สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานโครงการวิจัยของคณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำปีงบประมาณ 2540

โครงการวิจัยที่ 22

ชื่อโครงการ: เครื่องกำเนิดกำลังไฟฟ้าความถี่สูงโดยใช้หลอดไตรโอด

High Frequency Generator Using Triode Tube

RCH
TK
2435
W647ก

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 30246
วัน, เดือน, ปี 25 มิ.ย. 2541

ผู้ดำเนินการวิจัย: ผศ. พิชิต ลำยอง หัวหน้าโครงการ

ผศ.ดร. ชัยวุฒิ ฉัตรอุทัย ผู้ร่วมโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่สูง โดยเครื่องกำเนิดสัญญาณซึ่งมีหน้าที่ในการแปลงกำลังไฟฟ้ากระแสตรงให้มาอยู่ในรูปกำลังไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงเพื่อที่จะถูกประยุกต์เป็นอุปกรณ์ชุบผิวแข็งวัสดุ การทำงานของเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่สูงแบ่งออกเป็นสองส่วนหลัก ส่วนแรกคือวงจรออสซิลเลตเตอร์และส่วนที่สองคือวงจรขยายกำลัง ส่วนของวงจรออสซิลเลเตอร์นั้นอาศัยการทำงานของวงจรแทงก์ทำการออสซิลเลตสัญญาณความถี่สูงเพื่อถ่ายโอนให้กับขดลวดเหนี่ยวนำความร้อนโดยผ่านหม้อแปลงแกนอากาศซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แม็ทชิ่ง ผลของการแม็ทชิ่ง กำลังงานจะถูกรวมไปที่ขดลวดเหนี่ยวนำความร้อนเพื่อที่จะส่งผ่านไปยังวัสดุที่ต้องการชุบผิวแข็ง ในส่วนของวงจรขยายกำลัง หลอดไตรโอดได้ถูกนำมาใช้ในวงจรขยายกำลังคลาสซี เพื่อจ่ายกำลังให้วงจรแทงก์สำการชดเชยความสูญเสียซึ่งนอกจากจะเป็นความสูญเสียที่แฝงอยู่กับตัวนำแล้ว ยังมีค่าความสูญเสียอีกส่วนหนึ่งซึ่งเป็นผลจากการถ่ายโอนกำลังงานสู่โหลดซึ่งความสูญเสียทั้งสองส่วนนี้ต้องได้รับการชดเชยเพื่อการดำรงสภาพออสซิลเลตเตอร์แทงก์ และเพื่อเสถียรภาพของระบบ แรงดันส่วนหนึ่งจากสัญญาณออสซิวเลตจะถูกแบ่งโดยขดลวดในวงแทงก์เพื่อป้อนกลับไปขับกริดผ่านหม้อแปลงกระตุ้นด้วยรูปแบบ “การไบแอสโดยกระแสกริดรั่วไหล” ซึ่งเป็นเทคนิคการสร้างแรงดันไบแอสกริด โดยกระแสกริดที่เกิดขึ้นในช่วงสูงสุดของสัญญาณขับกริด ด้วยวิธีการดังกล่าวนี้จะเห็นว่าเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่สูงทำงานบนพื้นฐาน “การออสซิลเลตโดยการค้ำจุนในตัว” โดยกำลังงานส่วนหนึ่งที่จ่ายออกจากวงจรขยายกำลังจะถูกป้อนกลับมาขับระบบให้ดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

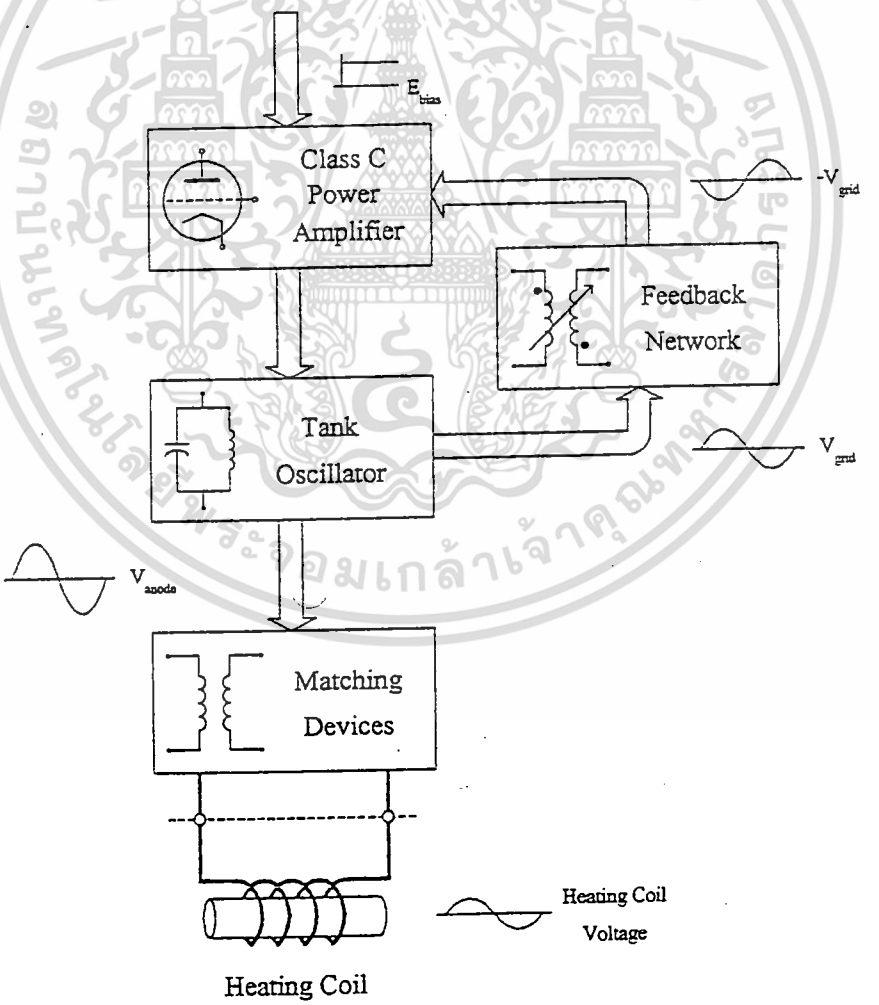
Abstract

In this research, we have presented our research on the high frequency signal generator. The function of it is to convert DC power to the high frequency power in order to apply it as the surface hardening equipment. This high frequency signal generator composes of two main parts. The first is the oscillating part and the second is the power amplifier. The oscillating part employed the tank circuit as the oscillator to oscillate the high frequency signal which will be transferred to the induction heating coil via the air-core transformer of which it function is as the matching device. The result of this, the power will be confined on the induction heating coil, in order for the surface hardening purpose. In the power amplifier part, the triode tube will be operated base on the class C power amplifier. The high frequency power from the triode tube will be drawn by the tank circuit to compensate the loss in the tank circuit, of which besides the stray loss in conductor. One part this loss occurs due to the power loading. So, both of these losses must be compensated in order to maintain the tank circuit go on oscillating. In order for the system to go on stability, the oscillating signal will be divided by the tank coils and then fed back via the exciting transformer to drive grid on the base of "Grid-leak Bias" which the grid bias can be obtained from the current flow though grid in the peak portion of the driving signal. From this point, we see, one part of the power supplied by the power amplifier will be fed back on the base of "Self-sustained Oscillation" in order for the system to go on.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน

เครื่องกำเนิดความถี่สูงโดยใช้หลอดไตรโอดเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่เกิดจากการออสซิลเลตในวงจร L-C Tank ซึ่ง L ในวงจรแทงก์จะทำหน้าที่เป็นตัวส่งผ่านพลังงานผ่านหม้อแปลงแกนอากาศ โดยหม้อแปลงแกนอากาศทำหน้าทีแยกวงจรไม่ให้ต่อถึงกันทางไฟฟ้าและเป็นอุปกรณ์แมทชิ่งเพื่อป้อนเข้าขดลวดเหนี่ยวนำความร้อนที่ต้องการศักดาไฟฟ้าต่ำกระแสสูง และจากวงจรแทงก์ออสซิลเลเตอร์ที่มีการป้อนกลับเข้าที่ขากริของหลอดไตรโอดซึ่งทำงานแบบ Class-C Amplifier ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรมแสดงตามรูปที่ 1 ซึ่งมีการไบแอสกริดในลักษณะแบบกระแสกริดรั่วไหล ซึ่งเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่สูงทำงานอยู่บนพื้นฐานการออสซิลเลตโดยการคำจุนในตัว



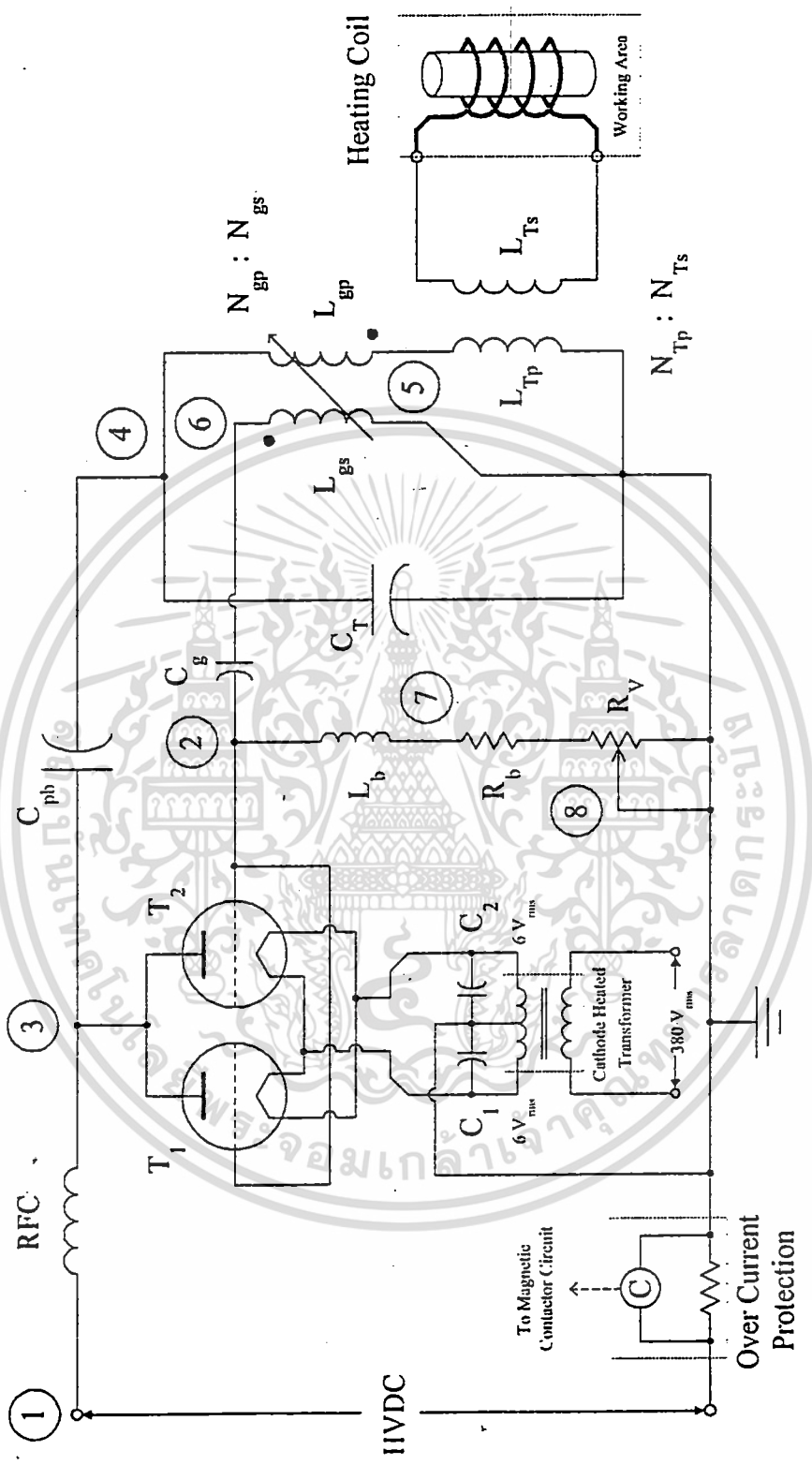
รูปที่ 1. แสดงบล็อกไดอะแกรมแสดงเครื่องกำเนิดความถี่สูงโดยใช้หลอดไตรโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในโครงงานวิจัยนี้ได้ใช้วงจรในการทดสอบดังรูปที่ 2. ซึ่งมีค่าต่างๆของวงจรที่ใช้ในการทดสอบดังต่อไปนี้

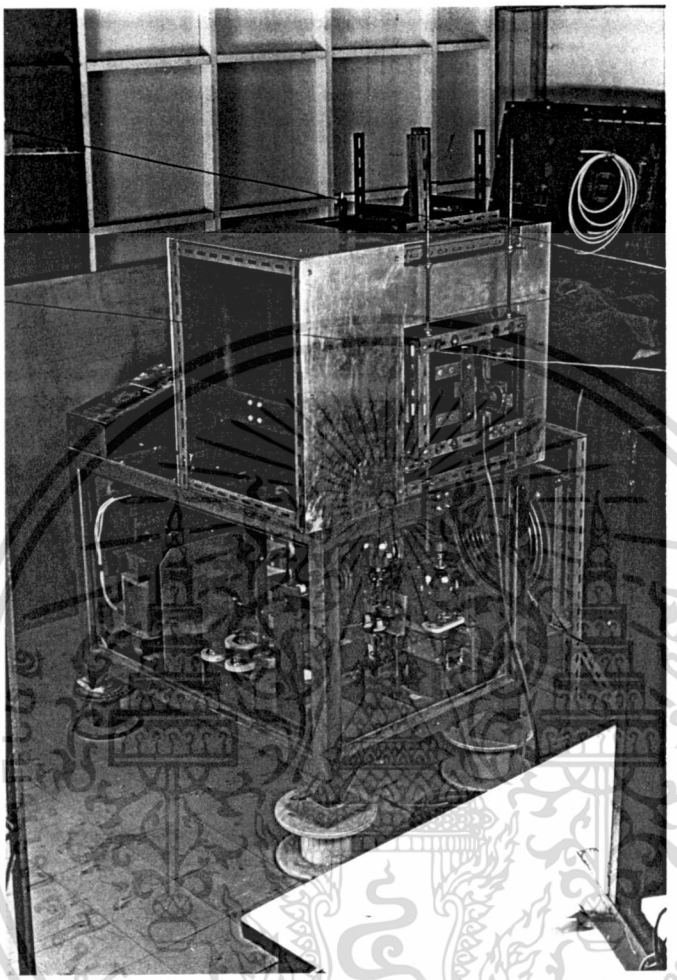
1. RFC = 1.53 มิลลิเฮนรี่
2. C_{pb} = 6000 พิโกฟารัด
3. C_T = 5600 พิโกฟารัด
4. L_{Tp} = 9.2 ไมโครเฮนรี่
5. L_{Ts} = 0.4 ไมโครเฮนรี่
6. L_{gp} = 2.1 ไมโครเฮนรี่
7. L_{gs} = 5.5 ไมโครเฮนรี่
8. C_g = 3.16 นาโนฟารัด
9. L_b = 1.44 มิลลิเฮนรี่
10. R_b = 1.0 กิโลโอห์ม
11. $C_1 = C_2$ = 3.16 นาโนฟารัด
12. $N_{gp} : N_{gs}$ = 4 : 8
13. $N_{Tp} : N_{Ts}$ = 11 : 1
14. Triode Tube เบอร์ TB5/2500 (PHILIPS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2. แสดงวงจรเครื่องกำเนิดความถี่สูงโดยใช้หลอดไตรโอดที่ใช้ในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

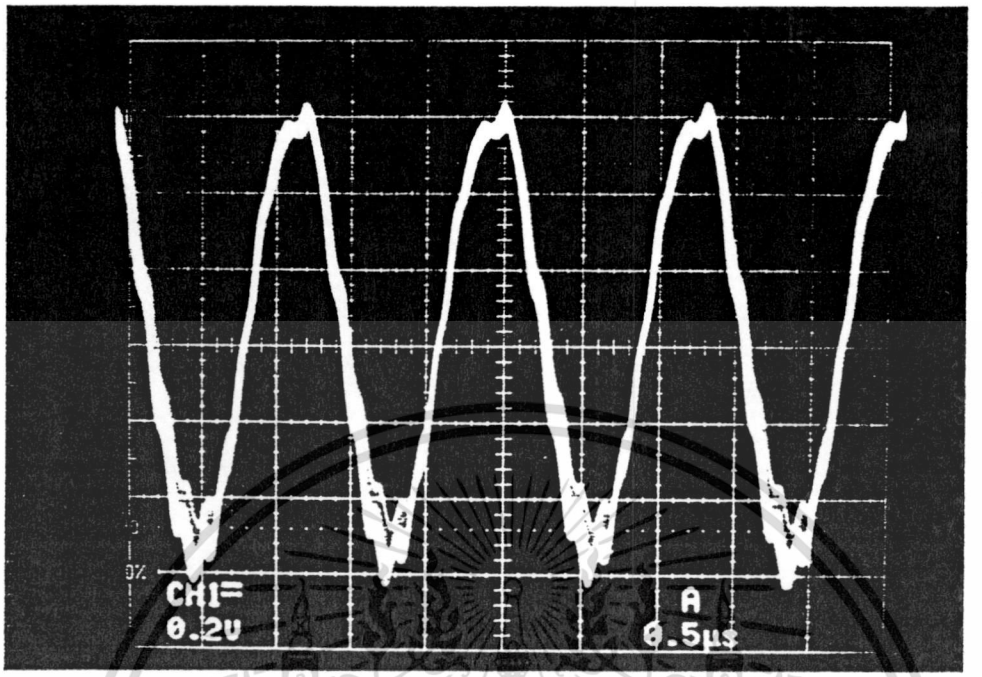


รูปที่ 3. แสดงภาพถ่ายเครื่องกำเนิดความถี่สูงที่ใช้ในการทดสอบวัดข้อมูลต่างๆ

และเมื่อทำการป้อนเข้าด้วยระดับแรงดัน 3200 โวลต์ ทำการวัดสัญญาณที่จุดต่างๆภายในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าความถี่สูงที่ใช้หลอดไตรโอด ดังแสดงตามรูปสัญญาณตั้งแต่รูปที่ 4 ถึงรูปที่ 17

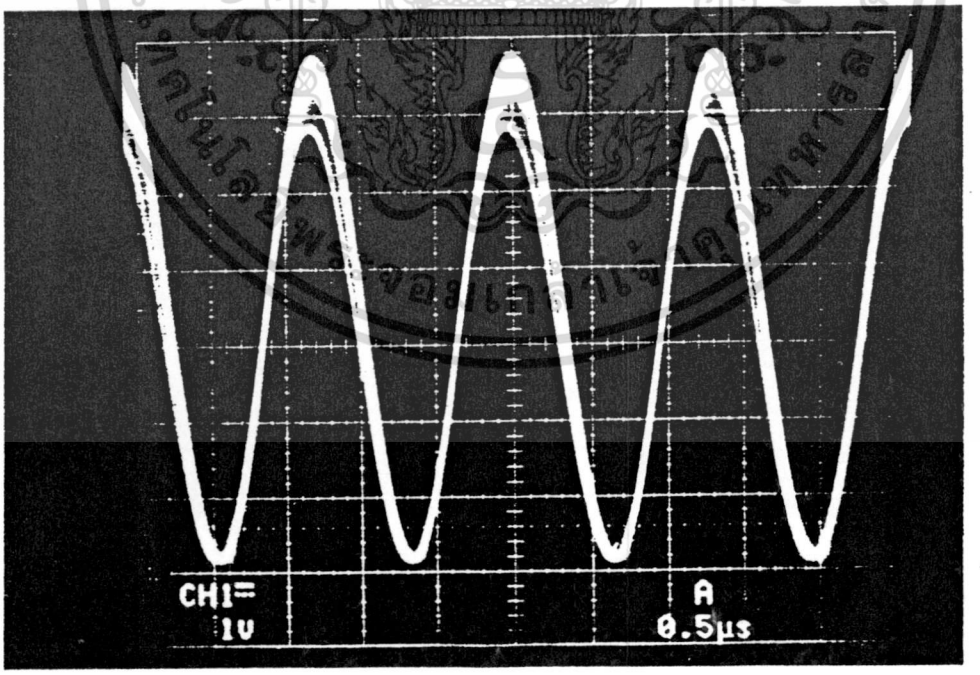
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



แสดงสัญญาณที่จุด 2 เทียบกราวนด์: 0.2 V./Div.,0.5 µsec./Div.: ×1,000Probe.: No Load

รูปที่ 4.

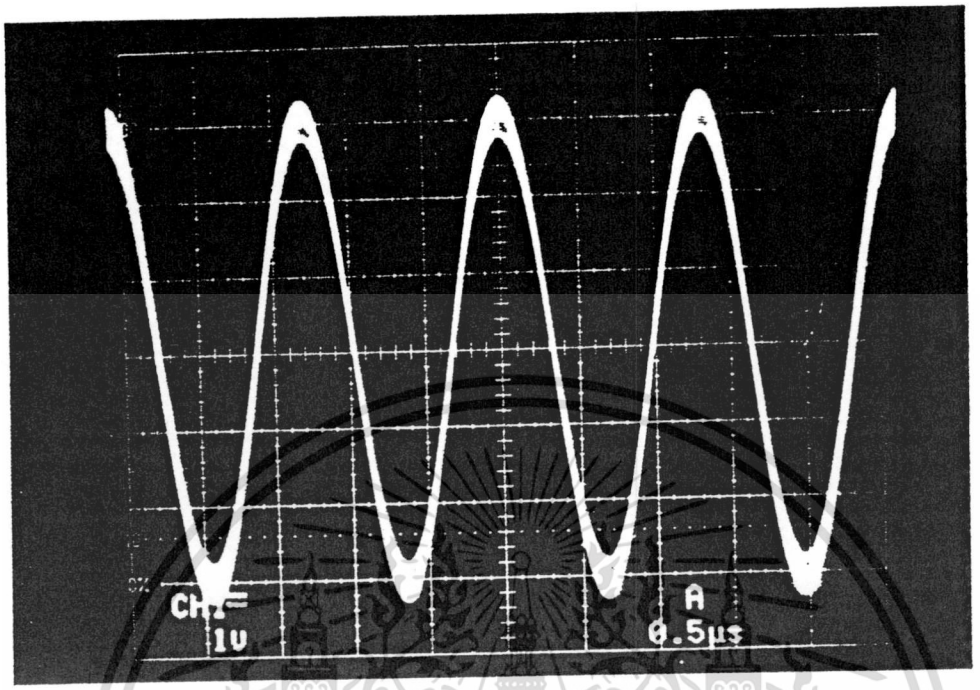


แสดงสัญญาณจุด 3 เทียบกราวนด์: 1 V./Div., 0.5 µsec./Div.: × 1,000 Probe.: No Load

รูปที่ 5.

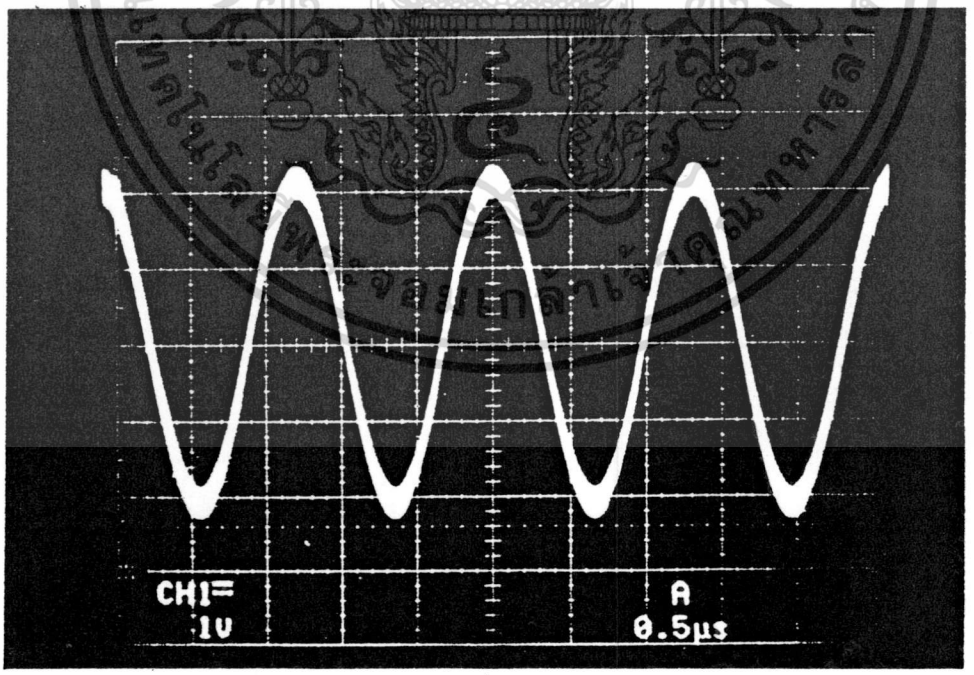
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30246



แสดงสัญญาณที่จุด 4 เทียบกราวนด์: 1 V./Div., 0.5 µsec./Div.: ×1,000 Probe.: No Load

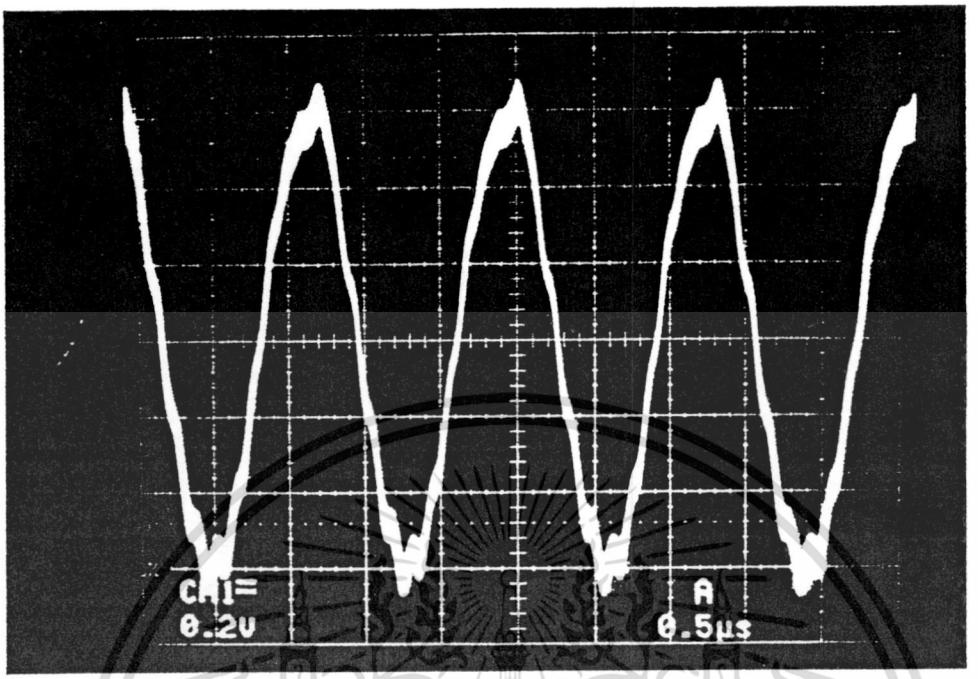
รูปที่ 6.



แสดงสัญญาณจุด 5 เทียบกราวนด์: 1 V./Div., 0.5 µsec./Div.: × 1,000 Probe.: No Load

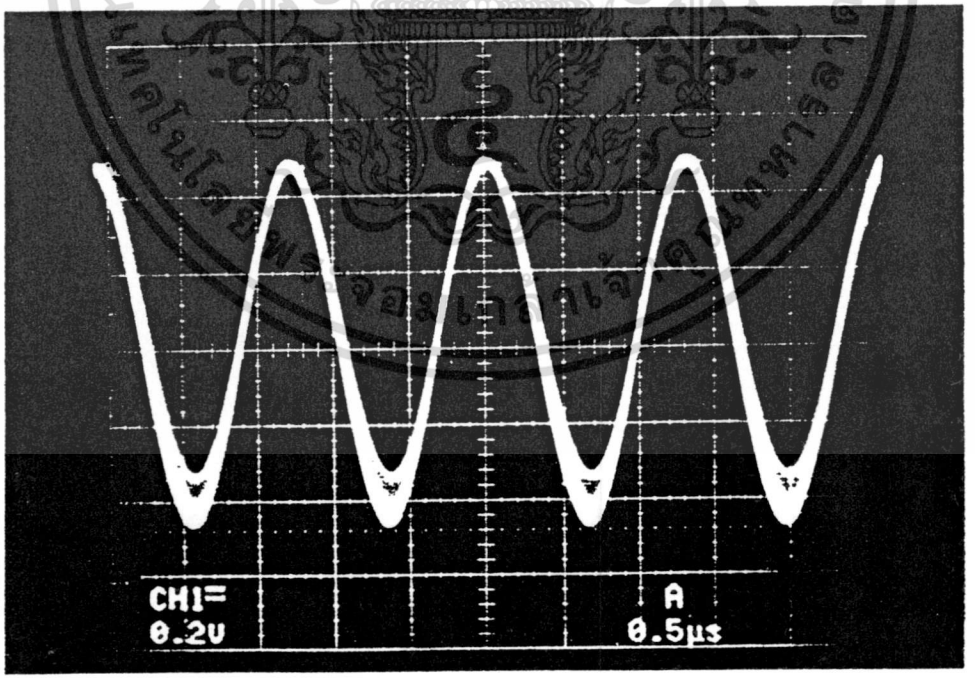
รูปที่ 7.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงสัญญาณที่จุด 6 เทียบกราวนด์: 0.2 V./Div.,0.5 µsec./Div.: ×1,000Probe.: No Load

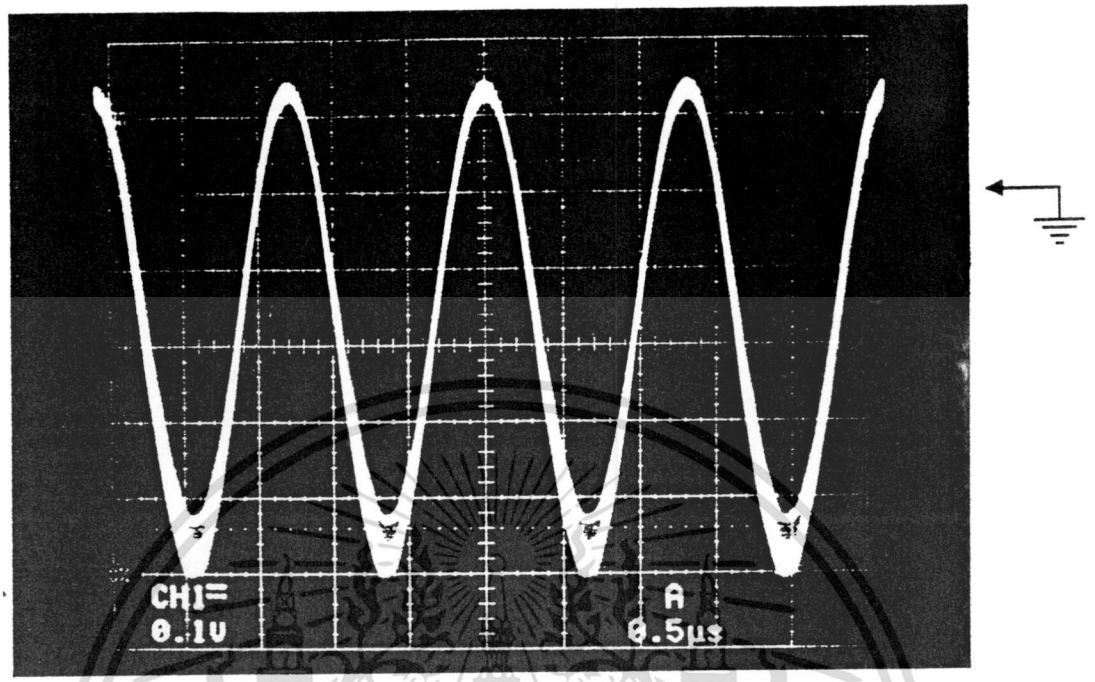
รูปที่ 8.



แสดงสัญญาณที่จุด 7 เทียบกราวนด์: 0.2 V./Div.,0.5 µsec./Div.: ×1,000Probe.: No Load

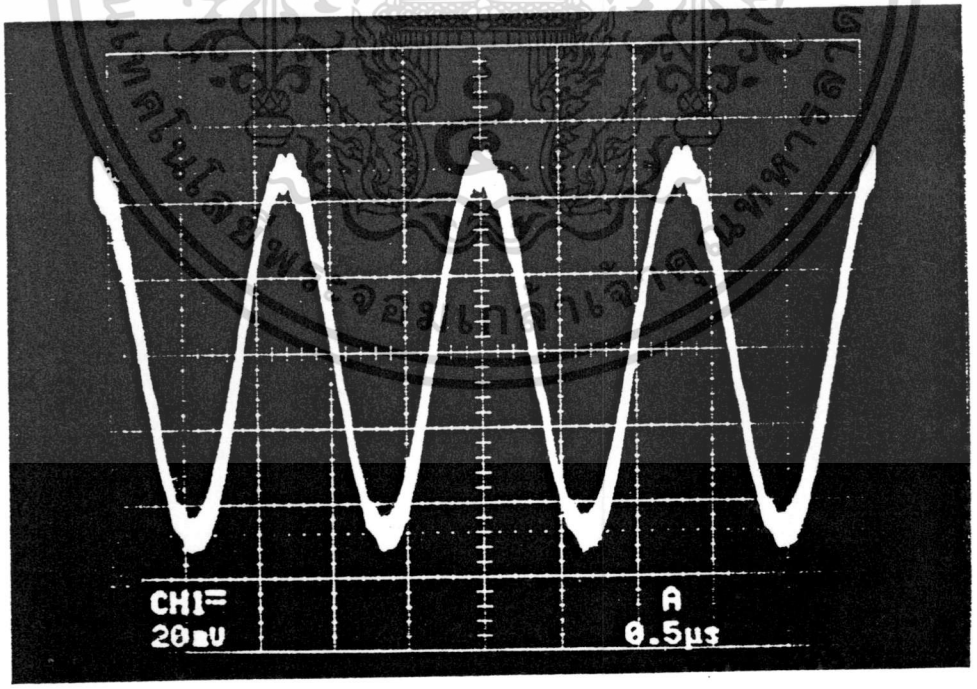
รูปที่ 9.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงสัญญาณที่จุด 8 เทียบกราวนด์: 0.1 V./Div.,0.5 µsec./Div.: ×1,000Probe.: No Load

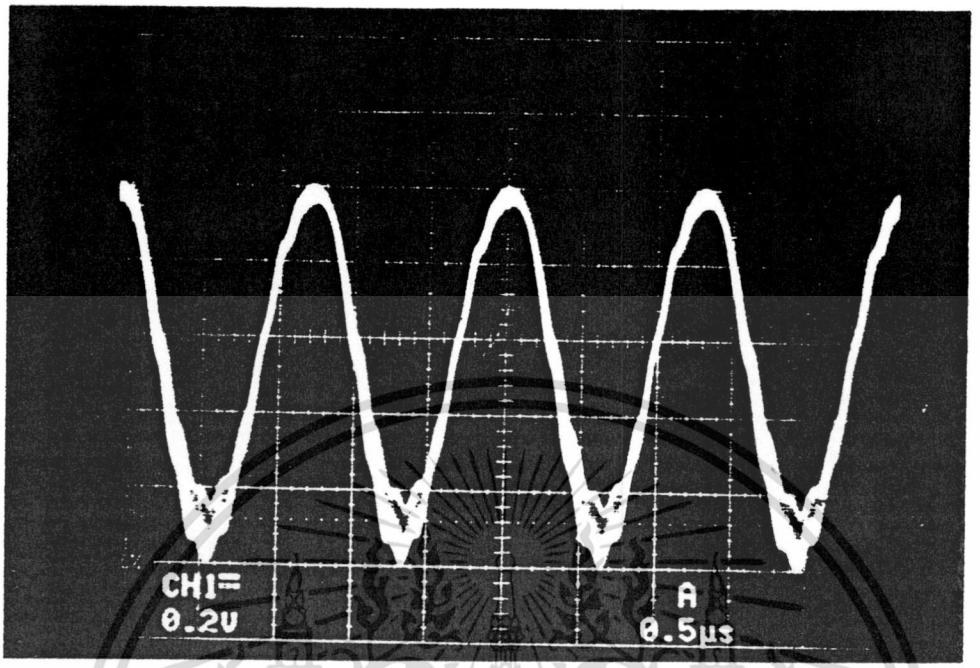
รูปที่ 10.



แสดงสัญญาณคร่อมขดลวดให้ความร้อน: 20 V./Div., 0.5 µsec./Div.: No Load

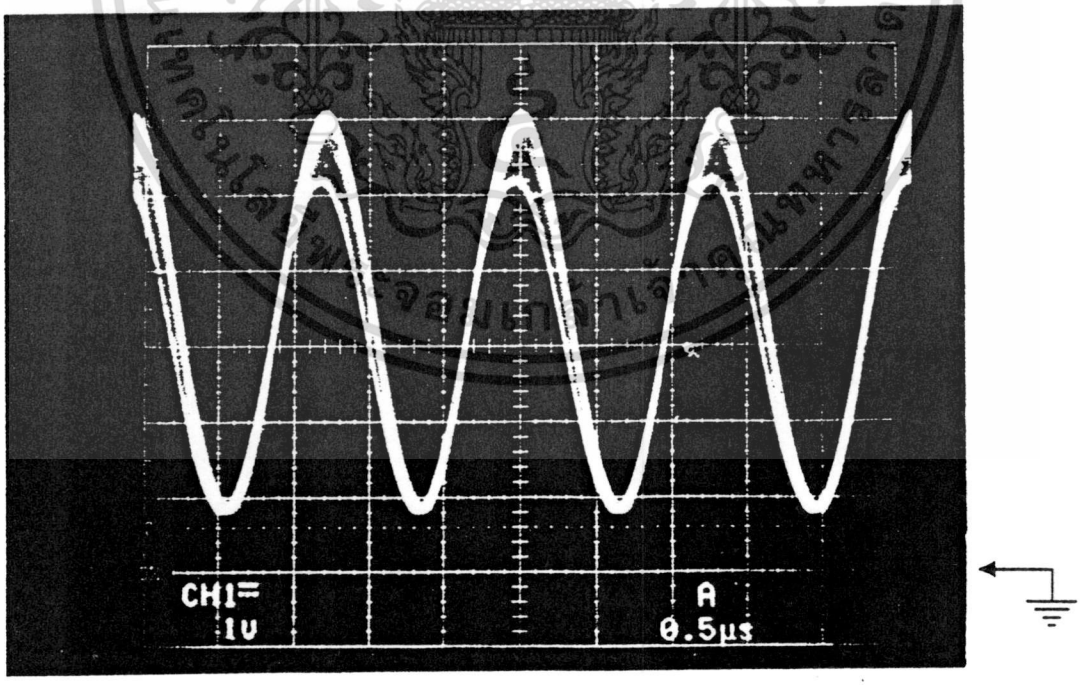
รูปที่ 11.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงสัญญาณจุด 2 เทียบกราวนด์: 0.2 V./Div., 0.5 µsec./Div.: ×1,000 Probe.: On Load

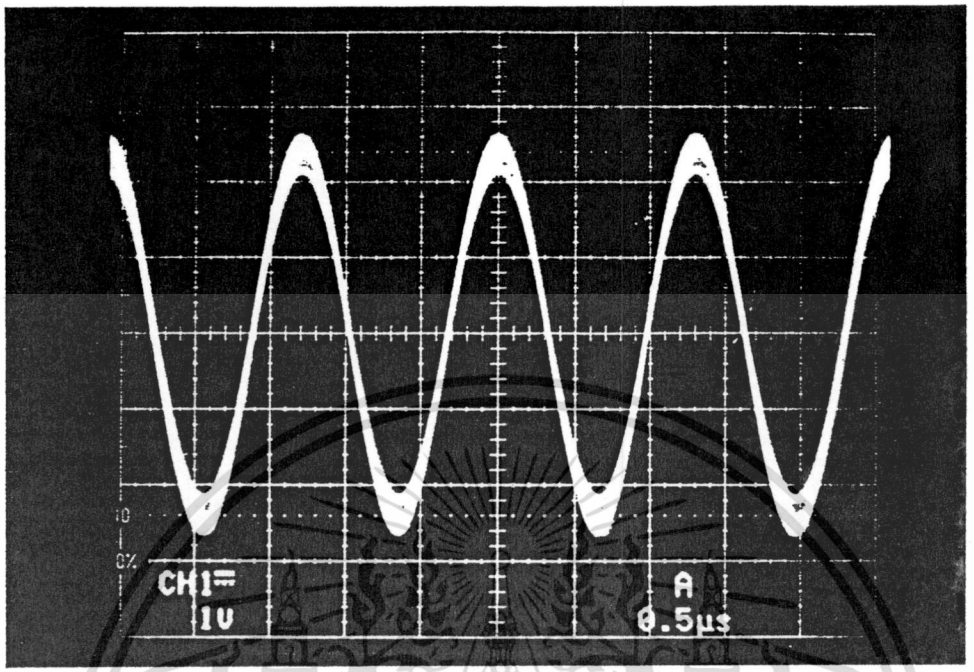
รูปที่ 12.



แสดงสัญญาณจุด 3 เทียบกราวนด์: 1 V./Div., 0.5 µsec./Div.: × 1,000 Probe.: On load

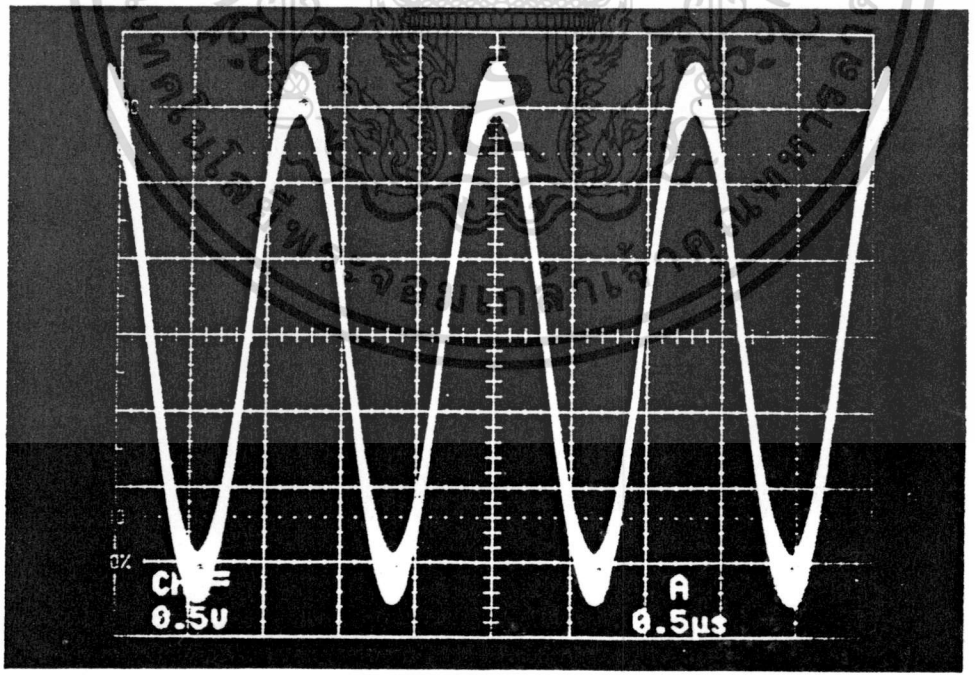
รูปที่ 13.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงสัญญาณจุด 4 เทียบกราวนด์: 1 V./Div., 0.5 µsec./Div.: ×1,000 Probe.: On Load

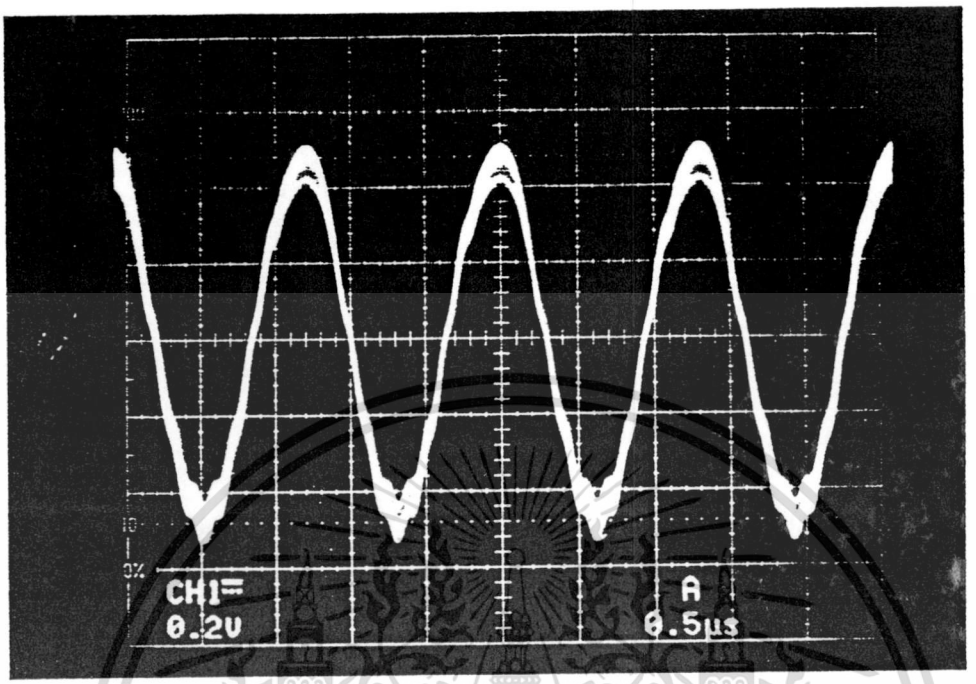
รูปที่ 14.



แสดงสัญญาณจุด 5 เทียบกราวนด์: 0.5 V./Div., 0.5 µsec./Div.: × 1,000 Probe.: On Load

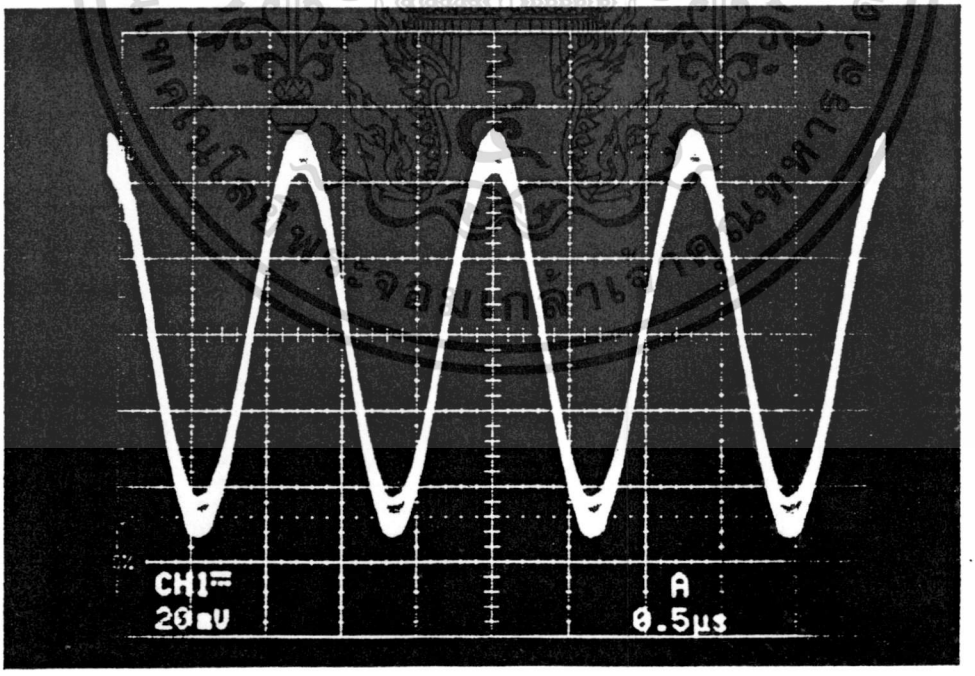
รูปที่ 15.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงสัญญาณจุด 6 เทียบกราวนด์: 0.2 V./Div., 0.5 µsec./Div.: ×1,000 Probe.: On Load

รูปที่ 16.



แสดงสัญญาณคร่อมขดลวดให้ความร้อน: 20 V./Div., 0.5 µsec./Div.: On Load

รูปที่ 17.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลโครงการวิจัย

โครงงานวิจัยเรื่องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าความถี่สูงโดยใช้หลอดไตรโอดนั้นสามารถใช้งานได้ดีและอุปกรณ์ประกอบวงจรน้อย โดยใช้หลักการทำงานของตัวขยายกำลังของหลอดไตรโอดแบบ Class C Amplifier ซึ่งรับสัญญาณความถี่สูงจากวงจร L-C Oscillator Tank เป็นตัวกำเนิดความถี่ ซึ่งจะเห็นจุดเด่นของการสร้างเครื่องกำเนิดความถี่สูงโดยใช้หลอดไตรโอดนั้นสามารถสร้างความถี่ได้สูง รวมถึงสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงในแง่ของการนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านเครื่องชุบผิวแข็งเหล็กซึ่งต้องการกำลังไฟฟ้าสูง ซึ่งโดยทั่วไปต้องการกำลังเริ่มตั้งแต่ 50 KW ขึ้นไป โดยขนาดกำลังที่ต้องการสำหรับการชุบผิวแข็งขึ้นอยู่กับขนาดของชิ้นงานรวมถึงความเร็วในการผลิตในขบวนการผลิต ส่วนทางด้านความถี่นั้นจะเป็นตัวกำหนดความลึกของผิวแข็ง ซึ่งเป็นการกำหนดคุณภาพของชิ้นงานดังนั้นการที่สามารถกำเนิดได้สูงจึงเป็นจุดเด่นและระบบมีความแข็งแรงทนทาน

ปัญหาของการสร้างเครื่องกำเนิดความถี่สูงโดยใช้หลอดไตรโอดอยู่ที่การหาอุปกรณ์ในการสร้างเครื่อง เพราะมีการใช้งานกันในวงจำกัดดังนั้นราคาของอุปกรณ์จึงสูงและหาซื้อยาก และจากการทดสอบเพื่อวัดกำลังขาออกโดยทางอ้อมได้กำลังขาออกประมาณ 1 KW ความถี่ประมาณ 750 K Hz.

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้