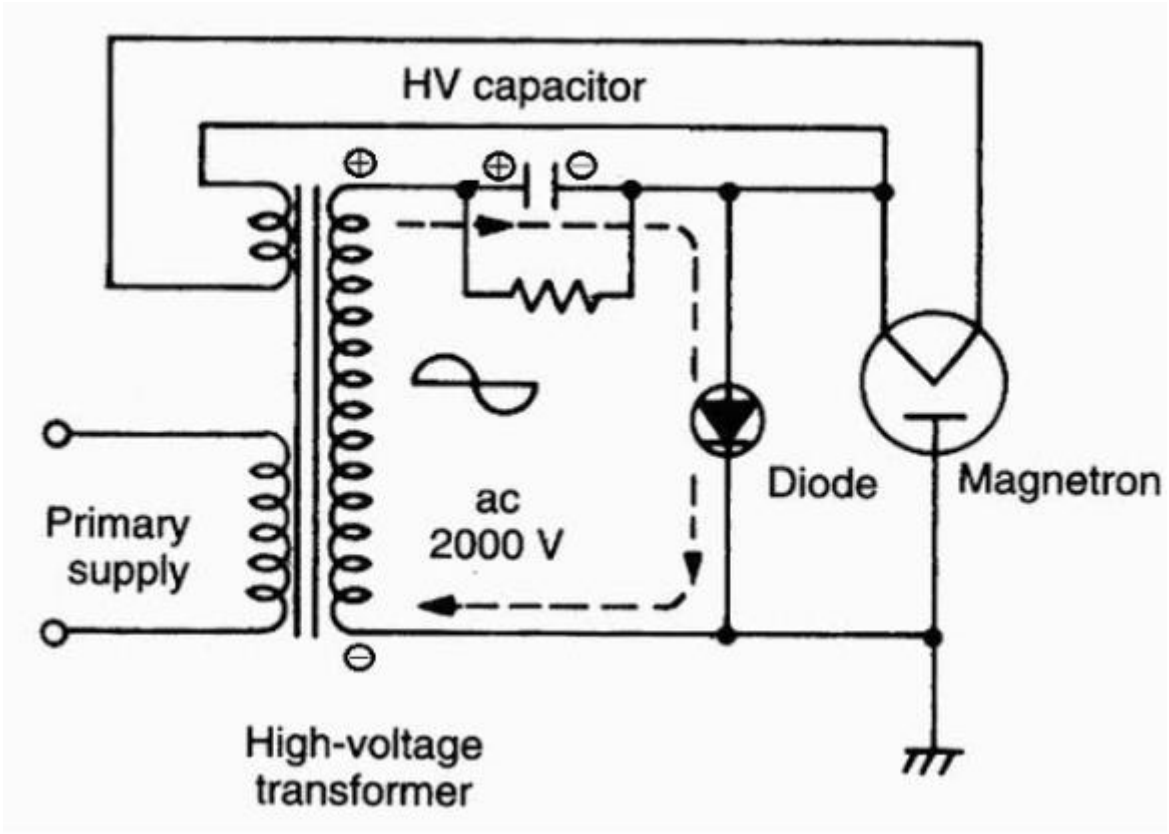
📝 เอกสารแนบ 2: เจาะลึกวงจรทวีแรงดัน และการวัดหม้อแปลงแรงสูง (HV Circuit)

สถานศึกษา: 🏫 โรงเรียนฝึกอาชีพกรุงเทพมหานคร (ประเวศ)

รายวิชา: อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร (งานตรวจซ่อมเตาไมโครเวฟ)



⚡ 1. ทำไมไมโครเวฟถึงต้องมีวงจรทวีแรงดัน?

หม้อแปลงแรงสูง (High-voltage transformer) สามารถผลิตไฟ AC ได้สูงสุดประมาณ 2,000 โวลต์ แต่หลอดแมกนีตรอน (Magnetron) ต้องการไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่มีแรงดันสูงถึง **4,000 โวลต์** ในการยิงคลื่นไมโครเวฟ

วิศวกรจึงออกแบบ **"วงจรทวีแรงดัน (Voltage Doubler)"** โดยใช้ **HV capacitor** และ **Diode** ทำงานร่วมกันเพื่อ "ปั๊มและเบิ้ลแรงดันไฟ" ให้สูงขึ้นเป็น 2 เท่า!

🔄 2. หลักการทำงานของวงจร (ดูทิศทางลูกศรประในภาพ)

ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) จากหม้อแปลง จะสลับขั้วบวก-ลบตลอดเวลา วงจรนี้จึงแบ่งการทำงานออกเป็น 2 จังหวะ:

- 👉 **จังหวะที่ 1: การชาร์จประจุ (Charging Cycle)**

เมื่อไฟฟ้าสลับขั้วมาในทิศทางที่ "ไดโอดนำกระแส" กระแสไฟ 2,000V จะวิ่งผ่านไดโอดมุดลงกราวด์ (ตามลูกศรประ) ในจังหวะนี้ **HV Capacitor** จะทำหน้าที่เหมือน "ถังเก็บน้ำ" ทำการชาร์จและอมแรงดันไฟ 2,000V เอาไว้ในตัวมันเอง

- 👉 **จังหวะที่ 2: การทวีแรงดันและยิงคลื่น (Doubling & Firing Cycle)**

เสี้ยววินาทีต่อมา ไฟสลับขั้ว ทำให้ไดโอดบล็อกกระแส คราวนี้แรงดันจากหม้อแปลง (2,000V) จะถูกผลักไปรวมพลังกับแรงดันที่อมไว้ในคาปาซิเตอร์ (อีก 2,000V) แบบอนุกรม กลายเป็น **4,000V (DC)** พุ่งตรงเข้าสู่หลอด **Magnetron** ทำให้อาหารสุก!

🔎 3. วิธีไล่จุดวัด "หม้อแปลงแรงสูง" จากภาพวงจร (Cold Test)

ในภาพวงจร จะเห็นสัญลักษณ์ขดลวดของ **High-voltage transformer** (ลักษณะเหมือนสปริง) แบ่งเป็น 3 ชุด ซึ่งช่างสามารถใช้มัลติมิเตอร์ย่าน "โอห์ม (Ω)" วัดหาตัวเสียได้ดังนี้ *(⚠️ กฎเหล็ก: ต้องถอดปลั๊กและคลายประจุ C ก่อนวัดเสมอ)*

ชุดที่ 1: ขดลวดปฐมภูมิ (Primary supply)

- **ดูจากภาพวงจร:** อยู่ฝั่งซ้ายมือล่างสุด ที่เขียนว่า "Primary supply" รับไฟ 220V จากบอร์ด
- **ตำแหน่งจิ้มมิเตอร์หน้างาน:** ถอดขั้วสายไฟที่เสียบอยู่ออกให้หมด แล้วนำสายมิเตอร์จิ้มคร่อมขั้วโลหะ 2 ขั้วนี้
- **ค่ามาตรฐาน:** จะต้องได้ค่าความต้านทานต่ำมาก ประมาณ **1.5 ถึง 3 โอห์ม** (หากวัดแล้วเข็มไม่กระดิก หรือขึ้น OL แปลว่าขดลวดขาดใน หม้อแปลงเสีย)

ชุดที่ 2: ขดลวดจุดไส้หลอด (Filament Coil)

- **ดูจากภาพวงจร:** เป็นขดลวดสั้นๆ ซ้ายมือบนสุด ที่โยงสายไปหาตูดของ Magnetron ทำหน้าที่จ่ายไฟ 3V เลี้ยงไส้หลอด
- **ตำแหน่งจิ้มมิเตอร์หน้างาน:** ดึงปลั๊กที่เสียบอยู่ตรงตูดแมกนีตรอนออก แล้วนำสายมิเตอร์จิ้มคร่อมขั้วพลาสติก 2 ขั้วของสายไฟเส้นนั้น

- **ค่ามาตรฐาน:** จะต้องได้ **ใกล้เคียง 0 โอห์ม หรือมิเตอร์ร้องปี๊บ** (เพราะเป็นขดลวดที่สั้นและหนามาก หากขึ้น OL แปลว่าสายไฟขาด)

ชุดที่ 3: ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Coil / ขดแรงสูง)

- **ดูจากภาพวงจร:** คือขดลวดเส้นยาวที่สุดตรงกลาง (ac 2000 V) สังเกตว่าปลายด้านบนต่อเข้า HV capacitor ส่วนปลายด้านล่างมีสัญลักษณ์ **"ขีดกราวด์ 3 ขีด (⏚)"** แปลว่าปลายสายนี้ถูกเชื่อมยึดติดกับโครงเหล็กของหม้อแปลง!
- **ตำแหน่งจิ้มมิเตอร์หน้างาน:** สายมิเตอร์เส้นแรกจิ้มที่ขั้วสายไฟที่โผล่ออกมา (เส้นที่ต้องไปเสียบกับ C) ส่วนสายมิเตอร์เส้นที่สอง ให้จิ้มที่ **"โครงเหล็กของตัวหม้อแปลงเอง"** (แนะนำให้เอาปลายมิเตอร์ขูดๆ สนิมหรือน้ำยาวานิชที่โครงเหล็กออกก่อน เพื่อให้สัมผัสเนื้อเหล็กจริงๆ)
- **ค่ามาตรฐาน:** จะต้องได้ความต้านทานสูงขึ้นมาอยู่ที่ **90 ถึง 150 โอห์ม** (หากขึ้น OL แปลว่าขดลวดแรงสูงเส้นจิ๋วๆ ภายในเกิดการขาดทะลุ เครื่องจะทำงานปกติแต่น้ำเย็นเจี๊ยบ ต้องเปลี่ยนหม้อแปลงใหม่)

🧠 **4. คลินิกช่าง: วิเคราะห์อาการเสียจากภาพวงจร**

- **หาก Diode ช็อตทะลุ (0 โอห์ม):** ไฟจากหม้อแปลงจะวิ่งลงกราวด์ตลอดเวลา ผลคือ **"เครื่องคราง เสียงดังหึ่งๆ และฟิวส์แรงสูงขาดกระจุย"**
- **หาก HV Capacitor ค่าความจุเสื่อม (แห้ง):** ตัว C จะเก็บไฟไม่ได้ ทำให้แรงดันไปเลี้ยงแมกนีตรอนไม่ถึง 4,000V ผลคือ **"จานหมุน พัดลมหมุน แต่น้ำเย็นเจี๊ยบ"**

💡 **เคล็ดวิชาช่าง (Pro Tip):**

สังเกตในภาพ ตรงกลางของ HV capacitor จะมีสัญลักษณ์ขยุกขยิก (ตัวต้านทาน) ต่อขนานอยู่ด้านใน นั่นคือ **"ตัวต้านทานคลายประจุ (Bleeder Resistor)"** ที่ทำหน้าที่ค่อยๆ คลายไฟ 2,000V ทิ้งลงกราวด์ แต่ช่างห้ามประมาทเด็ดขาด! เพราะถ้าตัวต้านทานตัวนี้ "ขาดใน" ตัว C ก็จะอมไฟ 2,000V ไว้รอช็อตมือช่างอยู่ดี **(ต้องใช้คีม Discharge ทุกครั้งก่อนซ่อมเสมอ!)**