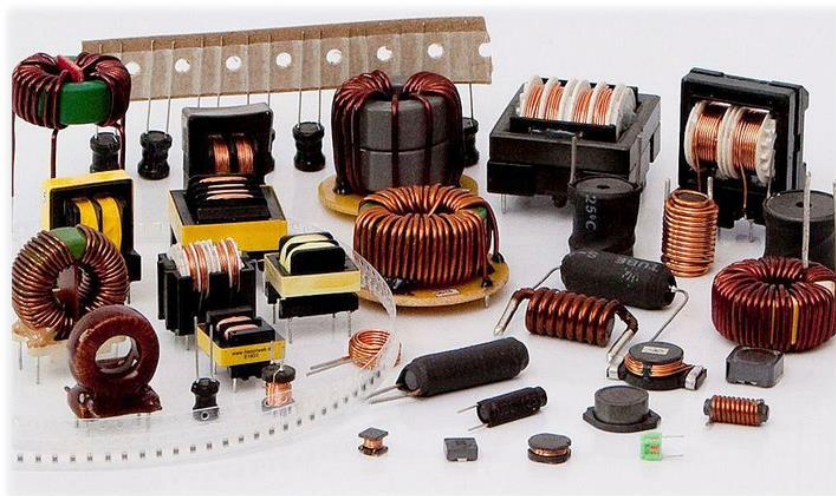


ใบเนื้อหา เรื่อง ตัวเหนี่ยวนำและหม้อแปลงไฟฟ้า

10.1 คุณสมบัติของตัวเหนี่ยวนำ

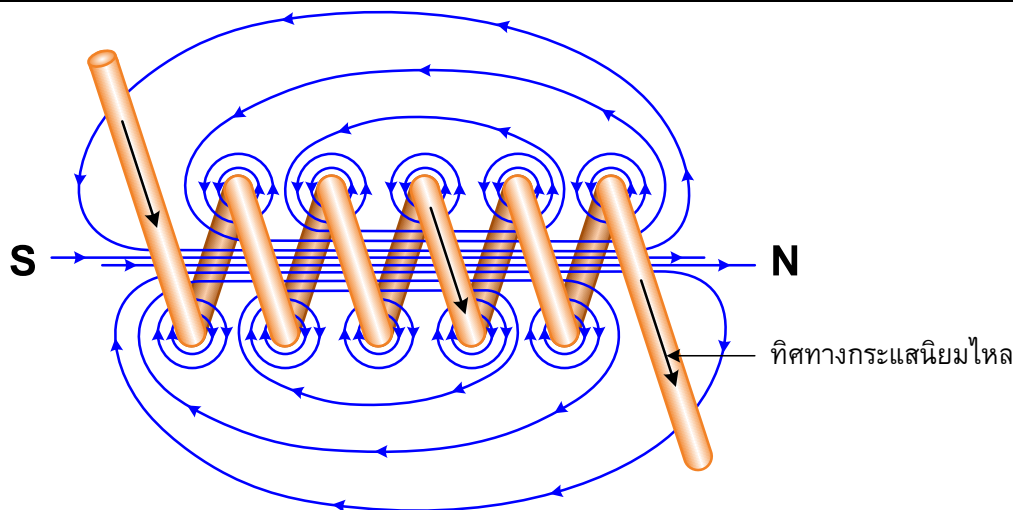
ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) เป็นอุปกรณ์ที่ถูกนำไปใช้งานทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์อย่างแพร่หลายในหลายงานและหลายหน้าที่ คุณสมบัติของตัวเหนี่ยวนำมี 2 สภาวะ คือ จะให้กำเนิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Field) ขึ้นมา เมื่อมีกระแสไหลผ่านในตัวเหนี่ยวนำ และจะให้กำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induce Electro Motive Force ; EMF) ขึ้นมา เมื่อมีสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดผ่านตัวเหนี่ยวนำ ตัวเหนี่ยวนำที่ถูกผลิตขึ้นมาใช้งานมีหลายขนาดและหลายรูปแบบแตกต่างกัน ตัวเหนี่ยวนำแบบต่างๆ แสดงดังรูปที่ 10.1



รูปที่ 10.1 ตัวเหนี่ยวนำแบบต่างๆ

ตัวเหนี่ยวนำสามารถเรียกได้หลายชื่อ เช่น ขดลวด (Coil) หรือ ไข้ก (Choke) เป็นต้น สร้างขึ้นจากการนำเส้นลวดทองแดงอาบน้ำยาฉนวน พันเป็นขดวงกลมหลายๆ วงเรียงซ้อนกัน จำนวนรอบของการพันขดลวดตัวเหนี่ยวนำมีผลทำให้ค่าความเหนี่ยวนำ (Inductance) ที่เกิดขึ้นในตัวเหนี่ยวนำแตกต่างกันไปมีค่าดังนี้ พันขดลวดจำนวนรอบน้อยเกิดความเหนี่ยวนำค่าน้อย พันขดลวดจำนวนรอบมากเกิดความเหนี่ยวนำค่ามาก จำนวนรอบที่พันยังมีผลต่อปริมาณสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นด้วย พันขดลวดจำนวนรอบน้อยสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นน้อย พันขดลวดจำนวนรอบมากสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นมาก ค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

เส้นลวดตัวนำเมื่อนำมาพันเป็นขดลวด จะส่งผลให้เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบเส้นลวด ตัวนำเกิดการเสริมแรงกัน เกิดเป็นสนามแม่เหล็กขึ้นรอบขดลวด และสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีความเข้มเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนรอบที่พัน ลักษณะการเกิดสนามแม่เหล็ก แสดงดังรูปที่ 10.2



รูปที่ 10.2 การเกิดสนามแม่เหล็กเสริมแรงในตัวเหนี่ยวนำ

ความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขดลวดขึ้นอยู่กับส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

1. จำนวนรอบของการพันเส้นลวดตัวนำ พันรอบน้อยเกิดสนามแม่เหล็กน้อย พันรอบมากเกิดสนามแม่เหล็กมาก
2. ปริมาณการไหลของกระแสผ่านเส้นลวดตัวนำ กระแสไหลน้อยสนามแม่เหล็กเกิดน้อย กระแสไหลมากสนามแม่เหล็กเกิดมาก
3. ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำแกนแม่เหล็กไฟฟ้า แกนอากาศให้ความเข้มสนามแม่เหล็กน้อย แกนที่ทำมาจากโลหะให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กมาก
4. ขนาดของแกนที่นำมาใช้งาน แกนขนาดเล็กเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นน้อย แกนขนาดใหญ่เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นมาก

ตัวเหนี่ยวนำที่ผลิตมาใช้งาน แบ่งตามลักษณะการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ แบบตัวเหนี่ยวนำขดเดี่ยว หรือแบบการเหนี่ยวนำตัวเอง (Self Induction) และแบบตัวเหนี่ยวนำหลายขด หรือแบบการเหนี่ยวนำข้ามขด (Mutual Induction)

10.2

ตัวเหนี่ยวนำแบบขดเดี่ยว

ตัวเหนี่ยวนำแบบขดเดี่ยว เป็นตัวเหนี่ยวนำที่มีขดลวดพันไว้เพียงขดเดียว การเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นภายในขดลวดเป็นการเหนี่ยวนำตัวเอง จึงเรียกตัวเหนี่ยวนำแบบนี้ว่า **ขดลวด** หรือ **โซ่** ซึ่งการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กจะเกิดขึ้นภายในตัวเองเท่านั้น ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (EMF) ที่เกิดขึ้น มีทั้งเสริมและหักล้างกับแรงดันที่ป้อนเข้ามา นิยมนำไปใช้งานเกี่ยวกับความถี่ต่างๆ และการกำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น ตัวเหนี่ยวนำแบบนี้

แบ่งออกได้ตามชนิดของแกนที่ใช้รองรับขดลวด ได้แก่ ชนิดแกนอากาศ (Air Core Type) ชนิดแกนสารเฟอร์โรแมกเนติก (Ferromagnetic Core Type) และชนิดแกนปรับค่าได้ (Variable Core Type)

10.2.1 ตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนอากาศ (Air Core Inductor)

ตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนอากาศ เป็นตัวเหนี่ยวนำชนิดที่พันขดลวดไว้ลอยๆ โดยไม่มีฐานรอง หรือใช้แกนฐานรองขดลวดทำมาจากวัสดุที่เป็นฉนวนไฟฟ้า เช่น ไฟเบอร์ พลาสติก หรือคาร์บอน เป็นต้น ตัวเหนี่ยวนำชนิดนี้นิยมนำไปใช้งานกับความถี่สูง (High Frequency) หรือความถี่วิทยุ (Radio Frequency ; RF) จึงมักเรียกตัวเหนี่ยวนำชนิดนี้ว่า **RF โคイル** ตัวเหนี่ยวนำแกนอากาศเป็นตัวเหนี่ยวนำที่มีค่าความเหนี่ยวนำต่ำ เพราะแกนไม่สามารถช่วยเสริมค่าความเหนี่ยวนำได้ การจะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำเพิ่มมากขึ้น ต้องใช้วิธีพันจำนวนรอบของขดลวดมากขึ้น ลักษณะตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนอากาศ แสดงดังรูปที่ 10.3



(ก) รูปร่าง



(ข) สัญลักษณ์

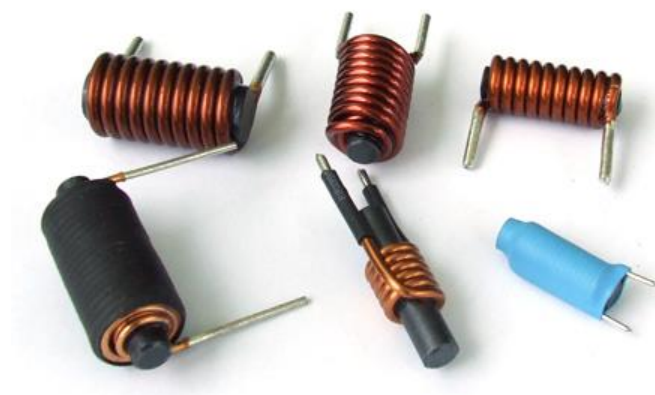
รูปที่ 10.3 ตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนอากาศ

10.2.2 ตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนสารเฟอร์โรแมกเนติก (Ferromagnetic Core Inductor)

ตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนสารเฟอร์โรแมกเนติก เป็นตัวเหนี่ยวนำที่พันขดลวดบนแกนหรือฐานรองทำมาจากวัสดุประเภทสารเฟอร์โรแมกเนติก สามารถเกิดอำนาจแม่เหล็กขึ้นในตัวเองได้ และช่วยเสริมอำนาจแม่เหล็กให้กำเนิดได้มากขึ้น วัสดุที่นิยมนำมาใช้ผลิตทำแกน เช่น เฟอร์ไรต์ ผงเหล็กอัด ทอรอยด์ และเหล็กแผ่นบาง เป็นต้น ตัวเหนี่ยวนำชนิดนี้นำไปใช้งานได้กับทั้งความถี่ต่ำและความถี่สูง เป็นตัวเหนี่ยวนำชนิดที่ผลิตให้มีค่าความเหนี่ยวนำจำนวนมากๆ ได้ ตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนสารเฟอร์โรแมกเนติกแบ่งย่อยออกได้หลายชนิด ดังนี้

1. ตัวเหนี่ยวนำแกนเฟอร์ไรต์ (Ferrite Core Inductor) เป็นตัวเหนี่ยวนำที่ใช้แกนรองขดลวดทำมาจากวัสดุประเภทเฟอร์ไรต์อัดขึ้นรูปในลักษณะต่างๆ ซึ่งสารเฟอร์ไรต์มีส่วนผสมที่แตกต่างกันไป โดยมีส่วนผสมหลักเป็นสนิมเหล็ก และผสมร่วมกับสารอื่นๆ อีกหลายชนิด เช่น อะลูมิเนียม แมกนีเซียม นิกเกิล โคบอลต์ และสังกะสี เป็นต้น การใช้ส่วนผสมแตกต่างกันมีผลต่อค่าความเหนี่ยวนำที่ได้ออกมามีค่ามากน้อยแตกต่างกัน

ข้อดีของตัวเหนี่ยวนำแกนเฟอร์ไรต์ คือสามารถสร้างให้แกนมีรูปร่างหลากหลายลักษณะแตกต่างกันไปตามความต้องการ นำไปใช้งานได้ดีทั้งย่านความถี่ต่ำและย่านความถี่สูง ถูกผลิตขึ้นมาใช้งานมากมายหลากหลายรูปแบบ และถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย ลักษณะตัวเหนี่ยวนำแกนเฟอร์ไรต์ แสดงดังรูปที่ 10.4



(ก) รูปร่าง



(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 10.4 ตัวเหนี่ยวนำแกนเฟอร์ไรต์

2. ตัวเหนี่ยวนำแกนผงเหล็กอัด (Iron Powder Core Inductor) เป็นตัวเหนี่ยวนำที่ใช้แกนรองขดลวดทำมาจากวัสดุประเภทผงเหล็กชนิดอัดแน่น โดยนำผงเหล็กผสมกับกาวอัดแน่นเป็นรูปร่างต่างๆ ตามต้องการ สามารถกำหนดรูปแบบได้อย่างหลากหลาย

ข้อดีของตัวเหนี่ยวนำแกนผงเหล็กอัด คือสามารถช่วยลดการสูญเสียการไหลของกระแสสัญญาณภายในขดลวดจากกระแสไหลวน (Eddy Current) ลงได้ ทำให้กระแสสัญญาณส่งผ่านตัวเหนี่ยวนำแกนผงเหล็กอัดได้สูงขึ้น เกิดการสูญเสียสัญญาณภายในตัวเหนี่ยวนำลดลง ใช้งานได้ดีในย่านความถี่สูง สามารถสร้างให้มีค่าความเหนี่ยวนำสูงขึ้นได้ แต่มีขนาดตัวเหนี่ยวนำเล็กลง ลักษณะตัวเหนี่ยวนำแกนผงเหล็กอัด แสดงดังรูปที่ 10.5



(ก) รูปร่าง



(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 10.5 ตัวเหนี่ยวนำแกนผงเหล็กอัด

3. ตัวเหนี่ยวนำแกนทอรอยด์ (Toroidal Core Inductor) เป็นตัวเหนี่ยวนำที่ใช้แกนรองขดลวดทำมาจากวัสดุประเภทเฟอร์ไรต์ หรือทำจากผงเหล็กชนิดอัดแน่น โดยสร้างแกนขึ้นเป็นวงกลมรูปวงแหวน นำขดลวดพันโดยรอบแกนวงแหวน

ข้อดีของตัวเหนี่ยวนำแกนทอรอยด์ คือเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่แพร่กระจายออกไปภายนอก และสนามแม่เหล็กจากภายนอกก็ไม่เข้ามารบกวน สามารถทำให้ตัวเหนี่ยวนำมีความเหนี่ยวนำสูงขึ้น โดยมีขนาดตัวเหนี่ยวนำเล็กลง และใช้จำนวนรอบในการพันขดลวดน้อยลง นิยมนำไปใช้งานกับย่านความถี่สูง ที่ต้องการค่าความเหนี่ยวนำสูง และมีสนามแม่เหล็กรบกวนต่ำ ลักษณะตัวเหนี่ยวนำแกนทอรอยด์ แสดงดังรูปที่ 10.6



(ก) รูปร่าง

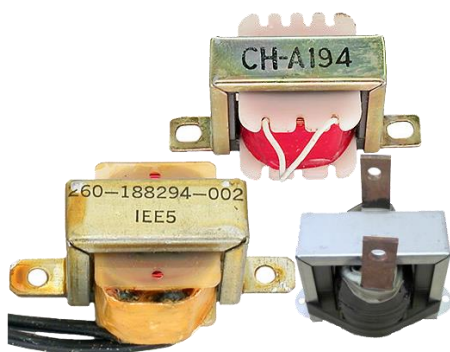


(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 10.6 ตัวเหนี่ยวนำแกนทอรอยด์

4. ตัวเหนี่ยวนำแกนเหล็กแผ่นบาง (Laminated Iron Core Inductor) เป็นตัวเหนี่ยวนำที่ใช้แกนรองขดลวดทำมาจากวัสดุประเภทเหล็กรีดให้เป็นแผ่นบาง (Lamination) ตัดขึ้นรูปเหล็กแต่ละแผ่นเป็นรูปร่างต่างๆ นำมาวางซ้อนกันเป็นแกนรองขดลวด โดยที่เหล็กแผ่นบางแต่ละแผ่นถูกเคลือบฉนวนไว้ เพื่อให้เหล็กแต่ละแผ่นถูกแยกตัวออกจากกัน

ข้อดีของตัวเหนี่ยวนำแกนเหล็กแผ่นบาง คือช่วยลดการสูญเสียเนื่องจากกระแสไหลวน ช่วยลดความร้อนจากการเหนี่ยวนำ และช่วยทำให้ค่าความเหนี่ยวนำเพิ่มมากขึ้น การใช้งานนิยมนำไปใช้งานในย่านความถี่ต่ำ และย่านความถี่เสียง (Audio Frequency ; AF) จึงมักเรียกตัวเหนี่ยวนำชนิดนี้ว่า **AF ไช้ก** นำไปใช้งานได้หลายชนิด เช่น ใช้เป็นตัวกรองสัญญาณไฟฟ้า (Filter) ใช้ได้ทั้งแรงดันไฟสลับ และเป็นแรงดันไฟตรง เป็นต้น ลักษณะตัวเหนี่ยวนำแกนเหล็กแผ่นบาง แสดงดังรูปที่ 10.7



(ก) รูปราง



(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 10.7 ตัวเหนี่ยวนำแกนเหล็กแผ่นบาง

9.2.3 ตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนปรับเปลี่ยนค่าได้ (Variable Core Inductor)

ตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนปรับเปลี่ยนค่าได้ เป็นตัวเหนี่ยวนำที่ขดลวดถูกพันรอบฐานรองโดยถูกยึดติดคงที่ ฐานรองเป็นฉนวนมีร่องเกลียวอยู่ภายใน ตอนกลางของฐานรองขดลวดมีแกนเฟอร์ไรต์มีร่องเกลียวสัมผัสอยู่กับตอนกลางของฐานรอง แกนเฟอร์ไรต์สามารถปรับเคลื่อนที่ได้ การปรับแกนเฟอร์ไรต์เป็นการปรับเปลี่ยนค่าความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำให้มากขึ้นหรือน้อยลงได้ตามต้องการ นำไปใช้งานกับความถี่สูงย่านความถี่วิทยุ (RF) เช่น ในวงจรเครื่องรับวิทยุ วงจรเครื่องรับโทรทัศน์ และวงจรเครื่องรับส่งวิทยุ เป็นต้น ลักษณะตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนปรับ เปลี่ยนค่าได้ แสดงดังรูปที่ 10.8



(ก) รูปร่าง



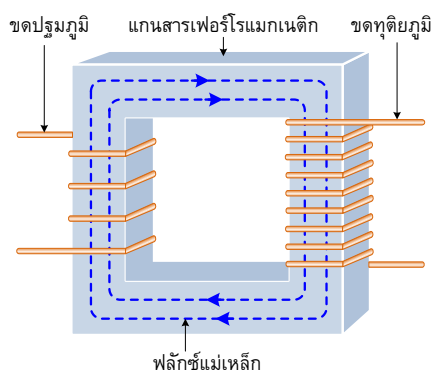
(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 10.8 ตัวเหนี่ยวนำแกนปรับค่าได้

10.3

ตัวเหนี่ยวนำแบบหลายขด

ตัวเหนี่ยวนำแบบหลายขด เป็นตัวเหนี่ยวนำ ที่มีขดลวดพันไว้ใช้งานรวมกันมากกว่าหนึ่งขดขึ้นไป การเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นเป็นการเหนี่ยวนำแบบข้ามขด มีขั้วต่อขดลวดออกมาใช้งานหลายขั้ว เช่น 4 ขั้ว 6 ขั้ว และ 8 ขั้ว เป็นต้น ขดลวดทั้งหมดที่ต่อออกมาใช้งานถูกแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านทางเข้าหรืออินพุต (Input) ใช้สำหรับป้อนแรงดันเข้า หรือสัญญาณไฟฟ้าเข้าขดลวด ถูกเรียกว่า **ขดปฐมภูมิ (Primary)** และด้านทางออกหรือเอาต์พุต (Output) ใช้สำหรับป้อนแรงดันออก หรือ



รูปที่ 10.9 การทำงานเบื้องต้นของหม้อแปลง

สัญญาณไฟฟ้าออกจากขดลวด ถูกเรียกว่า **ขดทุติยภูมิ (Secondary)** ตัวเหนี่ยวนำแบบหลายขดนี้มีชื่อเรียกว่า **หม้อแปลง หรือทรานสฟอร์เมอร์ (Transformer)** การทำงานเบื้องต้นของหม้อแปลง แสดงดังรูปที่ 10.9

การทำงานของหม้อแปลง เมื่อมีแรงดันไฟสลับป้อนเข้าที่ขดปฐมภูมิ ทำให้เกิดการยุบตัวและพองตัวของสนามแม่เหล็กทางขดปฐมภูมิ เกิดฟลักซ์แม่เหล็กวิ่งเคลื่อนที่รอบแกนรองขดลวด เหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไปให้ขดทุติยภูมิ สนามแม่เหล็กตัดผ่านขดทุติยภูมิส่งผลให้เกิดแรงเคลื่อน ไฟฟ้าชักนำ (EMF) ขึ้นมา ค่าที่เกิดขึ้นนี้คือแรงดันไฟสลับที่จ่ายออกมาทางขดทุติยภูมิ จ่ายเป็นแรงดันออกไปใช้งาน

แรงดันไฟสลับที่ได้ออกมาทางขดทุติยภูมิ ขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของขดลวดที่พันไว้ พันจำนวน รอบขดลวดน้อยได้แรงดันไฟสลับออกมาน้อย พันจำนวนรอบขดลวดมากได้แรงดันไฟสลับออกมามาก นำหลักการนี้ไปใช้แปลงแรงดันไฟสลับที่จ่ายออกมา ให้มากขึ้นหรือน้อยลงได้ตามต้องการ ลักษณะหม้อแปลงแบบต่างๆ แสดงดังรูปที่ 10.10



รูปที่ 10.10 หม้อแปลงแบบต่างๆ

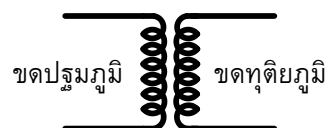
หม้อแปลงที่ผลิตมาใช้งานมีมากมายหลายแบบ หลายชนิด และหลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับงานที่ต้องการนำหม้อแปลงไปใช้ ทั้งค่าแรงดันที่ต้องการใช้ ค่าการจ่ายกระแสที่หม้อแปลงสามารถจ่ายออกมาได้ รวมถึงหน้าที่ในการทำงานของหม้อแปลง ถ้าแบ่งหม้อแปลงออกตามลักษณะแกนที่ใช้รองขดลวด แบ่งออกได้หลายชนิด ดังนี้ ชนิดแกนอากาศ ชนิดแกนเฟอร์ไรต์ ชนิดแกนเหล็กแผ่นบาง และชนิดแกนทอรอยด์

10.3.1 หม้อแปลงชนิดแกนอากาศ (Air Core Transformer)

หม้อแปลงชนิดแกนอากาศ เป็นหม้อแปลงชนิดที่พันขดลวดไว้ลอยๆ โดยไม่มีฐานรอง หรือใช้แกนฐานรองขดลวดทำมาจากวัสดุที่เป็นฉนวนไฟฟ้า เช่น ไฟเบอร์ พลาสติก หรือคาร์บอน เป็นต้น หม้อแปลงชนิดนี้นิยมนำไปใช้งานกับความถี่สูงย่านความถี่วิทยุ (RF) เพราะมีค่าความเหนี่ยวนำต่ำ แกนไม่สามารถช่วยเสริมค่าความเหนี่ยวนำได้ การจะเพิ่มให้ค่าความเหนี่ยวนำมากขึ้น ทำได้โดยใช้วิธีพันจำนวนรอบของขดลวดเพิ่มขึ้น ลักษณะหม้อแปลงชนิดแกนอากาศ แสดงดังรูปที่ 10.11



(ก) รูปร่าง



(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 10.11 หม้อแปลงชนิดแกนอากาศ

10.3.2 หม้อแปลงชนิดแกนเฟอร์ไรต์ (Ferrite Core Transformer)

หม้อแปลงชนิดแกนเฟอร์ไรต์ เป็นหม้อแปลงที่ใช้แกนรองขดลวดทำมาจากวัสดุประเภทเฟอร์ไรต์อัดขึ้นรูปลักษณะต่างๆ ที่มีส่วนผสมของเฟอร์ไรต์แตกต่างกันไป แต่มีส่วนผสมหลักเป็นสนิมเหล็ก และผสมร่วมกับสารอื่นๆ เช่น อะลูมิเนียม โคบอลต์ แมกนีเซียม นิกเกิล และสังกะสี เป็นต้น ส่วนผสมที่ใช้แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าความเหนี่ยวนำที่ได้แตกต่างกัน นิยมนำไปใช้งานในย่านความถี่สูง เช่น ภาครับความถี่วิทยุ (Tuner) ภาคนำเนิตความถี่ (Oscillator ; Osc.) และภาคกำหนดความถี่ปานกลาง (Intermediate Frequency ; IF) เป็นต้น โดยทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ ลักษณะหม้อแปลงแกนเฟอร์ไรต์ แสดงดังรูปที่ 10.12



(ก) รูปร่าง



(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 10.12 หม้อแปลงแกนเฟอร์ไรต์

10.3.3 หม้อแปลงชนิดแกนเหล็กแผ่นบาง (Laminated Iron Core Transformer)

หม้อแปลงชนิดแกนเหล็กแผ่นบาง เป็นหม้อแปลงที่ใช้แกนรองขดลวดทำมาจากวัสดุประเภทเหล็กรีดให้เป็นแผ่นบาง ตัดขึ้นรูปเหล็กแต่ละแผ่นเป็นรูปตัว E และตัว I นำมาวางซ้อนกันเป็นแกนรองขดลวด โดยที่เหล็กแผ่นบางแต่ละแผ่นถูกเคลือบฉนวนไว้ ทำให้เหล็กแต่ละแผ่นถูกแยกตัวออกจากกัน เพื่อช่วยลดการสูญเสียเนื่องจากกระแสไหลวน ช่วยลดความร้อนจากการเหนี่ยวนำ และช่วยทำให้ค่าความเหนี่ยวนำเพิ่มมากขึ้น การใช้งานนิยมนำไปใช้งานในย่านความถี่ต่ำ และย่านความถี่เสียง (AF) ใช้งานได้ทั้งแรงดันไฟตรงและแรงดันไฟสลับ ลักษณะหม้อแปลงแกนเหล็กแผ่น แสดงดังรูปที่ 10.13



(ก) รูปร่าง

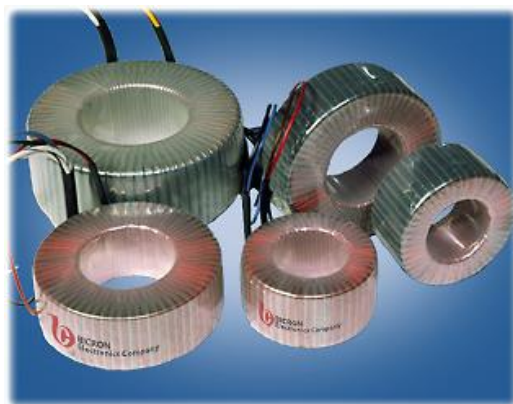


(ข) สัญลักษณ์

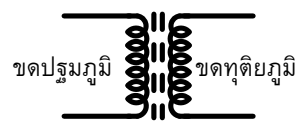
รูปที่ 10.13 หม้อแปลงแกนเหล็กแผ่นบาง

10.3.4 หม้อแปลงชนิดแกนทอรอยด์ (Toroidal Core Transformer)

หม้อแปลงชนิดแกนทอรอยด์ เป็นหม้อแปลงที่ใช้แกนรองขดลวดทำมาจากวัสดุหลายประเภท เช่น เหล็กแผ่นบางเคลือบฉนวน ผงเหล็กชนิดอัดแน่น หรือเฟอร์ไรต์ โดยสร้างแกนขึ้นเป็นรูปวงแหวน ขดลวดถูกพันรอบแกนวงแหวนโดยรอบ ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นภายในขดลวดไม่แพร่กระจายออกไปภายนอก และสนามแม่เหล็กจากภายนอกก็ไม่เข้ามารบกวน ทำให้หม้อแปลงชนิดนี้มีค่าความเหนี่ยวนำสูงขึ้น โดยสร้างขนาดหม้อแปลงได้เล็กลง และใช้จำนวนรอบในการพันขดลวดน้อยลง นิยมนำไปใช้งานทั้งความถี่ต่ำและความถี่สูง ที่ต้องการค่าความเหนี่ยวนำสูง และมีสนามแม่เหล็กรบกวนต่ำ ลักษณะหม้อแปลงแกนทอรอยด์ แสดงดังรูปที่ 10.14



(ก) รูปร่าง



แกนผงเหล็กอัด หรือเฟอร์ไรต์



แกนเหล็กแผ่นบาง

(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 10.14 หม้อแปลงแกนทอรอยด์

10.4

หม้อแปลงกำลัง

หม้อแปลงกำลัง (Power Transformer) เป็นหม้อแปลงชนิดที่สามารถจ่ายแรงดัน จ่ายกระแส หรือจ่ายทั้งแรงดันและกระแสออกมาใช้งานได้มากขึ้น ถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย ในหลายหน้าที่และหลายลักษณะการทำงาน ทั้งงานในด้านอิเล็กทรอนิกส์ ด้านไฟฟ้ากำลัง และด้านอุตสาหกรรม หม้อแปลงกำลังที่ผลิตมาใช้งาน มีตั้งแต่ทนกระแสได้ต่ำ ไปจนถึงทนกระแสได้สูงๆ และจ่ายแรงดันออกมาได้หลายค่าจากต่ำไปถึงค่าสูง หม้อแปลงกำลังมีหลายลักษณะ หลายคุณสมบัติ และหลายหน้าที่การทำงาน แต่สิ่งที่เหมือนกันของหม้อแปลงกำลัง คือจะต้องสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าออกมาในรูปแรงดันและกระแสมีค่ามากหรือน้อยได้ตามความต้องการของภาระที่ต้องการใช้งาน ลักษณะหม้อแปลงกำลังชนิดต่างๆ แสดงดังรูปที่ 10.15



(ก) ใช้งานระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า

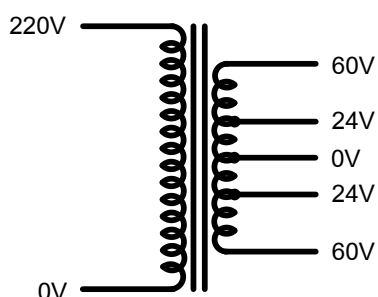


(ข) ใช้งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป

รูปที่ 10.15 หม้อแปลงกำลังชนิดต่างๆ

แกนรองขดลวดหม้อแปลงกำลังนิยมใช้ชนิดเหล็กแผ่นบางเคลือบฉนวนซ้อนทับกัน ด้วยเหตุที่หม้อแปลงกำลังขณะทำงานใช้กำลังไฟฟ้าสูง ทำให้เกิดความร้อนสูงมาก จำเป็นต้องมีการระบายความร้อนที่ดี ซึ่งแผ่นเหล็กบางสามารถระบายความร้อนได้ดี และด้วยขนาดที่ใหญ่ของหม้อแปลงกำลัง รวมทั้งรูปร่างของหม้อแปลงกำลังที่มีความแตกต่างกัน การใช้เหล็กแผ่นบางเคลือบฉนวนขึ้นรูปแกนรองขดลวดทำได้ง่าย รวมถึงสามารถสร้างให้มีระบบการระบายความร้อนที่แตกต่างกันได้ ช่วยให้เกิดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าขณะทำงานต่ำ เกิดประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มมากขึ้น หม้อแปลงกำลังที่ผลิตมาใช้งานมีด้วยกันหลายรูปแบบ หลายลักษณะ และหลายชนิด แบ่งออกตามคุณลักษณะของการพันขดลวดได้ดังนี้ ชนิดลดแรงดัน (Step Down Voltage) ชนิดเพิ่มแรงดัน (Step Up Voltage) ชนิดเพิ่ม – ลดแรงดัน (Step Up – Step Down Voltage) ชนิดออโต (Auto) และชนิดปรับเปลี่ยนแรงดันได้ (Variable Voltage)

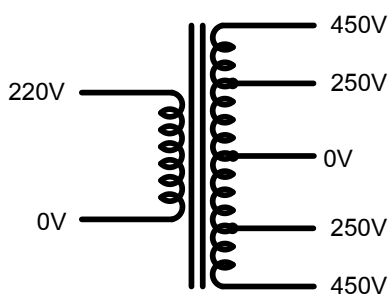
10.4.1 หม้อแปลงกำลังชนิดลดแรงดัน (Step Down Transformer)



รูปที่ 10.16 หม้อแปลงกำลังชนิดลดแรงดัน

หม้อแปลงกำลังชนิดลดแรงดัน เป็นหม้อแปลงที่ทำหน้าที่ลดแรงดันไฟสลับทางด้านขดทุติยภูมิ หรือด้านส่งออกเอาต์พุต ให้มีค่าแรงดันไฟสลับน้อยกว่าค่าแรงดันไฟสลับที่ป้อนเข้าทางด้านขดปฐมภูมิ รูปแบบการพันขดลวดในหม้อแปลงชนิดนี้ โดยพันจำนวนรอบของขดลวดทางขดปฐมภูมิ มากกว่าการพันจำนวนรอบของขดลวดทางขดทุติยภูมิ สัญลักษณ์หม้อแปลงกำลังชนิดลดแรงดัน แสดงดังรูปที่ 10.16

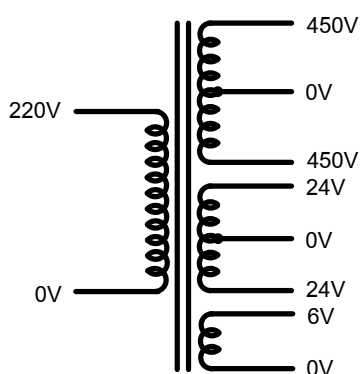
10.4.2 หม้อแปลงกำลังชนิดเพิ่มแรงดัน (Step Up Transformer)



รูปที่ 10.17 หม้อแปลงกำลังชนิดเพิ่มแรงดัน

หม้อแปลงกำลังชนิดเพิ่มแรงดัน เป็นหม้อแปลงที่ทำหน้าที่เพิ่มแรงดันไฟสลับทางด้านขดทุติยภูมิ หรือด้านส่งออกเอาต์พุต ให้มีค่าแรงดันไฟสลับมากกว่าค่าแรงดันไฟสลับที่ป้อนเข้าทางด้านขดปฐมภูมิ รูปแบบการพันขดลวดในหม้อแปลงชนิดนี้ โดยพันจำนวนรอบของขดลวดทางขดปฐมภูมิ น้อยกว่าการพันจำนวนรอบของขดลวดทางขดทุติยภูมิ สัญลักษณ์หม้อแปลงกำลังชนิดเพิ่มแรงดัน แสดงดังรูปที่ 10.17

10.4.3 หม้อแปลงกำลังชนิดเพิ่ม – ลดแรงดัน (Step Up – Step Down Transformer)



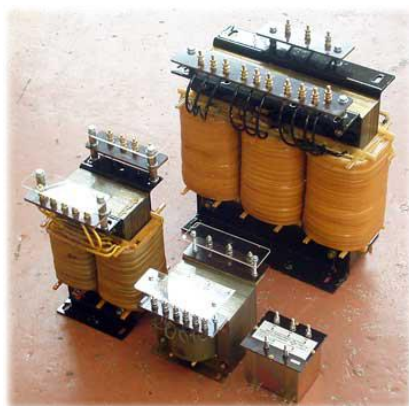
หม้อแปลงกำลังชนิดเพิ่ม – ลดแรงดัน เป็นหม้อแปลงที่มีจำนวนรอบของขดลวดทางขดทุติยภูมิ มากกว่า 1 ขด โดยแยกเป็นขดเพิ่มแรงดัน และขดลดแรงดัน ทำหน้าที่เพิ่มและลดแรงดันไฟสลับทาง ด้านขดทุติยภูมิที่จ่ายแรงดันออกเอาต์พุต ให้มีค่าแรงดันมากกว่าหรือน้อยกว่าค่าแรงดันที่ป้อนเข้าทางขดปฐมภูมิ การพันขดลวดในหม้อแปลงชนิดนี้ โดยแยกจำนวนขดลวดที่พันไว้ทางขดทุติยภูมิออกจากกันเป็นแต่ละชุด

รูปที่ 10.18 หม้อแปลงกำลังชนิดเพิ่ม – ลด
แรงดัน

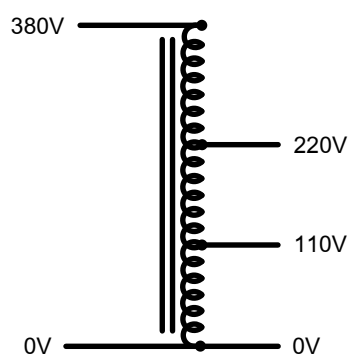
ไม่รวมกัน สัญลักษณ์หม้อแปลงกำลังชนิดเพิ่ม – ลด
แรงดัน แสดงดังรูปที่ 10.18

10.4.4 หม้อแปลงกำลังชนิดออโต (Auto Transformer)

หม้อแปลงกำลังชนิดออโต เป็นหม้อแปลงที่มีลักษณะการพันขดลวดแตกต่างไปจากหม้อแปลงกำลังชนิดอื่นที่กล่าวมา โดยการพันขดลวดทั้งชุดในหม้อแปลงเป็นขดเดียว จึงทำให้ขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิอยู่ในขดเดียวกัน การจ่ายแรงดันเข้าและออกใช้การแยกจุดต่อ (Taps) ขดลวดออกมาใช้งานเป็นจุดๆ ตามต้องการ บนขดลวดเพียงชุดเดียว จุดใดใช้เป็นจุดจ่ายแรงดันเข้าเรียกว่า ขดปฐมภูมิ และจุดใดเป็นจุดจ่ายแรงดันออกเรียกว่า ขดทุติยภูมิ ลักษณะหม้อแปลงกำลังชนิดออโต แสดงดังรูปที่ 10.19



(ก) รูปร่าง



(ข) สัญลักษณ์

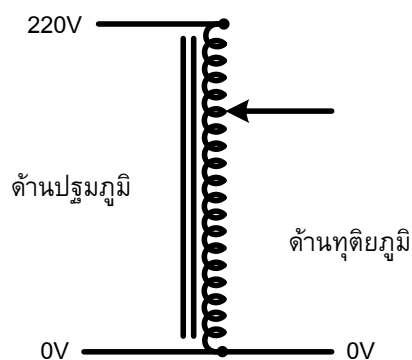
รูปที่ 10.19 หม้อแปลงกำลังชนิดออโต

10.4.5 หม้อแปลงกำลังชนิดปรับเปลี่ยนค่าได้ (Variable Transformer)

หม้อแปลงกำลังชนิดปรับเปลี่ยนค่าได้ หรืออาจเรียกว่า วาริแอค (Variac) เป็นหม้อแปลงกำลังชนิดออโตนั่นเอง คือการพันขดลวดทั้งชุดที่ใช้เป็นขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิเป็นขดเดียวกัน การจ่ายแรงดันเข้าจ่ายเข้าที่ขั้วหัวท้ายของขดลวด และการจ่ายแรงดันออกใช้ขั้วจ่ายร่วมกับขั้วจ่ายแรงดันเข้าหนึ่งขั้ว อีกขั้วของการจ่ายแรงดันออกใช้ขั้วแบบปรับเปลี่ยนค่าได้ สัมผัสกับขดลวดหม้อแปลงหมุนปรับเปลี่ยนเลือกค่าตามต้องการ ปรับจ่ายแรงดันออกมาบนขดขดลวดขดเดียว ลักษณะหม้อแปลงออโต แสดงดังรูปที่ 10.20



(ก) รูปร่าง



(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 10.20 หม้อแปลงกำลังชนิดปรับเปลี่ยนค่าได้

10.5 หน่วยความเหนี่ยวนำ

ตัวเหนี่ยวนำที่ผลิตขึ้นมาใช้งานจะมีค่าความเหนี่ยวนำบอกกำกับไว้ ค่าความเหนี่ยวนำนี้เป็นค่าที่แสดงถึงคุณสมบัติของตัวเหนี่ยวนำ ต่อการตอบสนองต่อกระแสและแรงดันที่เกิดขึ้นภายในตัวเหนี่ยวนำ โดยสามารถทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าชักนำ (EMF) ขึ้นมาได้น้อยหรือมากเพียงไร ค่าความเหนี่ยวนำมีหน่วยมาตรฐานเป็นเฮนรี (Henry ; H) ค่าความเหนี่ยวนำ 1 เฮนรี (H) คือ ค่าที่จ่ายกระแสไหลเข้าไปในขดลวด 1 แอมแปร์ (A) ไหลเปลี่ยนแปลงในเวลา 1 วินาที (s) ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำต้านกลับ (Counter Electro Motive Force) 1 โวลต์ (V)

ตัวเหนี่ยวนำที่ผลิตออกมาใช้งาน มีหลายขนาดหลายค่าความเหนี่ยวนำ ตั้งแต่ค่าความเหนี่ยวนำต่ำ ไปจนถึงความเหนี่ยวนำสูง ทำให้การใช้หน่วยบอกค่าเป็นเฮนรี (H) อย่างเดียว มีความไม่สะดวกในการใช้งาน จึงได้แบ่งหน่วยบอกค่าความเหนี่ยวนำออกเป็นหน่วยย่อยๆ เป็น มิลลิเฮนรี (Millihenry ; mH) และหน่วยไมโครเฮนรี (Microhenry ; μ H) หน่วยใช้งานทั้งหมด เขียนความสัมพันธ์กันออกมาได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 1 \text{ เฮนรี (H)} &= 1,000 \text{ มิลลิเฮนรี (mH)} &= 1 \times 10^3 \text{ mH} \\
 &= 1,000,000 \text{ ไมโครเฮนรี (}\mu\text{H)} &= 1 \times 10^6 \mu\text{H} \\
 1 \text{ มิลลิเฮนรี (mH)} &= 1,000 \text{ ไมโครเฮนรี (}\mu\text{H)} &= 1 \times 10^3 \mu\text{H} \\
 &= \frac{1}{1,000} \text{ เฮนรี (H)} &= 1 \times 10^{-3} \text{ H} \\
 1 \text{ ไมโครเฮนรี (}\mu\text{H)} &= \frac{1}{1,000} \text{ มิลลิเฮนรี (mH)} &= 1 \times 10^{-3} \text{ mH} \\
 &= \frac{1}{1,000,000} \text{ เฮนรี (H)} &= 1 \times 10^{-6} \text{ H}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 10.1 จงแปลงหน่วยค่าความเหนี่ยวนำต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

- (ก) 56,400 mH ให้เป็นหน่วย H
- (ข) 2.56 H ให้เป็นหน่วย mH
- (ค) 41,986,000 μH ให้เป็นหน่วย H
- (ง) 21.20 mH ให้เป็นหน่วย μH
- (จ) 0.0825 H ให้เป็นหน่วย μH
- (ฉ) 65,125 μH ให้เป็นหน่วย mH

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 \text{(ก)} \quad 56,400 \text{ mH} &= 56,400 \times \frac{1}{1,000} \text{ H} &= 56.4 \text{ H} \\
 \text{(ข)} \quad 2.56 \text{ H} &= 2.56 \times 1,000 \text{ mH} &= 2,560 \text{ mH} \\
 \text{(ค)} \quad 41,986,000 \mu\text{H} &= 41,986,000 \times \frac{1}{1,000,000} \text{ H} &= 41.986 \text{ H} \\
 \text{(ง)} \quad 21.20 \text{ mH} &= 21.20 \times 1,000 \mu\text{H} &= 21,200 \mu\text{H} \\
 \text{(จ)} \quad 0.0825 \text{ H} &= 0.0825 \times 1,000,000 \mu\text{H} &= 82,500 \mu\text{H} \\
 \text{(ฉ)} \quad 65,125 \mu\text{H} &= 65,125 \times \frac{1}{1,000} \text{ mH} &= 65.125 \text{ mH} \quad \text{ตอบ}
 \end{aligned}$$

10.6

บทสรุป

ตัวเหนี่ยวนำผลิตจากเส้นลวดทองแดงขดเป็นวงเรียงกันหลายรอบ จำนวนรอบของการพันขดลวดตัวเหนี่ยวนำมีผลทำให้ค่าความเหนี่ยวนำแตกต่างกันไป แต่มีคุณสมบัติเหมือนกันคือ เมื่อมีกระแสไหลผ่านเส้นลวดตัวนำ จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นรอบเส้นลวดตัวนำ

ความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขดลวดขึ้นอยู่กับ จำนวนรอบของการพันเส้นลวด ตัวนำ ปริมาณการไหลของกระแส ขนาดของแกนที่ใช้ทำแม่เหล็กไฟฟ้า และชนิดของวัสดุที่ใช้ทำแกนของแม่เหล็กไฟฟ้า

ตัวเหนี่ยวนำแบบขดเดี่ยว เป็นตัวเหนี่ยวนำที่มีขดลวดพันไว้เพียงขดเดียว ทำงานโดยการเหนี่ยวนำตัวเอง โครงสร้างประกอบด้วยเส้นลวดทองแดงอาบน้ำมันฉนวน พันเป็นขดลวดอยู่บนแกน การเรียกชื่อตัวเหนี่ยวนำประเภทนี้เรียกชื่อตามแกนที่ทำเป็นฐานรอง

ตัวเหนี่ยวนำแบบหลายขด เป็นตัวเหนี่ยวนำที่มีขดลวดพันไว้รวมกันมากกว่าหนึ่งขดขึ้นไป การเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นเป็นการเหนี่ยวนำแบบข้ามขด ขดลวดแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนทางเข้าเรียกว่าขดปฐมภูมิ และส่วนทางออกเรียกว่าขดทุติยภูมิ การส่งผ่านแรงดันออกมาที่ขดทุติยภูมิต้องอาศัยการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กจากขดปฐมภูมิ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (EMF) ขึ้นมา เกิดเป็นแรงดันขึ้นมา การเรียกชื่อหม้อแปลงเรียกตามชื่อแกนที่เป็นฐานรองขดลวด เช่น แกนอากาศ แกนเฟอร์ไรต์ แกนเหล็กแผ่นบาง และแกนทอรอยด์ เป็นต้น

หม้อแปลงกำลัง เป็นหม้อแปลงชนิดที่สามารถจ่ายแรงดันและกระแสออกมาได้มากขึ้น นำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย ทั้งงานในด้านอิเล็กทรอนิกส์ ด้านไฟฟ้ากำลัง และด้านอุตสาหกรรม หม้อแปลงกำลังมีหลายลักษณะ หลายคุณสมบัติ และหลายหน้าที่การทำงาน แต่สิ่งที่เหมือนกัน คือต้องสามารถจ่ายแรงดันและกระแสมีค่ามากหรือน้อยได้ตามความต้องการของภาระ

ตัวเหนี่ยวนำที่ผลิตออกมาใช้งาน มีหลายขนาดหลายค่าความเหนี่ยวนำ แบ่งหน่วยบอกค่าใช้งานเป็นเฮนรี (H) มิลลิเฮนรี (mH) และไมโครเฮนรี (μ H)