หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ประวัติการวิจัย และพัฒนาเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำเฟสเดี่ยวชนิดคลื่นพา

ในระหว่างปี คศ.1880-1890 เทสลา ได้ประดิษฐ์เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น และในระยะเวลาใกล้เคียงกัน ก็มีผู้ประดิษฐ์เครื่องจักรไฟฟ้าชนิดเลื่อนขึ้น และหลังจากปี คศ.1890 เรื่อยมา จนกระทั่งถึงปี คศ.1948 จึงมีผู้เริ่มพยายามประดิษฐ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการของคลื่นเดินทางในสายส่งไฟฟ้าขึ้นเป็นครั้งแรก (12) แต่ประดิษฐกรรมนี้ก็ประสพความล้มเหลว และอีก 10 ปีต่อมา พุทแมน (8) ได้ทำการวิจัยและพยายามพัฒนาเครื่องจักรชนิดนี้ โดยประดิษฐ์เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แล้วเขาก็ค้นพบว่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่องอากาศได้ถูกหมุนเคลื่อนที่ และมีขนาดใหญ่เพิ่มพูนขึ้นตามระยะทางจากจุดเริ่มต้นของวงจรปฐมภูมิเรื่อยไป และมีลักษณะคล้ายสายส่งไฟฟ้าแบบที่มีความต้านทานเป็นลบ ดังนั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกขยายในบางช่วง ขณะที่เครื่องจักรมีความเร็วรอบต่างๆกัน แต่ก็มีปัญหาจากคลื่นสะท้อนกลับมากจนทำให้พุทแมนสรุปผลวิจัยว่าไม่เหมาะสมที่จะใช้เครื่องจักรชนิดนี้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จึงทำให้เครื่องจักรชนิดนี้ซบเซาไปอีกระยะหนึ่ง (8)

ต่อมาในปี คศ. 1966 , ฮิลเลอร์ ได้แสดงความคิดเห็นสนับสนุนความคิดในการพัฒนาเครื่องจักรเมื่อปี คศ. 1948 โดยฮิลเลอร์พยายามเน้นแนวความคิดในความเป็นไปได้ที่จะประดิษฐ์มอเตอร์ไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการสายส่งไฟฟ้า แต่เขาก็มิได้ทำการทดลองในเชิงปฏิบัติ[5] ในช่วงต่อมา วัตสัน ได้ทำการพัฒนาเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำเฟสเดียวชนิดคลื่นพา เป็นเครื่องต้นแบบ โดยทำเป็นเครื่องจักรชนิดเลื่อนและแสดงคุณสมบัติการเปลี่ยนความเร็ว โดยเปลี่ยนค่าความจุไฟฟ้า[5]

ต่อมาในปี คศ. 1978–1979 อาจารย์ พีรศักดิ์ วรสุนทโรสถ ได้ร่วมมือกับ วัตสัน ทำการวิเคราะห์และสร้างเครื่องต้นแบบ วิจัยผลขั้นต้นของเครื่องจักรชนิดนี้ไว้อีกหลายเครื่อง[2,3,4,5,6] โดยที่เน้นหนักไปในลักษณะเครื่องจักรเหนี่ยวนำเลื่อน ชนิดมอเตอร์ไฟฟ้า เพราะมีความคิดเห็นว่ามีข้อได้เปรียบเครื่องจักรชนิดหมุนและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่หลายประการ[12]

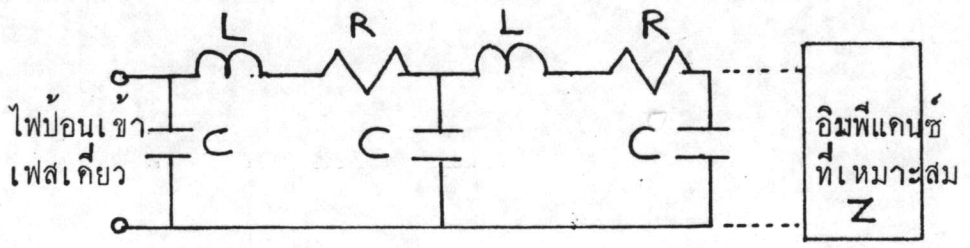
## 1.2 ความคล้ายคลึงกันระหว่างมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวแบบเก่ากับสายส่งไฟฟ้า

หลักการของมอเตอร์ชนิดคลื่นพานี้ เกิดขึ้นจากการเปรียบเทียบลักษณะคล้ายคลึงกันระหว่างการเคลื่อนที่ของคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ในช่องอากาศของมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวแบบเก่า ที่มีการเคลื่อนที่ใน 2 ทิศทาง คือ เดินหน้า และ ถอยหลัง กับการเคลื่อนที่ของคลื่นกระแสและแรงดันไฟฟ้าในสายส่งไฟฟ้า ที่มีการเคลื่อนที่ใน 2 ทิศทาง คือ เดินหน้า และสะท้อนกลับเช่นเดียวกัน[1,12]

ในระบบสายส่งไฟฟ้า สามารถกำจัดคลื่นสะท้อนกลับของกระแสและแรงดันไฟฟ้าได้โดยการต่ออิมพีแดนซ์ลักษณะ $Z_o$ ที่ปลายสายส่งไฟฟ้า ดังนั้นทำให้ระบบสายส่งไฟฟ้ามีเพียงคลื่นเดินหน้าของกระแสและแรงดันไฟฟ้าเท่านั้น (10)

แต่ในกรณีของมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดี่ยวแบบเก่า ไม่สามารถกำจัดคลื่นถอยหลังของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้ (12) ดังนั้นเมื่อป้อนไฟเฟสเดี่ยวให้กับขดลวดเฟสเดี่ยวในสเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดี่ยวแบบเก่าในขณะที่โรเตอร์หยุดนิ่งจึงไม่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ทั้งนี้เพราะคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าถอยหลัง มีขนาดและความเร็วเท่ากับคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเดินหน้า จึงเกิดเป็นลักษณะของสนามแม่เหล็กไฟฟ้านิ่งอยู่กับที่ แต่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาเท่านั้น

ดังนั้นถ้าขดลวดในสเตเตอร์มีการเรียงตัวกันเลียนแบบระบบสายส่งไฟฟ้าและมีตัวเก็บประจุไฟฟ้าต่อขนาน โดยมีอิมพีแดนซ์ที่เหมาะสมต่อไว้ที่จุดปลายของขดลวดชุดสุดท้าย ดังแสดงในรูปที่ 1-1 ก็จะพบว่า




รูปที่ 1-1 แสดงการเรียงตัวของขดลวดเพื่อเลียนแบบระบบสายส่งไฟฟ้า

เมื่อป้อนไฟเฟสเดี่ยวให้กับชุดขดลวดที่ต่อดังรูปที่ 1-1 ก็จะเกิดการเคลื่อนที่ของคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้[1]

1.3 แนวความคิดซึ่งนำไปสู่การประดิษฐ์มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดี่ยวชนิดคลื่นพา

จากลักษณะคล้ายคลึงกันระหว่างมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดี่ยวแบบเก่ากับสายส่งไฟฟ้า ดังที่กล่าวในหัวข้อ 1.2 แล้วนั้น ทำให้เกิดแนวความคิดที่จะสามารถประดิษฐ์มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดี่ยวโดยหลักการสายส่งไฟฟ้าได้ ซึ่งในมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดี่ยวทั่วไปไม่สามารถกำจัดคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนถอยหลังได้ แต่ในกรณีมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดี่ยวที่ประดิษฐ์เลียนแบบจากหลักการสายส่งไฟฟ้านี้ ในทางทฤษฎีแล้ว สามารถกำจัดคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสะท้อนกลับได้โดยการใช้อิมพีแดนซ์ที่เหมาะสมต่อเข้ากับส่วนปลายของวงจรปฐมภูมิของมอเตอร์ฯชนิดคลื่นพา[12]

ในวงจรของมอเตอร์ฯชนิดคลื่นพาใช้งานจริงดังรูปที่ 1-2 นั้น แม้ว่าจะไม่สามารถกำจัดคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนกลับตามจุดต่อต่างๆได้ทั้งหมด อันเนื่องมาจากการต่อวงจรปฐมภูมิของมอเตอร์ฯชนิดคลื่นพาเป็นช่วงค่า แทนที่เรียบต่อเนื่องไปเช่นในวงจรสายส่งไฟฟ้าก็ตาม แต่ถ้าเพิ่มจำนวนชุดขดลวดในสเตเตอร์ต่อจำนวนหนึ่งช่วงคลื่น (ซึ่งในกรณีมอเตอร์ไฟฟ้า ก็คือขั้วคู่ของเครื่องจักรนั้น ) จะทำให้ค่าประมาณของระบบที่เลียนแบบสายส่งไฟฟ้าดีขึ้น จะมีผลทำให้ลดการสะท้อนกลับของ

คลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าตามจุดต่อต่างๆลง[1,12] และกำลังไฟฟ้าจะถูกถ่ายทอดจากวงจรปฐมภูมิไปยังวงจรทุติยภูมิมากขึ้น[1] และมีผลต่อเนื่องทำให้คลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าลดขนาดลงเรื่อยๆเมื่อเคลื่อนที่ไปตามความยาวของวงจรปฐมภูมิ[12] ดังนั้นถ้าออกแบบให้มอเตอร์ฯชนิดคลื่นพาใช้งานขณะเต็มที่ให้มีแรงดันไฟฟ้าที่จุดปลายของส่วนวงจรปฐมภูมิต่ำมากเมื่อเทียบกับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสู่วงจรแล้ว จะทำให้ผลที่เกิดจากการสะท้อนกลับของคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าลดลงมาตามส่วนด้วย และอาจตัดปัญหาทางด้านการใช้อิมพีแดนซ์ในส่วนปลายของวงจรปฐมภูมิออกได้[1] ทำให้ไม่มีการสูญเสียในวงจรปฐมภูมิอันเนื่องมาจากอิมพีแดนซ์ที่ต่อไว้ แต่ในการออกแบบวงจรแม่เหล็กและวงจรไฟฟ้า จะต้องใช้วิธีรีดเรียวลงตามส่วนจึงจะทำให้การใช้งานเป็นไปอย่างประหยัดเต็มกำลัง เพราะวงจรแม่เหล็กและวงจรไฟฟ้าในส่วนปลายของวงจรปฐมภูมิจะมีกระแสไหลผ่านน้อยและความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าน้อยลงตามส่วน[12]

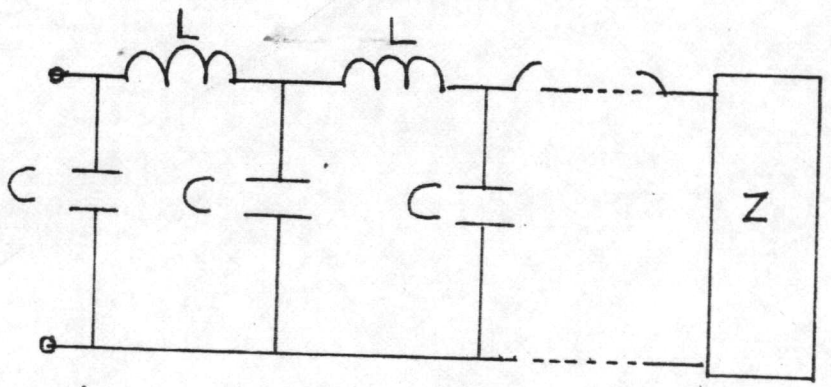
ความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดี่ยวชนิดคลื่นพานี้ จะขึ้นอยู่กับฟังก์ชั่นการแผ่กระจายคลื่น เช่นเดียวกับความเร็วของคลื่นเดินทางในสายส่งไฟฟ้า ดังนั้น

---

1. วงจรปฐมภูมิ หมายถึง วงจรไฟฟ้าและแม่เหล็กที่สเตเตอร์ของมอเตอร์ฯชนิดคลื่นพา

วงจรทุติยภูมิ หมายถึง โรเตอร์ที่หุ้มด้วยแผ่นตัวนำของมอเตอร์ฯชนิดคลื่นพา

ถ้าวงจรปฐมภูมิของมอเตอร์ฯชนิดคลื่นพา มีค่าเทียบเสมือน กับวงจรสายส่งไฟฟ้าที่มีการสูญเสียอย่างต่ำแล้ว ก็จะสามารถเทียบคุณสมบัติของคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เดินทางในช่องอากาศของมอเตอร์ฯชนิดคลื่นพา กับ คุณสมบัติทั่วไปของคลื่นกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่เดินทางในสายส่งไฟฟ้าได้ ซึ่งความเร็วของคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในช่องอากาศ จะไม่ขึ้นอยู่กับความถี่ของไฟที่ป้อนเข้ามากนัก [1,12] และการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดี่ยวชนิดคลื่นพา ทำได้โดยการควบคุมแปลี่ยนแปลงค่าอิมพีแดนซ์ส่วนต่ออนุกรม (ซึ่งส่วนใหญ่คือ ค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด ) หรือ อิมพีแดนซ์ส่วนต่อขนาน (ซึ่งส่วนใหญ่ คือ ค่าความจุไฟฟ้า ของตัวเก็บประจุที่ต่อในวงจร) [1,12]




รูปที่ 1-2 วงจรปฐมภูมิของมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดี่ยวชนิดคลื่นพา

ซึ่งจะสามารถประดิษฐ์มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดี่ยว ที่เปลี่ยนแปลงความเร็วรอบได้ โดยที่ความถี่ของระบบไฟป้อนเข้าคงที่