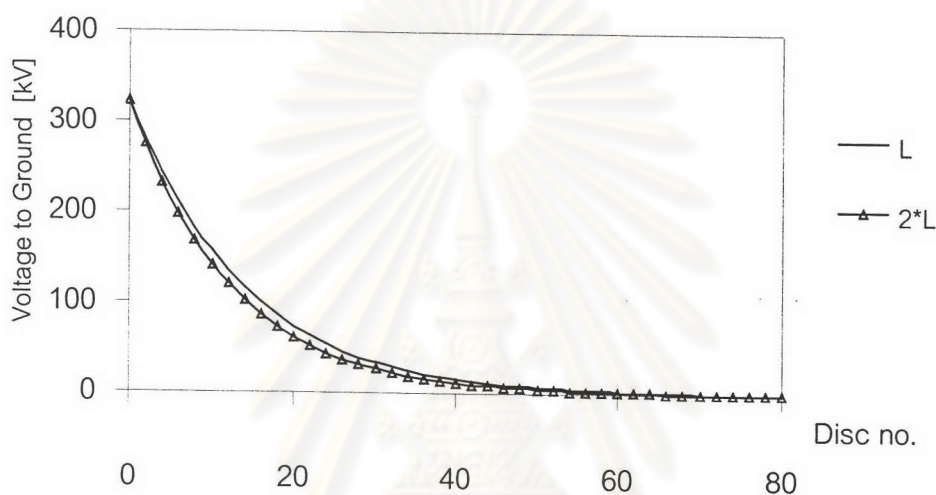
6.3.3 ผลของพารามิเตอร์ต่อการกระจายของแรงดัน

เพื่อศึกษาผลของพารามิเตอร์ของขดลวดหม้อแปลง ที่มีผลต่อการกระจายของแรงดันที่ตำแหน่งต่างๆ เมื่อหม้อแปลงได้แรงดันเสิร์จรูปคลื่นฟ้าผ่า โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองเป็นจำนวนเท่าของค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้ และเนื่องจากค่าความเหนี่ยวนำร่วมของขดลวดจะไม่แปรตามเป็นจำนวนเท่ากับค่าความเหนี่ยวนำตัวเอง รวมทั้งการออกแบบหม้อแปลงในทางปฏิบัติไม่สามารถออกแบบให้มีความเหนี่ยวนำร่วมมีขนาดเป็นจำนวนเท่าของค่าความเหนี่ยวนำตัวเองได้ ดังนั้นในที่นี้จะพิจารณาแบบจำลองเป็นแบบที่ 1 คือ ละเลยผลของความ-

เหนี่ยวนำร่วม ทำการปรับค่าความเหนี่ยวนำตัวเอง ความจุไฟฟ้าอนุกรม ความจุไฟฟ้าเทียบ-
กราวด์ แล้วเปรียบเทียบผลของการจำลองที่ได้จากการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ กับผลการจำลอง
โดยใช้ค่าพารามิเตอร์เดิมที่ได้จากการคำนวณ

6.3.3.1 กรณีปรับค่าความเหนี่ยวนำตัวเอง

เป็นการเปรียบเทียบแรงดันที่เกิดขึ้นบนขดลวดดีสก์ต่างๆ เมื่อเพิ่มค่าความเหนี่ยวนำตัว-
เองเป็น 2 เท่าของค่าความเหนี่ยวนำปกติ แสดงการกระจายแรงดันบนขดลวดในรูปที่ 6.45

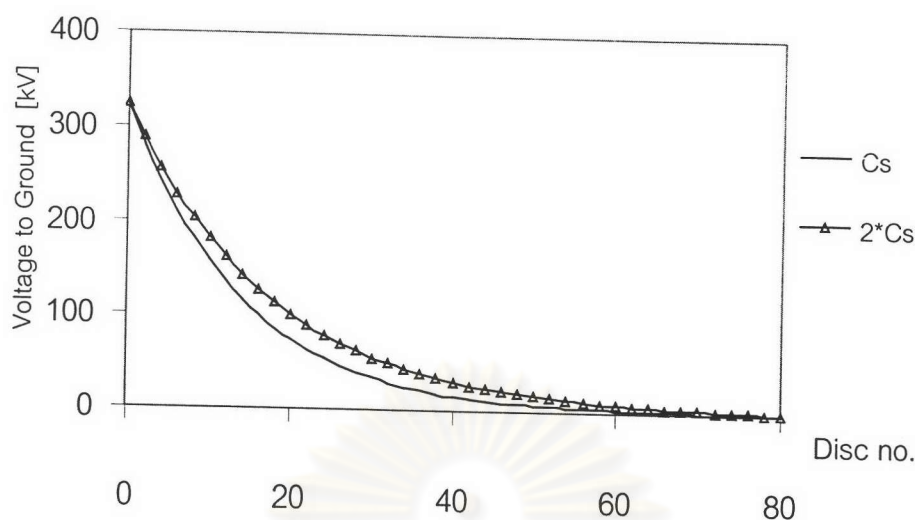


รูปที่ 6.45 เปรียบเทียบแรงดันเมื่อปรับค่าความเหนี่ยวนำเป็น 2 เท่า

จากผลการจำลองการกระจายแรงดันของขดลวดโดยการเพิ่มค่าพารามิเตอร์ความเหนี่ยวนำตัวเองเป็น 2 เท่าของค่าความเหนี่ยวนำตัวเองที่ได้จากการคำนวณลงในแบบจำลอง พบว่ากราฟแรงดันมีความชันมากขึ้นซึ่งในทางกายภาพจะมีความหมายว่า มีความแตกต่างระหว่างขดลวดมากขึ้น การกระจายของแรงดันไม่สม่ำเสมอมากขึ้นด้วย โดยเฉพาะบริเวณต้นๆของขดลวด (ดีสก์ต้นๆ) ทำให้ฉนวนบริเวณนี้มีโอกาสได้รับความเสียหายได้

6.3.3.2 กรณีปรับค่าความจุไฟฟ้าอนุกรม

เป็นการเปรียบเทียบแรงดันที่เกิดขึ้นบนขดลวดดีสก์ต่างๆ เมื่อเพิ่มค่าความจุไฟฟ้าอนุกรมเป็น 2 เท่าของค่าความจุไฟฟ้าอนุกรมปกติ แสดงการกระจายแรงดันบนขดลวดในรูปที่ 6.46



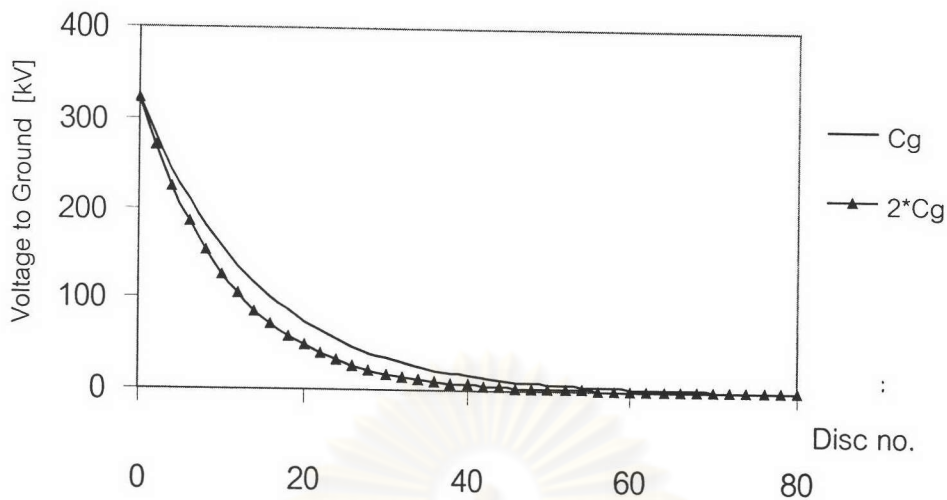
รูปที่ 6.46 เปรียบเทียบแรงดันเมื่อปรับค่าความจุไฟฟ้าอนุกรมเป็น 2 เท่า

จากผลการจำลองการกระจายแรงดันของขดลวดโดยการเพิ่มค่าพารามิเตอร์ความจุไฟฟ้าอนุกรมเป็น 2 เท่าของค่าความจุไฟฟ้าอนุกรมที่ได้จากการคำนวณลงในแบบจำลอง พบว่ากราฟการกระจายของแรงดันมีความชันลดลง การกระจายมีความเป็นเชิงเส้นมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากจำลองด้วยค่าพารามิเตอร์ปกติที่คำนวณได้ ในทางกายภาพการกระจายของแรงดันความชันลดลงจะมีความหมายว่ามีความแตกต่างของแรงดันระหว่างขดลวดลดลง การกระจายของแรงดันมีความสม่ำเสมอมากขึ้นโอกาสที่ฉนวนของขดลวดจะเสียหายลดน้อยลง

6.3.3.3 กรณีปรับค่าความจุไฟฟ้าเทียบกราวด์

เป็นการเปรียบเทียบแรงดันที่เกิดขึ้นบนขดลวดตีสก์ต่างๆ เมื่อเพิ่มค่าความจุไฟฟ้าเทียบกราวด์เป็น 2 เท่าของค่าความจุไฟฟ้าเทียบกราวด์ปกติ แสดงการกระจายแรงดันบนขดลวด ในรูปที่ 6.47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.47 เปรียบเทียบแรงดันเมื่อปรับค่าความจุไฟฟ้าเทียบกราวด์เป็น 2 เท่า

จากผลการจำลองการกระจายแรงดันของขดลวดโดยการเพิ่มค่าพารามิเตอร์ความจุไฟฟ้าเทียบกราวด์เป็น 2 เท่าของค่าความจุไฟฟ้าเทียบกราวด์ที่ได้จากการคำนวณลงในแบบจำลอง พบว่ากราฟการกระจายของแรงดันมีความชันเพิ่มขึ้น การกระจายมีความเป็นเชิงเส้นลดลงเมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากจำลองด้วยค่าพารามิเตอร์ปกติที่คำนวณได้ โดยในทางกายภาพการกระจายของแรงดันมีความชันเพิ่มขึ้นจะมีความหมายว่ามีความแตกต่างของแรงดันระหว่างขดลวดเพิ่มขึ้น การกระจายของแรงดันจะไม่มีควมสม่ำเสมอ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย