



การออกแบบอิเล็กทรอนิกส์
ELECTRODE DESIGN



ปฏิญานพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้

008489

ปริญญาโทปีการศึกษา 2534

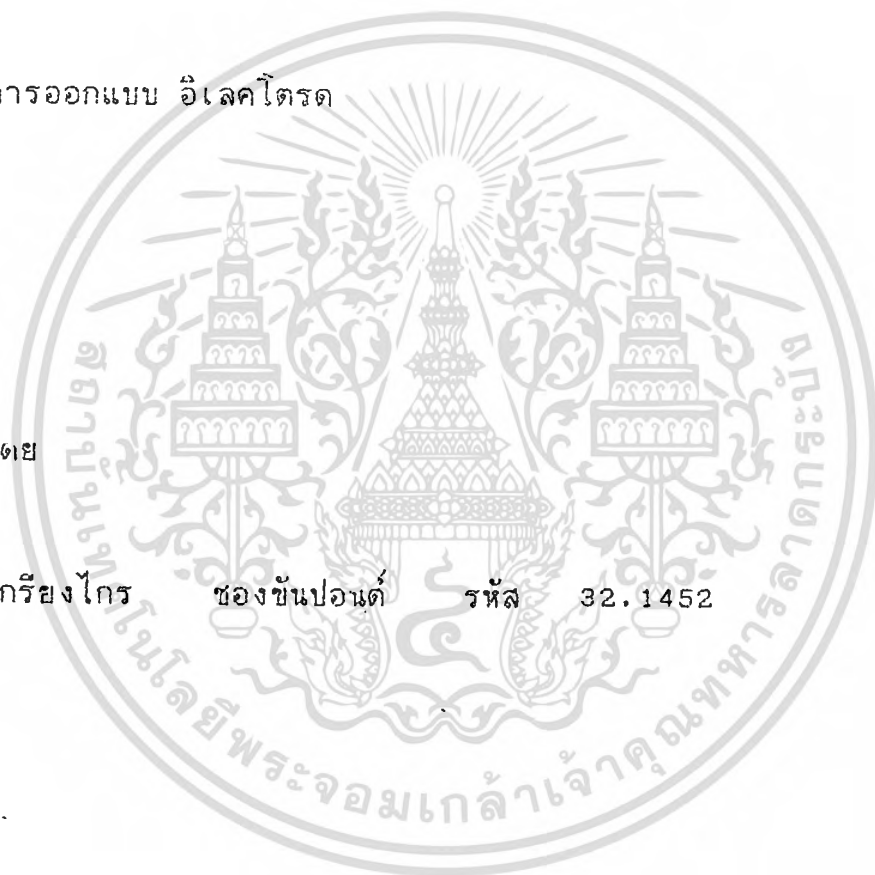
ภาควิชา ไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบ อิเล็กทรอนิกส์

จัดทำโดย

นาย เกรียงไกร ชองชั้นปอนด์ รหัส 32.1452



(...จรงค์...บุญเส็ง...) อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. จรงค์ บุญเส็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบ อิเล็กทรอนิกส์

นาย เกรียงไกร ขงขันปอนด์ รหัส 32.1452

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. จงรักษ์ บุญสิง

ปีการศึกษา 2534

บทคัดย่อ

อิเล็กทรอนิกส์แบบสนามไฟฟ้าสม่า เสมอนิยมใช้ทดสอบค่าคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าซึ่งจำเป็นในการวิจัยและทดสอบคุณสมบัติของฉนวนไฟฟ้า ในการออกแบบอิเล็กทรอนิกส์แบบสม่า เสมอเพื่อทดสอบเรื่องปรากฏการณ์เบรคดาวน์ในสนามไฟฟ้าสม่า เสมอ นั้นสามารถคำนวณสนามไฟฟ้าที่ป้อนให้กับฉนวนไฟฟ้า มีผลให้ สามารถคำนวณเงื่อนไขในการทดสอบเกี่ยวกับปรากฏการณ์เบรคดาวน์ในสนามไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบใหม่นี้มีความเหมาะสมมากกว่าอิเล็กทรอนิกส์แบบเก่า โดยการกำหนดความกว้างของระยะห่างระหว่างอิเล็กทรอนิกส์ และความสม่า เสมอเป็นเกณฑ์ โปรแกรมที่ใช้เขียนด้วยภาษาซี และ โปรแกรม Autocad เพื่ออำนวยความสะดวกให้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน และสุดท้ายจะเป็นผลการคำนวณสนามไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ซึ่งสามารถคำนวณพื้นที่ของสนามไฟฟ้าที่ต้องการ และนำไปพัฒนาเป็นรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่สมบูรณ์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRODE DESIGN

Mr. Kreingkri Chongkhanpond 32.1452

Advisor :

Mr. Jongrak Boonseng

Academic Year 1991

ABSTRACT

The most commonly used of uniform field electrodes for Dielectric strength tests, for many years, both in basic research and in technical investigations. In this thesis designed pair of uniform field electrodes allows one to study the Breakdown phenomenon in a Uniform and easily computed applied field, yielding a better control of the test condition for studies of Breakdown in weakly divergent field and other Field. A new kind of uniform field electrode which seems to be more suitable than the usual ones in regards the above criteria, is then present and procedure for the design of electrode of given gap and Uniform field area is fully described. The availability of the program, which is written in C language and AUTOCAD program was been used and comes complete with operating instructions on request to the author. Finally, the results obtained

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
computer program for the Automatic and uniform field area required has
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
been developed and is available on request.

สารบัญ

บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	ทฤษฎีเบื้องต้น	2
บทที่ 3	การออกแบบโปรแกรมและโฟลว์ชาร์ต	20
	- ขั้นตอนการออกแบบ	20
	- โฟลว์ชาร์ต	23
บทที่ 4	ผลการทดลอง	36
บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและวิจารณ์	76
	กิตติกรรมประกาศ	78
	หนังสืออ้างอิง	79
	ภาคผนวก	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในการสร้างอุปกรณ์ตัดต่อทางไฟฟ้าแรงสูงนั้นไม่ว่าจะเป็น สวิตช์เกียร์ หรือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ ส่วนที่สำคัญ คือ หน้าสัมผัสระหว่างขั้วของแรงดัน ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดคุณภาพของอุปกรณ์นั้น ๆ เนื่องจากที่ระดับแรงดันสูง ๆ การเกิด corona หรือ breakdown ระหว่างขั้วของแรงดัน จะไม่เกิดได้ง่าย ถ้าอิเล็กโตรดมีลักษณะที่ทำให้สนามไฟฟ้า กระจายไม่เท่ากัน ($\eta^* \ll 1$)

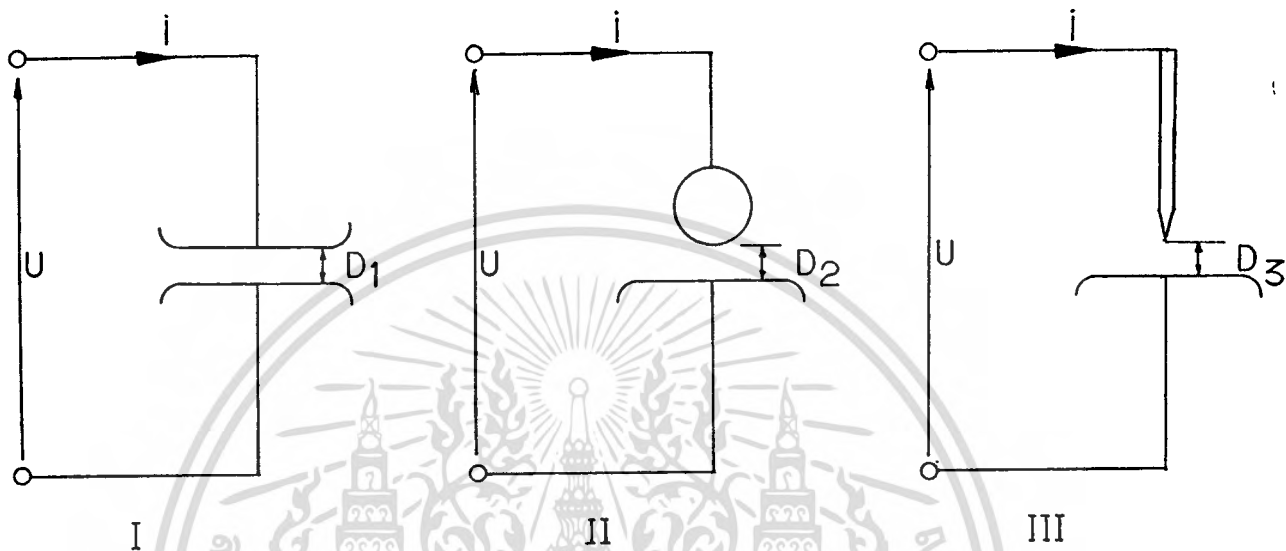
ซึ่งในโครงการนี้ ได้นำ คอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบขั้วอิเล็กโตรด ตั้งแต่ข้อมูลเบื้องต้น , คำนวณและ plot สนามไฟฟ้าทุก ๆ จุด แล้วสร้างเป็นรูป 3 มิติ ของอิเล็กโตรดแบบต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม ภาษาซี และ โปรแกรม AUTOCAD R. 10 ร่วมกัน , ซึ่งข้อมูลที่ได้ สามารถนำไปกัดขึ้นรูปจริงบนเครื่อง CNC ได้

เกรียงไกร ชองชั้นปอนด์

16 มีนาคม 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ELECTRODE แบบต่าง ๆ



รูปที่ 2.1 อิเล็กโทรดที่มีลักษณะสนามไฟฟ้าแบบต่าง ๆ กัน

- I) สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ (Uniform field)
- II) สนามไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย (Slightly nonuniform field)
- III) สนามไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอสูง (Highly nonuniform field)

ถ้าป้อนแรงดันให้กับอิเล็กโทรดลักษณะต่างๆที่วางในอากาศอังกรูป 2.1 จะพบว่าแรงดันที่ทำให้เกิดเบรคดาวนั้นจะไม่เท่ากัน ถึงแม้ว่าจะจัดระยะ d_1 , d_2 และ d_3 ให้เท่ากันก็ตาม ค่าแรงดันที่ทำให้เกิดเบรคดาวนั้นสามารถวัดได้ง่าย ฉนวนแต่ละชนิดจะมีค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้ามิใช่ตายตัวค่าใดค่าหนึ่ง ส่วนใหญ่จะเป็นค่าสถิติ หรือค่าโดยประมาณ มักกำหนดหรือระบุตัวค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด E_{max} ที่เกิดขึ้น ณ จุดใดจุดหนึ่งระหว่างอิเล็กโทรดในขณะที่เบรคดาวเริ่มเกิดขึ้น ซึ่งจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแฟคเตอร์ต่างๆหลายประการ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กโตรดสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ (1)

อิเล็กโตรดสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ หมายถึง อิเล็กโตรดที่มีสนามไฟฟ้าทุกๆจุดในช่องอิเล็กโตรดเท่ากัน ซึ่งคำนวณได้จากความสัมพันธ์

$$E_{max} = E = U/d \quad (2.1)$$

เมื่อ U คือ แรงดันที่ป้อนเข้าไประหว่างอิเล็กโตรด

d คือ ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด

E คือ ความเครียดสนามไฟฟ้า ณ. จุดใดๆ ระหว่างอิเล็กโตรด

E_{max} คือ ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด

นั่นหมายความว่า เมื่อป้อนแรงดันให้กับอิเล็กโตรดสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ จะเกิดเบรกดาวน์หรือสปาร์คทันทีที่ความเครียดสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโตรด (ซึ่งเท่ากันทุกจุด) ถึงค่าที่กำหนดค่าหนึ่งโดยประมาณและกระแสเพิ่มขึ้นอย่างมากในทันทีทันใด ค่ากระแสเบรกดาวน์นี้จะถูกจำกัดด้วยค่าอิมพีแดนซ์ของตัวจ่ายและวงจรภายนอกเท่านั้น ซึ่งก่อนจะเกิดเบรกดาวน์นั้นค่ากระแสจะวัดไม่ได้ดังรูป 2.2 (แบบ 1) และค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่เกิดจากแรงดันขณะจะเกิดเบรกดาวน์นี้ก็คือ ค่าความคงทนทางไฟฟ้าหรือความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของการฉนวนนั่นเอง ซึ่งคำนวณได้จาก

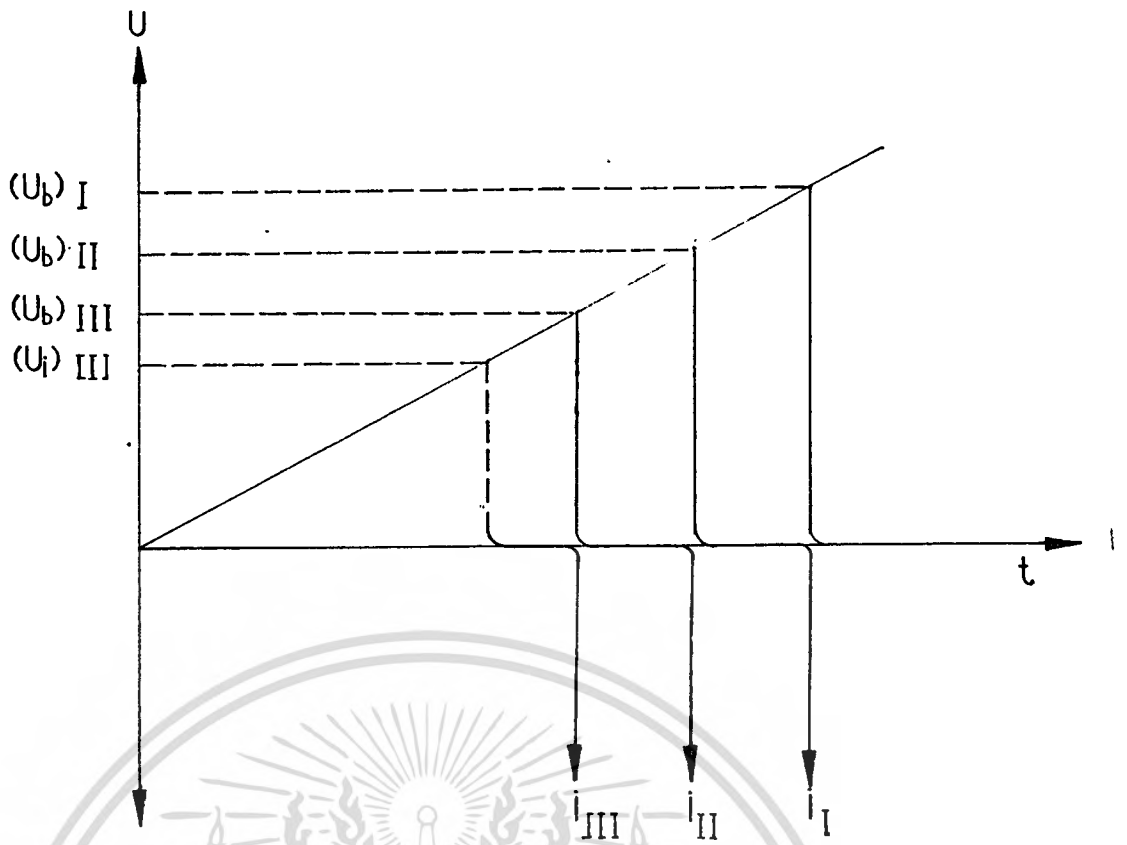
$$E_b = U_b/d \quad (2.2)$$

เมื่อ U_b คือ แรงดันที่ทำให้เกิดเบรกดาวน์ด้วยสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

E_b คือ ความเครียดสนามไฟฟ้าที่ทำให้เกิดเบรกดาวน์ ซึ่งเรียกว่าความคงทนทางไฟฟ้าของการฉนวน

อย่างไรก็ตาม E_b นี้ของไดอิเล็กตริกชนิดหนึ่งก็มีค่าไม่คงตัวเสมอไป เพราะขึ้นอยู่กับแฟคเตอร์ต่างๆ เช่น แม้แต่ความหนาหรือระยะห่าง d ที่ไม่เท่ากัน ค่า E_b ก็ไม่เท่ากัน ฉะนั้นในมาตรฐานที่กำหนดค่าความคงทนทางไฟฟ้าของฉนวนมักจะกำหนดความหนาของไดอิเล็กตริกไว้ด้วยเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.2 เปรียบเทียบแรงดันที่ทำให้เกิดเขรคววนในอิเล็กทริกตามลักษณะสนามไฟฟ้า
อิเล็กโตรดสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ (II, III)

อิเล็กโตรดแบบนี้ความเครียดสนามไฟฟ้าแต่ละจุดมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับตำแหน่งของจุดนั้น ความแตกต่างกัน ณ จุดต่างๆ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะแห่งเรขาคณิตของอิเล็กโตรดที่มีสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอมากหรือน้อย ดังเช่น อิเล็กโตรดในรูป 2.1 II) ถ้าเขียนเส้นสนามไฟฟ้าและเส้นศักย์เท่าๆ จะได้ดังในรูป 2.3 จะเห็นว่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดจะเกิดขึ้นที่ผิวของอิเล็กโตรดทรงกลม อาจคำนวณได้จากสมการ

$$E_{max} = U/d \cdot \eta^* \quad (2.3)$$

เมื่อ η^* คือ แฟคเตอร์สนามไฟฟ้า (field utilization factor) มีนิยามว่า

$$\eta^* = E_{av} / E_{max} \leq 1$$

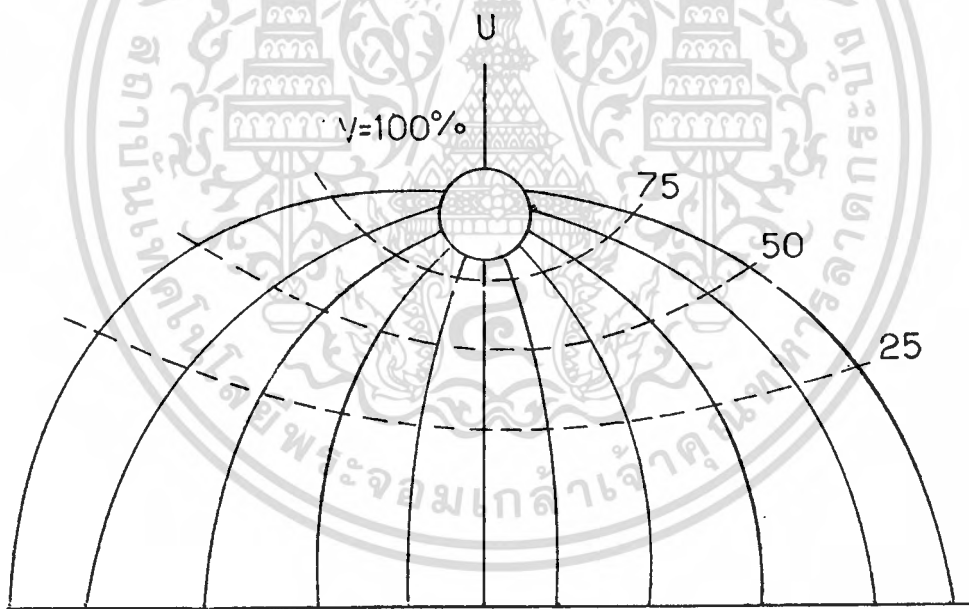
โดยที่ E_{av} คือค่าเฉลี่ยของสนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ U/d

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
จึงอาจกล่าวได้ว่า η^* ก็คือ ครรชนที่บอกให้ทราบว่าอิเล็กโตรดนั้น n มี
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงเชิงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอเล็กน้อยเพียงใด และโดยอาศัยแฟคเตอร์สนามไฟฟ้านี้เองจึงคำนวณหาความเครียดเบรคดาวน์ของฉนวนในสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอได้ คือ

$$E_b = U_b / d \cdot n^2 \quad (2.4)$$

สมการนี้ใช้ได้เฉพาะกรณีทีโอเลคโตรดมีสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย หรือใช้กับกรณีที่ไม่มีโคโรนาหรือพรีดีสชาร์จ (predischarge) เกิดก่อนเบรคดาวน์ ดังอิลเลคโตรดรูป 2.1 II กล่าวคือ ก่อนเกิดเบรคดาวน์จะไม่ปรากฏว่ามีกระแสไหลระหว่างอิลเลคโตรดเลย และลักษณะสนามไฟฟ้าจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง จะเกิดเบรคดาวน์ทันทีที่ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงถึงค่าหนึ่ง คือ ค่าสนามไฟฟ้าวิกฤติ E_b



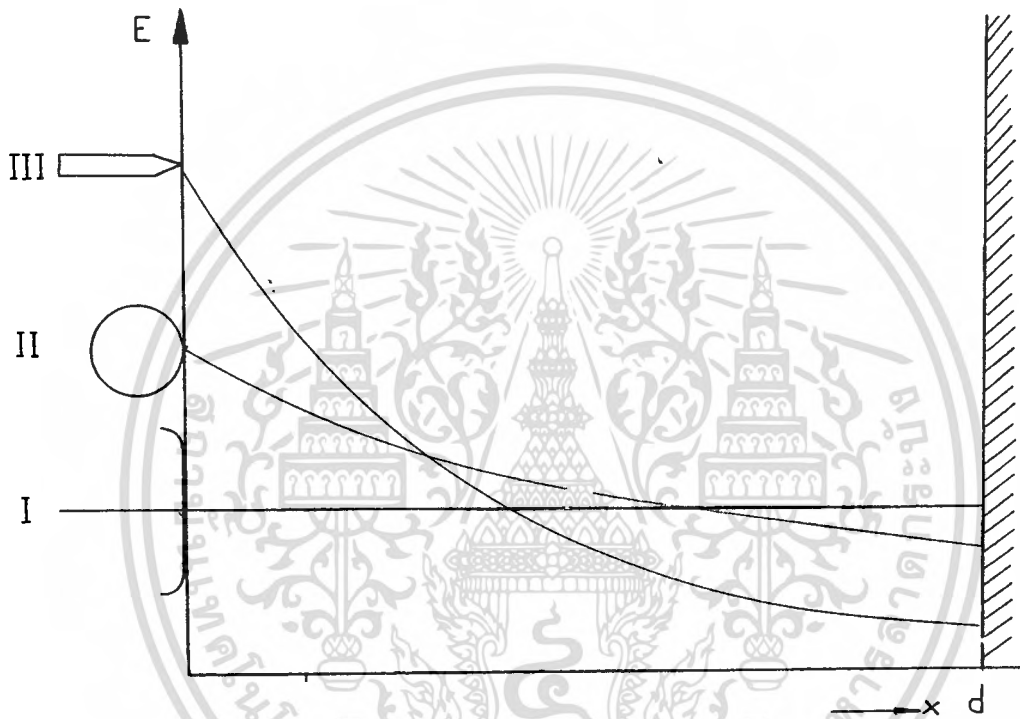
รูป 2.3 สนามไฟฟ้าและเส้นศักย์เท่า

————— เส้นสนามไฟฟ้า

----- เส้นศักย์เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่อิลেকโตรดมีสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง (highly nonuniform field) ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงจะอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับผิวอิลেকโตรดที่มีพื้นผิวน้อยที่สุด เช่น ปลายแหลมดังในรูป 2.1 III เมื่อ ระยะห่างออกไปจากผิวอิลেকโตรดค่าความเครียดสนามไฟฟ้าจะลดลงอย่างรวดเร็วดังในรูป 2.4 อิลেকโตรดแบบนี้ถึงแม้ว่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดจะมีค่าถึงค่าวิกฤตแล้วก็ตาม จะไม่เกิดเบรคดาวน์แต่จะเกิดโคโรนา หรือ ฟริตติสชาร์จ์ขึ้น



รูป 2.4 เปรียบเทียบสนามไฟฟ้าของอิลেকโตรดลักษณะต่างๆ

ในบริเวณใกล้ๆ ผิวอิลেকโตรด คือ บริเวณที่มีความเครียดไฟฟ้าสูงสุด ส่วนบริเวณอื่นๆ ยังมีความเครียดสนามไฟฟ้าต่ำจะไม่เกิดโคโรนา ฉะนั้นในช่องว่างระหว่างอิลেকโตรดจะเกิดดิสชาร์จ์ที่ไม่สมบูรณ์ (คือ ไม่ตลอดแนวระหว่างอิลেকโตรด) เรียกว่า ดิสชาร์จ์บางส่วน (partial discharge) ปรากฏการณ์นี้อาจเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องหรือเป็นช่วงๆ จึงทำให้มีกระแสไหลในวงจรที่ป้อนแรงดันให้กับอิลেকโตรด กระแสนี้จะเกิดขึ้นและวัดได้ก่อนเกิดเบรคดาวน์เรียกว่า กระแสโคโรนา (corona current) หรือ กระแสฟริตติสชาร์จ์ ดังในรูป 2.2 แบบ III การเกิดโคโรนาจึงทำให้สนามไฟฟ้าแห่ง

เรขาคณิตเปลี่ยนไป เพราะมีประจุค้าง (space charge) แต่ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดยังคำนวณได้จากสมการ (2.3) แต่ η^* จะเปลี่ยนไป ดังนั้น ค่าความเครียดเบรคดาวน์ของการฉนวนจะคำนวณจากสมการ (2.4) ไม่ได้ อย่างไรก็ตามสมการ (2.4) นี้อาจใช้คำนวณหาความเครียดสนามไฟฟ้าที่แรงดันโคโรนาเริ่มเกิดได้ เพราะสนามไฟฟ้าแห่งเรขาคณิตยังไม่เปลี่ยนแปลง นั่นคือ

$$E_1 = U_1 / d \cdot \eta^* \quad (2.5)$$

เมื่อ E_1 คือ ความเครียดสนามไฟฟ้าโคโรนาเริ่มเกิด

U_1 คือ แรงดันป้อนที่โคโรนาเริ่มเกิด (corona inception)

โดยที่ E_1 และ U_1 เป็นค่าความเครียดสนามไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่โคโรนาเริ่มเกิด ฉะนั้นสมการ (2.5) จึงใช้ได้เฉพาะกรณีที่ไม่มีประจุหมอกระหว่างอิเล็กโตรด (free of space charge) หรือกล่าวง่าย ๆ ก็คือ สมการ (2.5) นี้ใช้สำหรับคำนวณหาความเครียดสนามไฟฟ้าหรือแรงดันเริ่มต้น (starting voltage*, threshold voltage, inception voltage) ซึ่งหมายถึง แรงดันที่ทำให้เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงในช่องระหว่างอิเล็กโตรด อาจจะเป็นเบรคดาวน์ (ในกรณีที่อิเล็กโตรดเป็นแบบสม่ำเสมอ หรือไม่สม่ำเสมอเพียงเล็กน้อย) หรือเป็นแรงดันที่โคโรนาเริ่มเกิด (ในกรณีที่อิเล็กโตรดเป็นแบบสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง ค่าแรงดันเบรคดาวน์จะมีค่าสูงกว่าค่าแรงดันเริ่มต้น) ค่าแรงดันเริ่มต้นจึงอาจเขียนในรูปสมการทั่วไปได้ว่า

$$U_1 = E_1 \cdot d / \eta^* \quad (2.6)$$

เมื่อ U_1 คือ แรงดันเริ่มต้น

E_1 คือ ความเครียดสนามไฟฟ้าที่เกิดจากแรงดันเริ่มต้น U_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีอิเล็กโตรดสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ หรือสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย ค่า U_2 คือ U_1 และ E_2 คือ E_1 ถ้าเป็นอิเล็กโตรดสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง $U_2 > U_1$ ค่าแรงดันเบรคดาวน์นี้ไม่อาจจะคำนวณได้ง่ายๆ ทั้งนี้เพราะไม่ทราบถึง การกระจายของประจุหมอกว่าเป็นอย่างไร ฉะนั้นการคำนวณความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้า ของการฉนวนที่อิเล็กโตรดสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง มักจะกำหนดด้วยค่าแรงดันเริ่มต้นหรือความเครียดสนามไฟฟ้าเริ่มต้น เป็นตัวบอกถึงค่าความคงทนการฉนวนต่อแรงดันไฟฟ้า อย่างไรก็ตามความคงทนการฉนวนต่อแรงดันไฟฟ้านั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับลักษณะ แห่งเรขาคณิตของอิเล็กโตรด เช่น ระยะห่างของอิเล็กโตรด , รัศมีความโค้งของอิเล็กโตรด , ลักษณะพื้นผิวของอิเล็กโตรด แล้วยังขึ้นอยู่กับแฟคเตอร์อื่นๆอีกหลายประการ

2. ขอบอิเล็กโตรดแผ่นระนาบเส้นสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

ตามนิยามของความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวนนั้น เป็นค่าความเครียดสนามไฟฟ้าแบบสม่ำเสมอสูงสุดที่ฉนวนนั้นทนได้ ฉะนั้นการทดลองหาความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของฉนวน จำเป็นต้องใช้อิเล็กโตรดที่สร้างสนามไฟฟ้าสม่ำเสมออย่างแท้จริง นั่นคือสนามไฟฟ้าในปริมาตรระหว่างอิเล็กโตรดนั้นจะต้องเท่ากันทุกจุด ดังเช่น อิเล็กโตรดแผ่นระนาบขนานของแคปาซิเตอร์ ความเครียดสนามไฟฟ้านอกปริมาตรนี้แล้วจะต้องมีค่าน้อยกว่า มิฉะนั้นจะทำให้เกิดเบรคดาวน์ของฉนวนขึ้นในบริเวณที่ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงขึ้น ดังนั้นจะใช้อิเล็กโตรดแผ่นระนาบธรรมดา โดยที่ไม่มีการทำขอบพิเศษมาวางขนานกันเท่านั้นไม่พอ เพราะความเครียดสนามไฟฟ้าที่ขอบระนาบนั้นจะมีค่าสูงกว่าในบริเวณภายในระหว่างอิเล็กโตรด

ในทางภาคปฏิบัติจะได้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอจากอิเล็กโตรดแผ่นระนาบที่ทำโค้งแบบ Rogowski profile ขอบโค้งอิเล็กโตรดนี้หาได้โดยอาศัยการวิเคราะห์หาแนวเส้น ศักย์ไฟฟ้าเท่า (equipotential line) ตามวิธีคอนฟอร์มัลแมปปิง (conformal mapping)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2.1 เทคนิคคอนฟอร์มัลแมปปีง

โดยทั่วไปในระบบขั้วเลขโคจรดิมจะกำหนดขั้วเลขไฟฟ้าที่ขอบเขตให้ แล้วหาการกระจายของศักย์ไฟฟ้าและสนามไฟฟ้าระหว่อกับขั้วเลขโคจรดิมนั้น วิธีหาด้วยการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับหาสนามไฟฟ้าบนพื้นระนาบทั้งหลาย ซึ่งหมายถึงสนามไฟฟ้าสองมิติ ก็คือวิธีคอนฟอร์มัลแมปปีง ของ Cauchy และ Riemann

การทำขั้วเลขโคจรดิมให้ระนาบตัดตามแนวเส้นขั้วเลขไฟฟ้าเท่า โดยการวิเคราะห์ฟังก์ชันที่สามารถดิฟเฟอเรนเชียลคือ $z = f(w)$ ซึ่งมีตัวแปรคอมเพล็กซ์ z ทุกๆค่าของ $z = x+jy$ จะกำหนดค่าคอมเพล็กซ์ของ $w = u+jv$ อันเป็นการแมปปีงระนาบคอมเพล็กซ์จากระนาบ z ไปสู่ระนาบ w ในลักษณะเดียวกันก็อาจจะแมปปีงกลับจากฟังก์ชัน $z = f(w)$ ในระนาบ w ไปสู่ระนาบ z ได้ ดังนั้นสนามไฟฟ้าที่ไม่สม่ำเสมอในระนาบ z เมื่อวิเคราะห์แล้วจะได้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอในระนาบ w การวิเคราะห์ฟังก์ชัน $w = f(z)$ ซึ่งเป็นคอมเพล็กซ์ฟังก์ชันที่สอดคล้องกับสมการดิฟเฟอเรนเชียลของ Cauchy - Riemann เมื่อ

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}, \quad \frac{\partial v}{\partial x} = -\frac{\partial u}{\partial y} \quad (2.7)$$

ฉะนั้นถ้าดิฟเฟอเรนเชียลสองครั้งจาก $w = u+jv = f(x+jy)$ โดยใช้สมการ (2.7) จะได้

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = f(x+jy) - f(x+jy) = 0 \quad \text{คือ} \quad \Delta u = 0 \quad (2.8)$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = -f(x+jy) + jf(x+jy) = 0 \quad \text{คือ} \quad \Delta v = 0 \quad (2.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่นี้เส้น u จะตั้งฉากกับเส้น v จึงสามารถให้เส้นกราฟคงตัว u เป็นสนามไฟฟ้าและจะได้เส้นกราฟคงตัว v เป็นเส้นศักย์ไฟฟ้าเท่าหรือกลับกัน ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าทุกคอมเพล็กซ์ฟังก์ชัน $w = f(x+jy) = (u+jv)$ เป็นผลเฉลย (solution) ของสมการศักย์ไฟฟ้าสองมิติ

2.2 การคำนวณหาความเครียดสนามไฟฟ้า

เทคนิคของคอนฟอร์มัลแมปปิงสามารถใช้คำนวณหาความเครียดสนามไฟฟ้าของอิเล็กโตรดที่มีลักษณะยุ่งยากในระนาบ z ไปสู่อิเล็กโตรดที่มีลักษณะง่าย ๆ ในระนาบ w ได้ ในระบบ v/u สามารถหาความเครียดสนามไฟฟ้าของจุดใด ๆ ได้โดยใช้สมการดังต่อไปนี้ คือ

แบบที่ 1 ความเครียดสนามไฟฟ้าคอมเพล็กซ์ $\{ v = f(x,y) , u = f(x,y) \}$

$$E_z = E_x + jE_y = -\text{grad } v = - \left(\frac{\partial v}{\partial x} + j \frac{\partial v}{\partial y} \right) \quad (2.10)$$

สมการแบบที่ 1 นี้ จะต้องตีเฟอเรนเชียลจาก $v(x,y)$ เทียบกับ x และ y นั่นคือจะต้องทราบค่า $v = f(x,y)$

แบบที่ 2 คอนจูเกตสนามไฟฟ้าคอมเพล็กซ์

แบบนี้จะต้องทราบฟังก์ชัน $w = f(z)$ เพราะคำนวณหาคอนจูเกตสนามไฟฟ้าคอมเพล็กซ์ E_z^* จากตีเฟอเรนเชียลทั้งหมด dw/dz อาศัยสมการตีเฟอเรนเชียลของ Cauchy-Riemann จะได้

$$E_z^* = - \frac{\partial v}{\partial w} + j \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{\partial u}{\partial y} + j \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{\partial w}{\partial y} = j \frac{dw}{dz}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E_z^* = E_x - jE_y = \frac{jdw}{dz} = \frac{1}{dw} \quad (2.11)$$

ขนาดของสนามไฟฟ้าของสมการแบบที่ 1 และ 2 คือ

$$|E_z| = |E_z^*| = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} \quad (2.12)$$

แบบที่ 3 สมการแบบที่ 3 เมื่อทราบค่า $x = f(u, v)$ และ $y = f(u, v)$

$$|E_z| = |E_z^*| = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial v}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial v}\right)^2}} \quad (2.13)$$

โดยที่ค่า u และ v ไม่มีหน่วย ดังนั้นถ้าต้องการหาค่าสัมบูรณ์เป็นค่าความเคียดสนามไฟฟ้า จะได้จากสมการ

$$E_z \{kV/cm\} = E_z^* \cdot E_w \{kV/cm\} \quad (2.14)$$

เมื่อ $|E_w| = \frac{U}{V_1 - V_2}$

โดยที่ U คือ แรงดันที่ป้อนระหว่างอิเล็กโทรดที่มี V_1 กับ V_2 เป็นขอบเขตของอิเล็กโทรดรูปร่างใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ฟังก์ชันของแมกซ์เวลล์ (Maxwell's function)

ฟังก์ชันของแมกซ์เวลล์ เป็นฟังก์ชันหนึ่งที่ใช้ในการแมปปีงสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นระนาบ ในระนาบ z คือ

$$z = \frac{d}{\pi} (w + 1 + e^w) \quad (2.15)$$

โดยที่ d คือ ระยะห่างระหว่างแผ่นระนาบ

π คือ สเกลแฟคเตอร์

เมื่อเทียบค่าจริงและค่าจินตภาพจะได้

$$x = \frac{d}{\pi} (u + 1 + e^u \cos v) \quad (2.16)$$

$$y = \frac{d}{\pi} (v + e^u \sin v) \quad (2.17)$$

นั่นคือ $x = f(u, v)$ และ $y = f(u, v)$ โดยที่ u และ v เป็นพารามิเตอร์ ในระบบ v/u ทำแมปปีงจาก $v_1 = 0$ และ $v_2 = \pi$ ซึ่งเป็นขอบเขตของสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอในระนาบ w โดยมี v เป็นเส้นศักย์ไฟฟ้าเท่า ฉะนั้นจะได้แมปปีงสนามไฟฟ้าในระนาบ z จากค่า $v_1 \leq v \leq v_2$ ในระนาบ w คือ

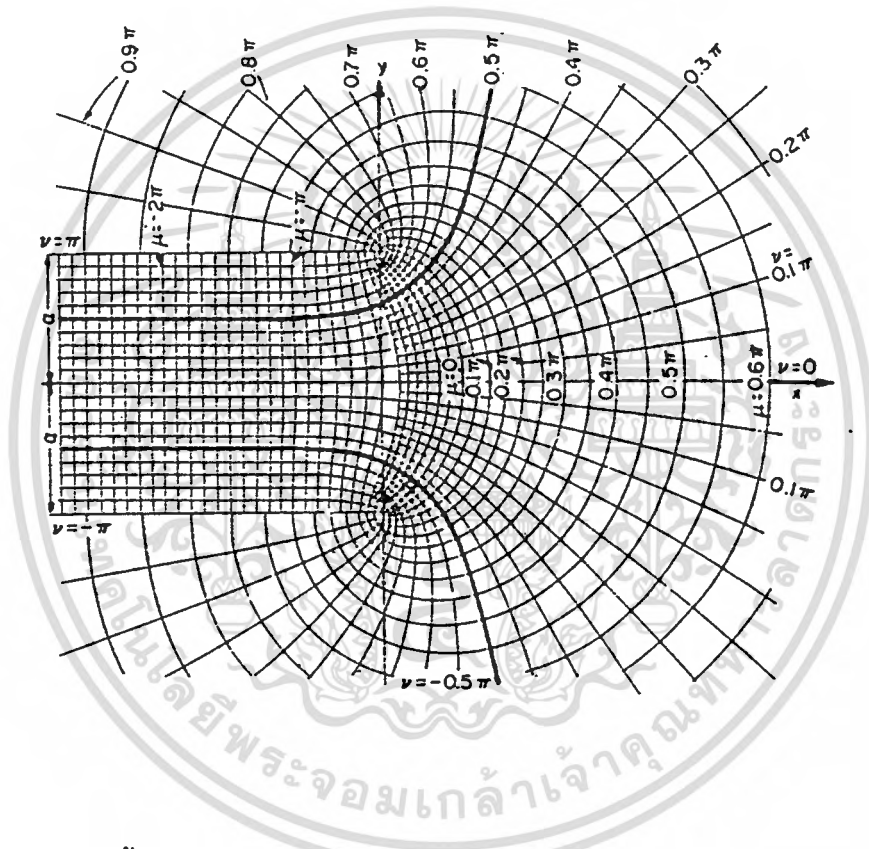
$$v_1 = 0 \quad x = \frac{d}{\pi} (u + 1 + e^u), \quad y = 0$$

$$v_2 = \pi \quad x = \frac{d}{\pi} (u + 1 - e^u), \quad y = d$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$x \leq 0 \text{ สำหรับ } v = \pi$$

ดังนั้นเส้นตรง $v_{1,1} = \pi$, $- < u < +$ ในระนาบ w จะพับครึ่งกลับที่ $y = d$, $x \leq 0$ ในระนาบ z ส่วนเส้นตรง v คงตัวอื่น ๆ จะได้เส้นศักย์ไฟฟ้าดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แมปปีงสนามไฟฟ้าระหว่างระนาบ โดยใช้ Maxwell' statement

ในระนาบ z ความเครียดสนามไฟฟ้าอาจคำนวณได้จากสมการแมปปีงแบบที่ 3

$$E_z = \frac{1}{d \sqrt{1 + e^{2u} + 2e^u \cos v}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าป้อนแรงดัน U ที่ v_{11} ซึ่งจะได้ค่า $E_w = \frac{U}{r}$

จาก $E_z \{kV/cm\} = E_z \cdot E_w \{kV/cm\}$

ฉะนั้น $E_z \{kV/cm\} = \frac{1}{d \sqrt{1 + e^{2u} + 2e^u \cos v}}$

วิเคราะห์สนามไฟฟ้า

1) $0 \leq v \leq \pi$ และ $u \leq -3$

จะได้ $1 \geq \cos v \geq -1$ และ $e^{2u} \approx 0$
 $e^u \approx 0$

$E_z \{kV/cm\} \approx \frac{U}{d} E_{u \approx -3}$

สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ

2) ความเครียดสนามไฟฟ้าที่ริมขอบ

$u = 0, v_{11} = \pi$

$\sqrt{1 + e^{2u} + 2e^u \cos v} = 0$

ฉะนั้น $E_z \rightarrow \infty$

4. อิลคโตรดระนาบของโรกอฟสกี (Rogowski profile)

อิลคโตรดระนาบของโรกอฟสกี เป็นอิลคโตรดมีขอบตามแนวเส้นค้ำยันไฟฟ้าเท่า
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญวาทไหนไปใช้ประโยชน์ดานการคา
 ที่ทำให้สนามไฟฟ้านอกแผ่นระนาบมีค่าน้อยกว่าค่าสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอระหว่างภายในอิลคโตรด

จากสมการ

$$|E_z|_{\text{dipole}} = \frac{\pi}{d \sqrt{1 + e^{2u} + 2e^u \cos v}}$$

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นได้ว่าสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอจะอยู่ในย่าน $u \leq -5$

ดังนั้น

$$|E_z|_{\text{dipole}} = \frac{\pi}{d} \frac{1}{\sqrt{1 + e^{2u} + 2e^u \cos v}}$$

อิเล็กโตรดระยะห่างที่ให้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอจะต้องได้ตามเงื่อนไข

$$|E_z|_{\text{dipole}} \leq 1$$

$$|E_z|_{\text{uniform}}$$

นั่นคือ

$$0 < v \leq \pi/2$$

โรกลอพลัสก็ได้อาจแสดงให้เห็นว่าตามแนวเส้นศักย์ไฟฟ้าเท่าที่ $0 < v \leq \pi/2$ จะมีความเครียดสนามไฟฟ้าในระนาบ z แบบสม่ำเสมอ

ฉะนั้นอิเล็กโตรดระยะห่างของโรกลอพลัสคือ อิเล็กโตรดที่มีขอบริมตามแนวเส้นศักย์ไฟฟ้าเท่าที่ $v = \pi/2$ คือ

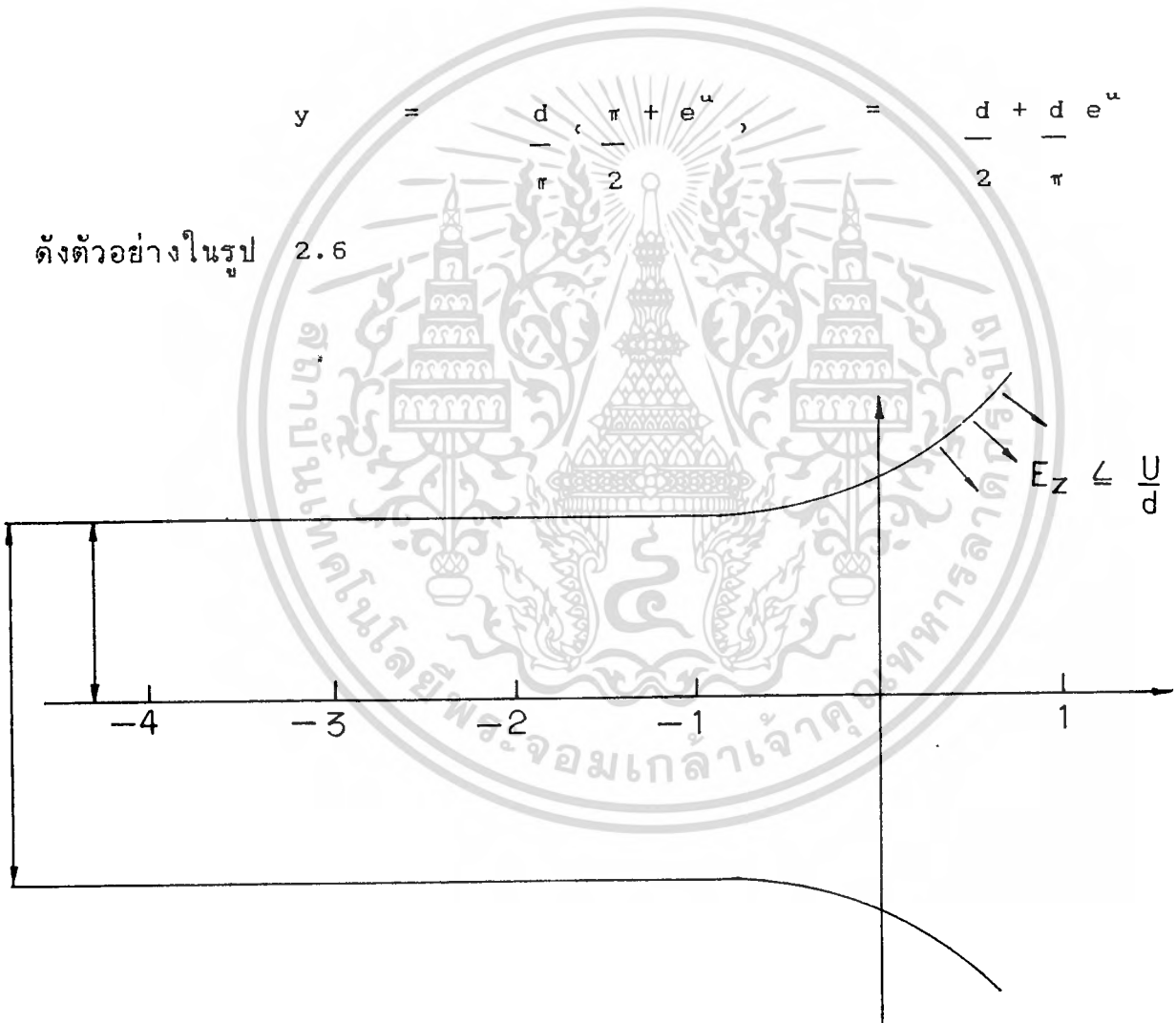
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่วนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปดหรือทำซ้ำอย่างอื่นของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเค้นตensionไฟฟ้า E_z รวมซึ่งที่ริมของขบขจะมีค่าลดลงเมื่อ u เพิ่มขึ้น และนั้น
 ขอบของอิเล็กโตรดของโรกอฟสกีจะหาได้จากค่าโคออร์ดิเนท ($v = \pi/2$) ซึ่งคำนวณ
 หาได้ง่ายจาก

$$x = \frac{d(u+1)}{\pi}$$

$$y = \frac{d}{\pi} \left(\frac{\pi + e^u}{2} \right) = \frac{d}{2} + \frac{d}{\pi} e^u$$

ตั้งตัวอย่างในรูป 2.6



รูปที่ 2.6 ขอบอิเล็กโตรดโรกอฟสกี
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูป 2.6 จะเห็นได้ว่าแกน x เป็นเส้นสมมาตรของแผ่นระนาบขนานกันสองแผ่น การทำอิเล็กโตรดแผ่นให้ได้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ ทำได้โดยหมุนรอบแกนในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ ($v < 5$, $x < -1.3$)

5. เบรคดาวน์ในสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ (Breakdown in nonuniform field)

ในแถบที่มีแฟคเตอร์สนามไฟฟ้า (field utilization factor $\eta^* = E_{\text{avg}}/E_{\text{max}}$) มากกว่า 20 % ขึ้นไป การเกิดเบรคดาวน์ในอากาศจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับที่เกิดในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ แต่ถ้าสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอมากกว่านี้ ($\eta^* < 20\%$) จะมีปรากฏการณ์แตกต่างไปจาก สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอเกิดขึ้นจะมีโคโรนาเกิดขึ้นในบริเวณที่มีความเครียดสนามไฟฟ้าสูง และเกิดขึ้นที่แรงดันต่ำกว่าแรงดันเบรคดาวน์ โคโรนานี้ อาจคงสภาพอยู่ได้ในบางจุดโดยไม่เกิดเบรคดาวน์ จากการวิจัยลักษณะเบรคดาวน์ในสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอของก๊าซ SF₆ ที่ความดันตั้งแต่ 0.2 บาร์ ถึง 6 บาร์ จะพบว่า ในสนามไฟฟ้าทุกรูปแบบทุกความดันก๊าซ ถ้าแฟคเตอร์สนามไฟฟ้ามีค่ามากกว่า 40 % ($\eta^* \geq 40\%$) โคโรนาจะไม่เกิดขึ้นก่อนเบรคดาวน์คือ จะเกิดเบรคดาวน์โดยตรง

จากรูป 2.4 จะเห็นได้ว่าสนามไฟฟ้าของอิเล็กโตรดที่มี η^* ยิ่งต่ำความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max}) ที่ผิวอิเล็กโตรดรัศมีน้อยจะยิ่งมีค่ามาก และความเครียดสนามจะลดลงอย่างรวดเร็ว ฉะนั้น ไอออนในเซชันจะเกิดได้เฉพาะบริเวณผิวอิเล็กโตรดที่มีความเครียดสนามไฟฟ้าสูงเท่านั้น ที่ระยะห่างออกไปความเครียดสนามไฟฟ้าต่ำเกินไปที่จะเกิดไอออนเซชัน จึงไม่อาจเกิดเบรคดาวน์ได้ ฉะนั้นจะมีโคโรนาเกิดขึ้นที่บริเวณผิวอิเล็กโตรดที่มีรัศมีเล็กก่อนที่เกิดเบรคดาวน์ และจัดเป็นเบรคดาวน์แบบโคโรนา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (corona breakdown)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีโคโรนาเกิดขึ้น สนามไฟฟ้าในแก๊สจะบิดเบือนไปจากสนามไฟฟ้าที่เป็นแบบอิลคโตรสแตติกส์ หรือสนามไฟฟ้าที่คำนวณจากเรขาคณิตของแก๊ส แรงดันเบรคดาวน์แบบโคโรนาจะยุ่งยากต่อการคำนวณ โคโรนาจะยุ่งยากต่อการคำนวณ อาจกล่าวได้ในเชิงสัมพันธ์เปรียบเทียบทั่ว ๆ ไปได้ ซึ่งจะกล่าวในข้อต่อ ๆ ไป อย่างไรก็ตามแรงดันโคโรนาเริ่มเกิดนั้นสามารถคำนวณได้ถ้าทราบรูปลักษณะสนามไฟฟ้าในแก๊ส . ในที่นี้จะได้แสดงวิธีการ คำนวณแรงดันเบรคดาวน์โดยตรงหรือ แรงดันโคโรนาเริ่มเกิดในอากาศและแก๊ส SF₆ ให้ดูเป็นตัวอย่างในสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอมีความสัมพันธ์ของแรงดันเบรคดาวน์กับผลคูณ p.d (กฎของพาสเชน) ในสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอความสัมพัทธ์ลักษณะนี้จะ เป็น $U_b = f(p,r)$ ซึ่งเรียกว่ากฎแห่งความคล้ายคลึงกัน และจะชี้ให้เห็นว่าในสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอแรงดันเริ่มต้นขึ้นอยู่กับ ขั้วแรงดันที่ป้อนให้กับอิลคโตรดที่มีความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด

6. รูปลักษณะอิลคโตรด (Electrode configuration)

รูปลักษณะอิลคโตรดจะมีผลต่อแรงดันเบรคดาวน์มาก หรือ น้อย ขึ้นอยู่กับลักษณะสนามไฟฟ้าว่าเป็นแบบสม่ำเสมอ ไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย หรือไม่สม่ำเสมอมาก ในกรณีสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอเล็กน้อย ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดกับค่าเฉลี่ยจะแตกต่างกันไม่มาก ค่าแรงดันเริ่มต้น (threshold-voltage) กับค่าแรงดันเบรคดาวน์เป็นค่าเดียวกัน กล่าวคือเมื่ออะวอลานซ์วิกฤตได้ตามเงื่อนไขก็จะเกิดเบรคดาวน์ทันที จะไม่มีโคโรนาเกิดขึ้นก่อนเบรคดาวน์ จึงเรียกลักษณะเบรคดาวน์แบบนี้ว่า เบรคดาวน์โดยตรง (direct breakdown) เช่น เบรคดาวน์ที่เกิดขึ้นในแก๊สของทรงกลมที่มีระยะห่างไม่มากนักเมื่อเทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลาง ($d < D/2$) ความต่างของขั้วแรงดันมีผลต่อค่าแรงดันเบรคดาวน์เพียงเล็กน้อย

ในสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง (highly nonuniform field) ระยะแก๊สห่างเมื่อเทียบกับรัศมีของอิลคโตรด ค่าแรงดันเริ่มต้นจะต่ำกว่าแรงดันเบรคดาวน์อย่างเห็นได้ชัด ในสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอแบบสมมาตร เช่น แท่งกลม-แท่งกลมมีปลายเหมือนกัน รูปลักษณะอิลคโตรดไม่มีผลต่อแรงดันเบรคดาวน์จะมีผลในกรณีที่อิลคโตรด เป็นแบบไม่สมมาตรมาก ๆ เช่น แท่งกลมกับแผ่นระนาบ

เบรคดาว์นจะเกิดขึ้นเมื่อความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด E_m เท่ากับความ
 เครียดสนามไฟฟ้าเบรคดาว์น E_b นั่นคือแรงดันเบรคดาว์นคำนวณได้จากสมการ 2.6 คือ

$$U_b = E_b \cdot d / \eta^* \quad (2.6)$$

เมื่อ d คือ ระยะแคป และ $\eta^* =$ แฟคเตอร์สนามไฟฟ้า
 สมการนี้ใช้ได้เฉพาะสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ คือ แบบเกิดเบรคดาว์นโดยตรงเท่านั้น
 ในกรณีสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูง คือ เกิดโคโรนาก่อนเบรคดาว์น สมการ (2.6) นี้
 ใช้คำนวณแรงดันเบรคดาว์นไม่ได้ แต่ใช้สำหรับคำนวณหาแรงดันโคโรนาเริ่มต้นเท่านั้น
 สมการ (2.6)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบโปรแกรม และ โพล์ชาร์ต

stepที่ 1. นั้นจะเป็นการนำโปรแกรม คอมพิวเตอร์ภาษาซี ของบริษัท บอร์แลนด์ รุ่นที่ 2 (Turbo C V.2) มาทำการเขียนโปรแกรม โดยลักษณะของโปรแกรม จะรับข้อมูลจาก key board ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะใช้ในการคำนวณ เช่น

- ความยาว plate (mm) [l]
- ระยะระหว่าง plate (mm) [d]
- แรงดันระหว่าง plate (kv) [v]
- ตำแหน่งของ plate (mm)
- การแสดงผล และการพิมพ์ข้อมูล ฯลฯ

แล้วจึงเก็บข้อมูลนี้ไว้ในรูปของ ASCII file ตามชื่อ file ที่เรารตั้งให้

-จากนั้น ก็จะนำข้อมูลไปทำการคำนวณ หาจุดเริ่มแรกด้วยสูตรของ MAX WELL คือ

$$\text{จาก } x = \frac{a}{\pi} (u + 1 + e^u \cos v)$$

$$\text{ให้ } v=0, \quad x = \frac{a}{\pi} (u + 1 + 0)$$

จุดเริ่มต้นคือ $x=0$ หรือจุดกึ่งกลาง plate คือ $l/2$

$$\frac{l}{2} = \frac{a}{\pi} (u + 1)$$

$$u\text{-start} = \frac{\pi x l}{2 a} - 1$$

-เริ่ม plot จุดแรกของเส้นแรก คือ $u = u\text{-start}$, $v = -\pi$ โดยสูตรของ Max well

$$x = \frac{a}{\pi} (u + 1 + e^u \cos v) \quad u\text{-start} < u < \alpha$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 $-\pi < v < \pi$
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$y = \frac{a}{r} (v + e^u \sin v)$$

จนครบทุกเส้น

- ขณะที่ plot ถึงเส้น v ที่ต้องการ (v -mark) โปรแกรมก็จะทำการ save ข้อมูลของภาพที่ plot. นั้นลงใน file ซึ่งจะมีชื่อเดียวกันกับ ชื่อ file แต่จะมีนามสกุลเป็น DXF ซึ่งลักษณะการเก็บข้อมูลของ file DXF นี้จะใช้ format ของ autocad R. 10 ซึ่งมีลักษณะดังนี้คือ

```

0
section
2
entities      ส่วนหัวของ DXF file ที่วาดด้วย "PLINE"
0
line
8
0
10
x1
20          ส่วนของข้อมูลซึ่ง  $x_1$  ,  $y_1$  คือจุดแรก และ
 $y_1$ 
            $x_2$  ,  $y_2$  คือจุดต่อไปที่วาดด้วย "PLINE"
11
x2
21
y2
0
end sec

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0

ส่วนท้ายของ DXF file

eof

* note คำสั่ง "PLINE" เป็นคำสั่งในการลากเส้น ของ autocad *

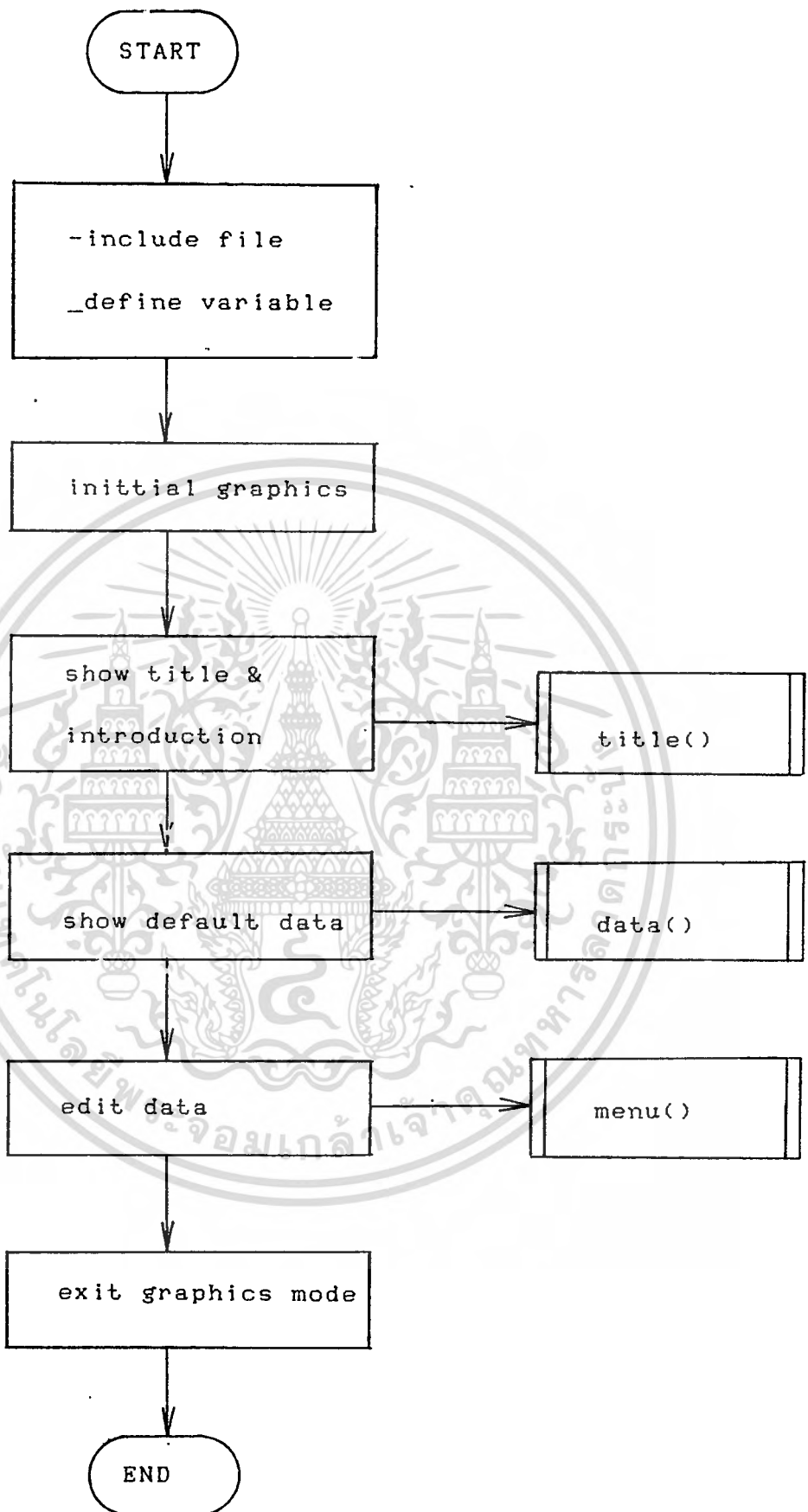
step 2. เป็นการวาดรูป ที่สมบูรณ์ ของ electrode โดยนำข้อมูล DXF file จาก step ที่ 1 มาแต่งโดยการเติมก้าน electrode และตกแต่งมุมวนให้เรียบร้อย ด้วย โปรแกรม autocad R. 10 โดยเริ่มต้นด้วยคำสั่ง "pedit"

จากนั้นก็สร้างรูป 3 มิติ ด้วยคำสั่ง "revsure" แต่ก่อนจะใช้คำสั่งนี้ต้องกำหนดความละเอียดของภาพด้วยคำสั่ง "sure tab1" "sure tab2" ก็จะได้ภาพ 3 มิติ

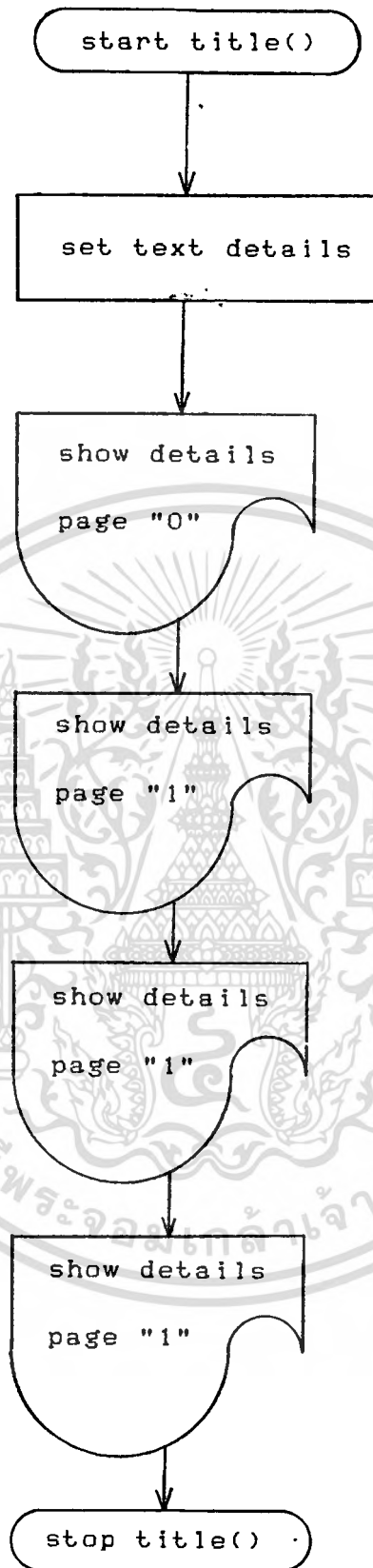
- แล้วจึง save ภาพที่สร้างนี้ โดยใช้ชื่อเดียวกันกับ DXF file แต่ autocad จะเปลี่ยนนามสกุลให้ใหม่เป็น .DWG แทน



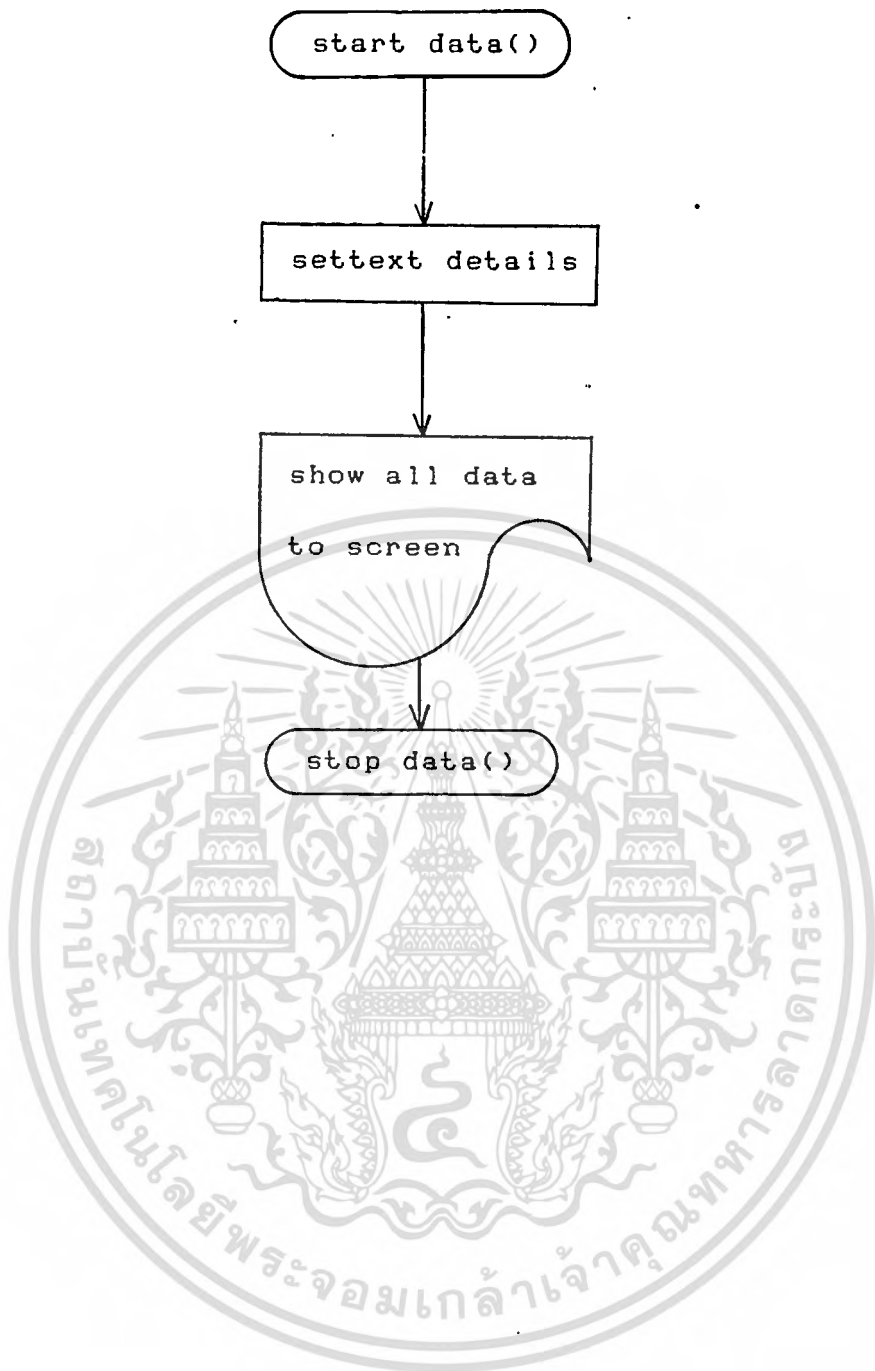
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้ง Flowchart of main program ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

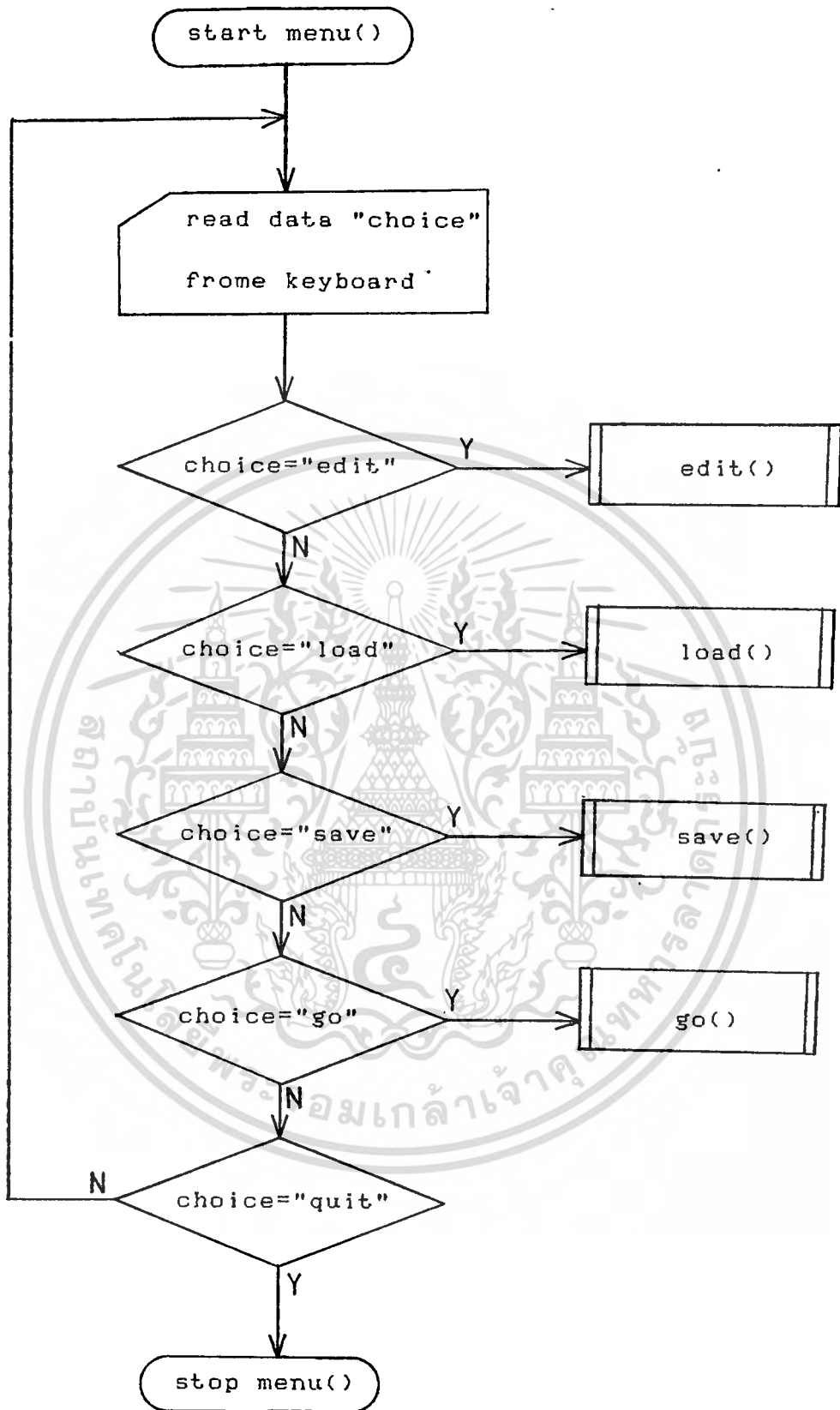


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น Flow chart of sub program title เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

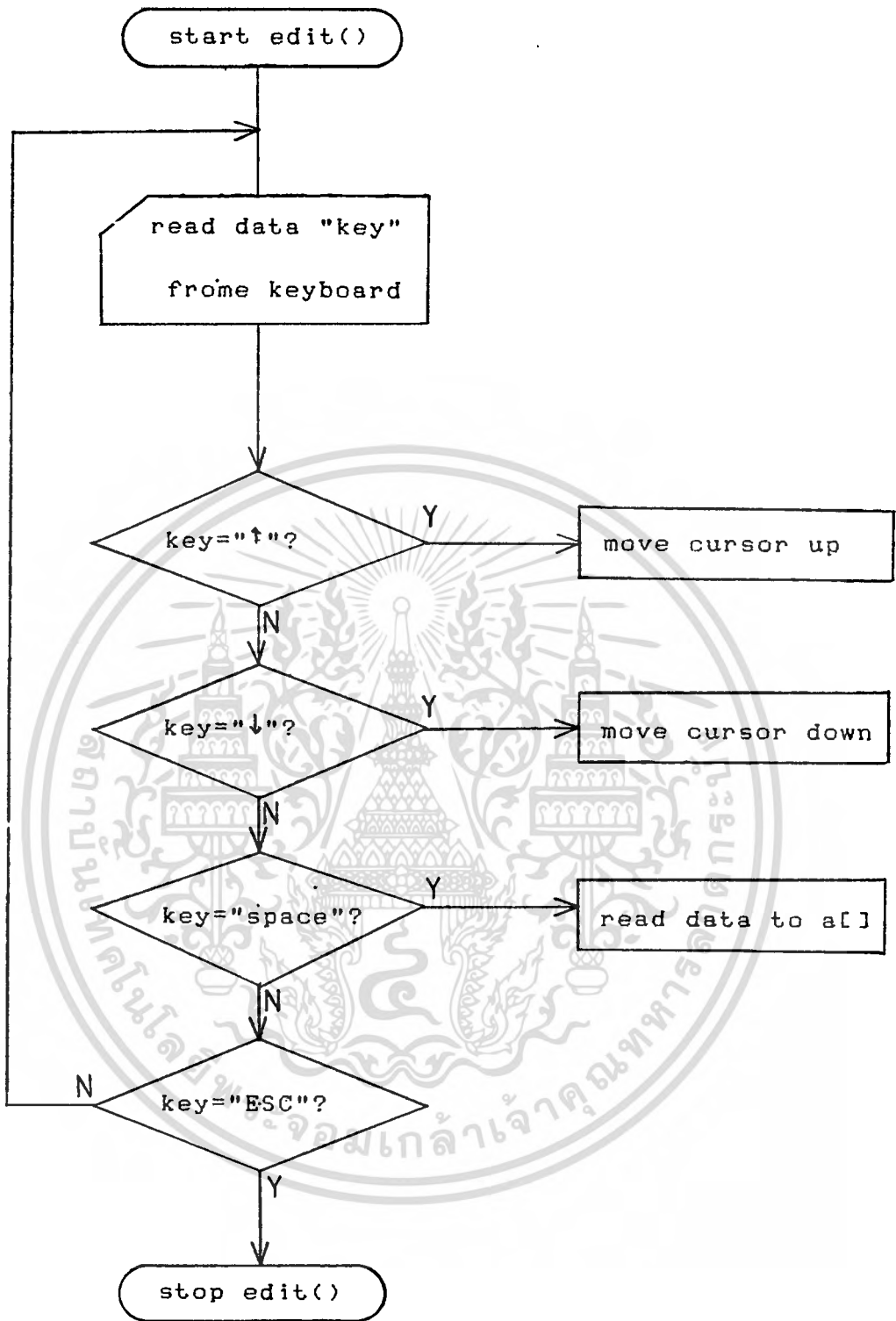


Flow chart of sub program data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเขียนเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

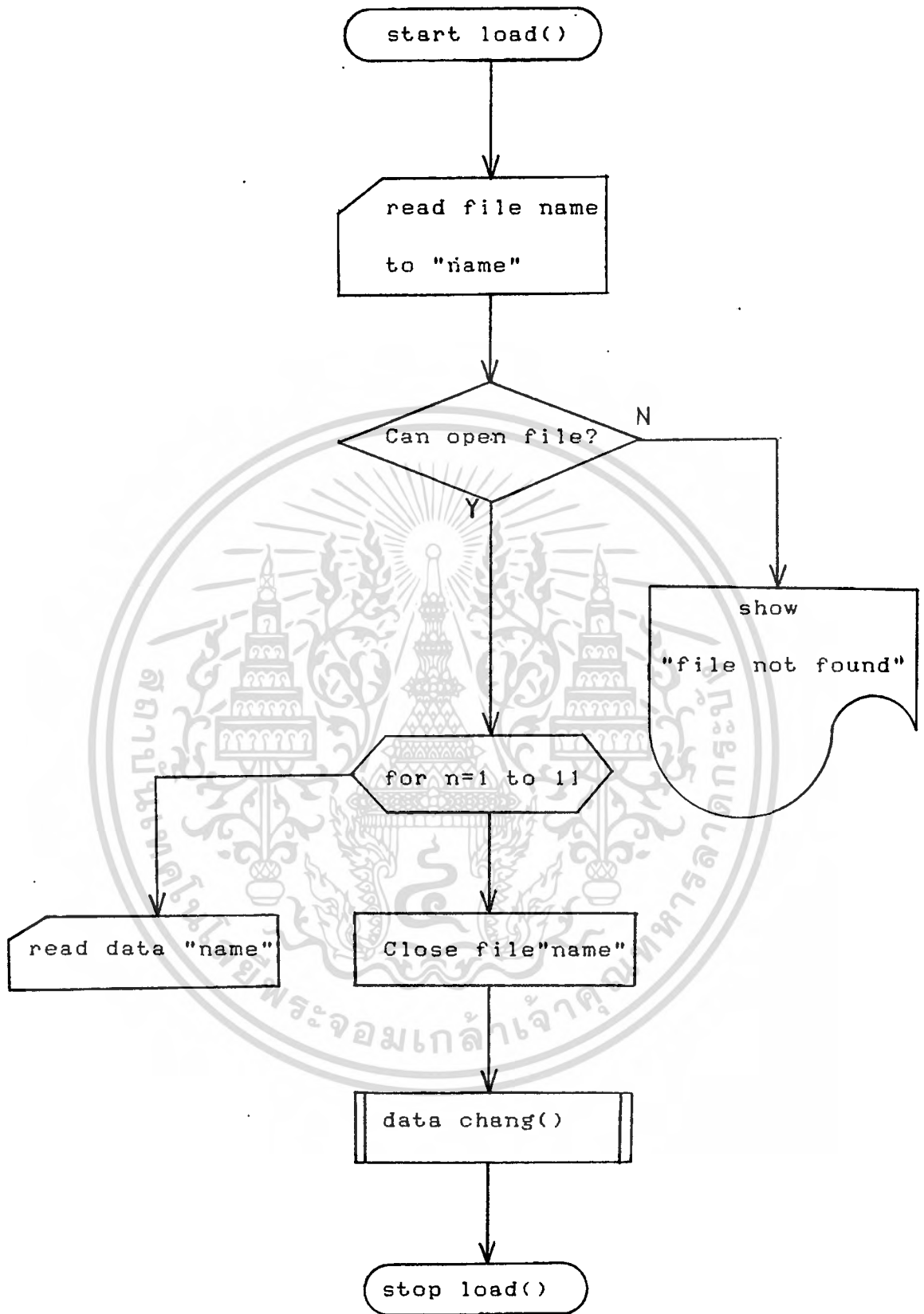


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีก Flow chart of sub program menu เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

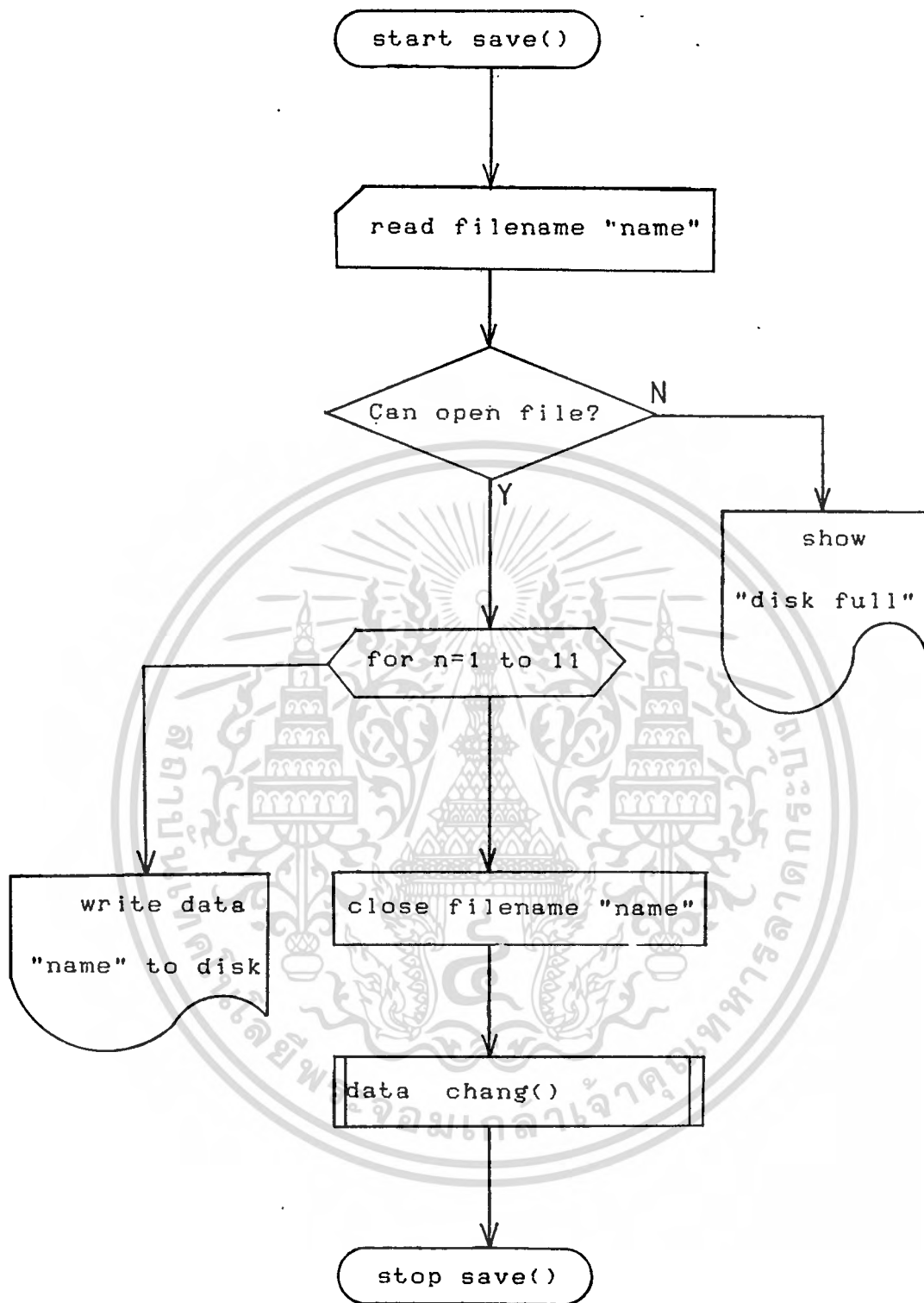


Flow chart of sub program edit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

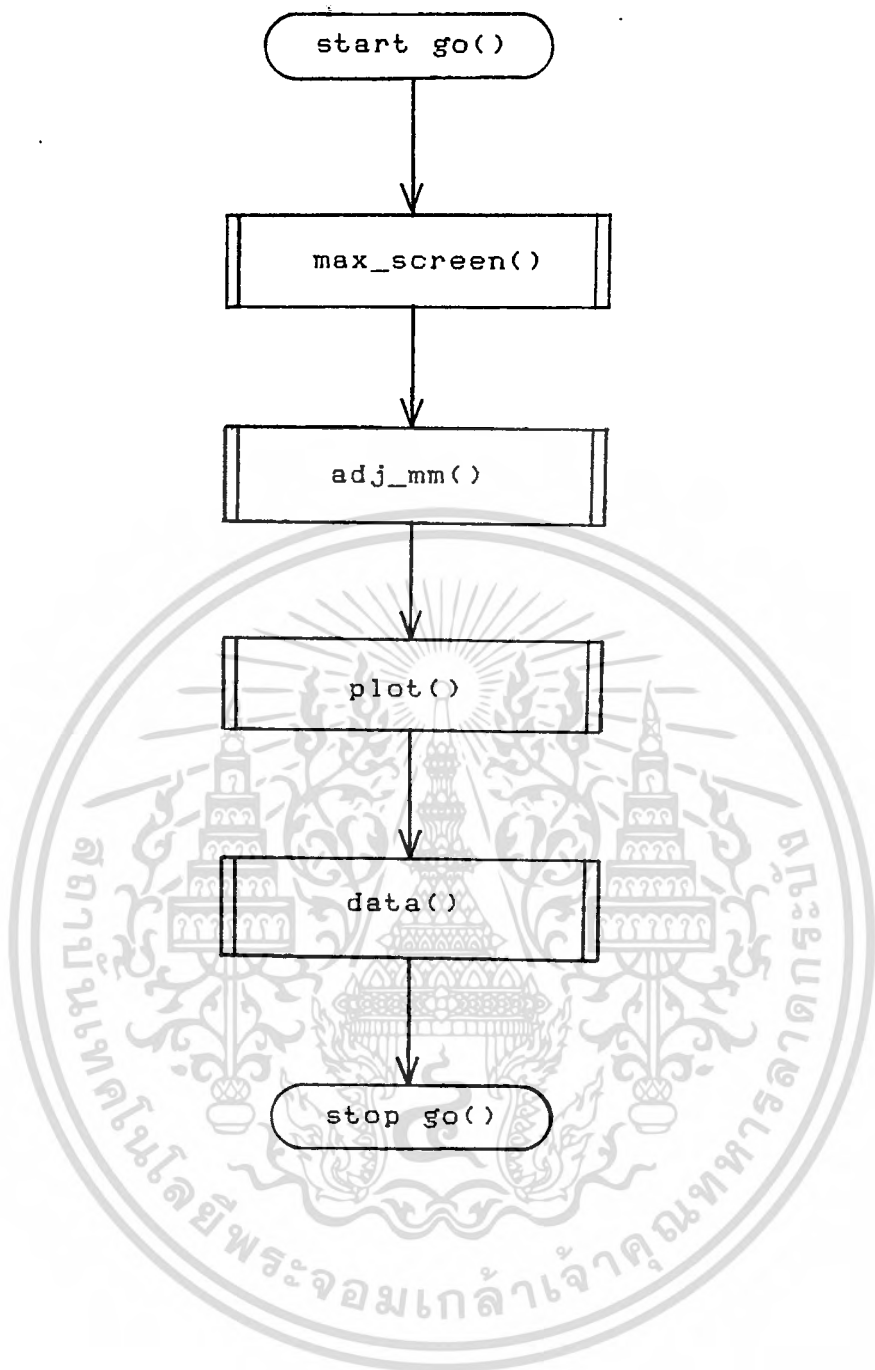


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีก Flow chart of sub program load เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



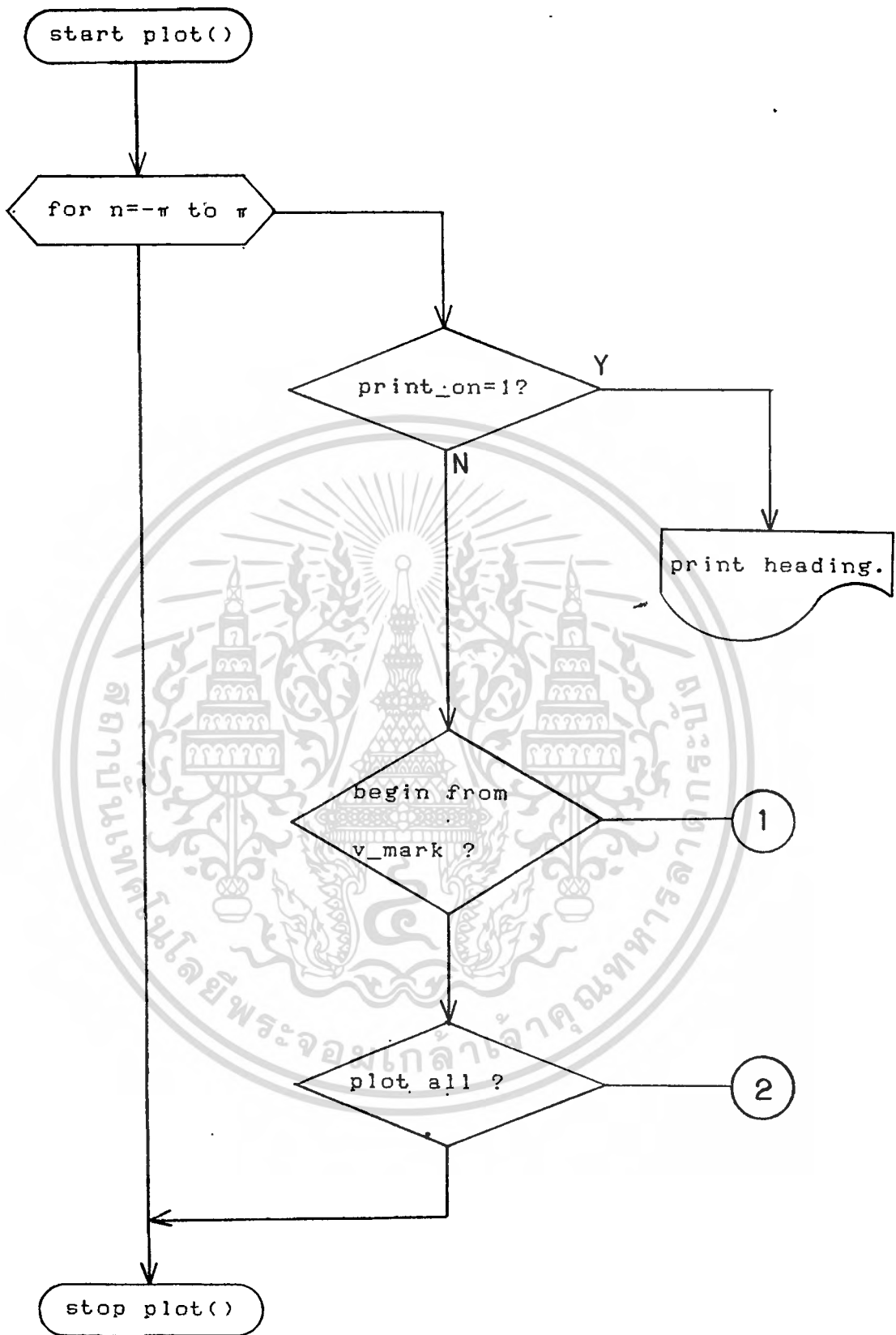
Flow chart of sub_program save

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการสงวนเพื่อการค้าที่หาซื้อได้ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

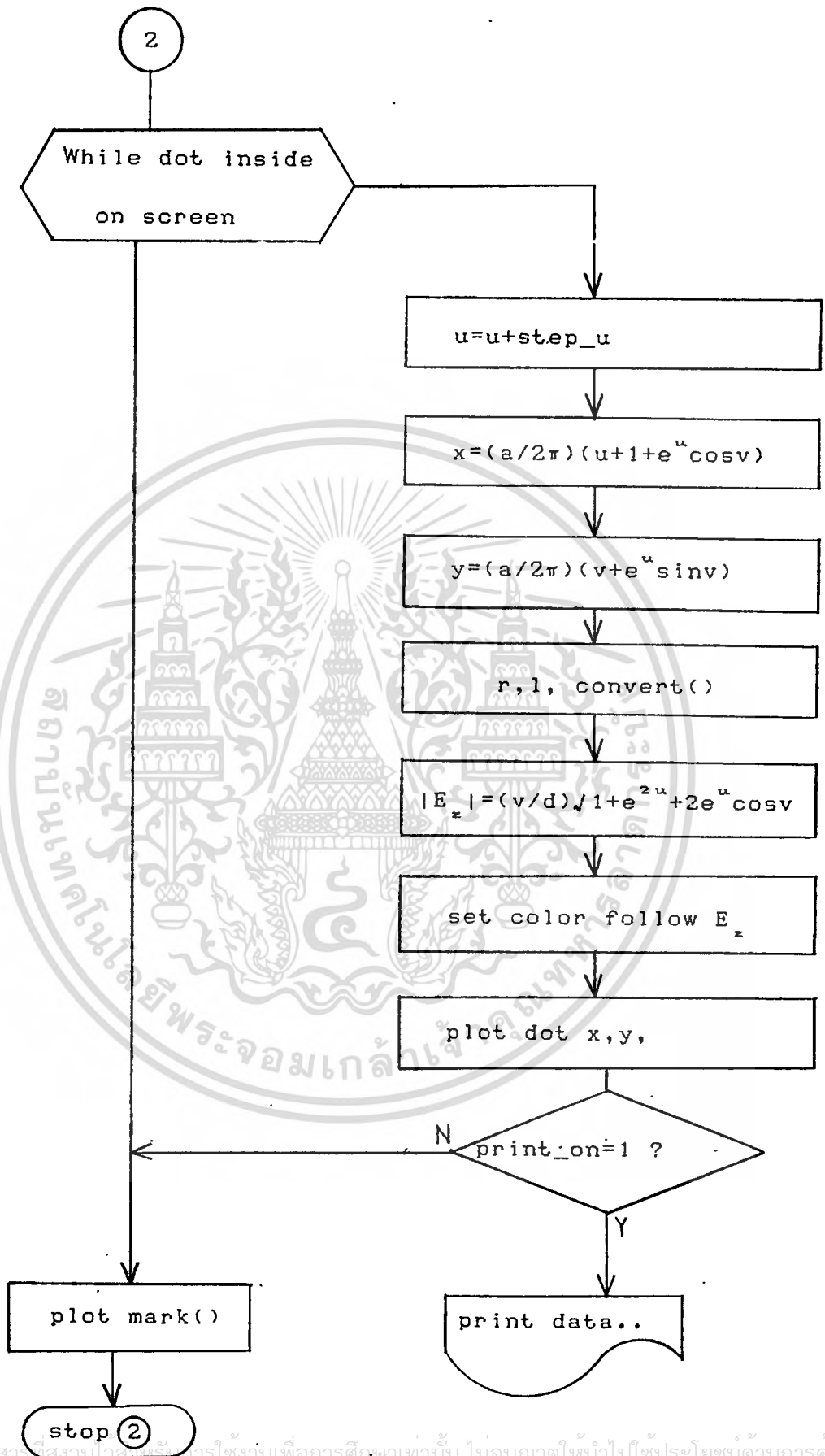


Flow chart of sub program go

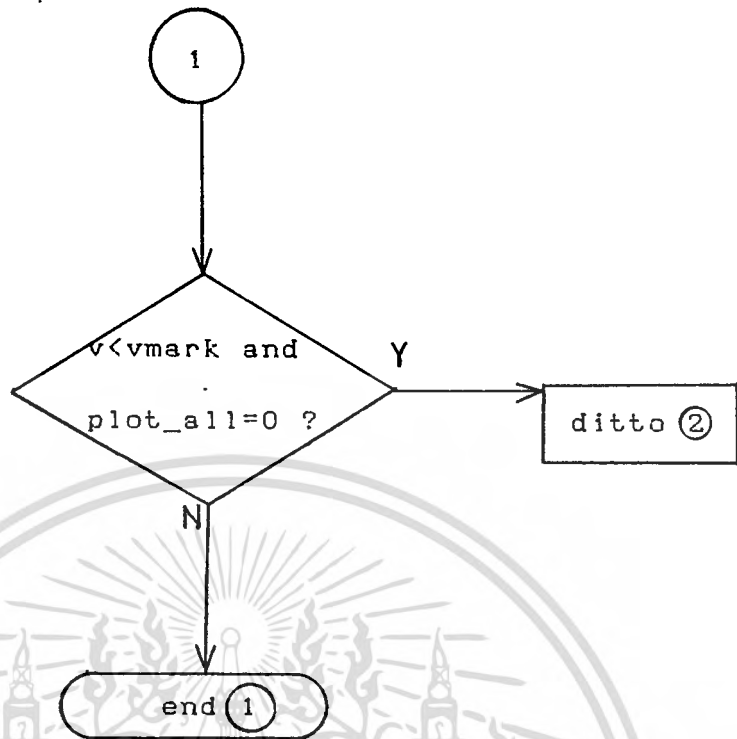
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



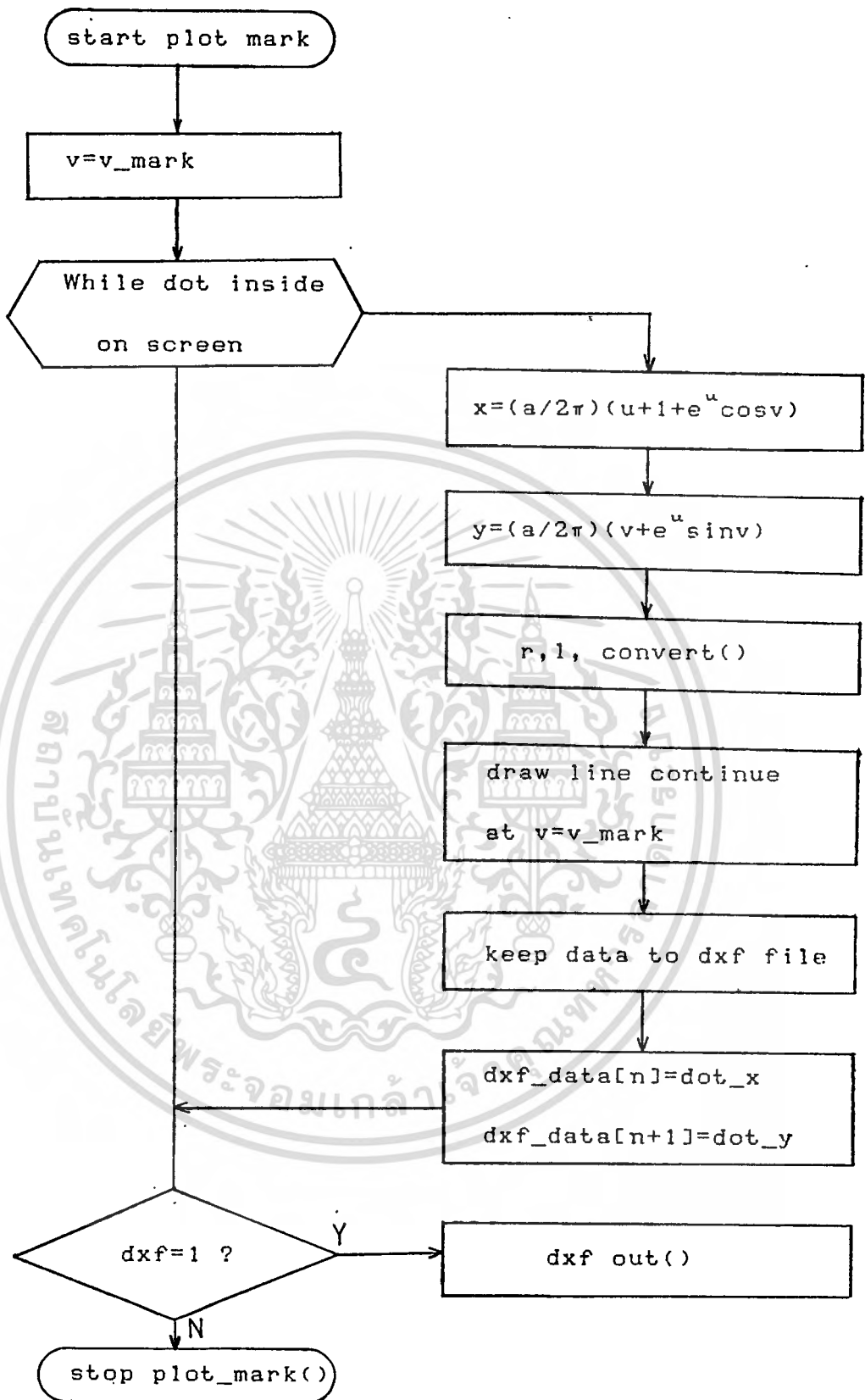
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น Flow chart of sub program plot เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



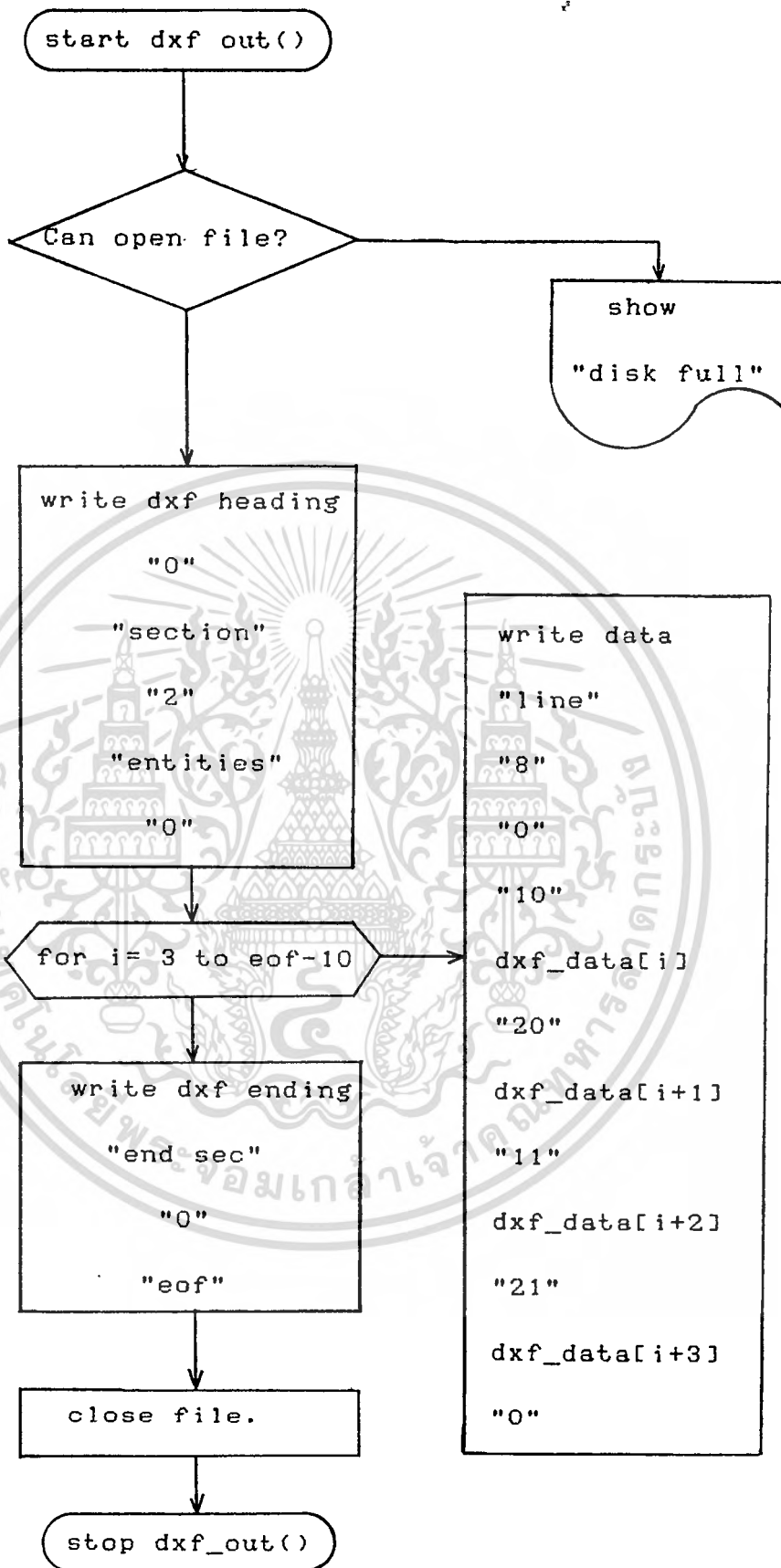
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น Flow chart of sub program plot_mark ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น Flow chart of sub program dxf_out เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

Plate voltage = 300 Kv.

Plate length = 100 mm.

No.	distance	line_V	file name	data	3D plot
1	5	0.75	d5_75	*	
2	5	0.60	d5_60	*	
3	5	0.51	d5_51	*	
4	5	0.50	d5_50	*	*
5	5	0.40	d5_40	*	
6	10	0.75	d10_75	*	
7	10	0.60	d10_60	*	
8	10	0.51	d10_51	*	
9	10	0.50	d10_50	*	*
10	10	0.40	d10_40	*	
11	30	0.75	d30_75	*	
12	30	0.60	d30_60	*	
13	30	0.51	d30_51	*	
14	30	0.50	d30_50	*	*

เอกสาร 15 ปี เอกสาร 30 งวนไว้สำหรับคร 0.40 านเพื่อการศึกษา d30_40 ่อนุญาต * นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

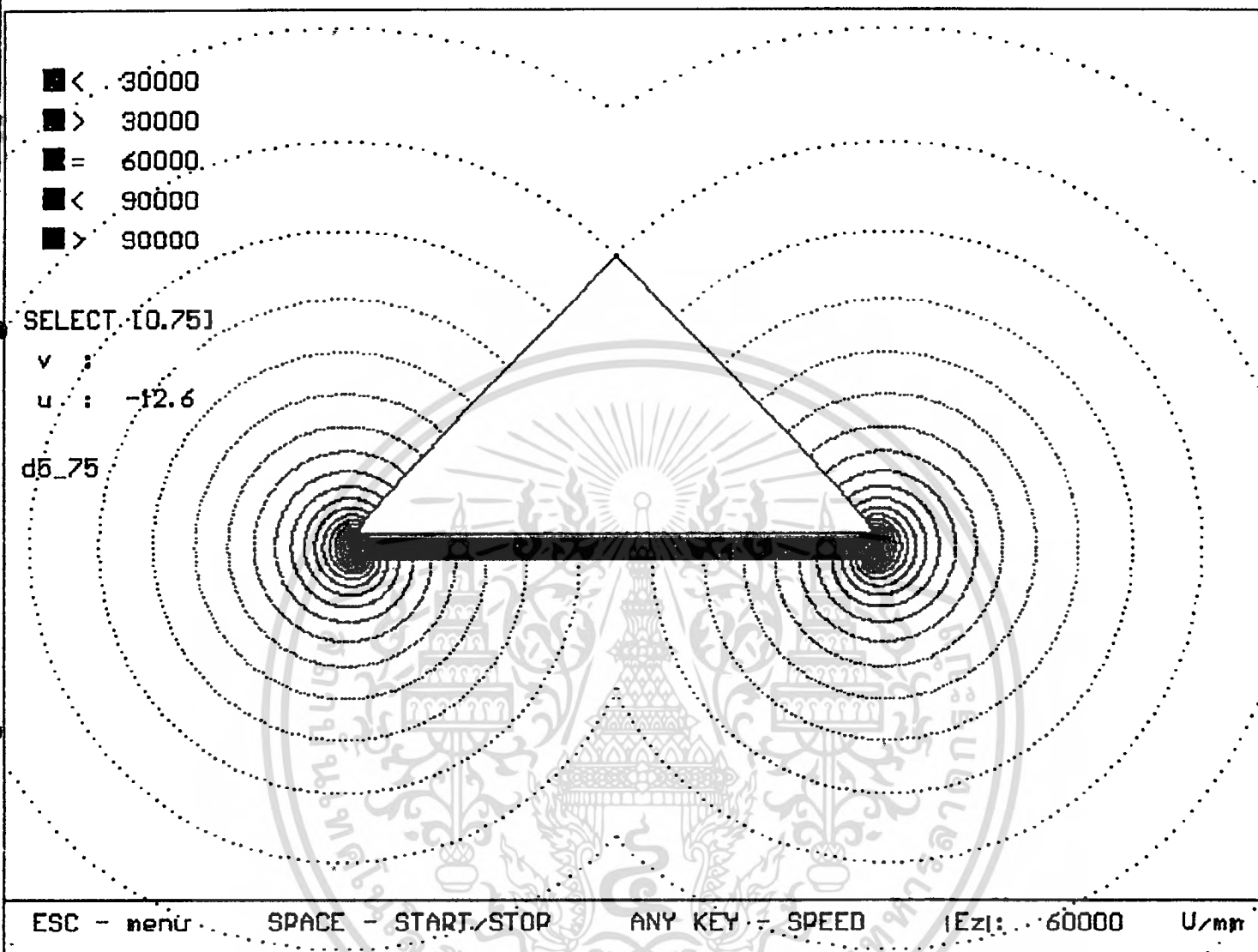
NAME OF FILE.....? d5_75
 LENGTH OF PLATE.....? [100] mm.
 PLATE DISTANCE.....? [5] mm.
 PLATE VOLTAGE.....? [300] Kv.
 V_MARK.....? [. 75] ..

V : 0.75

.....!U!.....!X!.....!Y!.....!Ez!.....

-59.47	-37.22	1.50	60000.00	+
-57.97	-36.27	1.50	60000.00	+
-56.47	-35.31	1.50	60000.00	+
-54.97	-34.36	1.50	60000.00	+
-53.47	-33.40	1.50	60000.00	+
-51.97	-32.45	1.50	60000.00	+
-50.47	-31.49	1.50	60000.00	+
-48.97	-30.54	1.50	60000.00	+
-47.47	-29.58	1.50	60000.00	+
-45.97	-28.63	1.50	60000.00	+
-44.47	-27.67	1.50	60000.00	+
-42.97	-26.72	1.50	60000.00	+
-41.47	-25.76	1.50	60000.00	+
-39.97	-24.81	1.50	60000.00	+
-38.47	-23.85	1.50	60000.00	+
-36.97	-22.90	1.50	60000.00	+
-35.47	-21.94	1.50	60000.00	+
-33.97	-20.99	1.50	60000.00	+
-32.47	-20.03	1.50	60000.00	+
-30.97	-19.08	1.50	60000.00	+
-29.47	-18.12	1.50	60000.00	+
-27.97	-17.17	1.50	60000.00	+
-26.47	-16.21	1.50	60000.00	+
-24.97	-15.26	1.50	60000.00	+
-23.47	-14.30	1.50	60000.00	+
-21.97	-13.35	1.50	60000.00	+
-20.47	-12.39	1.50	60000.00	+
-18.97	-11.44	1.50	60000.00	+
-17.47	-10.48	1.50	60000.00	+
-15.97	-9.53	1.50	60000.00	+
-14.47	-8.57	1.50	60000.02	+
-12.97	-7.62	1.50	60000.10	+
-11.47	-6.66	1.50	60000.44	+
-9.97	-5.71	1.50	60001.99	+
-8.47	-4.75	1.50	60008.91	+
-6.97	-3.80	1.50	60039.94	+
-5.47	-2.85	1.50	60179.21	+
-3.97	-1.90	1.51	60807.26	+
-2.47	-0.97	1.54	63694.07	+
-0.97	-0.15	1.67	76998.26	+
0.53	0.21	2.27	49170.82	-
2.03	-1.50	4.93	8627.03	-
3.53	-12.50	16.89	1792.25	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงสนามไฟฟ้า ของ plate ระยะ 5 mm โดยเริ่มที่
เส้น equipotential lines ที่ 0.75 μ (เส้นทึบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

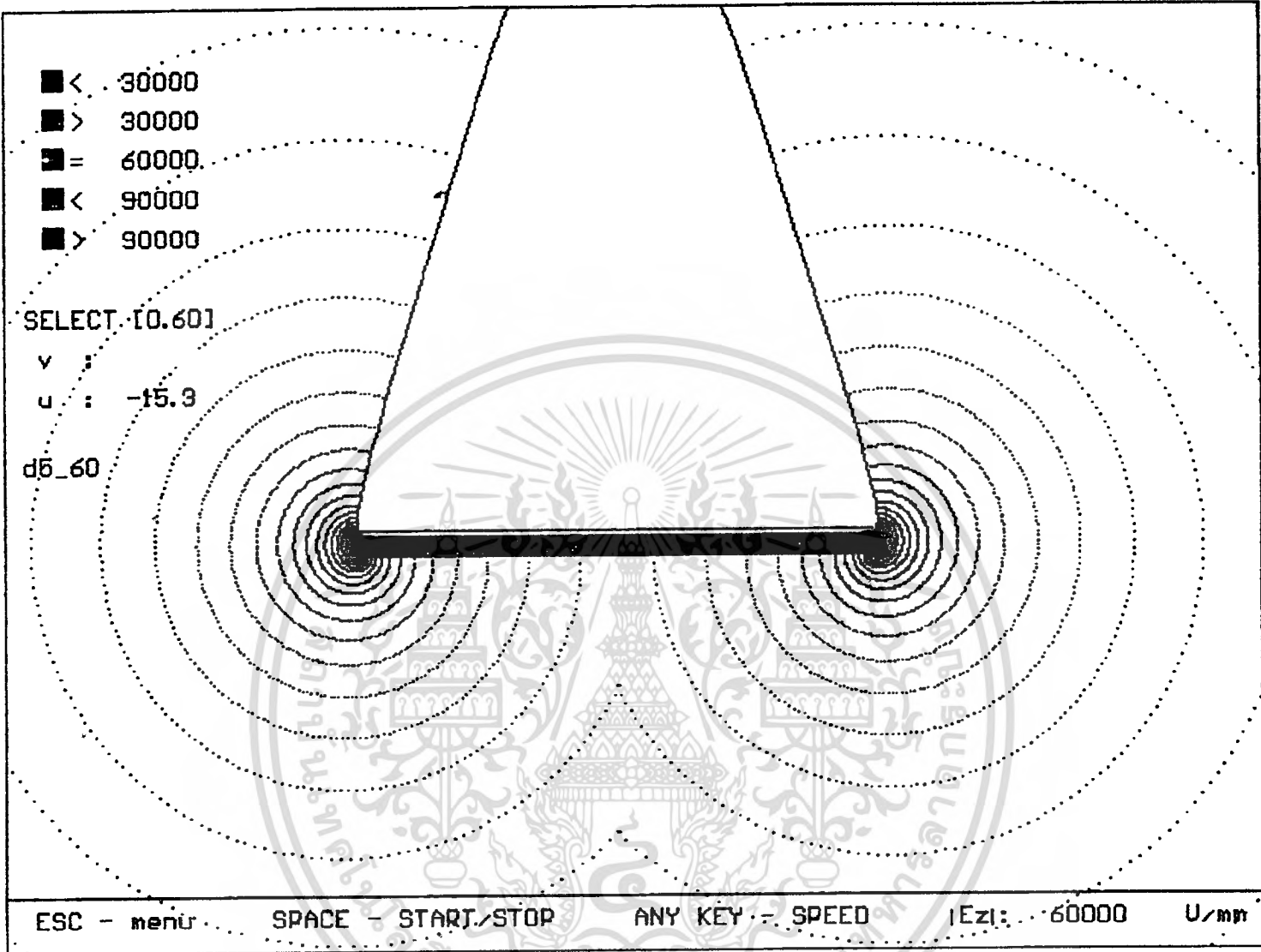
NAME OF FILE.....? d5_60
 LENGTH OF PLATE.....? [100] mm.
 PLATE DISTANCE.....? [5] mm.
 PLATE VOLTAGE.....? [300] Kv.
 V_MARK.....? [. 60] ..

V : 0.60

.....!U!.....!X!.....!Y!.....!Ez!.....

-59.47	-37.22	1.20	60000.00	+
-57.97	-36.27	1.20	60000.00	+
-56.47	-35.31	1.20	60000.00	+
-54.97	-34.36	1.20	60000.00	+
-53.47	-33.40	1.20	60000.00	+
-51.97	-32.45	1.20	60000.00	+
-50.47	-31.49	1.20	60000.00	+
-48.97	-30.54	1.20	60000.00	+
-47.47	-29.58	1.20	60000.00	+
-45.97	-28.63	1.20	60000.00	+
-44.47	-27.67	1.20	60000.00	+
-42.97	-26.72	1.20	60000.00	+
-41.47	-25.76	1.20	60000.00	+
-39.97	-24.81	1.20	60000.00	+
-38.47	-23.85	1.20	60000.00	+
-36.97	-22.90	1.20	60000.00	+
-35.47	-21.94	1.20	60000.00	+
-33.97	-20.99	1.20	60000.00	+
-32.47	-20.03	1.20	60000.00	+
-30.97	-19.08	1.20	60000.00	+
-29.47	-18.12	1.20	60000.00	+
-27.97	-17.17	1.20	60000.00	+
-26.47	-16.21	1.20	60000.00	+
-24.97	-15.26	1.20	60000.00	+
-23.47	-14.30	1.20	60000.00	+
-21.97	-13.35	1.20	60000.00	+
-20.47	-12.39	1.20	60000.00	+
-18.97	-11.44	1.20	60000.00	+
-17.47	-10.48	1.20	60000.00	+
-15.97	-9.53	1.20	60000.00	+
-14.47	-8.57	1.20	60000.01	+
-12.97	-7.62	1.20	60000.04	+
-11.47	-6.66	1.20	60000.19	+
-9.97	-5.71	1.20	60000.87	+
-8.47	-4.75	1.20	60003.89	+
-6.97	-3.80	1.20	60017.43	+
-5.47	-2.85	1.20	60077.82	+
-3.97	-1.89	1.21	60342.67	+
-2.47	-0.95	1.25	61403.16	+
-0.97	-0.05	1.43	62914.35	+
0.53	0.64	2.23	35580.04	-
2.03	0.43	5.82	8131.75	-
3.53	-3.84	21.89	1770.88	-
5.03	-26.29	93.94	392.50	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงสนามไฟฟ้า ของ plate ระยะ 5 mm โดยเริ่มที่
 เส้น equipotential lines ที่ 0.60 π (เส้นทึบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

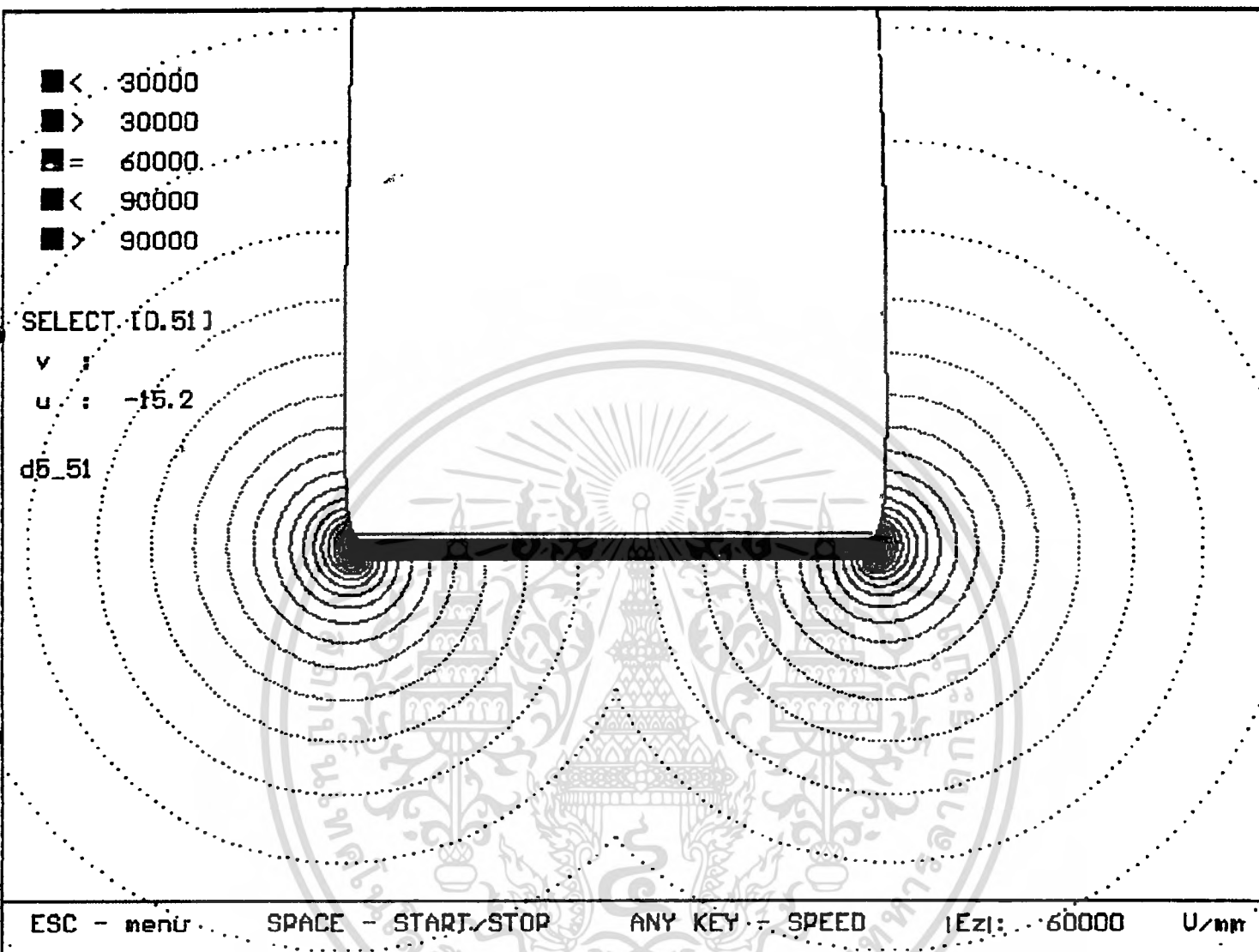
NAME OF FILE.....? d5_51
 LENGTH OF PLATE.....? [100] mm.
 PLATE DISTANCE.....? [5] mm.
 PLATE VOLTAGE.....? [300] Kv.
 V_MARK.....? [. 51] +.

V : 0.51

.....!U!.....!X!.....!Y!.....!Ez!.....

-59.47	-37.22	1.02	60000.00	+
-57.97	-36.27	1.02	60000.00	+
-56.47	-35.31	1.02	60000.00	+
-54.97	-34.36	1.02	60000.00	+
-53.47	-33.40	1.02	60000.00	+
-51.97	-32.45	1.02	60000.00	+
-50.47	-31.49	1.02	60000.00	+
-48.97	-30.54	1.02	60000.00	+
-47.47	-29.58	1.02	60000.00	+
-45.97	-28.63	1.02	60000.00	+
-44.47	-27.67	1.02	60000.00	+
-42.97	-26.72	1.02	60000.00	+
-41.47	-25.76	1.02	60000.00	+
-39.97	-24.81	1.02	60000.00	+
-38.47	-23.85	1.02	60000.00	+
-36.97	-22.90	1.02	60000.00	+
-35.47	-21.94	1.02	60000.00	+
-33.97	-20.99	1.02	60000.00	+
-32.47	-20.03	1.02	60000.00	+
-30.97	-19.08	1.02	60000.00	+
-29.47	-18.12	1.02	60000.00	+
-27.97	-17.17	1.02	60000.00	+
-26.47	-16.21	1.02	60000.00	+
-24.97	-15.26	1.02	60000.00	+
-23.47	-14.30	1.02	60000.00	+
-21.97	-13.35	1.02	60000.00	+
-20.47	-12.39	1.02	60000.00	+
-18.97	-11.44	1.02	60000.00	+
-17.47	-10.48	1.02	60000.00	+
-15.97	-9.53	1.02	60000.00	+
-14.47	-8.57	1.02	60000.00	+
-12.97	-7.62	1.02	60000.00	+
-11.47	-6.66	1.02	60000.02	+
-9.97	-5.71	1.02	60000.09	+
-8.47	-4.75	1.02	60000.39	+
-6.97	-3.80	1.02	60001.75	+
-5.47	-2.84	1.02	60007.42	+
-3.97	-1.89	1.03	60024.92	+
-2.47	-0.94	1.07	59944.43	-
-0.97	0.01	1.26	56687.07	-
0.53	0.94	2.10	30826.13	-
2.03	1.78	5.87	7832.87	-
3.53	2.20	22.77	1756.42	-
5.03	0.78	98.48	391.79	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงสนามไฟฟ้า ของ plate ระยะ 5 mm โดยเริ่มที่
เส้น equipotential lines ที่ 0.51 π (เส้นทึบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

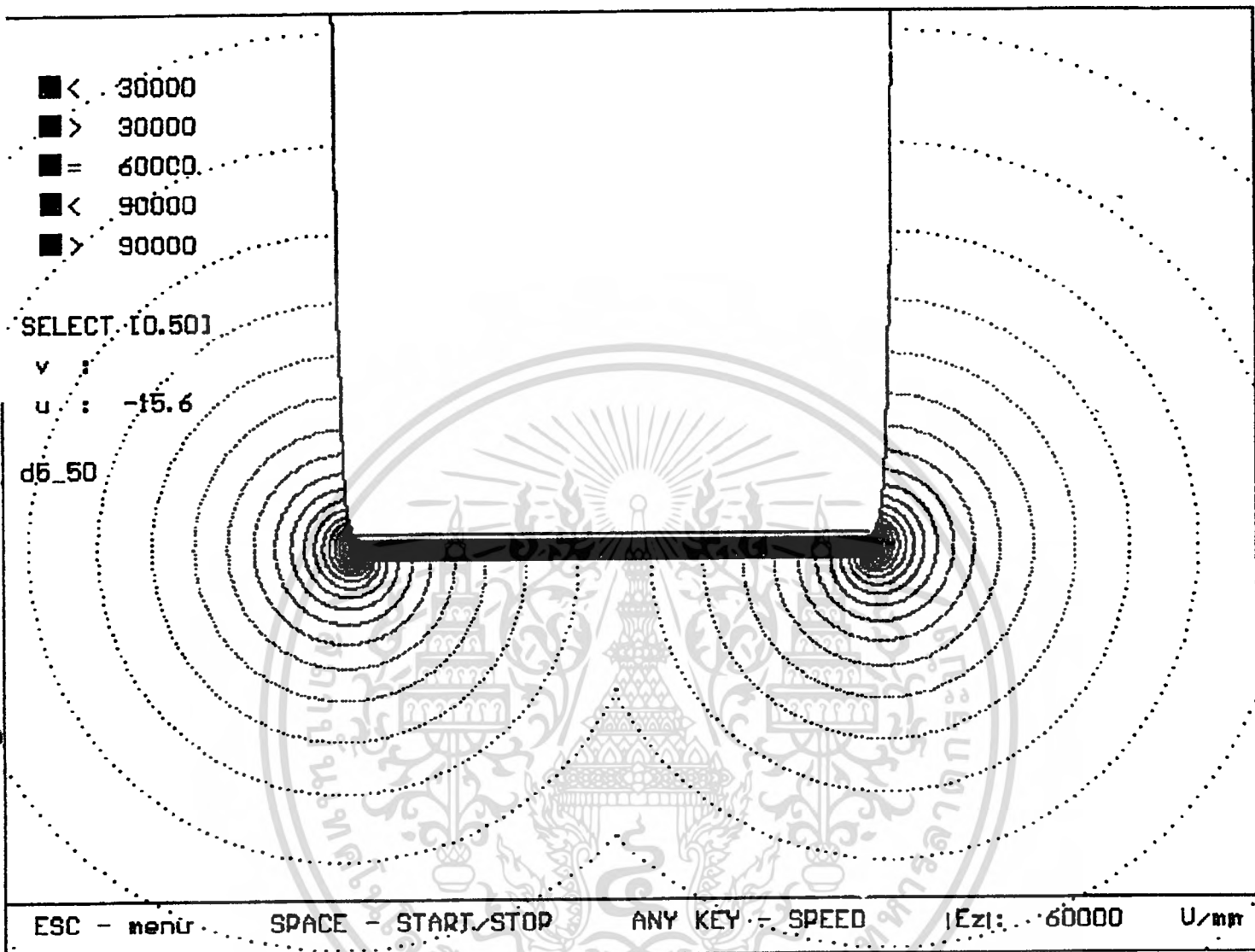
NAME OF FILE.....? d5_50
 LENGTH OF PLATE.....? [100] mm.
 PLATE DISTANCE.....? [5] mm.
 PLATE VOLTAGE.....? [300] Kv.
 V_MARK.....? [. 50] ..

=====
 V : 0.50
 =====

.....!U!.....!X!.....!Y!.....!Ez!.....

-59.47	-37.22	1.0	60000.00	+
-57.97	-36.27	1.0	60000.00	+
-56.47	-35.31	1.0	60000.00	+
-54.97	-34.36	1.0	60000.00	+
-53.47	-33.40	1.0	60000.00	+
-51.97	-32.45	1.0	60000.00	+
-50.47	-31.49	1.0	60000.00	+
-48.97	-30.54	1.0	60000.00	+
-47.47	-29.58	1.0	60000.00	+
-45.97	-28.63	1.0	60000.00	+
-44.47	-27.67	1.0	60000.00	+
-42.97	-26.72	1.0	60000.00	+
-41.47	-25.76	1.0	60000.00	+
-39.97	-24.81	1.0	60000.00	+
-38.47	-23.85	1.0	60000.00	+
-36.97	-22.90	1.0	60000.00	+
-35.47	-21.94	1.0	60000.00	+
-33.97	-20.99	1.00	60000.00	+
-32.47	-20.03	1.00	60000.00	+
-30.97	-19.08	1.00	60000.00	+
-29.47	-18.12	1.00	60000.00	+
-27.97	-17.17	1.00	60000.00	+
-26.47	-16.21	1.00	60000.00	+
-24.97	-15.26	1.00	60000.00	+
-23.47	-14.30	1.00	60000.00	+
-21.97	-13.35	1.00	60000.00	+
-20.47	-12.39	1.00	60000.00	+
-18.97	-11.44	1.00	60000.00	+
-17.47	-10.48	1.00	60000.00	-
-15.97	-9.53	1.00	60000.00	-
-14.47	-8.57	1.00	60000.00	-
-12.97	-7.62	1.00	60000.00	-
-11.47	-6.66	1.00	60000.00	-
-9.97	-5.71	1.00	60000.00	-
-8.47	-4.75	1.00	60000.00	-
-6.97	-3.80	1.00	59999.97	-
-5.47	-2.84	1.00	59999.47	-
-3.97	-1.89	1.01	59989.28	-
-2.47	-0.93	1.05	59785.84	-
-0.97	0.02	1.24	56093.09	-
0.53	0.98	2.08	30400.22	-
2.03	1.93	5.85	7801.09	-
3.53	2.88	22.76	1754.81	-
5.03	3.84	98.51	391.71	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงสนามไฟฟ้า ของ plate ระยะ 5 mm โดยเริ่มที่
 เส้น equipotential lines ที่ 0.50 π (เส้นทึบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

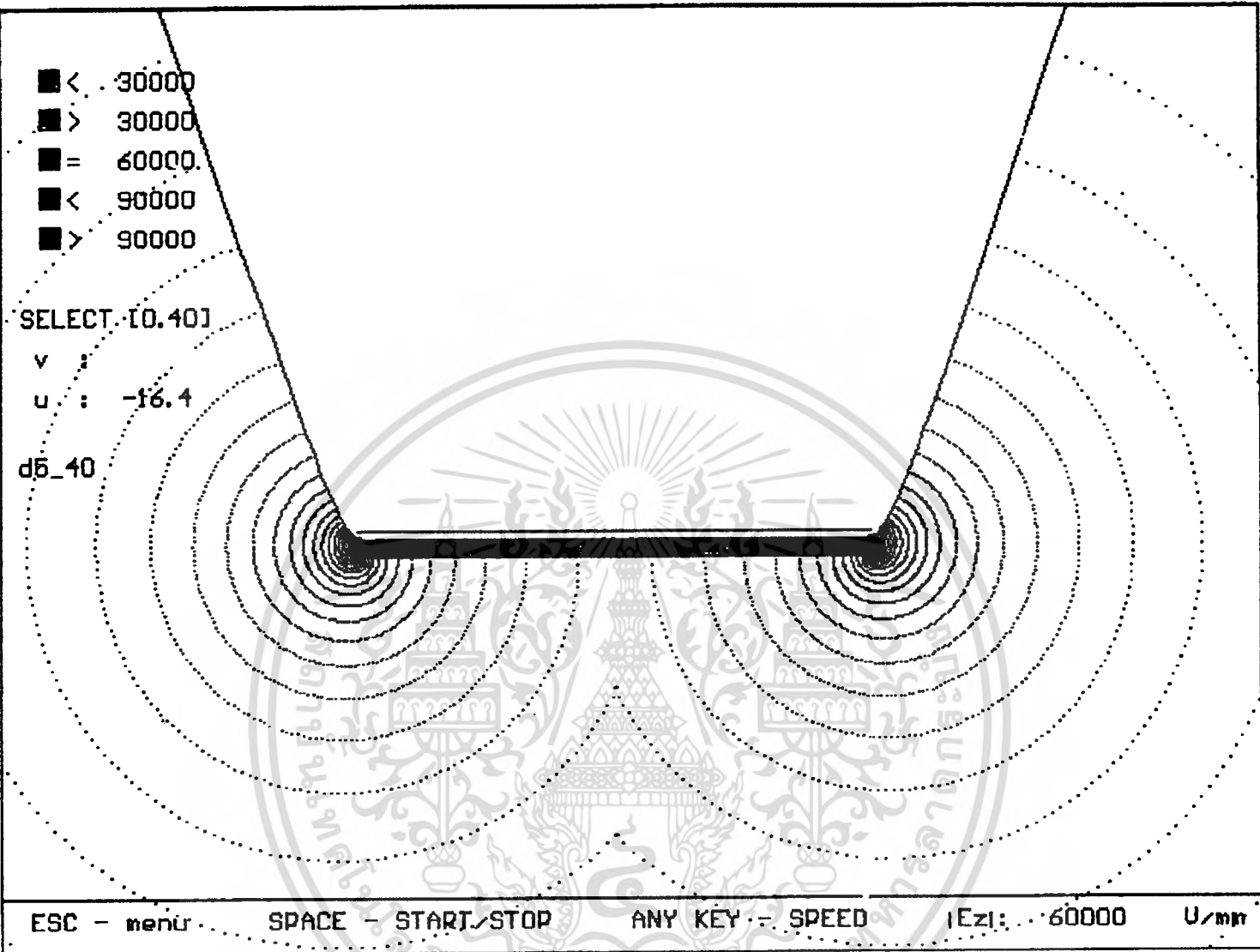
NAME OF FILE.....? d5_40
 LENGTH OF PLATE.....? [100] mm.
 PLATE DISTANCE.....? [5] mm.
 PLATE VOLTAGE.....? [300] Kv.
 V_MARK.....? [. 40] ..

V : 0.40

.....!U!.....!X!.....!Y!.....!Ez!.....

-59.47	-37.22	0.80	60000.00	+
-57.97	-36.27	0.80	60000.00	+
-56.47	-35.31	0.80	60000.00	+
-54.97	-34.36	0.80	60000.00	+
-53.47	-33.40	0.80	60000.00	+
-51.97	-32.45	0.80	60000.00	+
-50.47	-31.49	0.80	60000.00	+
-48.97	-30.54	0.80	60000.00	+
-47.47	-29.58	0.80	60000.00	+
-45.97	-28.63	0.80	60000.00	+
-44.47	-27.67	0.80	60000.00	+
-42.97	-26.72	0.80	60000.00	+
-41.47	-25.76	0.80	60000.00	+
-39.97	-24.81	0.80	60000.00	+
-38.47	-23.85	0.80	60000.00	+
-36.97	-22.90	0.80	60000.00	+
-35.47	-21.94	0.80	60000.00	-
-33.97	-20.99	0.80	60000.00	-
-32.47	-20.03	0.80	60000.00	-
-30.97	-19.08	0.80	60000.00	-
-29.47	-18.12	0.80	60000.00	-
-27.97	-17.17	0.80	60000.00	-
-26.47	-16.21	0.80	60000.00	-
-24.97	-15.26	0.80	60000.00	-
-23.47	-14.30	0.80	60000.00	-
-21.97	-13.35	0.80	60000.00	-
-20.47	-12.39	0.80	60000.00	-
-18.97	-11.44	0.80	60000.00	-
-17.47	-10.48	0.80	60000.00	-
-15.97	-9.53	0.80	60000.00	-
-14.47	-8.57	0.80	59999.99	-
-12.97	-7.62	0.80	59999.96	-
-11.47	-6.66	0.80	59999.81	-
-9.97	-5.71	0.80	59999.13	-
-8.47	-4.75	0.80	59996.11	-
-6.97	-3.80	0.80	59982.53	-
-5.47	-2.84	0.80	59921.42	-
-3.97	-1.89	0.81	59642.03	-
-2.47	-0.92	0.85	58289.95	-
-0.97	0.09	1.03	51097.55	-
0.53	1.31	1.83	26976.15	-
2.03	3.43	5.42	7507.73	-
3.53	9.61	21.49	1739.17	-
5.03	33.97	93.54	390.92	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงสนามไฟฟ้า ของ plate ระยะ 5 mm โดยเริ่มที่
เส้น equipotential lines ที่ 0.40 π (เส้นทึบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

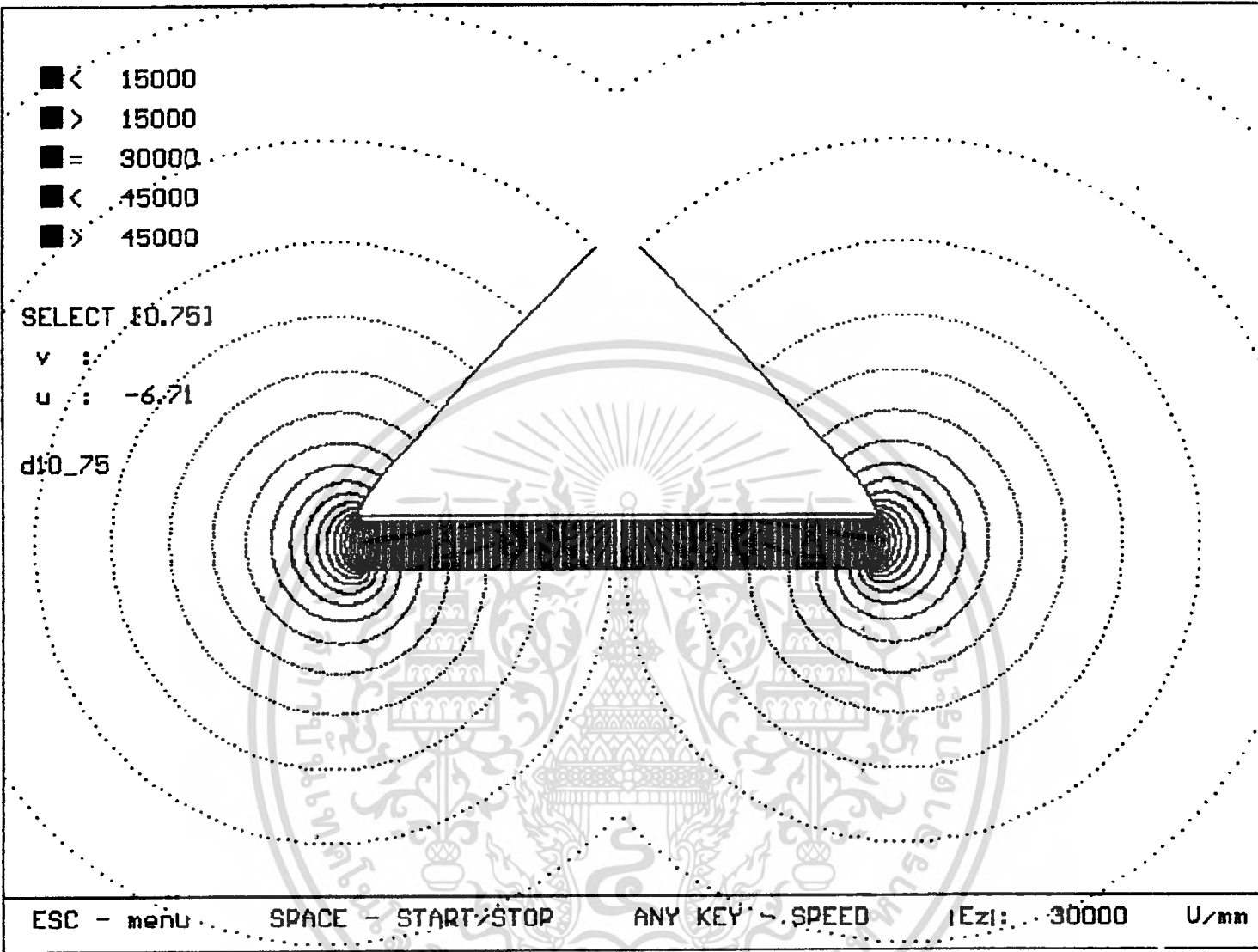
NAME OF FILE.....? d10_75
 LENGTH OF PLATE.....? [100] mm.
 PLATE DISTANCE.....? [10] mm.
 PLATE VOLTAGE.. ..? [300] Kv.
 V_MARK.....? [. 75] ..

V : 0.75

.....!U!.....!X!.....!Y!.....!Z!.....

-30.18	-46.45	3.75	30000.00	+
-29.38	-45.17	3.75	30000.00	+
-28.58	-43.90	3.75	30000.00	+
-27.78	-42.63	3.75	30000.00	+
-26.98	-41.36	3.75	30000.00	+
-26.18	-40.08	3.75	30000.00	+
-25.38	-38.81	3.75	30000.00	+
-24.58	-37.54	3.75	30000.00	+
-23.78	-36.26	3.75	30000.00	+
-22.98	-34.99	3.75	30000.00	+
-22.18	-33.72	3.75	30000.00	+
-21.38	-32.44	3.75	30000.00	+
-20.58	-31.17	3.75	30000.00	+
-19.78	-29.90	3.75	30000.00	+
-18.98	-28.62	3.75	30000.00	+
-18.18	-27.35	3.75	30000.00	+
-17.38	-26.08	3.75	30000.00	+
-16.58	-24.80	3.75	30000.00	+
-15.78	-23.53	3.75	30000.00	+
-14.98	-22.26	3.75	30000.01	+
-14.18	-20.98	3.75	30000.01	+
-13.38	-19.71	3.75	30000.03	+
-12.58	-18.44	3.75	30000.07	+
-11.78	-17.16	3.75	30000.16	+
-10.98	-15.89	3.75	30000.36	+
-10.18	-14.62	3.75	30000.80	+
-9.38	-13.34	3.75	30001.78	+
-8.58	-12.07	3.75	30003.97	+
-7.78	-10.80	3.75	30008.83	+
-6.98	-9.53	3.75	30019.66	+
-6.18	-8.25	3.75	30043.77	+
-5.38	-6.98	3.76	30097.49	+
-4.58	-5.72	3.76	30217.40	+
-3.78	-4.46	3.78	30485.91	+
-2.98	-3.21	3.81	31091.36	+
-2.18	-2.01	3.88	32473.17	+
-1.38	-0.89	4.03	35641.81	+
-0.58	0.03	4.38	41508.02	+
0.22	0.54	5.15	33863.03	-
1.02	0.10	6.86	13807.77	-
1.82	-2.44	10.67	5469.94	-
2.62	-9.64	19.14	2309.47	-
3.42	-27.23	38.01	1008.68	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงสนามไฟฟ้า ของ plate ระยะ 10 mm โดยเริ่มที่
เส้น equipotential lines ที่ 0.75 v (เส้นทึบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

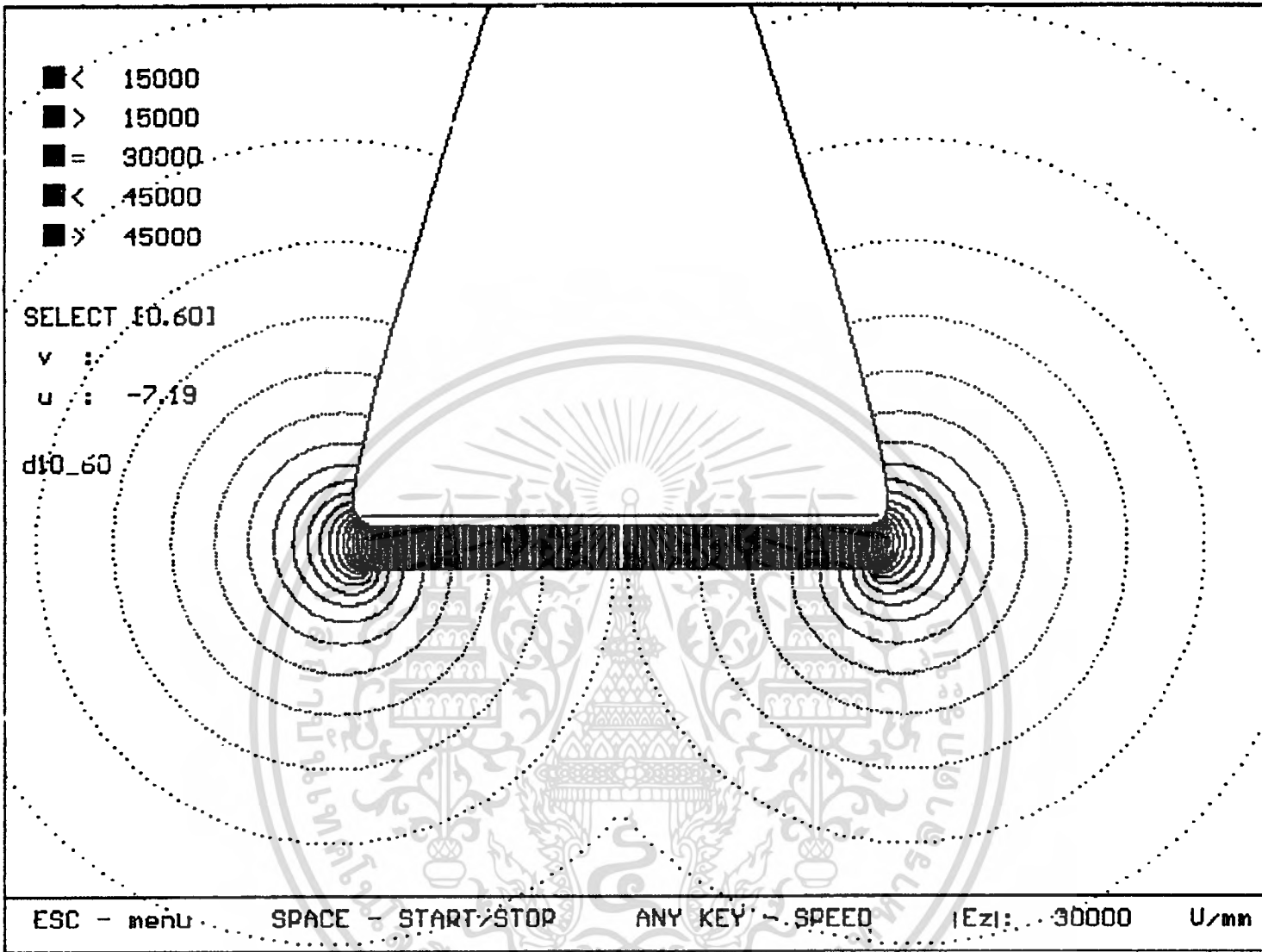
NAME OF FILE.....? d10_60
 LENGTH OF PLATE.....? [100] mm.
 PLATE DISTANCE.....? [10] mm.
 PLATE VOLTAGE.....? [300] Kv.
 V_MARK.....? [. 60] +.

V : 0.60

.....!U!.....!X!.....!Y!.....!Ez!.....

-30.18	-46.45	3.00	30000.00	+
-29.38	-45.17	3.00	30000.00	+
-28.58	-43.90	3.00	30000.00	+
-27.78	-42.63	3.00	30000.00	+
-26.98	-41.36	3.00	30000.00	+
-26.18	-40.08	3.00	30000.00	+
-25.38	-38.81	3.00	30000.00	+
-24.58	-37.54	3.00	30000.00	+
-23.78	-36.26	3.00	30000.00	+
-22.98	-34.99	3.00	30000.00	+
-22.18	-33.72	3.00	30000.00	+
-21.38	-32.44	3.00	30000.00	+
-20.58	-31.17	3.00	30000.00	+
-19.78	-29.90	3.00	30000.00	+
-18.98	-28.62	3.00	30000.00	+
-18.18	-27.35	3.00	30000.00	+
-17.38	-26.08	3.00	30000.00	+
-16.58	-24.80	3.00	30000.00	+
-15.78	-23.53	3.00	30000.00	+
-14.98	-22.26	3.00	30000.00	+
-14.18	-20.98	3.00	30000.01	+
-13.38	-19.71	3.00	30000.01	+
-12.58	-18.44	3.00	30000.03	+
-11.78	-17.16	3.00	30000.07	+
-10.98	-15.89	3.00	30000.16	+
-10.18	-14.62	3.00	30000.35	+
-9.38	-13.34	3.00	30000.78	+
-8.58	-12.07	3.00	30001.73	+
-7.78	-10.80	3.00	30003.86	+
-6.98	-9.52	3.00	30008.58	+
-6.18	-8.25	3.00	30019.07	+
-5.38	-6.98	3.01	30042.31	+
-4.58	-5.71	3.02	30093.54	+
-3.78	-4.44	3.03	30205.02	+
-2.98	-3.18	3.08	30440.01	+
-2.18	-1.94	3.17	30891.71	+
-1.38	-0.73	3.38	31484.37	+
-0.58	0.39	3.84	30519.09	-
0.22	1.32	4.88	22531.70	-
1.02	1.85	7.18	11404.91	-
1.82	1.46	12.30	5072.87	-
2.62	-0.97	23.70	2238.37	-
3.42	-7.94	49.08	995.14	-
4.22	-25.02	105.55	444.81	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงสนามไฟฟ้า ของ plate ระยะ 10 mm โดยเริ่มที่
 เส้น equipotential lines ที่ 0.60 v (เส้นทึบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

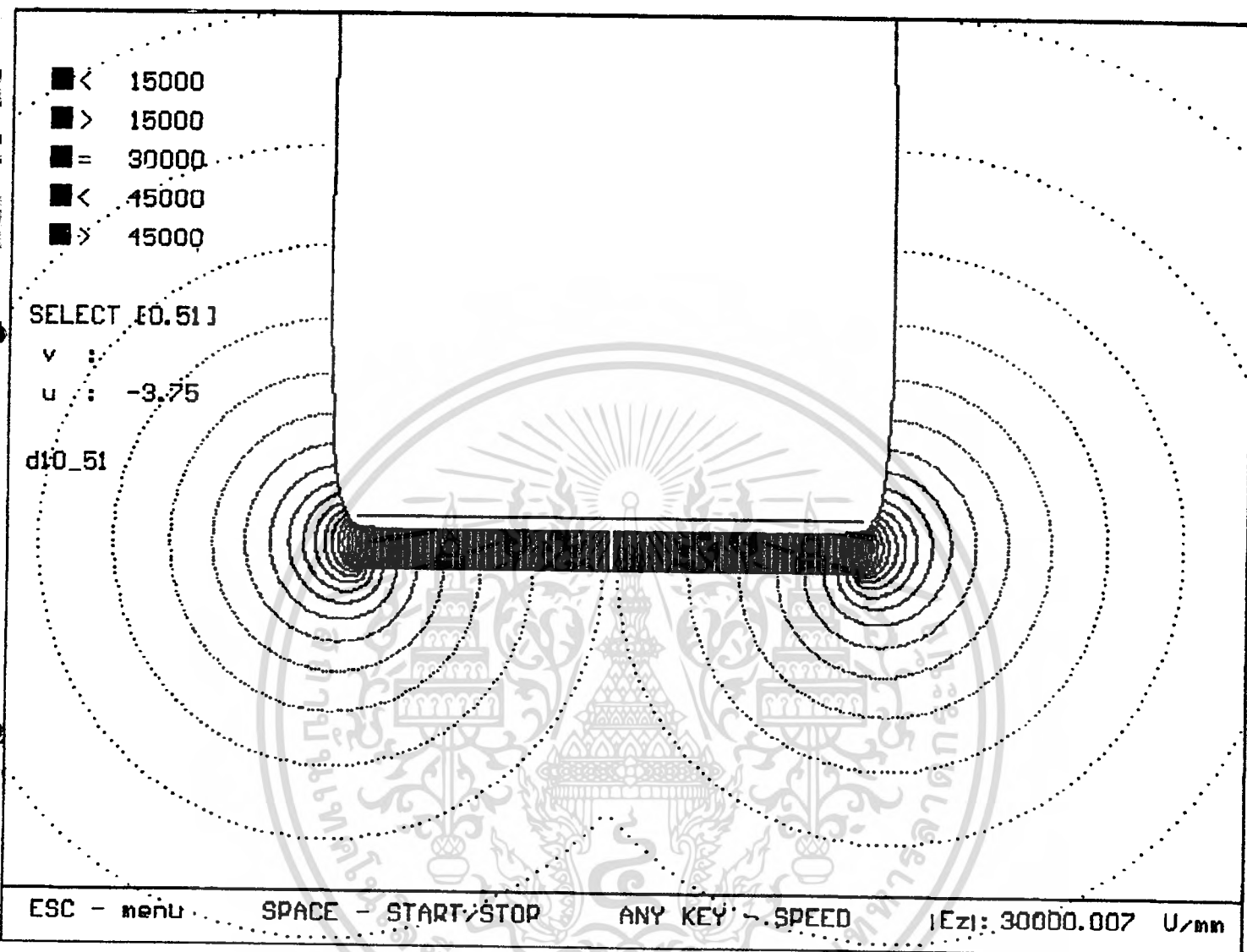
NAME OF FILE.....? d10_51
 LENGTH OF PLATE.....? [100] mm.
 PLATE DISTANCE.....? [10] mm.
 PLATE VOLTAGE.....? [300] Kv.
 V_MARK.....? [. 51] +.

V : 0.51

.....!U!.....!X!.....!Y!.....!Ez!.....

-30.18	-46.45	2.55	30000.00	+
-29.38	-45.17	2.55	30000.00	+
-28.58	-43.90	2.55	30000.00	+
-27.78	-42.63	2.55	30000.00	+
-26.98	-41.36	2.55	30000.00	+
-26.18	-40.08	2.55	30000.00	+
-25.38	-38.81	2.55	30000.00	+
-24.58	-37.54	2.55	30000.00	+
-23.78	-36.26	2.55	30000.00	+
-22.98	-34.99	2.55	30000.00	+
-22.18	-33.72	2.55	30000.00	+
-21.38	-32.44	2.55	30000.00	+
-20.58	-31.17	2.55	30000.00	+
-19.78	-29.90	2.55	30000.00	+
-18.98	-28.62	2.55	30000.00	+
-18.18	-27.35	2.55	30000.00	+
-17.38	-26.08	2.55	30000.00	+
-16.58	-24.80	2.55	30000.00	+
-15.78	-23.53	2.55	30000.00	+
-14.98	-22.26	2.55	30000.00	+
-14.18	-20.98	2.55	30000.00	+
-13.38	-19.71	2.55	30000.00	+
-12.58	-18.44	2.55	30000.00	+
-11.78	-17.16	2.55	30000.01	+
-10.98	-15.89	2.55	30000.02	+
-10.18	-14.62	2.55	30000.04	+
-9.38	-13.34	2.55	30000.08	+
-8.58	-12.07	2.55	30000.18	+
-7.78	-10.80	2.55	30000.39	+
-6.98	-9.52	2.55	30000.86	+
-6.18	-8.25	2.55	30001.88	+
-5.38	-6.98	2.56	30004.01	+
-4.58	-5.70	2.57	30008.06	+
-3.78	-4.43	2.59	30013.68	+
-2.98	-3.16	2.63	30009.29	-
-2.18	-1.89	2.73	29916.36	-
-1.38	-0.62	2.95	29318.61	-
-0.58	0.63	3.44	26559.85	-
0.22	1.87	4.52	19120.69	-
1.02	3.07	6.94	10318.81	-
1.82	4.17	12.33	4842.14	-
2.62	5.07	24.31	2192.50	-
3.42	5.51	50.97	986.01	-
4.22	4.91	110.32	442.98	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงสนามไฟฟ้า ของ plate ระยะ 10 mm โดยเริ่มที่
เส้น equipotential lines ที่ 0.51 π (เส้นทึบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

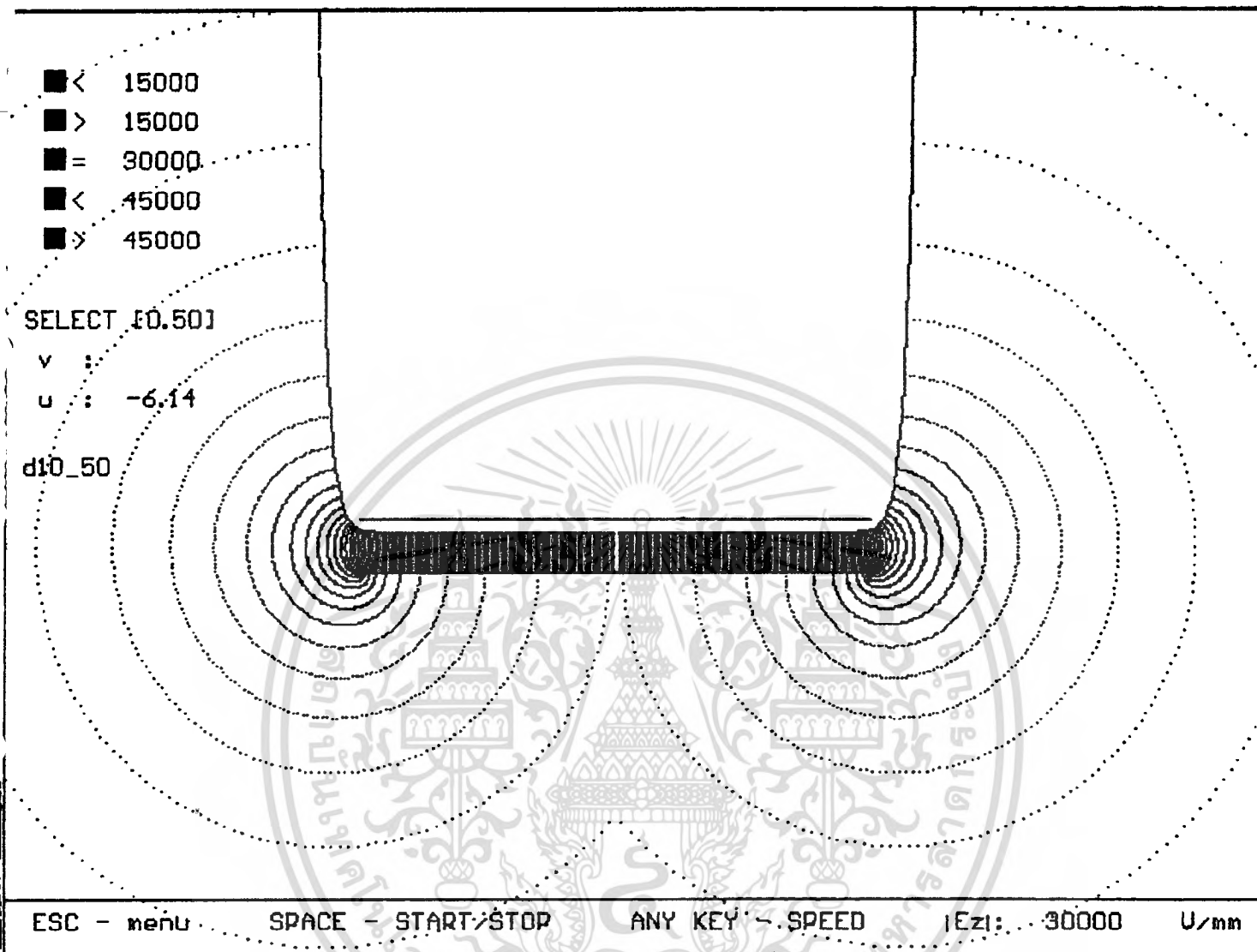
NAME OF FILE.....? d10_50
 LENGTH OF PLATE.....? [100] mm.
 PLATE DISTANCE.....? [10] mm.
 PLATE VOLTAGE.....? [300] Kv.
 V_MARK.....? [. 50] ..

V : 0.50

.....|U|.....|X|.....|Y|.....|Ez|.....

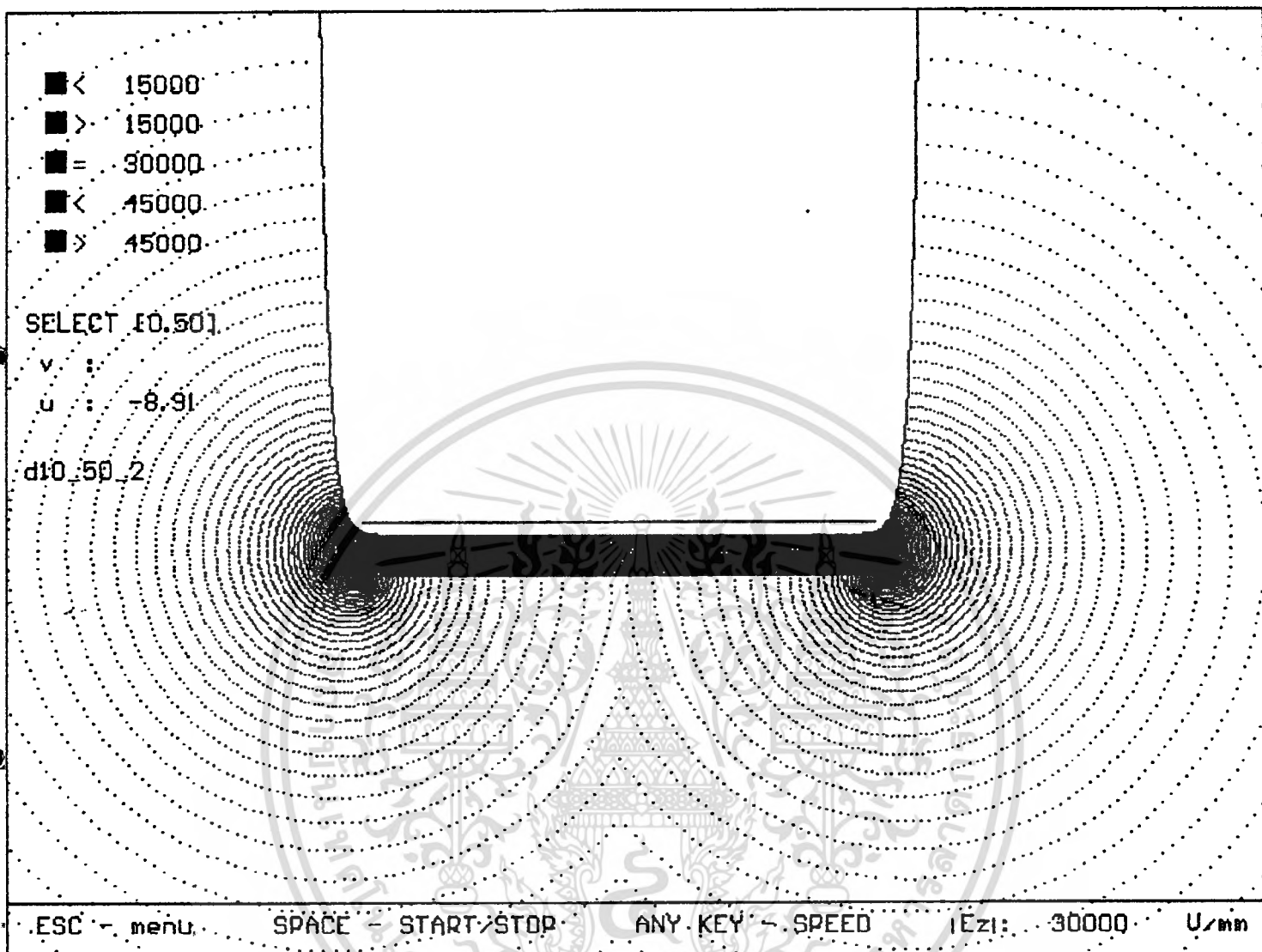
-30.18	-46.45	2.50	30000.00	+
-29.38	-45.17	2.50	30000.00	+
-28.58	-43.90	2.50	30000.00	+
-27.78	-42.63	2.50	30000.00	+
-26.98	-41.36	2.50	30000.00	+
-26.18	-40.08	2.50	30000.00	+
-25.38	-38.81	2.50	30000.00	+
-24.58	-37.54	2.50	30000.00	+
-23.78	-36.26	2.50	30000.00	+
-22.98	-34.99	2.50	30000.00	+
-22.18	-33.72	2.50	30000.00	+
-21.38	-32.44	2.50	30000.00	+
-20.58	-31.17	2.50	30000.00	+
-19.78	-29.90	2.50	30000.00	+
-18.98	-28.62	2.50	30000.00	+
-18.18	-27.35	2.50	30000.00	-
-17.38	-26.08	2.50	30000.00	-
-16.58	-24.80	2.50	30000.00	-
-15.78	-23.53	2.50	30000.00	-
-14.98	-22.26	2.50	30000.00	-
-14.18	-20.98	2.50	30000.00	-
-13.38	-19.71	2.50	30000.00	-
-12.58	-18.44	2.50	30000.00	-
-11.78	-17.16	2.50	30000.00	-
-10.98	-15.89	2.50	30000.00	-
-10.18	-14.62	2.50	30000.00	-
-9.38	-13.34	2.50	30000.00	-
-8.58	-12.07	2.50	30000.00	-
-7.78	-10.80	2.50	30000.00	-
-6.98	-9.52	2.50	29999.99	-
-6.18	-8.25	2.50	29999.94	-
-5.38	-6.98	2.51	29999.68	-
-4.58	-5.70	2.52	29998.44	-
-3.78	-4.43	2.54	29992.26	-
-2.98	-3.16	2.58	29961.70	-
-2.18	-1.88	2.68	29811.72	-
-1.38	-0.61	2.90	29100.72	-
-0.58	0.66	3.39	26202.62	-
0.22	1.93	4.47	18824.96	-
1.02	3.21	6.90	10214.52	-
1.82	4.48	12.28	4817.97	-
2.62	5.75	24.27	2187.49	-
3.42	7.03	50.95	984.99	-
4.22	8.30	110.32	442.78	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงสนามไฟฟ้า ของ plate ระยะ 10 mm โดยเริ่มที่
 เส้น equipotential lines ที่ 0.50 π (เส้นทึบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงเส้น equipotential lines ตั้งแต่ 0.5 π ไป

จนถึง $-\pi$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

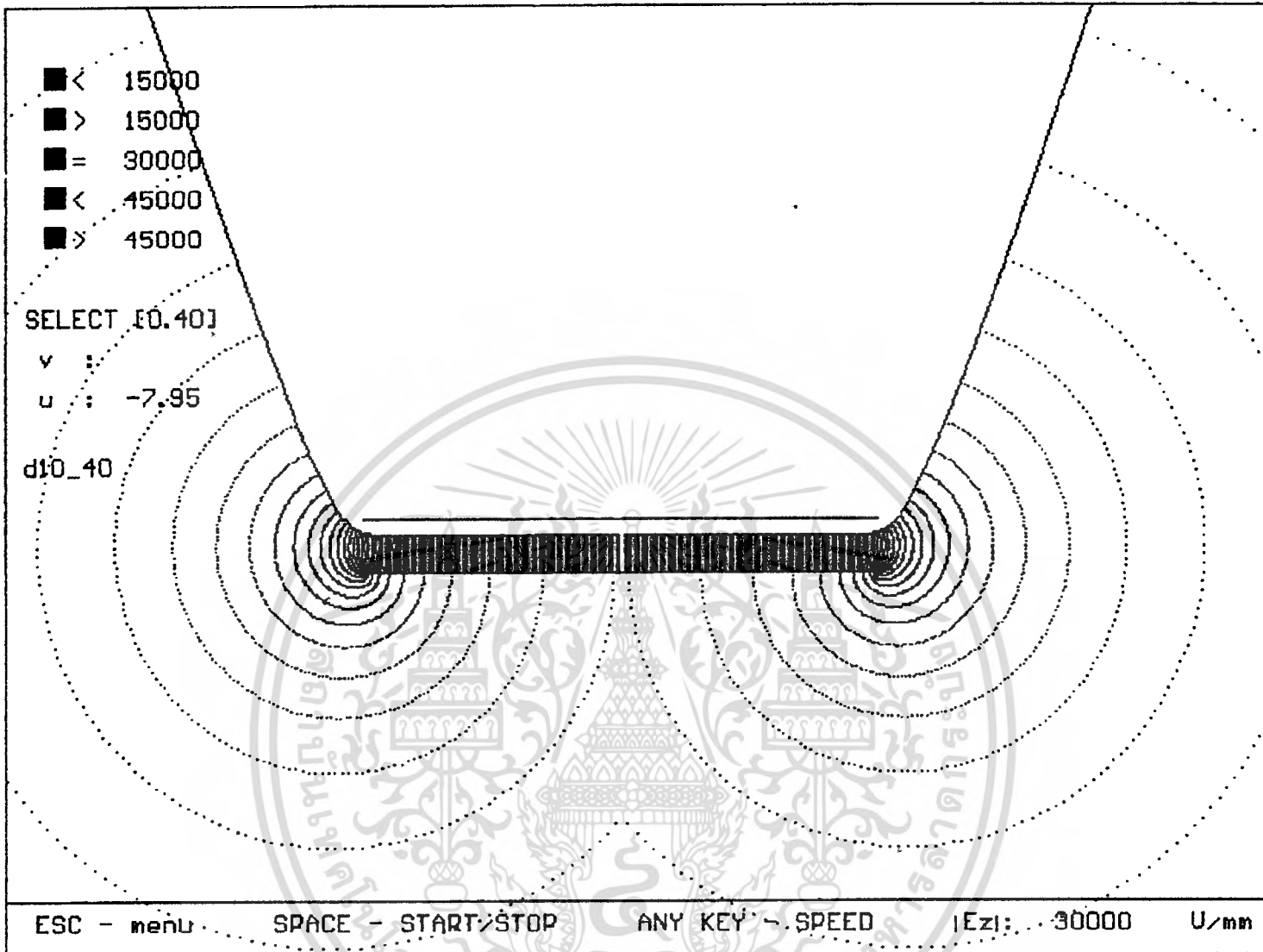
NAME OF FILE.....? d10_40
 LENGTH OF PLATE.....? [100] mm.
 PLATE DISTANCE.....? [10] mm.
 PLATE VOLTAGE.....? [300] Kv.
 V_MARK.....? [. 40] ..

=====
 V : 0.40
 =====

.....!U!.....!X!.....!Y!.....!Ez!.....

-30.18	-46.45	2.00	30000.00	+
-29.38	-45.17	2.00	30000.00	-
-28.58	-43.90	2.00	30000.00	-
-27.78	-42.63	2.00	30000.00	-
-26.98	-41.36	2.00	30000.00	-
-26.18	-40.08	2.00	30000.00	-
-25.38	-38.81	2.00	30000.00	-
-24.58	-37.54	2.00	30000.00	-
-23.78	-36.26	2.00	30000.00	-
-22.98	-34.99	2.00	30000.00	-
-22.18	-33.72	2.00	30000.00	-
-21.38	-32.44	2.00	30000.00	-
-20.58	-31.17	2.00	30000.00	-
-19.78	-29.90	2.00	30000.00	-
-18.98	-28.62	2.00	30000.00	-
-18.18	-27.35	2.00	30000.00	-
-17.38	-26.08	2.00	30000.00	-
-16.58	-24.80	2.00	30000.00	-
-15.78	-23.53	2.00	30000.00	-
-14.98	-22.26	2.00	30000.00	-
-14.18	-20.98	2.00	29999.99	-
-13.38	-19.71	2.00	29999.99	-
-12.58	-18.44	2.00	29999.97	-
-11.78	-17.16	2.00	29999.93	-
-10.98	-15.89	2.00	29999.84	-
-10.18	-14.62	2.00	29999.65	-
-9.38	-13.34	2.00	29999.22	-
-8.58	-12.07	2.00	29998.27	-
-7.78	-10.80	2.00	29996.14	-
-6.98	-9.52	2.00	29991.40	-
-6.18	-8.25	2.00	29980.84	-
-5.38	-6.98	2.01	29957.24	-
-4.58	-5.70	2.02	29904.23	-
-3.78	-4.42	2.03	29783.92	-
-2.98	-3.13	2.08	29505.25	-
-2.18	-1.83	2.17	28837.62	-
-1.38	-0.49	2.38	27187.60	-
-0.58	0.94	2.84	23316.64	-
0.22	2.55	3.88	16498.15	-
1.02	4.57	6.18	9332.87	-
1.82	7.50	11.30	4598.01	-
2.62	12.48	22.70	2139.93	-
3.42	22.00	48.08	975.15	-
4.22	41.62	104.55	440.77	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงสนามไฟฟ้า ของ plate ระยะ 10 mm โดยเริ่มที่
 เส้น equipotential lines ที่ 0.40π (เส้นทึบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

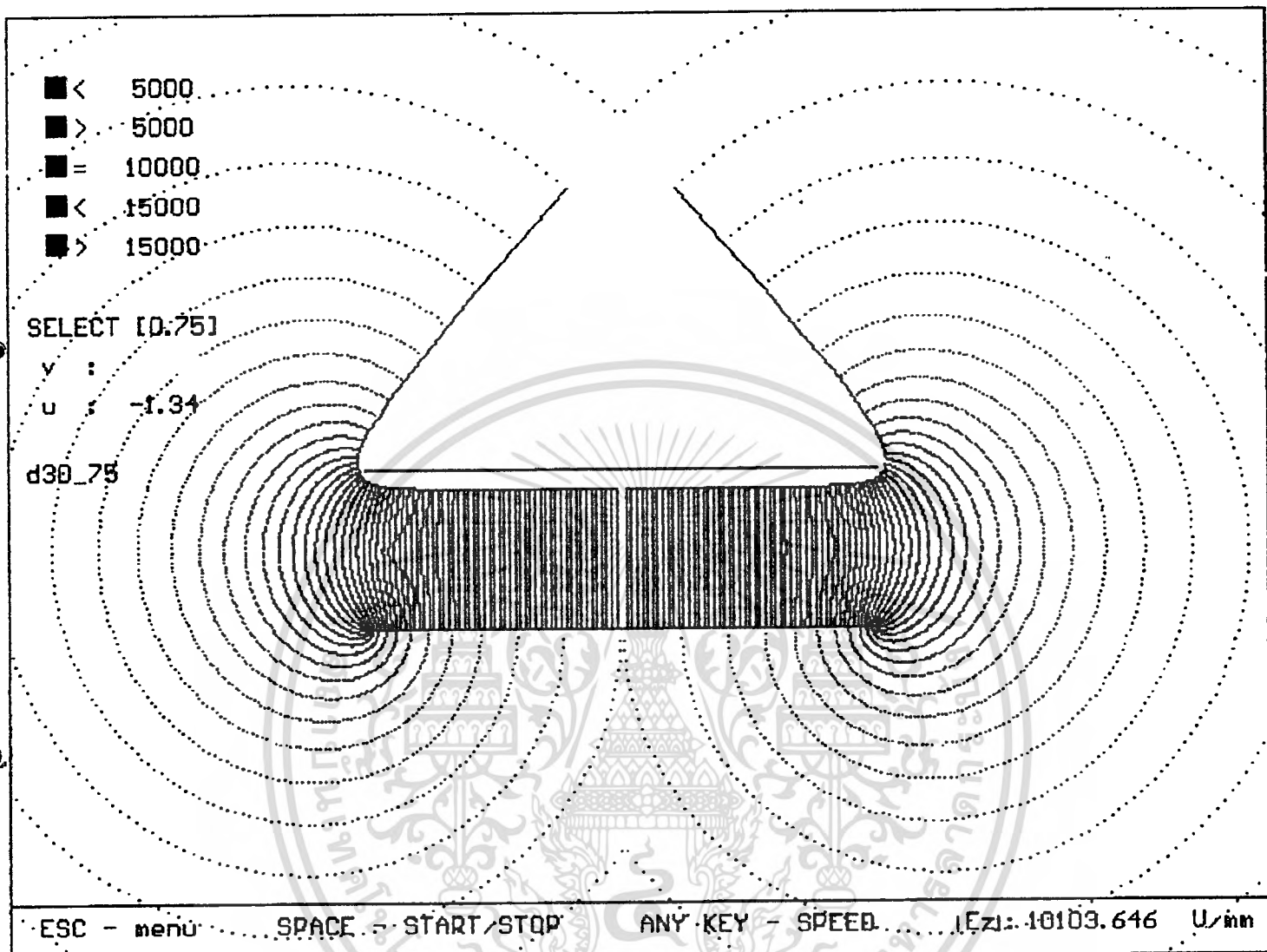
NAME OF FILE.....? d30_75
 LENGTH OF PLATE.....? [100] mm.
 PLATE DISTANCE.....? [30] mm.
 PLATE VOLTAGE.....? [300] Kv.
 V_MARK.....? [. 75] ..

V : 0.75

.....!U!.....!X!.....!Y!.....!Ez!.....

-10.69	-46.29	11.25	10000.16	+
-10.39	-44.86	11.25	10000.72	+
-10.09	-43.42	11.25	10000.29	+
-9.79	-41.99	11.25	10000.39	+
-9.49	-40.56	11.25	10000.53	+
-9.19	-39.13	11.25	10000.72	+
-8.89	-37.70	11.25	10000.97	+
-8.59	-36.26	11.25	10001.31	+
-8.29	-34.83	11.25	10001.77	+
-7.99	-33.40	11.25	10002.38	+
-7.69	-31.97	11.25	10003.22	+
-7.39	-30.53	11.25	10004.35	+
-7.09	-29.10	11.25	10005.87	+
-6.79	-27.67	11.25	10007.92	+
-6.49	-26.24	11.26	10010.69	+
-6.19	-24.81	11.26	10014.44	+
-5.89	-23.38	11.26	10019.49	+
-5.59	-21.95	11.26	10026.32	+
-5.29	-20.52	11.27	10035.54	+
-4.99	-19.10	11.27	10048.01	+
-4.69	-17.67	11.28	10064.86	+
-4.39	-16.25	11.29	10087.65	+
-4.09	-14.83	11.31	10118.49	+
-3.79	-13.42	11.33	10160.26	+
-3.49	-12.01	11.35	10216.90	+
-3.19	-10.62	11.39	10293.82	+
-2.89	-9.23	11.44	10398.43	+
-2.59	-7.87	11.50	10541.03	+
-2.29	-6.52	11.59	10735.80	+
-1.99	-5.21	11.71	11002.26	+
-1.69	-3.94	11.87	11366.50	+
-1.39	-2.72	12.09	11860.52	+
-1.09	-1.58	12.38	12512.31	+
-0.79	-0.54	12.78	13301.05	+
-0.49	0.35	13.31	14009.91	+
-0.19	1.07	14.03	13955.78	-
0.11	1.53	15.00	12280.08	-
0.41	1.65	16.31	9414.75	--
0.71	1.31	18.08	6688.72	-
1.01	0.35	20.48	4661.16	-
1.31	-1.45	23.70	3263.45	-
1.61	-4.37	28.06	2309.38	-
1.91	-8.82	33.94	1651.40	-
2.21	-15.33	41.88	1191.14	--
2.51	-24.61	52.60	864.96	-
2.81	-37.64	67.06	631.31	--

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการทำ
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แสดงสนามไฟฟ้า ของ plate ระยะ 30 mm โดยเริ่มที่
เส้น equipotential lines ที่ 0.75 μ (เส้นทับ)

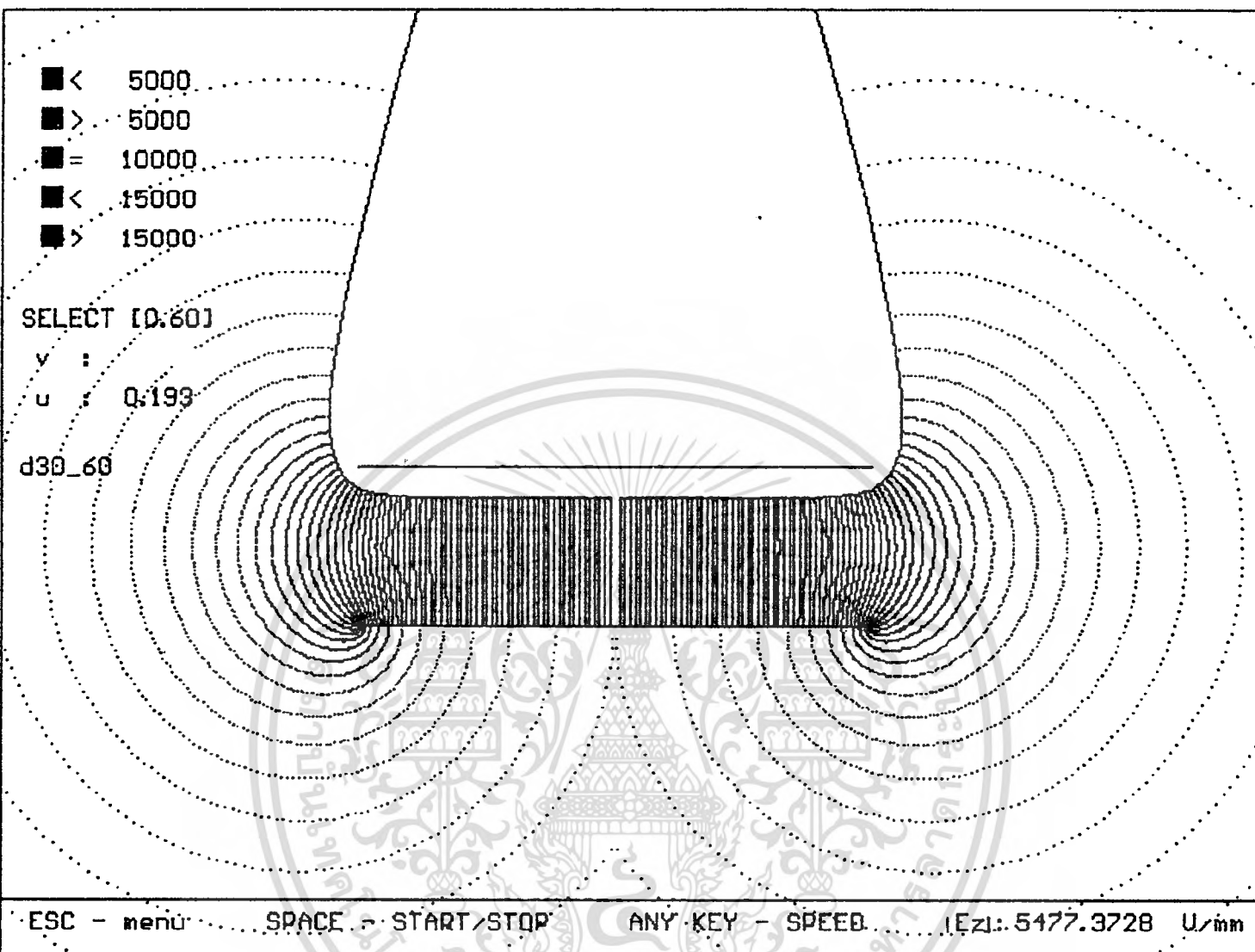
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NAME OF FILE.....? d30_60
 LENGTH OF PLATE.....? [100] mm.
 PLATE DISTANCE.....? [30] mm.
 PLATE VOLTAGE.....? [300] Kv.
 V_MARK.....? [. 60] ..

V : 0.60

..... U X Y Ez	
-10.69	-46.29	9.00	10000.07	+
-10.39	-44.86	9.00	10000.09	+
-10.09	-43.42	9.00	10000.13	+
-9.79	-41.99	9.00	10000.17	+
-9.49	-40.56	9.00	10000.23	+
-9.19	-39.13	9.00	10000.31	+
-8.89	-37.69	9.00	10000.42	+
-8.59	-36.26	9.00	10000.57	+
-8.29	-34.83	9.00	10000.77	+
-7.99	-33.40	9.00	10001.04	+
-7.69	-31.97	9.00	10001.41	+
-7.39	-30.53	9.00	10001.90	+
-7.09	-29.10	9.00	10002.56	+
-6.79	-27.67	9.01	10003.46	+
-6.49	-26.24	9.01	10004.66	+
-6.19	-24.81	9.01	10006.29	+
-5.89	-23.37	9.01	10008.48	+
-5.59	-21.94	9.02	10011.44	+
-5.29	-20.51	9.02	10015.42	+
-4.99	-19.08	9.03	10020.77	+
-4.69	-17.65	9.04	10027.95	+
-4.39	-16.23	9.06	10037.59	+
-4.09	-14.80	9.08	10050.47	+
-3.79	-13.38	7.10	10067.65	+
-3.49	-11.96	9.14	10090.41	+
-3.19	-10.54	9.19	10120.37	+
-2.89	-9.13	9.25	10159.36	+
-2.59	-7.72	9.34	10209.24	+
-2.29	-6.33	9.46	10271.32	+
-1.99	-4.95	9.62	10344.93	+
-1.69	-3.59	9.83	10424.44	+
-1.39	-2.25	10.13	10492.98	+
-1.09	-0.95	10.52	10510.81	+
-0.79	0.31	11.05	10398.26	-
-0.49	1.51	11.77	10025.42	-
-0.19	2.63	12.74	9250.00	-
0.11	3.64	14.05	8038.20	-
0.41	4.50	15.81	6562.19	-
0.71	5.16	18.19	5098.49	-
1.01	5.54	21.41	3840.95	-
1.31	5.56	25.75	2848.27	-
1.61	5.09	31.61	2098.20	-
1.91	3.95	39.52	1542.67	-
2.21	1.92	50.20	1134.42	-
2.51	-1.33	64.61	835.04	-
2.81	-6.22	84.07	615.38	-
3.11	-13.32	110.33	454.00	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้เพื่อใช้ในการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งหากนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงสนามไฟฟ้า ของ plate ระยะ 30 mm โดยเริ่มที่
เส้น equipotential lines ที่ 0.60π (เส้นทับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

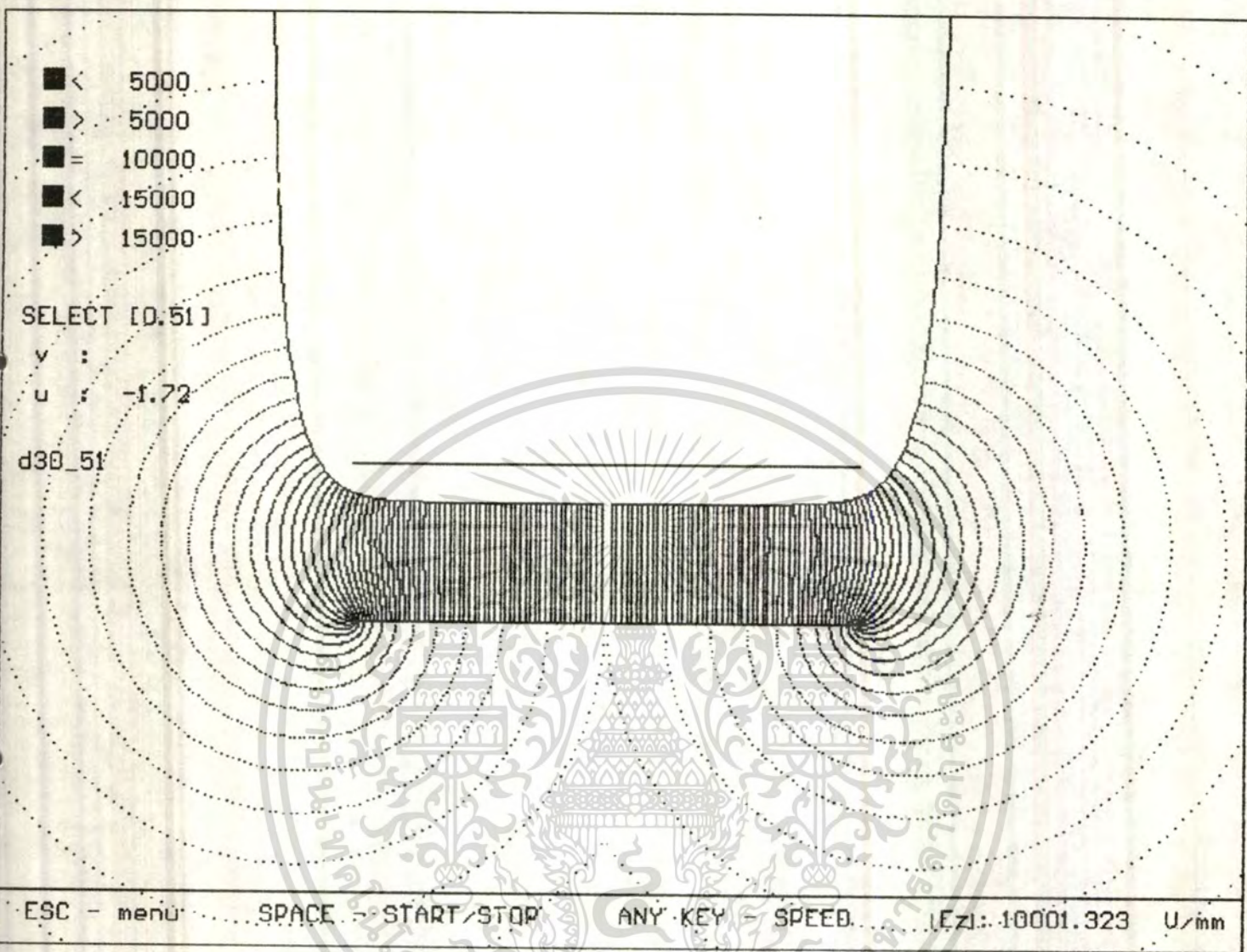
NAME OF FILE.....? d30_51
 LENGTH OF PLATE.....? [100] mm.
 PLATE DISTANCE.....? [30] mm.
 PLATE VOLTAGE.....? [300] Kv.
 V_MARK.....? [. 51] +.

V : 0.51

.....!U!.....!X!.....!Y!.....!Ez!.....

-10.69	-46.29	7.65	10000.01	+
-10.39	-44.86	7.65	10000.01	+
-10.09	-43.42	7.65	10000.01	+
-9.79	-41.99	7.65	10000.02	+
-9.49	-40.56	7.65	10000.02	+
-9.19	-39.13	7.65	10000.03	+
-8.89	-37.69	7.65	10000.04	+
-8.59	-36.26	7.65	10000.06	+
-8.29	-34.83	7.65	10000.08	+
-7.99	-33.40	7.65	10000.11	+
-7.69	-31.97	7.65	10000.14	+
-7.39	-30.53	7.65	10000.19	+
-7.09	-29.10	7.65	10000.26	+
-6.79	-27.67	7.66	10000.35	+
-6.49	-26.24	7.66	10000.46	+
-6.19	-24.80	7.66	10000.62	+
-5.89	-23.37	7.66	10000.83	+
-5.59	-21.94	7.67	10001.10	+
-5.29	-20.51	7.67	10001.45	+
-4.99	-19.07	7.68	10001.90	+
-4.69	-17.64	7.69	10002.45	+
-4.39	-16.21	7.71	10003.12	+
-4.09	-14.78	7.73	10003.85	+
-3.79	-13.35	7.76	10004.54	+
-3.49	-11.92	7.79	10004.93	+
-3.19	-10.49	7.85	10004.48	-
-2.89	-9.06	7.91	10002.08	-
-2.59	-7.63	8.01	9995.58	-
-2.29	-6.20	8.13	9980.92	-
-1.99	-4.77	8.30	9950.56	-
-1.69	-3.34	8.53	9890.87	-
-1.39	-1.92	8.83	9778.20	-
-1.09	-0.50	9.25	9574.08	-
-0.79	0.91	9.81	9222.74	-
-0.49	2.32	10.56	8659.82	-
-0.19	3.72	11.58	7842.95	-
0.11	5.11	12.95	6797.02	-
0.41	6.48	14.81	5630.02	-
0.71	7.84	17.31	4485.20	-
1.01	9.16	20.69	3471.99	-
1.31	10.45	25.25	2637.58	-
1.61	11.69	31.41	1981.11	-
1.91	12.86	39.73	1478.42	-
2.21	13.94	50.95	1099.35	-
2.51	14.90	66.10	815.92	-
2.81	15.69	86.54	604.95	-
3.11	16.25	114.14	448.31	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างชื่อของเอกสารทุกฉบับที่นำไปใช้



รูปที่ 4.15 แสดงสนามไฟฟ้า ของ plate ระยะ 30 mm โดยเริ่มที่
เส้น equipotential lines ที่ 0.51 v (เส้นทึบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

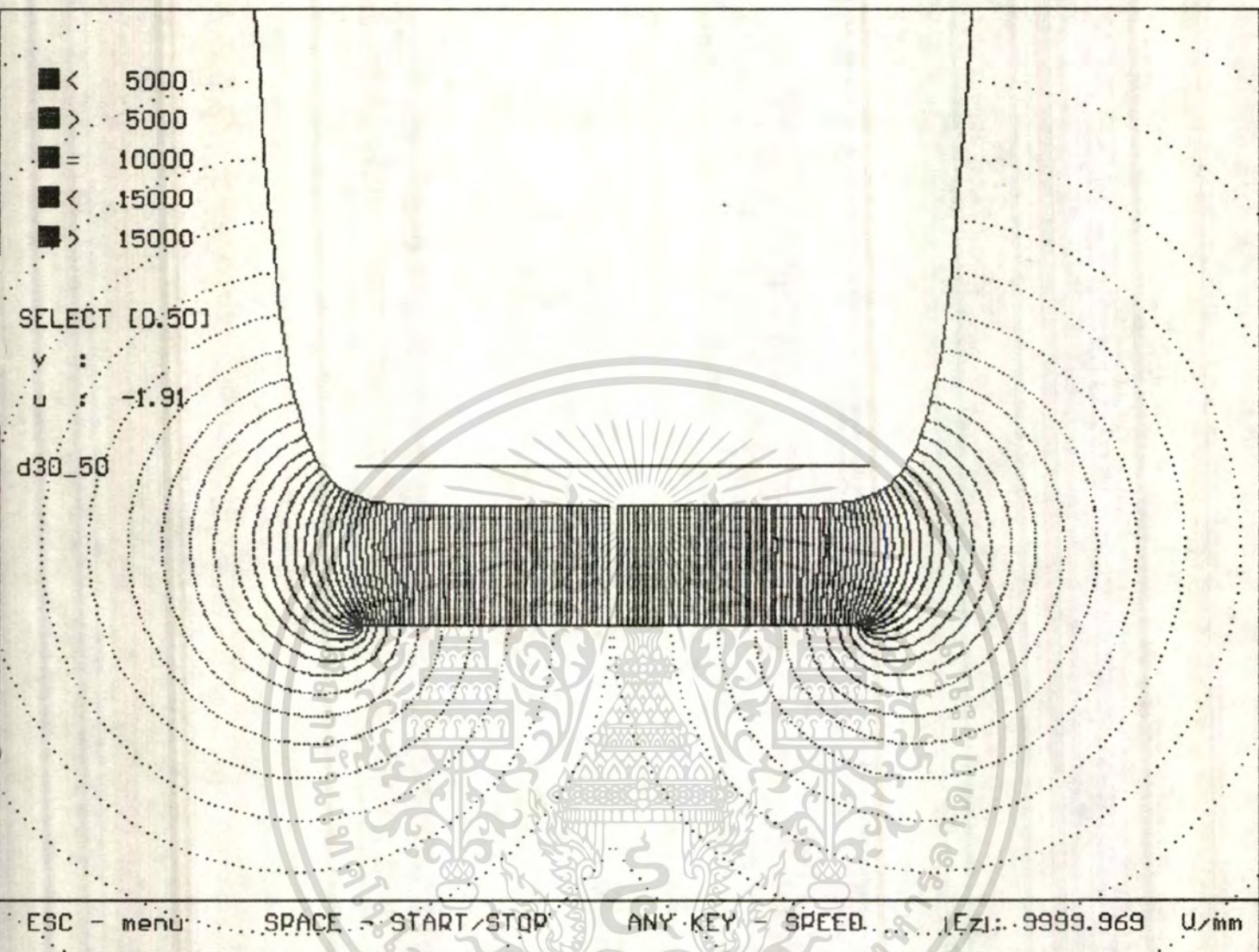
NAME OF FILE.....? d30_50
 LENGTH OF PLATE.....? [100] mm.
 PLATE DISTANCE.....? [30] mm.
 PLATE VOLTAGE.....? [300] Kv.
 V_MARK.....? [. 50] ..

V : 0.50

.....!U!.....!X!.....!Y!.....!Ez!.....

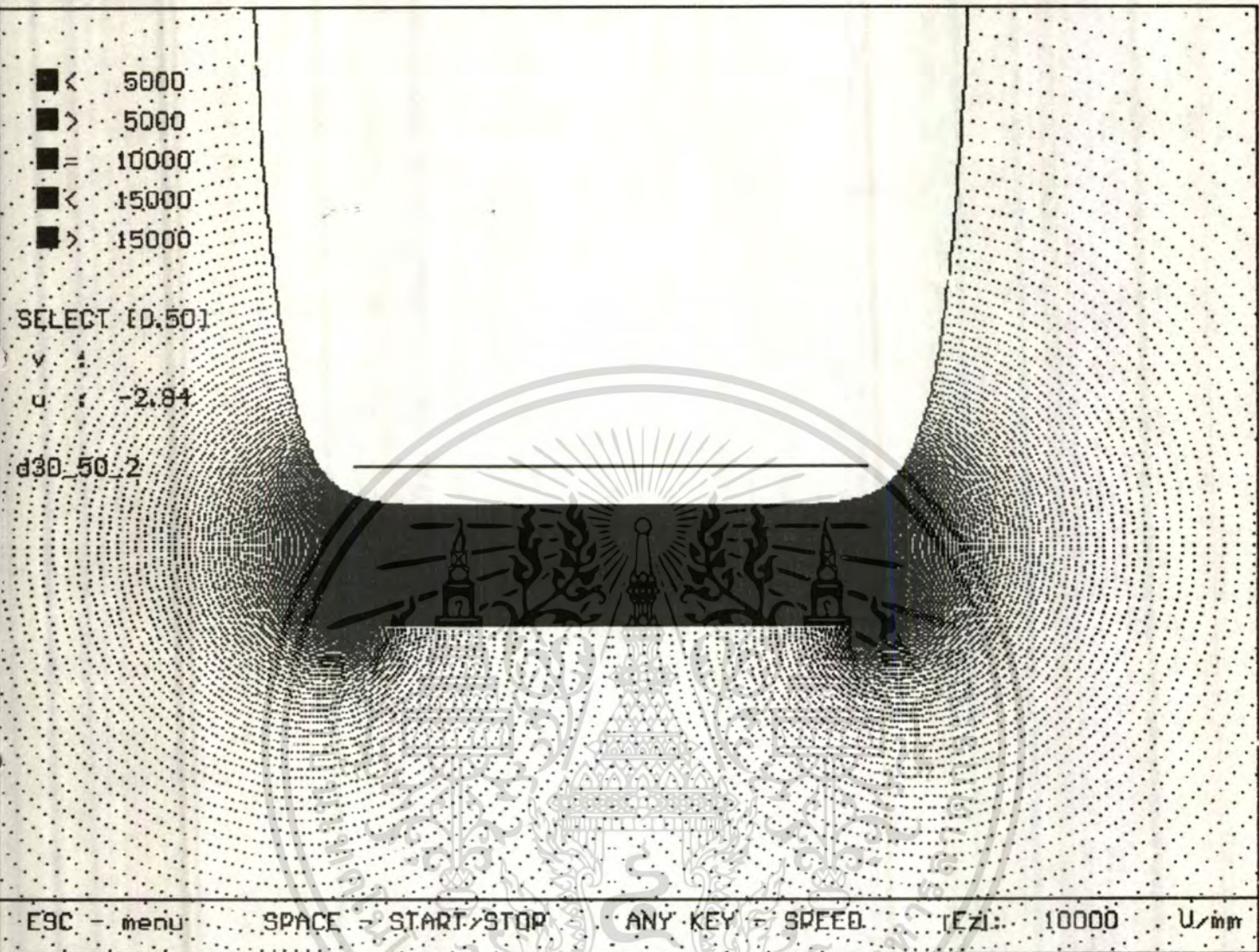
-10.69	-46.29	7.50	10000.0	+
-10.39	-44.86	7.50	10000.0	-
-10.09	-43.42	7.50	10000.0	-
-9.79	-41.99	7.50	10000.0	-
-9.49	-40.56	7.50	10000.0	-
-9.19	-39.13	7.50	10000.0	-
-8.89	-37.69	7.50	10000.0	-
-8.59	-36.26	7.50	10000.0	-
-8.29	-34.83	7.50	10000.0	-
-7.99	-33.40	7.50	10000.0	-
-7.69	-31.97	7.50	10000.0	-
-7.39	-30.53	7.50	10000.0	-
-7.09	-29.10	7.50	10000.0	-
-6.79	-27.67	7.51	9999.99	-
-6.49	-26.24	7.51	9999.99	-
-6.19	-24.80	7.51	9999.98	-
-5.89	-23.37	7.51	9999.96	-
-5.59	-21.94	7.52	9999.93	-
-5.29	-20.51	7.52	9999.97	-
-4.99	-19.07	7.53	9999.77	-
-4.69	-17.64	7.54	9999.58	-
-4.39	-16.21	7.56	9999.24	-
-4.09	-14.78	7.58	9998.61	-
-3.79	-13.34	7.61	9997.47	-
-3.49	-11.91	7.64	9995.40	-
-3.19	-10.48	7.70	9991.61	-
-2.89	-9.05	7.76	9984.74	-
-2.59	-7.61	7.86	9972.24	-
-2.29	-6.18	7.98	9949.59	-
-1.99	-4.75	8.15	9908.72	-
-1.69	-3.32	8.38	9835.52	-
-1.39	-1.88	8.68	9706.21	-
-1.09	-0.45	9.10	9483.15	-
-0.79	0.98	9.66	9113.41	-
-0.49	2.41	10.41	8538.06	-
-0.19	3.84	11.43	7721.13	-
0.11	5.28	12.80	6690.02	-
0.41	6.71	14.66	5547.79	-
0.71	8.14	17.17	4428.91	-
1.01	9.57	20.55	3436.61	-
1.31	11.01	25.11	2616.57	-
1.61	12.44	31.27	1969.06	-
1.91	13.87	39.59	1471.64	-
2.21	15.30	50.82	1095.58	-
2.51	16.74	65.97	813.84	-
2.81	18.17	86.43	603.81	-
3.11	19.60	114.05	447.68	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งเมื่อมีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดงสนามไฟฟ้า ของ plate ระยะ 30 mm โดยเริ่มที่
เส้น equipotential lines ที่ 0.50 π (เส้นทึบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 แสดงเส้น equipotential lines ตั้งแต่ 0.5 σ ไป

จนถึง $-\pi$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

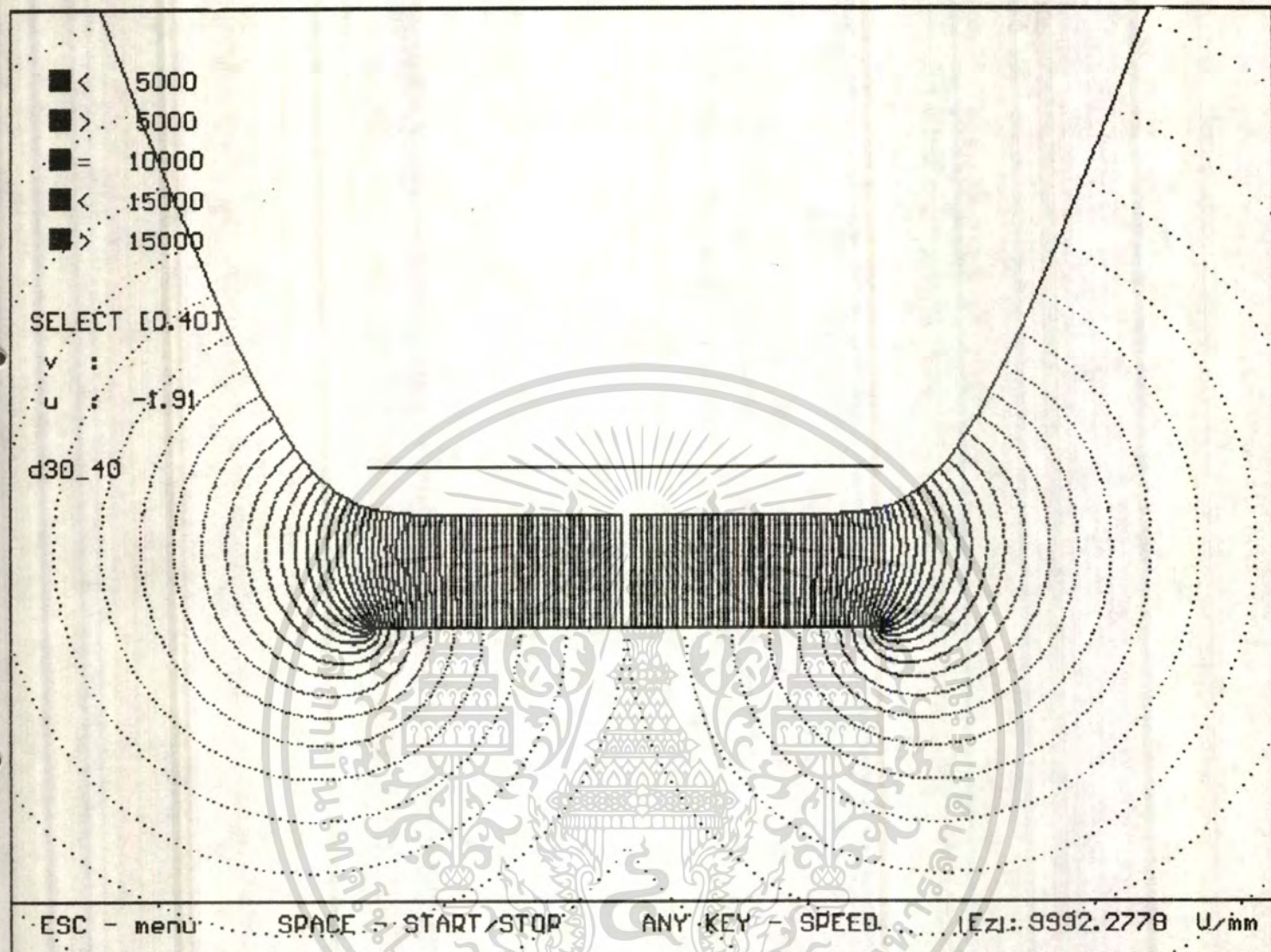
NAME OF FILE.....? d30_40
 LENGTH OF PLATE.....? [100] mm.
 PLATE DISTANCE.....? [30] mm.
 PLATE VOLTAGE.....? [300] Kv.
 V_MARK.....? [. 40] +.

V : 0.40

.....!U!.....!X!.....!Y!.....!Ez!.....

-10.69	-46.29	6.00	9999.93	+
-10.39	-44.86	6.00	9999.91	-
-10.09	-43.42	6.00	9999.87	-
-9.79	-41.99	6.00	9999.83	-
-9.49	-40.56	6.00	9999.77	-
-9.19	-39.13	6.00	9999.69	-
-8.89	-37.69	6.00	9999.58	-
-8.59	-36.26	6.00	9999.43	-
-8.29	-34.83	6.00	9999.23	-
-7.99	-33.40	6.00	9998.96	-
-7.69	-31.96	6.00	9998.59	-
-7.39	-30.53	6.00	9998.10	-
-7.09	-29.10	6.00	9997.43	-
-6.79	-27.67	6.01	9996.54	-
-6.49	-26.23	6.01	9995.32	-
-6.19	-24.80	6.01	9993.68	-
-5.89	-23.37	6.01	9991.46	-
-5.59	-21.93	6.02	9988.46	-
-5.29	-20.50	6.02	9984.40	-
-4.99	-19.06	6.03	9978.91	-
-4.69	-17.63	6.04	9971.45	-
-4.39	-16.19	6.06	9961.32	-
-4.09	-14.75	6.08	9947.55	-
-3.79	-13.31	6.10	9928.75	-
-3.49	-11.87	6.14	9903.01	-
-3.19	-10.42	6.19	9867.65	-
-2.89	-8.97	6.25	9818.82	-
-2.59	-7.50	6.34	9751.01	-
-2.29	-6.03	6.46	9656.32	-
-1.99	-4.55	6.62	9523.41	-
-1.69	-3.05	6.83	9336.31	-
-1.39	-1.52	7.13	9073.45	-
-1.09	0.04	7.52	8707.89	-
-0.79	1.65	8.05	8211.09	-
-0.49	3.31	8.77	7562.31	-
-0.19	5.06	9.74	6763.43	-
0.11	6.92	11.05	5851.10	-
0.41	8.92	12.81	4893.54	-
0.71	11.13	15.19	3968.63	-
1.01	13.61	18.41	3137.89	-
1.31	16.45	22.75	2433.54	-
1.61	19.79	28.61	1861.15	-
1.91	23.79	36.52	1409.60	-
2.21	28.69	47.20	1060.48	-
2.51	34.81	61.61	794.17	-
2.81	42.56	81.07	592.87	-
3.11	52.53	107.33	441.62	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งหากนำไปใช้



รูปที่ 4.18 แสดงสนามไฟฟ้า ของ plate ระยะ 30 mm โดยเริ่มที่
เส้น equipotential lines ที่ 0.40 π (เส้นที่ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Layer 0 Snap

719.0000,92.0000

AutoCAD

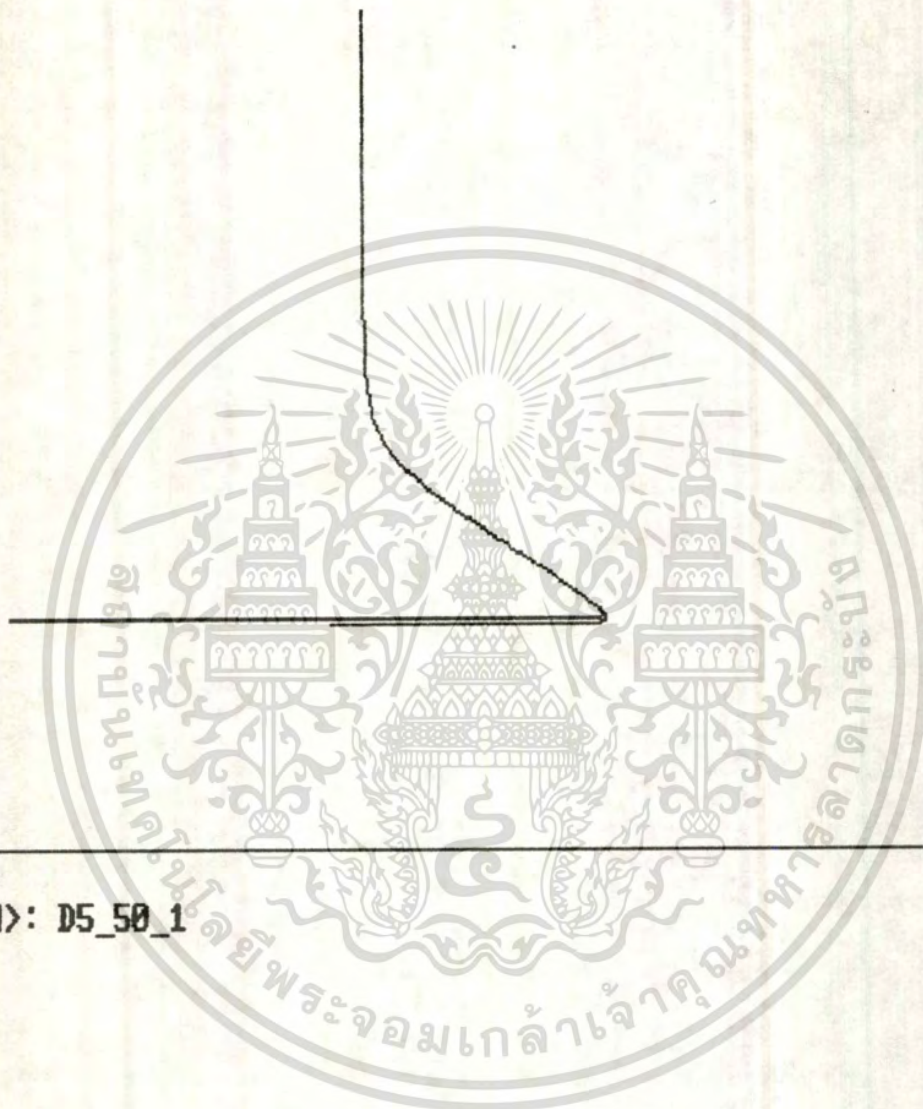
SLIDES

BLOCKS

DIM:
DISPLAY
DRAW
EDIT
INQUIRY
LAYER:
SETTINGS
PLOT
UCS:
UTILITY

3D
ASHADE:

SAVE:



Command: SAVE

File name <TUM>: D5_50_1

Command:

รูปที่ 4.19 แสดงโครงร่าง electrode จาก ระยะ plate 5 mm

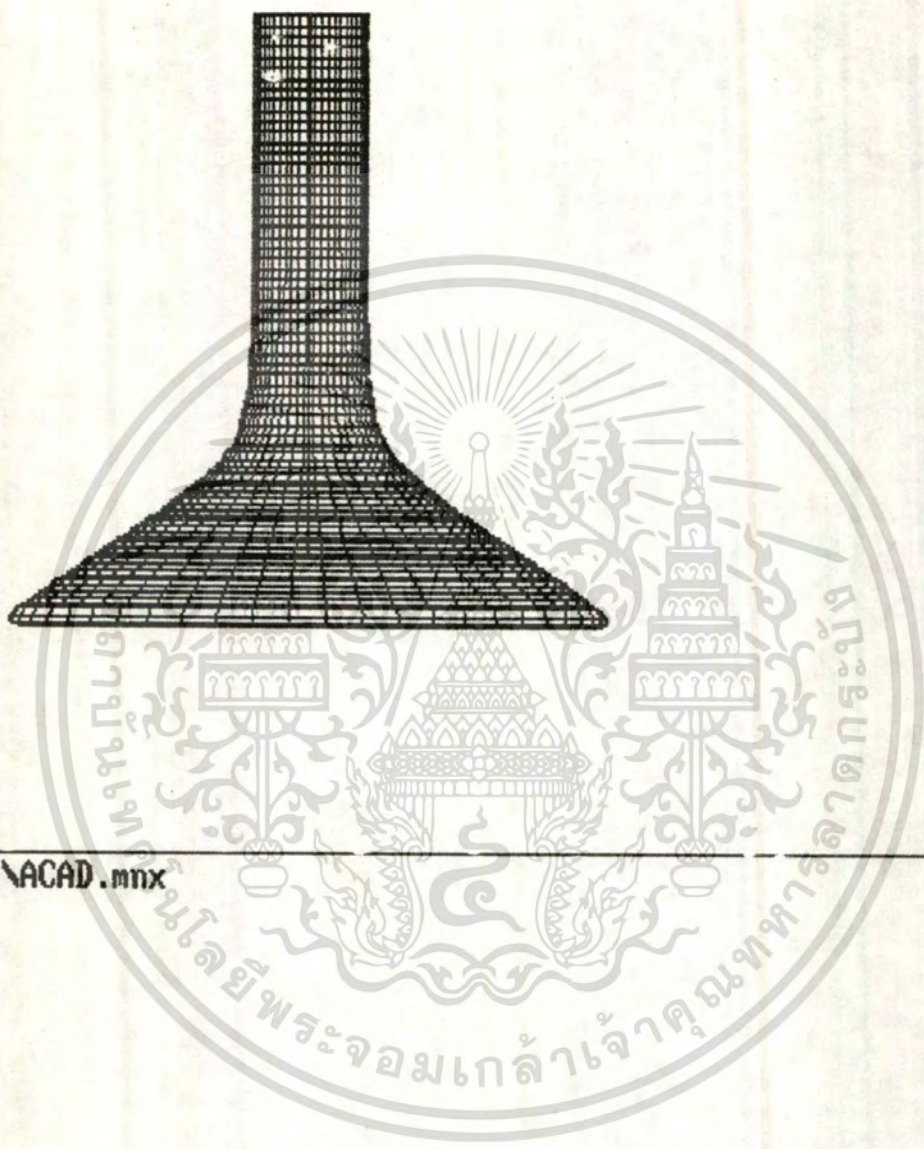
โดยใช้เส้น 0.5 π แล้วนำเข้าโปรแกรม Autocad R.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Layer 0 Snap

719.0000,92.0000

- AutoCAD
- ****
- SLIDES
- BLOCKS
- DIM:
- DISPLAY
- DRAW
- EDIT
- INQUIRY
- LAYER:
- SETTINGS
- PLOT
- UCS:
- UTILITY
- 3D
- ASHADE:
- SAVE:



Loaded menu C:\ACAD.mnx
 Command:

รูปที่ 4.20 แสดงรูปของ electrode ในลักษณะ 3 มิติ โดยใช้ข้อมูล
 ของรูป 4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Layer 0 Snap

719.0000,90.0000

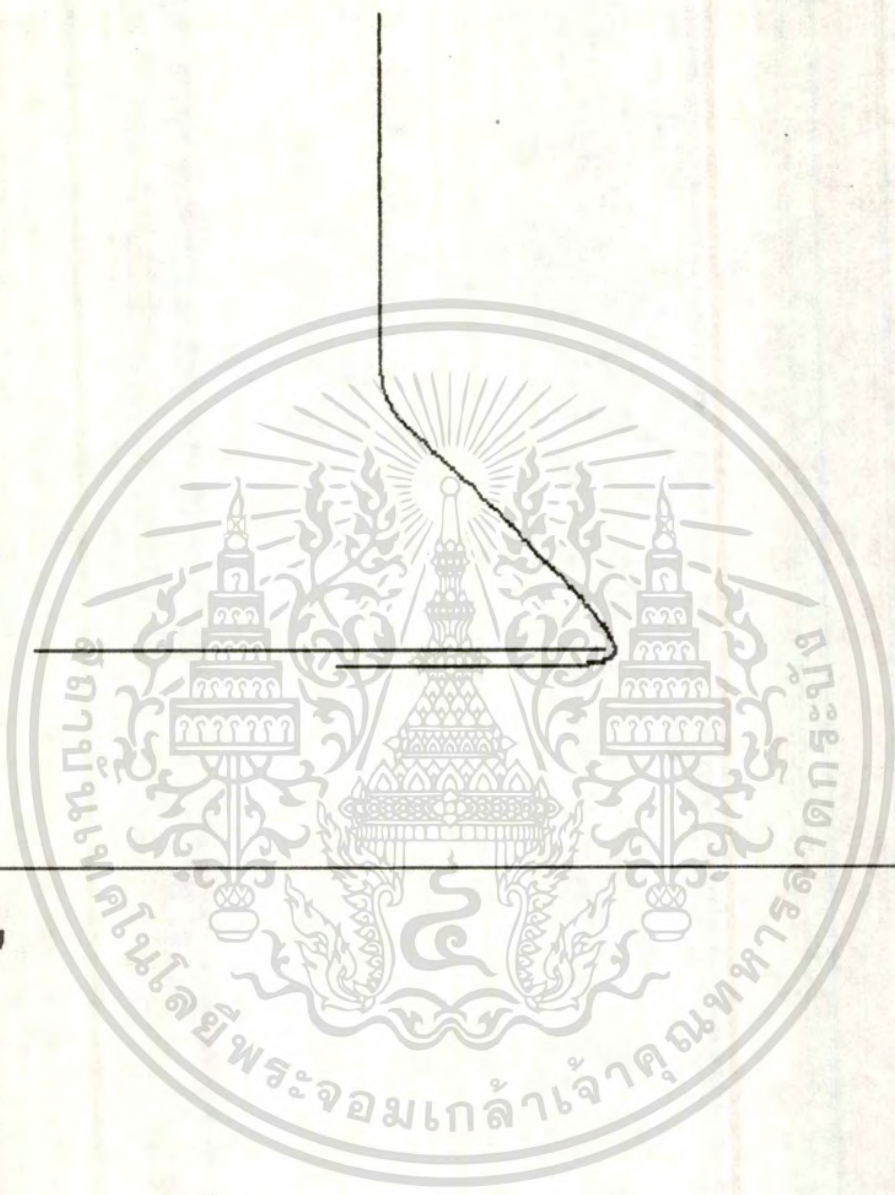
AutoCAD

SLIDES

BLOCKS
DIM:
DISPLAY
DRAW
EDIT
INQUIRY
LAYER:
SETTINGS
PLOT
UCS:
UTILITY

3D
ASHADE:

SAVE:



Select objects:
Command: 'redraw
Command:

รูปที่ 4.21 แสดงโครงร่าง electrode จาก ระยะเวลา plate 10 mm
โดยใช้เส้น 0.5 π แล้วนำเข้าโปรแกรม Autocad R.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Layer 0 Snap

719.0000,90.0000

AutoCAD

SLIDES

BLOCKS

DIM:

DISPLAY

DRAW

EDIT

INQUIRY

LAYER:

SETTINGS

PLOT

UCS:

UTILITY

3D

ASHADE:

SAVE:

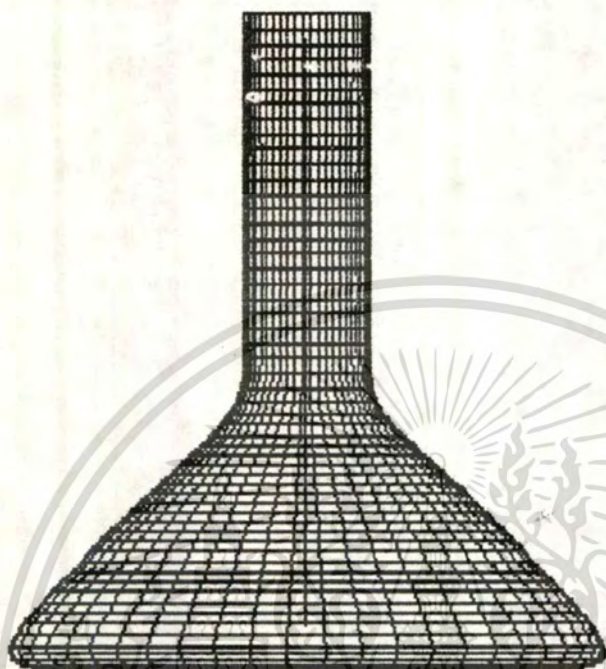


PLATE DISTANCE 10 mm.

Loaded menu C:\ACAD.mnx

Command:

รูปที่ 4.22 แสดงรูปของ electrode ในลักษณะ 3 มิติ โดยใช้ข้อมูล
ของรูป 4.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Layer 0 Snap

785.0000,82.0000

AutoCAD

SLIDES

BLOCKS

DIM:

DISPLAY

DRAW

EDIT

INQUIRY

LAYER:

SETTINGS

PLOT

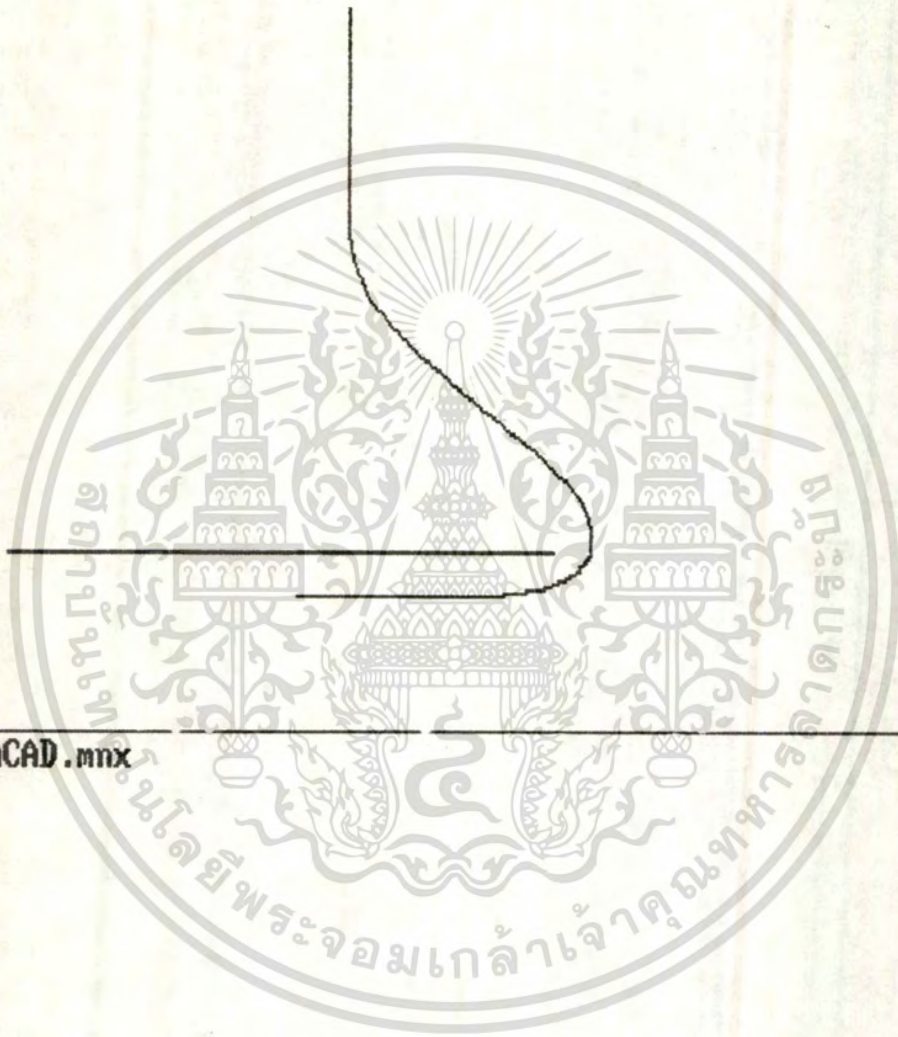
UCS:

UTILITY

3D

ASHADE:

SAVE:



Loaded menu C:\ACAD.mnx

Command:

รูปที่ 4.23 แสดงโครงร่าง electrode จาก ระยะเวลา plate 30 mm
โดยใช้เส้น 0.5 ๗ แล้วนำเข้าโปรแกรม Autocad R.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Layer 0 Snap

785.0000,82.0000

AutoCAD

EDGSURF:
REVSURF:
RULSURF:
TABSURF:

Surftb1:
Surftb2:

3DFACE:
3DMESH:
3DPOLY:

3d
objects
LAST
DRAW
EDIT

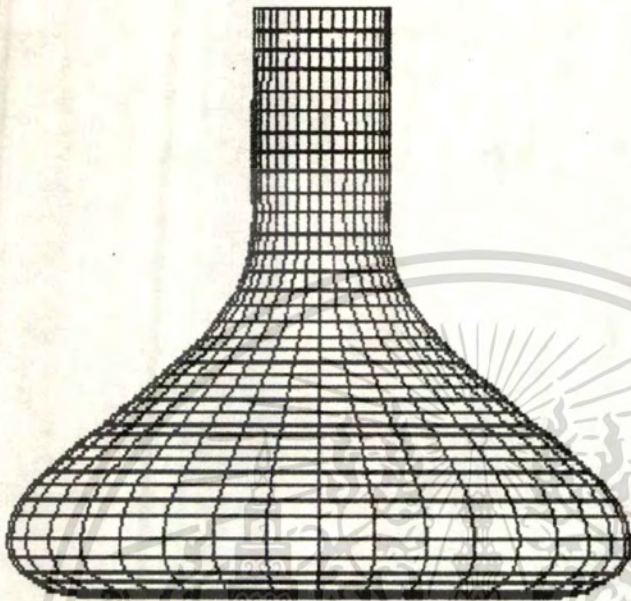


PLATE DISTANCE 30 mm.

A drawing with this name already exists.
Do you want to replace it? <N> Y
Command:

รูปที่ 4.24 แสดงรูปของ electrode ในลักษณะ 3 มิติ โดยใช้ข้อมูล
ของรูป 4.23

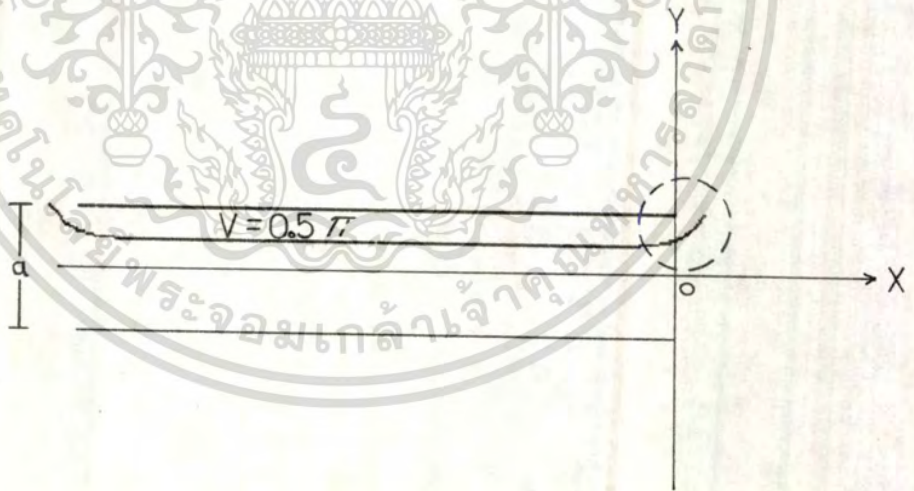
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผล และ วิจารณ์การทดลอง

จากข้อมูลที่ computer พิมพ์ออกมา เราจะเห็นได้ว่า ช่วงที่ สนามไฟฟ้า $|E_z|$ มีความสม่ำเสมอ นั้น (ช่วงที่ $|E_z| = V/a$) คือ ช่วงที่ u มีค่าตั้งแต่ -5 ลงไปนั่นเอง ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะเกิดกับทุกเส้นของ v ตั้งแต่ π ถึง $-\pi$

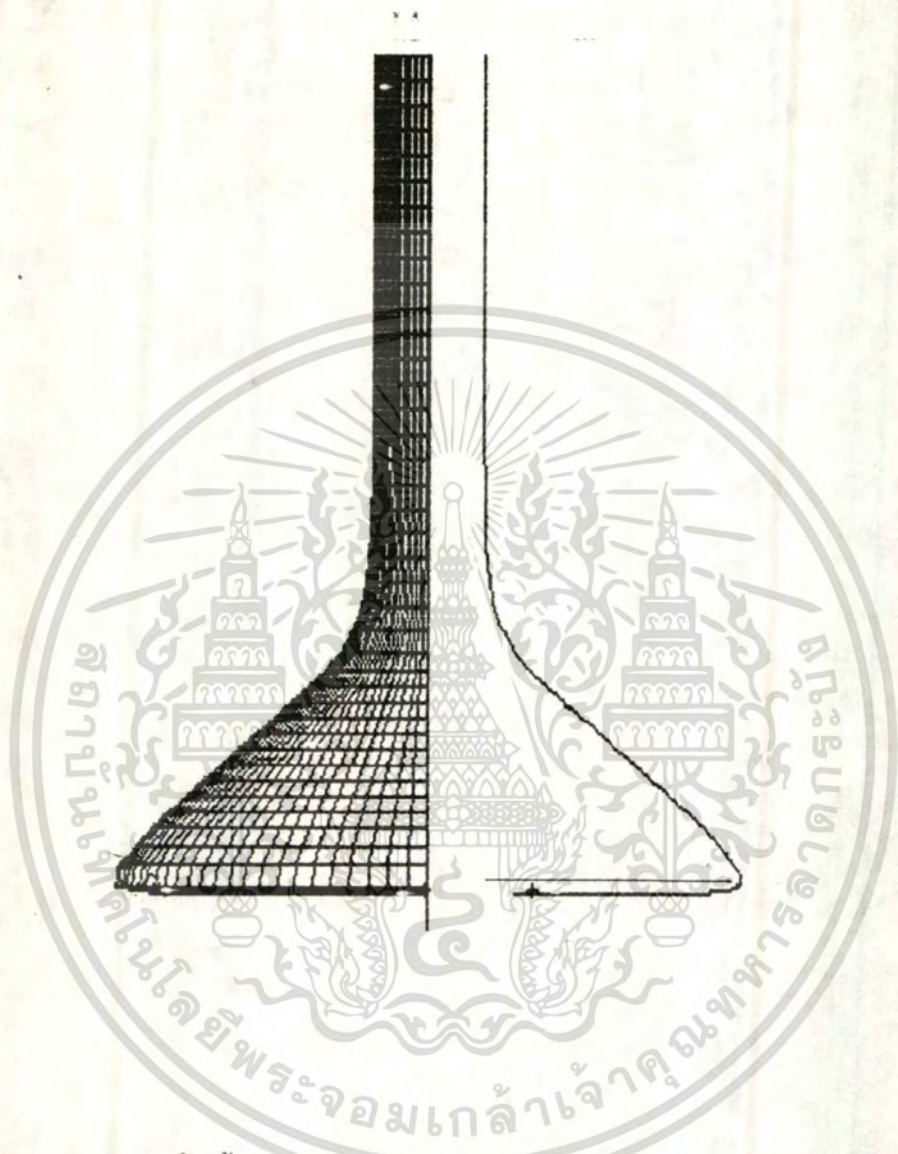
และในทางกลับกัน สนามไฟฟ้าจะมีค่าสูงสุดที่ $u=0$ และ $v = \pi$ ซึ่งเราจะนำลักษณะของสนามไฟฟ้านี้ไปใช้ในการออกแบบ electrode ที่ให้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอที่สุด

จากข้อมูลที่ได้จะเห็นได้ว่า ที่เส้น $v=0.5\pi$ นั้นสนามไฟฟ้าบนเส้นนี้จะไม่สูงกว่าช่วงสม่ำเสมอ ($|E_z| \leq V/a$) เลยตลอดเส้น ทำให้โอกาสที่จะเกิด breakdown บน electrode ที่มีลักษณะตามเส้น $v=0.5\pi$ นี้ ไม่มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นได้ หรือ ที่เราเรียกว่า electrode แบบ rogoski profile นั่นเอง



จากการสังเกต ที่ข้อมูลนั้นที่ระยะ $y=a/2$ นั้น ค่า $|E_z|$ จะมีค่าลดลงต่ำกว่า ค่าของสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอมาก จากจุดนี้ เราจึงนำมาใช้ในการสร้าง Electrode โดยพิจารณาเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา
 ลักษณะของ ขอบอิเล็กโทรดเฉพาะที่ระยะ $y < a/2$ ลงไปส่วนที่เกิน $a/2$ ขึ้นไปนั้น เราสามารถนำไปแต่งให้เข้ากับก้านหรืออุปกรณ์ยึดได้โดยดูจาก เส้น v ถัดไปประกอบ

จากการทดลอง Electrode ที่ได้จะมีลักษณะรูปร่าง และ ขอบ ดังรูป



ในการออกแบบเราจึงต้องลดระยะ plate distance (A) ระหว่าง plate ให้น้อยที่สุด เพื่อที่ขอบของ Electrode จะได้ไม่มีความโค้งมาก และข้อดีของการ ลดระยะ plate distance ลงอีกข้อหนึ่งคือทำให้พื้นที่การใช้งานหรือ พื้นที่สำหรับกระแสสูงขึ้น เพราะจากค่า x ของ plate ที่ 5 mm กับ 30 mm นั้น เราจะเห็นว่า ขณะที่ $|E_x|$ ยังเท่ากับค่า uniform นั้น ค่า x ของ plate ที่ระยะ 5 mm นั้น จะยาวที่สุด ซึ่งพื้นที่ในการรับกระแสก็จะสูงที่สุดด้วย

จึงสรุปว่า ควรใช้ค่า v ที่ 0.5 π และลดระยะ plate distance ลงให้มากที่สุด จะทำให้ได้ Electrode ที่มีสนามไฟฟ้า ลมฟ้า เสมอ และประหยัดด้วย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้ได้สำเร็จเป็นไปตามวัตถุประสงค์ได้ โดยได้รับความช่วยเหลือจาก อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ จงรักษ์ บุญเลี้ยง และ อาจารย์ในภาคไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ ทุกท่านซึ่งให้คำแนะนำความรู้ ประสบการณ์ ตลอดจนอุปกรณ์ และสถานที่ในการทำงานมาโดยตลอด

และที่ลืมไม่ได้คือ คุณ ขวัญชนก แบ่งลาก ที่คอยเป็นกำลังใจมาโดยตลอด กระผมจึงขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ. ที่นี้ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. IEEE Transactions on Electrical Insulation Vol EI-20 No 2 April 1985 ,A New Class of Uniform - Field Electrodes For Dielectric Strength Tests in Liquids
2. IEEE Transaction on Power Appratus and Systems VOl Pas-99 , No3 May/June 1980 , Electrode Design For Testing In Uniform Field Gaps
3. High - Voltage Engineering
4. Kuffel , E. , & Aboullah , M , High - Voltage Engineering , Perkamon Press , 1977
5. ดร. สำรวย สังข์สะอาด , วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2528
6. บุญเลิศ เอี่ยมทัศนาศ , โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ภาษาซี , ซีเอ็ดดูเคชั่น 2531
7. พ.ต. ประพัฒน์ อุทัยภาค , คู่มือการใช้ โปรแกรม AUTOCAD , ซีเอ็ดดูเคชั่น 2529
8. พ.ต. ประพัฒน์ อุทัยภาค , AUTOCAD ภาคนิศดาร , ซีเอ็ดดูเคชั่น 2532
9. TURBO C Reference Guide Version 2.0 , Borland 1988
10. เอกสาร การประชุมวิชาการ ทางวิศวกรรมไฟฟ้า 8 สถาบัน ครั้งที่ 7 , เล่ม 1
11. เก็บภาพบนจอด้วย PIZAZZ PLUS 2.0 , วารสารไมโครคอมพิวเตอร์ ฉบับที่ 73
12. AUTOCAD RELEASE 10. Reference manual , Mc Graw Hill 1990

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม

```
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include <string.h>
#include <graphics.h>
#include <conio.h>
#include <stdio.h>
#include <textbox.c>
#include <key.c>
#define upkey 328
#define downkey 336
#define leftkey 331
#define rightkey 333
#define f1 315
#define f2 316
#define f3 317
#define f4 318
#define f5 319
#define f6 320
#define f7 321
#define f8 322
#define f9 323
#define f10 324
#define esc 27
#define space 32
#define enter 13
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#define m1 "Edit"
#define m2 "Load"
#define m3 "Save"
#define m4 "Run"
#define m5 "Quit"
#define til0_1 "P O E T 2"
#define til0_2 "R J C "
#define til1 "CAD FOR H.V. ELECTRODE "
#define til2 "-BY-"
#define til3 "KREINGKRI CHONGKHANPOND"
#define til4 "32.1052"
#define til5 "ADVISOR"
#define til6 "-BY-"
#define til7 "A.JONGRAK BUNSENG, BSS, MSE"
#define til8 "KING MONGKUT INSTITUTE'S TECHNOLOGY"
#define til9 "LAD KRABANG CAMPUS"
#define til10 "Tank.."
#define til11 "Mother & Father For Every thing"
#define til12 "All Advisor For Knowledge"
#define til13 "All friends For Drink&Eate"
#define til14 "And.."
#define til15 "All Girls For Frechey!"
#define text_down " ESC - menu      SPACE - START/STOP      ANY KEY
- SPEED      |Ez|:      V/mm2"
#define x_mm 246

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#define y_line 10

#define text_x 20

#define text_y 23

#define PI 3.141592654

#define text_ex 500

#define color_1 4

#define color_2 13

#define color_3 9

#define color_4 11

#define color_5 14

#define color_mark 15

#define background 56

#define style 1

#define per 0.1

#define full 1000

double step_u,step_v;

double buf_x,buf_y,buf_v;

double x_max,y_max;

double scale,W,H,L,A;

double volt;

double x,y;

double org_rx,org_ry,org_lx,org_ly;

int rx_dot,ry_dot,lx_dot,ly_dot;

int mode;

int a[12]={0,120,100,80,18,33,75,0,0,1,1,10};

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int center_x;

int print_on;

int old_count=1;

int choice=1;

int plot_all=0;

int old_color;

char name[10]="CHERRY";

char ch;

struct palettetype palette;

main()

{
init_graph();
nosound();
mode=getgraphmode();
restorecrtmode();
/*title(); */
clrscr();
data();
menu();
closegraph();
exit(0);
}

menu()
{
int num;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
textbackground(1);

gotoxy(1,23);cprintf("      Edit      Load      Save
      Run      Quit      ");

textattr(79);

gotoxy((((choice-1)*15)+5),23);

switch(choice)

{

case 1      :{cprintf("%s",m1);break;}
case 2      :{cprintf("%s",m2);break;}
case 3      :{cprintf("%s",m3);break;}
case 4      :{cprintf("%s",m4);break;}
case 5      :{cprintf("%s",m5);break;}

}

while((num=getkey()) !=enter)

{

textbackground(1);

gotoxy(1,23);cprintf("      Edit      Load      Save
      Run      Quit      ");

switch(num)

{

case rightkey :{if(choice<5) choice++;else choice=1;break;}
case leftkey  :{if(choice>1) choice--;else choice=5;break;}

}

textattr(79);

```

gotoxy((((choice-1)*15)+5),23); การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

switch(choice)
{
case 1      :{printf("%s",m1);break;}
case 2      :{printf("%s",m2);break;}
case 3      :{printf("%s",m3);break;}
case 4      :{printf("%s",m4);break;}
case 5      :{printf("%s",m5);break;}
}
}

```

```

switch(choice)
{
case 1      :{ edit();break;}
case 2      :{ load();break;}
case 3      :{ save();break;}
case 4      :{ go();break;}
case 5      : break;
}
}
}

```

```

data()
{
textcolor(3);
textbackground(0);
textbox(1,1,79,22,1);
textbox(10,6,60,20,1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

textcolor(14);

gotoxy(38,3);cprintf("
");

gotoxy(15,3);cprintf("NAME OF FILE.....? %s ",name);

gotoxy(15,8);cprintf("WIDTH FROM CENTER.....? [ %3d ] mm.",a[1]);

gotoxy(15,9);cprintf("HIGH FROM CENTER.....? [ %3d ] mm.",a[2]);

gotoxy(15,10);cprintf("LENGTH OF PLATE.....? [ %3d ] mm.",a[3]);

gotoxy(15,11);cprintf("PLATE DISTANCE.....? [ %3d ] mm.",a[4]);

gotoxy(15,12);cprintf("PLATE VOLTAGE.....? [ %3d ] Kv.",a[5]);

gotoxy(15,13);cprintf("V_MARK.....? [.%3d ] %c.",a[6],227);

gotoxy(15,14);cprintf("PRINT OUT.....? [ %3d ] 1:0",a[7]);

gotoxy(15,15);cprintf("PLOT ALL.....? [ %3d ] 1:0",a[8]);

gotoxy(15,16);cprintf("DXF FILE.....? [ %3d ] 1:0",a[9]);

gotoxy(15,17);cprintf("V_STEP.....? [.%3d ] %c.",a[10],227);

gotoxy(15,18);cprintf("U_STEP.....? [.%3d ] %c.",a[11],227);
}

datachange()
{
textcolor(14);

textbackground(0);

gotoxy(38,3);cprintf("
");

gotoxy(38,3);cprintf("%s",name);

gotoxy(42,8);cprintf("%3d ",a[1]);

gotoxy(42,9);cprintf("%3d ",a[2]);

gotoxy(42,10);cprintf("%3d ",a[3]);

gotoxy(42,11);cprintf("%3d ",a[4]);

gotoxy(42,12);cprintf("%3d ",a[5]);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

fclose(fp);

datachange();

}

save()
{
FILE *fp;

int i;

textcolor(14);

textbackground(0);

gotoxy(38,3);cprintf(" ");
gotoxy(15,3);cprintf("FILE TO SAVE.....: %s",name);
gotoxy(38,3);cprintf(" ");
gotoxy(38,3);scanf("%s",&name);
fp=fopen(name,"w");
if(!fp)
{
gotoxy(15,3);cputs("-----disk full-----");
}

for(i=1;i<=11;i++)

{

fprintf(fp,"%3d\r\n",a[i]);

}

fclose(fp);

datachange();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและตัวอย่างอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

edit()

{

intnum;

intcount=1;

gotoxy(1,23);

printf("  ESC-Menu          SPACE-Change          %c UP          %c DOWN

DATA [  ]          ",24,25);

textattr(79);

gotoxy(42,7+old_count);

printf("%3d",a[old_count]);

while ((num=getkey())!=esc)

{

textbackground(0);

gotoxy(42,7+old_count);

printf("%3d",a[old_count]);

count=old_count;

switch(num)

{

case upkey      :{if(count>1) count--;else count=11;break;}

case downkey   :{if(count<11) count++;else count=1;break;}

case space     :{ gotoxy(68,23);

textattr(30);

printf("  ");

gotoxy(68,23);

if(count==7 || count==8 || count==9) a[count]=inInt(1);

else a[count]=inInt(3);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

}

textattr(79);

gotoxy(42,7+count);

printf("%3d",a[count]);

old_count=count;

}

textbackground(0);

gotoxy(42,7+old_count);

printf("%3d",a[old_count]);

}

go()

{

clrscr();

max_screen();

adj_mm();

form();

/*color(); */

plot();

mode=getgraphmode();

restorecrtmode();

data();

}

init_graph()

```

```

int graphdriver=DETECT,graphmode;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 "ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา-91-อย่างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

```

initgraph(&graphdriver,&graphmode,"");

if(graphresult()!=0)

{

printf("graphics error:%s\n",grapherrormsg(graphresult()));

exit(1);

}

}

max_screen()

{

x_max=getmaxx();

y_max=getmaxy();

}

adj_mm()

{

buf_x=x_max/x_mm;

buf_y=y_max/y_mm;

scale=a[1];

W=a[1]*buf_x;

H=a[2]*buf_y;

L=a[3]*buf_x;

A=a[4]*buf_y;

center_x=W;

down=y_line*y_max/y_mm;

print_on=a[7];

volt=a[5];

plot_all=a[8];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

step_v=a[10];

step_v=step_v/100;

step_u=a[11];

step_u=step_u/100;

}

form()

{

int yd_line,x1,x2,x3,x4,y1,y2,y3,y4;

char text_e[10];

setgraphmode(mode);

setviewport(0,0,x_max,y_max,1);

settextjustify(1,2);

settextstyle(2,0,5);

setpalette(0,background);

setlinestyle(0,0,1);

rectangle(0,0,x_max,y_max);

comment();

yd_line=y_max-(y_line*(y_max/y_mm));

line(0,yd_line,x_max,yd_line);

outtextxy(x_max/2,y_max-text_y,text_down);

x1=(W-L/2 < 0 ? 0:W-L/2);

y1=H-A/2;

x2=(W+L/2>x_max ? x_max:W+L/2);

y2=y1;

if(y1>0)line(x1,y1,x2,y2);

```

x3=x1; เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

y3=y1+A;

x4=x2;

y4=y3;

if (y3<y_max)line(x3,y3,x4,y4);

if (print_on==1) print_head();

getch();

}

print_head()

{

inti;

FILE *fp;

fp=fopen("prn","w");

fprintf(fp,"\n");

fprintf(fp,"NAME OF FILE.....?   %s\n",name);

fprintf(fp,"LENGTH OF PLATE.....? [ %3d ] mm.\n",a[3]);

fprintf(fp,"PLATE DISTANCE.....? [ %3d ] mm.\n",a[4]);

fprintf(fp,"PLATE VOLTAGE.....? [ %3d ] Kv.\n",a[5]);

fprintf(fp,"V_MARK.....? [.%3d ] %c.\n",a[6],227);

for(i=1;i<70;i++) fprintf(fp,"=");

fprintf(fp,"\n");

fprintf(fp," V : 0.%d \n",a[6]);

for(i=1;i<70;i++) fprintf(fp,"=");

fprintf(fp,"\n");

fprintf(fp,".....!U!.....!X!.....,.....

!Y!.....;!Ez!.....\n\n");

fclose(fp);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา-94-อย่างอึ่งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

comment()

{

double uni;

char tex_1[10],tex_2[10],tex_3[10],tex_4[10];

uni=volt*1000/a[4];

gcvt(0.5*uni,6,tex_1);

gcvt(uni,6,tex_2);

gcvt(1.5*uni,6,tex_3);

setfillstyle(style,color_5);

bar(20,40,30,30);

outtextxy(38,30,"<");

outtextxy(80,30,tex_1);

setfillstyle(style,color_4);

bar(20,60,30,50);

outtextxy(38,50,">");

outtextxy(80,50,tex_1);

setfillstyle(style,color_3);

bar(20,80,30,70);

outtextxy(38,70,"=");

outtextxy(80,70,tex_2);

setfillstyle(style,color_2);

bar(20,100,30,90);

outtextxy(38,90,"<");

outtextxy(80,90,tex_3);

setfillstyle(style,color_1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและที่ยังอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

bar(20,120,30,110);

outtextxy(38,110,">");

outtextxy(80,110,tex_3);

outtextxy(32,170,"v  :");

outtextxy(32,190,"u  :");

setcolor(11);

gcvt(a[6],6,tex_4);

outtextxy(60,150,"SELECT [0.  ]");

outtextxy(93,150,tex_4);

setcolor(15);

}

plot()

{

double e,e_max=0;

double u;

double v;

double n;

double  xx,yy;

double buf,buf_a;

double uni;

double  v_new=1+step_v;

double  u_new;

chartext_e[10];

chartext_u[10];

chartext_v[10];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

intv_buf;

int      end;

intdot_color;

inllexl on space;      inttext_on=space;

intrx_buf,ry_buf,lx_buf,ly_buf;

intflag;

intsign;

uni=volt*1000/a[4];

org();

for(v=PI;v>=-PI;v=PI*(v_new-step_v))
{
    /* plot v start */
v_new-=step_v;
if((v_new*v_new)<0.00000001 && (v_new*v_new)>0) v_new=0;
/* plot begin v_mark*/
if((v_new*100<v_mark)&&(plot_all==0))
{
gcvt(v_new,3,text_v);
setcolor(14);
outtextxy(80,170,text_v);
u=(((-1*L)/2*PI)/(A/2))-1;

flag=1;

/* start u*/do
{
u+=step_u;

u_new=u/PI;

gcvt(u_new,3,text_u);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและแจ้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

x=((A/2)/PI)*(u+1+exp(u)*cos(v));
y ((A/2)/PI)*(v+exp(u)*sin(v));      y=((A/2)/PI)*(v+exp(u)*sin(v));
r_convert();
l_convert();
buf=sqrt(1+exp(2*u)+(2*exp(u)*cos(v))) ;
e=(volt*1000/((a[4])*buf));
if(e<0.5*uni) dot_color=color_5;
    else if((e>=0.5*uni) &&( e<0.9*uni)) dot_color=color_4;
    else if((e>=(1-(per/100))*uni) && (e<(1+(per/100))*uni))
dot_color=color_3;
    else if((e>=(1+(per/100))*uni)&& (e<1.5*uni)) dot_color=color_2;
    else if(e>1.5*uni) dot_color=color_1;
if(rx_dot<center_x) break;
v_buf=(v_new+step_v)*100;
/* plot */if(v_buf!=v_mark)
{
putpixel(rx_dot,ry_dot,dot_color);
putpixel(lx_dot,ly_dot,dot_color);
}
/* plot v mark */if(v_buf==v_mark)
{
setcolor(color_mark);
if(print_on==1)
{
FILE *fp;
fp=fopen("prn","w");

```

```

xx=((a[4]/2)/PI)*(u+1+exp(u)*cos(v));
yy=((a[4]/2)/PI)*(v+exp(u)*sin(v));

if(e>e_max)
{
    e_max=e;
    sign=43;
}

if(e<e_max) sign=45;

fprintf(fp,"          %8.2f          %8.2f          %8.2f          %8.2f
%c\n",u,xx,yy,e,sign);
fclose(fp);
}

if(flag==1)
{
    putpixel(rx_dot,ry_dot,color_mark);
    putpixel(lx_dot,ly_dot,color_mark);
    rx_buf=rx_dot;
    ry_buf=ry_dot;
    lx_buf=lx_dot;
    ly_buf=ly_dot;
}

else
{
    line(rx_buf,ry_buf,rx_dot,ry_dot);
    line(lx_buf,ly_buf,lx_dot,ly_dot);
    rx_buf=rx_dot;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        ry_buf=ry_dot;

        lx_buf=lx_dot;

        ly_buf=ly_dot;

    }

}

/* stop&start */if(text_on==space)
{

gcvt(e,8,text_e);

setcolor(14);

outtextxy(80,190,text_u);

outtextxy(550,y_max-text_y,text_e);

}

if(kbhit())
{
    end=getkey();
    if(end==esc) break;
    text_on=getkey();
}

if(end==esc) break;
if(text_on==space)
{

setcolor(16);

outtextxy(80,190,text_u);

outtextxy(550,y_max-text_y,text_e);

}

flag=0;

/* end u*/}while((rx_dot>center_x) &&( ry_dot>0));

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(v_buf==v_mark-1) plot_mark();

gcvt(v_new,3,text_v);

setcolor(16);

outtextxy(80,170,text_v);

if(end==esc)break;

}

/* end plot start v mark */

/* plot all start */if(plot_all==1)

{

gcvt(v_new,3,text_v);

setcolor(14);

outtextxy(80,170,text_v);

u=(((-1*L)/2*PI)/(A/2))-1;

flag≠1;

do

{

u+=step_u;

u_new=u/PI;

gcvt(u_new,3,text_u);

x=((A/2)/PI)*(u+1+exp(u)*cos(v));

y=((A/2)/PI)*(v+exp(u)*sin(v));

r_convert();

l_convert();

buf=sqrt(1+exp(2*u)+(2*exp(u)*cos(v))) ;

e=(volt*1000/((a[4])*buf));

if(e<0.5*uni) dot_color=color_5;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ-101-งอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else if((e>=0.5*uni) &&( e<0.9*uni)) dot_color=color_4;

else if((e>=(1-(per/100))*uni) && (e<(1+(per/100))*uni))
dot_color=color_3;

else if((e>=(1+(per/100))*uni)&& (e<1.5*uni)) dot_color=color_2;

else if(e>1.5*uni) dot_color=color_1;

if(print_on==1)
{
FILE *fp;

fp=fopen("prn","w");

fprintf(fp,"          %8.2f          %8.2f          %8.2f
          %8.2f\n",u,x,y,e);

fclose(fp);
}

if(rx_dot==center_x) break;
v_buf=(v_new+step_v)*100;
if(v_buf!=v_mark)
{
putpixel(rx_dot,ry_dot,dot_color);
putpixel(lx_dot,ly_dot,dot_color);
}

if(v_buf==v_mark)
{
setcolor(color_mark);

if(flag==1)
{

```

เอกสารที่ `putpixel(rx_dot,ry_dot,color_mark);` ไม่นอญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและตัวอย่างอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    putpixel(lx_dot,ly_dot,color_mark);

    rx_buf=rx_dot;

    ry_buf=ry_dot;

    lx_buf=lx_dot;

    ly_buf=ly_dot;

}

else

{

    line(rx_buf,ry_buf,rx_dot,ry_dot);

    line(lx_buf,ly_buf,lx_dot,ly_dot);

    rx_buf=rx_dot;

    ry_buf=ry_dot;

    lx_buf=lx_dot;

    ly_buf=ly_dot;

}

}

if(text_on==space)

{

    gcvt(e,8,text_e);

    setcolor(14);

    outtextxy(80,190,text_u);

    outtextxy(550,y_max-text_y,text_e);

}

if(kbhit())

{

    end=getkey();

    if(end==esc) break;

```

```

text_on=getkey();
}

if(end==esc) break;

if(text_on==space)
{
setcolor(16);

outtextxy(80,190,text_u);

outtextxy(550,y_max-text_y,text_e);

}

flag=0;
}while((rx_dot>center_x) && ( ry_dot>0));
if(v_buf==v_mark-1) plot_mark();
gcvt(v_new,3,text_v);
setcolor(16);
outtextxy(80,170,text_v);
if(end==esc)break;
/* end plot all*/
s2();
/* end v*/

getch();

} /* end plot*/

r_convert()
{
rx_dot=org_rx+x;
ry_dot=org_ry-y;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

l_convert()
{
lx_dot=org_lx-x;
ly_dot=org_ly-y;
}

org()
{
org_rx=W+L/2;
org_ry=H;
org_lx=W-L/2;
org_ly=H;
}

color()
{
int i;
char tex_c[2];
for(i=1;i<=16;i++)
{
y=i;
gcvt(i,2,tex_c);
setfillstyle(style,i);
bar(625,i*20,635,(i*20)-10);
/*outtextxy(38,30,tex_c);*/
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและตัว-105-ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    int key,low,high;
    key=bioskey(0);
    low=key&0x00ff;
    high=(key&0xff00)>>8;
    return((low==0) ? high + 256 :low);
}

plot_mark()
{
    double u;
    double v;
    double n;
    int dxf_data[full];
    int v_mark=a[6];
    int v_buf;
    int end;
    int dot_color;
    int rx_buf,ry_buf,lx_buf,ly_buf;
    int flag=1;
    int i=1;
    char chh[10];
    org();
    v=PI*v_mark/100;
    u((((-1*L)/2*PI)/(A/2))-1;
    do

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

u+=step_u;

x=((A/2)/PI)*(u+1+exp(u)*cos(v));

y=((A/2)/PI)*(v+exp(u)*sin(v));

r_convert();

l_convert();

if(rx_dot<center_x) break;

setcolor(color_mark);

if(flag==1)
{
    putpixel(rx_dot,ry_dot,color_mark);
    putpixel(lx_dot,ly_dot,color_mark);
    rx_buf=rx_dot;
    ry_buf=ry_dot;
    lx_buf=lx_dot;
    ly_buf=ly_dot;
}
else
{
    line(rx_buf,ry_buf,rx_dot,ry_dot);
    line(lx_buf,ly_buf,lx_dot,ly_dot);

    rx_buf=rx_dot;

    ry_buf=ry_dot;

    lx_buf=lx_dot;

    ly_buf=ly_dot;

    dxf_data[i]=rx_dot;
    dxf_data[i+1]=y_max-ry_dot;

```

```

    }

    flag=0;

    i+=2;

    }while((rx_dot>center_x) && ( ry_dot>0));

    /* DXF MAKE..*/if(a[9]==1) dxfout(dxf_data,i);

    s3();

    }

    title()

    {

    setgraphmode(mode);

    setviewport(0,0,getmaxx(),getmaxy(),1);

    setttextjustify(1,1);

    setlinestyle(0,0,1);

    setpalette(1,61);

    setfillstyle(6,3);

    bar(0,0,getmaxx(),getmaxy());

    page0();

    setlinestyle(0,0,1);

    setpalette(1,1);

    setfillstyle(6,5);

    bar(0,0,getmaxx(),getmaxy());

    page1();

    setlinestyle(0,0,1);

    setpalette(1,4);

    setfillstyle(10,20);

    bar(0,0,getmaxx(),getmaxy());

```

```

page2();

setlinestyle(0,0,1);

setpalette(1,5);

setfillstyle(3,3);

bar(0,0,getmaxx(),getmaxy());

page3();

setlinestyle(0,0,1);

setpalette(1,5);

setfillstyle(6,4);

bar(0,0,getmaxx(),getmaxy());

page4();

mode=getgraphmode();

restorecrtmode();
}

page1()
{
intn;

getpalette(&palette);

old_color=getcolor();

/* line 1*/

setusercharsize(1,1,1,1);

settextstyle(2,0,0);

setusercharsize(400,textwidth(til1),40,textheight(til1));

for(n=1;n<=100;n+=8)

{

setcolor(palette.size);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและที่ 109 - จึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    outtextxy(getmaxx()/2,n,t11);

    setcolor(old_color);

    outtextxy(getmaxx()/2,n,t11);

    setcolor(palette.size);

    outtextxy(getmaxx()/2,n,t11);
}

setcolor(old_color);

rectangle(0,0,getmaxx(),getmaxy());

outtextxy(getmaxx()/2,n,t11);

s1();

/* line 2*/
setusercharsize(1,1,1,1);
settextstyle(2,0,0);
setusercharsize(100,textwidth(t12),20,textheight(t12));
for(n=1;n<=getmaxx()/2;n+=4)
{
    setcolor(palette.size);
    outtextxy(n,200,t12);
    setcolor(old_color);
    outtextxy(n,200,t12);

    setcolor(palette.size);

    outtextxy(n,200,t12);
}

setcolor(old_color);

rectangle(0,0,getmaxx(),getmaxy());

outtextxy(n,200,t12);

```

```

    outtextxy(getmaxx()/2,n,t11);

    setcolor(old_color);

    outtextxy(getmaxx()/2,n,t11);

    setcolor(palette.size);

    outtextxy(getmaxx()/2,n,t11);

}

setcolor(old_color);

rectangle(0,0,getmaxx(),getmaxy());

outtextxy(getmaxx()/2,n,t11);

s1();

/* line 2*/

setusercharsize(1,1,1,1);

settextstyle(2,0,0);

setusercharsize(100,textwidth(t12),20,textheight(t12));

for(n=1;n<=getmaxx()/2;n+=4)

{

    setcolor(palette.size);

    outtextxy(n,200,t12);

    setcolor(old_color);

    outtextxy(n,200,t12);

    setcolor(palette.size);

    outtextxy(n,200,t12);

}

setcolor(old_color);

rectangle(0,0,getmaxx(),getmaxy());

outtextxy(n,200,t12);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่ภายใต้ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและตัวอักษรของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
page2()
```

```
{
```

```
setusercharsize(1,1,1,1);
```

```
settextstyle(1,0,0);
```

```
setusercharsize(800,textwidth(til5),50,textheight(til5));
```

```
outtextxy(getmaxx()/2,70,til5);
```

```
s1();
```

```
setusercharsize(1,1,1,1);
```

```
settextstyle(1,0,0);
```

```
setusercharsize(800,textwidth(til6),50,textheight(til6));
```

```
outtextxy(getmaxx()/2,140,til6);
```

```
s1();
```

```
setusercharsize(1,1,1,1);
```

```
settextstyle(1,0,0);
```

```
setusercharsize(800,textwidth(til7),50,textheight(til7));
```

```
outtextxy(getmaxx()/2,200,til7);
```

```
s1();
```

```
setusercharsize(1,1,1,1);
```

```
settextstyle(1,0,0);
```

```
setusercharsize(700,textwidth(til8),50,textheight(til8));
```

```
outtextxy(getmaxx()/2,300,til8);
```

```
s1();
```

```
setusercharsize(1,1,1,1);
```

```
settextstyle(1,0,0);
```

```
setusercharsize(700,textwidth(til9),50,textheight(til9));
```

```
outtextxy(getmaxx()/2,400,til9);
```

ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาหรือต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

s1();

rectangle(0,0,getmaxx(),getmaxy());

delay(2000);

}

page3()

{

setusercharsize(1,1,1,1);

settextstyle(1,0,0);

setusercharsize(800,textwidth(til10),50,textheight(til10));

outtextxy(getmaxx()/2,70,til10);

s1();

setusercharsize(1,1,1,1);

settextstyle(1,0,0);

setusercharsize(800,textwidth(til11),50,textheight(til11));

outtextxy(getmaxx()/2,140,til11);

s1();

setusercharsize(1,1,1,1);

settextstyle(1,0,0);

setusercharsize(800,textwidth(til12),50,textheight(til12));

outtextxy(getmaxx()/2,220,til12);

s1();

setusercharsize(1,1,1,1);

settextstyle(1,0,0);

setusercharsize(700,textwidth(til13),50,textheight(til13));

outtextxy(getmaxx()/2,300,til13);

```

s1();นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหามาใช้ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setusercharsize(1,1,1,1);
settextstyle(1,0,0);
setusercharsize(700,textwidth(til14),50,textheight(til14));
outtextxy(getmaxx()/2,400,til14);
s1();
rectangle(0,0,getmaxx(),getmaxy());
delay(2000);
}

page4()
{
setusercharsize(1,1,1,1);
settextstyle(1,0,0);
setusercharsize(800,textwidth(til15),50,textheight(til15));
cuttextxy(getmaxx()/2,220,til15);
rectangle(0,0,getmaxx(),getmaxy());
s1();
delay(2000);
}

page0()
{
intn;
getpalette(&palette);
old_color=getcolor();
setusercharsize(1,1,1,1);
settextstyle(1,0,0);
setusercharsize(200,textwidth(tilo_1),80,textheight(tilo_1));

```

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setusercharsize(200,textwidth(til0_2),80,textheight(til0_2));
for(n=1;n<getmaxy()/2;n+=7)
{
setcolor(palette.size);
outtextxy(getmaxx()/2,n,til0_1);
outtextxy(getmaxx()/2,getmaxy()-n,til0_2);
setcolor(old_color);
outtextxy(getmaxx()/2,n,til0_1);
outtextxy(getmaxx()/2,getmaxy()-n,til0_2);
setcolor(palette.size);
outtextxy(getmaxx()/2,n,til0_1);
outtextxy(getmaxx()/2,getmaxy()-n,til0_2);
sound(500);
delay(10);
nosound();
}
setcolor(old_color);
rectangle(0,0,getmaxx(),getmaxy());
outtextxy(getmaxx()/2,n,til0_1);
outtextxy(getmaxx()/2,getmaxy()-n,til0_2);
s1();
delay(1000);
}
s1()
{

```

sound(1000); ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

delay(500);

nosound();

}

s2()

{

sound(2000);

delay(100);

nosound();

}

s3()

{

sound(3000);

delay(1000);

nosound();

}

dxfout(int dxf_data[full],int n)

{

FILE *fp;

int i;

char chh[10];

strcat(name, ".DXF");

fp=fopen(name, "w");

if(!fp)

{

outtextxy(x_max/2,40, "-----disk full-----");

}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา-116-อย่างอึ่งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/* heading */

fprintf(fp,"%s\n"," 0");

fprintf(fp,"%s\n","SECTION");

fprintf(fp,"%s\n"," 2");

fprintf(fp,"%s\n","ENTITIES");

fprintf(fp,"%s\n"," 0");

fprintf(fp,"%s\n","POLYLINE");

fprintf(fp,"%s\n"," 8");

fprintf(fp,"%s\n","0");

fprintf(fp,"%s\n"," 66");

fprintf(fp,"%s\n"," 1");

fprintf(fp,"%s\n"," 10");

fprintf(fp,"%s\n","0.0");

fprintf(fp,"%s\n"," 20");

fprintf(fp,"%s\n","0.0");

fprintf(fp,"%s\n"," 30");

fprintf(fp,"%s\n","0.0");

fprintf(fp,"%s\n"," 0");

for(i=1;i<=n-1;i+=2)
{

fprintf(fp,"%s\n","VERTEX");

fprintf(fp,"%s\n"," 8");

fprintf(fp,"%s\n","0");

fprintf(fp,"%s\n"," 10");

fprintf(fp,"%4d\n",dxf_data[i]);

```

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

fprintf(fp,"%4d\n",dxf_data[i+1]);

fprintf(fp,"%s\n"," 30"); fprintf(fp,"%s\n"," 30");

fprintf(fp,"%s\n","0.0");

fprintf(fp,"%s\n"," 0");

/*gcvb(dxf_data[i],3,chh);

outtextxy(60*i,200,chh);

getch(); */
}

/* ending */

fprintf(fp,"%s\n","SEQEND");

fprintf(fp,"%s\n"," 8");

fprintf(fp,"%s\n","0");

fprintf(fp,"%s\n"," 0");

fprintf(fp,"%s\n","ENDSEC");

fprintf(fp,"%s\n"," 0");

fprintf(fp,"%s\n","EOF");

fclose(fp);

setcolor(11);

settextjustify(0,1);

outtextxy(10,230,name);

settextjustify(1,2);

}

```

```

/* end of program */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาหรือลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ 118-อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้