หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

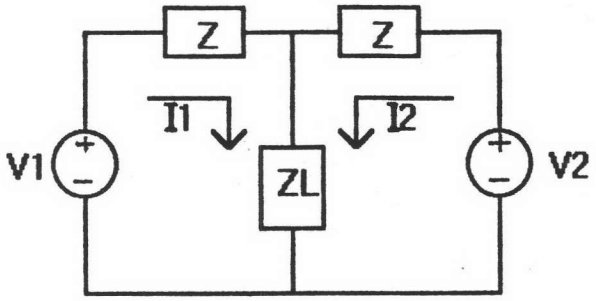
ความเบื้องต้น

แนวโน้มการใช้พลังงานโดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันจะสูงขึ้นทุกปีในอนาคตจำเป็นจะต้องหาแหล่งพลังงานเพื่อทดแทนพลังงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบันซึ่งได้แก่ก๊าซธรรมชาติ,ถ่านหินและน้ำมันหรือพลังงานน้ำ ความต้องการพลังงานที่สูงขึ้นส่วนใหญ่มาจากภาคอุตสาหกรรม และในอนาคตอันใกล้อาจมีความจำเป็นที่จะต้องนำพลังงานปรมาณูมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าอีกประการหนึ่งการส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ครอบคลุมพื้นที่ของประเทศยังเป็นไปได้ยากโดยเฉพาะชนบทห่างไกล การขาดแคลนกระแสไฟฟ้าจะส่งผลกระทบต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตตลอดจนการกระจายข่าวสารไปสู่ชนบท พลังงานแสงอาทิตย์น่าจะเป็นพลังงานหนึ่งที่ควรจะได้รับการพัฒนาอย่างจริงจัง โดยเฉพาะการสูบน้ำด้วยไฟฟ้าในปัจจุบันมีหน่วยงานของรัฐเข้าไปให้การช่วยเหลือโดยเน้นเรื่องไฟฟ้าเพื่อการสูบน้ำเพื่อเกษตรกรรมเป็นหลัก และในรูปของไฟฟ้าแสงสว่าง โดยการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตลอดจนอุปกรณ์ต่างๆ เช่นอุปกรณ์แปลงผันพลังงาน อย่างไรก็ดีอุปกรณ์แปลงผันพลังงานน่าจะได้รับการพัฒนาอย่างจริงจังโดยเฉพาะอุปกรณ์ที่สามารถรับแรงดันไฟตรงด้านเข้าที่มีพิสัยการแปรค่าที่กว้างเนื่องจากแรงดันนี้มาจากเซลล์แสงอาทิตย์และแปรตามความเข้มของแสง

การแปลงผันพลังงานโดยการควบคุมเฟสระหว่างแหล่งจ่ายแรงดัน 2 แหล่ง

การควบคุมวงจรแปลงผันโดยการควบคุมเฟสระหว่างแหล่งแรงดันสองแหล่งมีจุดประสงค์หลักเพื่อทำการควบคุมแอมพลิจูดของแรงดันด้านออกของวงจรแปลงผันโดยวิธีการเลื่อนเฟส (Phase-Shift) หรืออีกนัยหนึ่งเป็นการใช้เทคนิคการบวกแรงดันระหว่างวงจรกึ่งบริดจ์สองวงจร โดยสวิตช์จะถูกควบคุมให้ทำงานที่ความถี่คงที่และมีวัฏจักรงาน 50% แหล่งไฟตรงที่ป้อนให้กับวงจรแปลงผันไม่จำเป็นจะต้องเป็นแหล่งไฟตรงที่คงที่ อาจจะเป็นแหล่งไฟตรงที่มีการแปรค่าอยู่ในพิสัยหนึ่ง และอยู่ในพิสัยที่พอจะทำการเลื่อนเฟสเพื่อทำการควบคุมแอมพลิจูดของแรงดันด้านออกได้ และวงจรแปลงผันที่มีการควบคุมโดยการเลื่อน

เฟสระหว่างแหล่งแรงดันไฟสลับสองแหล่งมีวงจรสมมูลดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 วงจรสมมูลการแปลงผันโดยการเลื่อนเฟส

ในรูปที่ 1.1 Z หมายถึงอิมพีแดนซ์ของแหล่งและ Z_L อิมพีแดนซ์ของโหลดเมื่อเขียนสมการแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ *(KVL)* จะได้

$$-V_1 + I_1 Z + (I_1 + I_2) Z_L = 0 \tag{1.1}$$

$$(I_1 + I_2) Z_L + I_2 Z - V_2 = 0 \tag{1.2}$$

$$\begin{bmatrix} Z + Z_L & Z_L \\ Z_L & Z + Z_L \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \tag{1.3}$$

ให้ $$\Delta Z = Z^2 + 2Z.Z_L \tag{1.4}$$

กระแสที่จ่ายออกจากแหล่งแรงดันแต่ละแหล่ง จะมีค่าตามสมการที่ (1.6) และสมการที่ (1.7)

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta Z} \cdot \begin{bmatrix} Z + Z_L & -Z_L \\ -Z_L & Z + Z_L \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \tag{1.5}$$

$$I_1 = \frac{(Z + Z_L) V_1 - Z_L V_2}{\Delta Z} \tag{1.6}$$

$$I_2 = \frac{(Z + Z_L) V_2 - Z_L V_1}{\Delta Z} \tag{1.7}$$

กระแสที่ผ่านโหลดคือผลบวกของกระแสที่จ่ายออกจากแหล่งแรงดันแต่ละแหล่งและมีค่าดัง

$$I_{Lm} = I_o \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \tag{1.10}$$

และ

$$P_L = P_o \left(\cos\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)^2 \tag{1.11}$$

จากสมการข้างต้นสามารถคำนวณหาแอมพลิจูดของกระแสและกำลังที่โหลดและได้รับเมื่อแปรค่าเฟสได้ได้ตามตารางที่ 1.1 [3] แสดงค่ากระแสโหลดและกำลังที่มุมระหว่างแหล่งค่าต่างๆ

ตารางที่ 1.1 แสดงกระแสโหลดและกำลังที่มุมเฟสต่างๆ

θ°	I_{Lm} / I_O	P_L / P_O
0	1	1
15	0.9914	0.9830
30	0.9659	0.9330
45	0.9239	0.8536
60	0.8660	0.7500
75	0.7934	0.6294
90	0.7071	0.5000
105	0.6088	0.3706
120	0.5000	0.2500
135	0.3830	0.1460
150	0.2600	0.0670
165	0.1310	0.0170
180	0	0

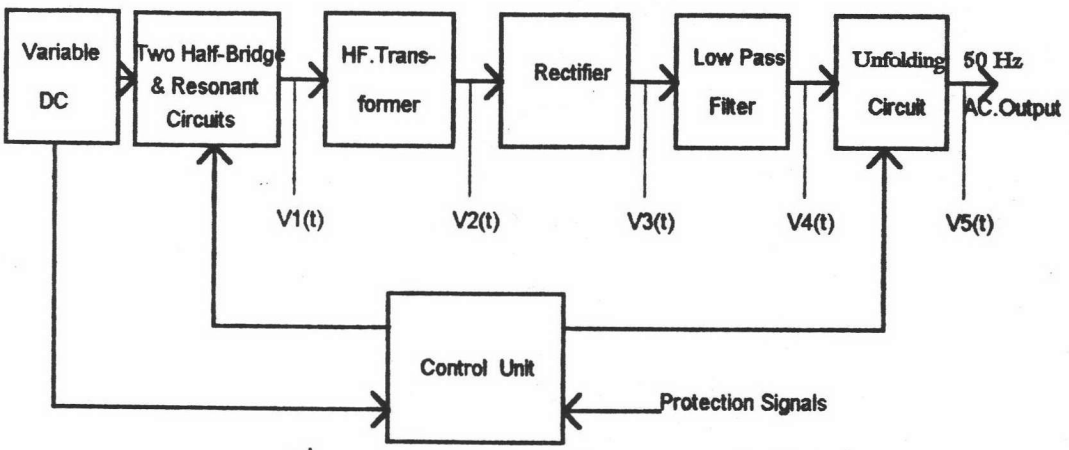
<u>ทฤษฎีการทำงาน</u>

วงจรแปลงผันเรโซแนนซ์อนุกรมคู่ (Dual Series Resonant Converter.*DSRC*) [9],[10] คือวงจรกึ่งบริดจ์แบบเรโซแนนซ์สองวงจรที่ทำหน้าที่แปลงผันแรงดันจากแหล่งไฟตรง ที่มีค่าอยู่ในพิสัยหนึ่งให้เป็นแรงดันไฟสลับความถี่สูง หลังจากนั้นจะใช้หม้อแปลงความถี่สูงเพื่อทำหน้าที่แยกโดด (Isolation) และปรับระดับแรงดัน แรงดันด้านออกของหม้อแปลงต่อกับวงจรเรียงกระแสและวงจรกรองแบบผ่านต่ำ((Low-Pass Filter) เมื่อมีการมอดูเลต

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แอมพลิจูดของแรงดันความถี่สูงด้วยสัญญาณไซน์ความถี่ต่ำแรงดันด้านออกของวงจรกรองผ่านต่ำ จะเป็นค่าสัมบูรณ์ของแรงดันไซน์ความถี่ต่ำ เมื่อนำแรงดันนี้มาคลี่ก็จะได้แรงดันไฟสลับความถี่ต่ำเพื่อจ่ายโหลด

ในส่วนของวงจรกึ่งบริดจ์ที่ทำหน้าที่แปลงผันไฟตรง-ไฟสลับความถี่สูง จะใช้ความถี่ในการขับนำสวิตช์คงที่ และออกแบบให้ความถี่นี้สูงกว่าความถี่เรโซแนนซ์ เพื่อให้การเริ่มนำกระแสของสวิตช์ไวงานเกิดขึ้นที่แรงดันศูนย์ (Zero Voltage Switch , *ZVS*) ในส่วนการมอดูเลตแรงดันความถี่สูงใช้ค่าความต่างเฟสของสัญญาณขับนำสวิตช์ (Phase-Shift Control) โครงสร้างของวงจร *DSRC* ตามรูปที่ 1.4 คือประกอบด้วยส่วนต่างๆ 6 ส่วนได้แก่



รูปที่ 1.4 แผนภาพแสดงส่วนต่างๆของวงจรแปลงผัน

1. วงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับความถี่สูง (High Frequency dc-to-ac Converter) วงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับความถี่สูงเป็นวงจรกึ่งบริดจ์ 2 วงจร ทำหน้าที่แปลงผันแหล่งไฟตรงที่มีค่าไม่คงที่ ให้เป็นไฟสลับความถี่สูงซึ่งสวิตช์จะถูกควบคุมโดยสัญญาณขับนำที่มีการแปรค่าเฟส (Phase-Shift Control) ระหว่างคู่ของสวิตช์เพื่อควบคุมแรงดันให้ได้ตามต้องการ แรงดันที่ได้จะเป็นไฟสลับที่มีแอมพลิจูดแปรเปลี่ยนตามค่าของความต่างเฟสถ้าเฟสของสัญญาณขับนำต่างกัน 0 องศา แรงดันที่โหลดจะมีค่าสูงสุด และในกรณีที่เฟสต่างกัน 180 องศาแรงดันที่โหลดจะมีค่าเป็นศูนย์ตามสมการที่ 1.9 เพราะฉะนั้นจึงทำการควบคุมเฟสของสัญญาณขับนำสวิตช์ระหว่างแหล่งให้แปรค่าอยู่ระหว่างมุม α ถึง 180° เพื่อควบคุมแรงดันที่โหลดให้แปรค่าอยู่ระหว่างค่ายอดไปเป็นค่าต่ำสุดคือศูนย์ ถ้าแหล่งไฟตรงมีการเปลี่ยนแปลงค่าเช่นแปรค่าสูงขึ้น ก็จะมอดูเลตน้อยลงโดยเพิ่มค่ามุม α

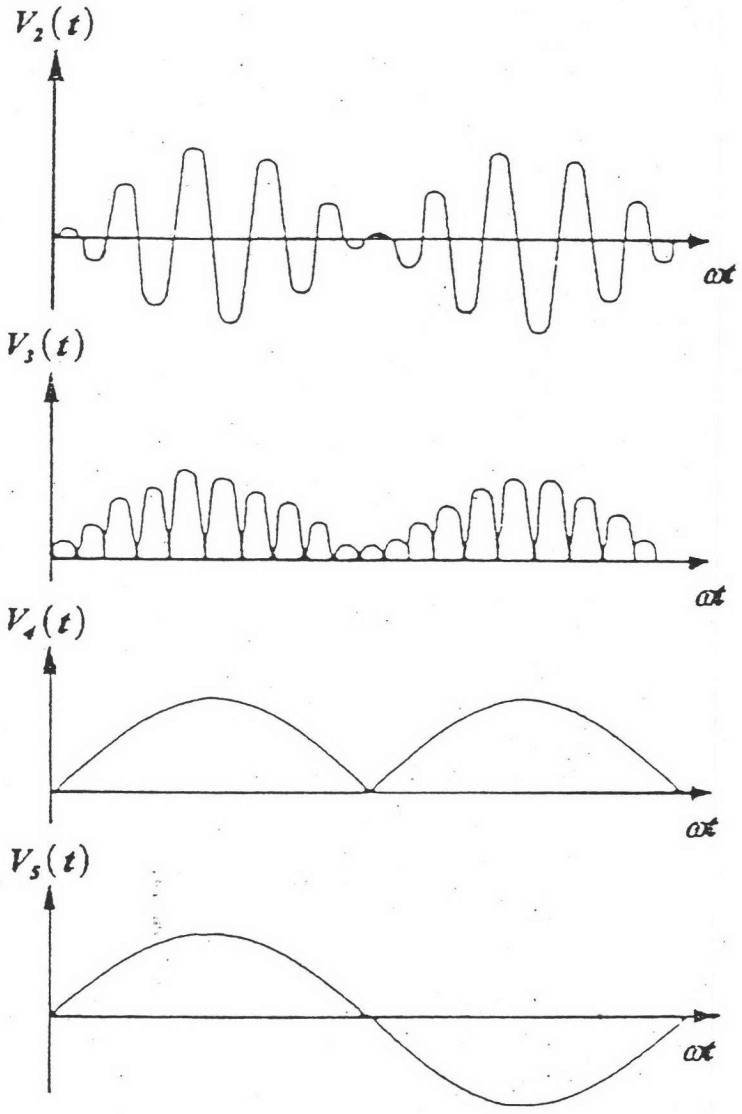
2. หม้อแปลงความถี่สูง (High Frequency Transformer) ทำหน้าที่ปรับระดับของแรงดันและแยกโดด (Isolation) วงจรออกจากกัน

3. วงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit) คือส่วนที่ทำหน้าที่เรียงกระแสจากแรงดันไฟสลับความถี่สูง

4. วงจรกรองแบบผ่านต่ำ (Low Pass Filter) จะทำหน้าที่กรององค์ประกอบความถี่สูงออกให้ผ่านแต่เฉพาะความถี่ต่ำ (100 Hz) เพื่อส่งผ่านไปยังวงจรคลี่

5. วงจรคลี่ (Unfolding Circuit) ที่ความถี่สายกำลัง วงจรส่วนนี้ทำหน้าที่คลี่แรงดันเรียงกระแสเต็มคลื่น (Full Wave Rectified) เป็นแรงดันไฟสลับ 50Hz

6. วงจรควบคุม (Control Circuit) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของสวิตช์เพื่อให้ได้แรงดันไฟสลับ 50 Hz ที่มีแอมพลิจูดเกือบคงตัว แม้ว่าแรงดันไฟตรงด้านเข้าจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 1.5 รูปคลื่นแรงดันที่จุดต่างๆของรูปที่ 1.4

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาออกแบบสร้าง และทดสอบวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับที่ใช้หม้อแปลงความถี่สูงและใช้เทคนิคเรโซแนนซ์ ตลอดจนวิธีการควบคุมเฟส (Phase- Shift Control) ของสัญญาณขับนำสวิตช์เพื่อให้สามารถควบคุมแรงดันไฟสลับด้านออกให้มีแอมพลิจูดเกือบคงตัวในขณะที่แรงดันไฟตรงด้านเข้ามีการเปลี่ยนแปลงในพิสัยที่กว้าง

ขอบเขตโครงการวิทยานิพนธ์

1.สร้างวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับ ที่สามารถจ่ายกำลังให้กับโหลดได้ 500 วัตต์

2.แรงดันไฟสลับด้านออกมีแอมพลิจูดเกือบคงตัว เท่ากับ 311 โวลต์โดยให้แอมพลิจูดเบี่ยงเบนไม่เกิน ±10 โวลต์เมื่อแรงดันไฟตรงด้านเข้าแปรค่าระหว่าง 160-200 โวลต์

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ

1.ศึกษาข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ โดยศึกษาวิธีการควบคุมอินเวอร์เตอร์แบบต่างๆ แล้วเลือกวิธีการที่เหมาะสมและสามารถทำได้ตามที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์

2.ทดสอบความเป็นไปได้ ของวงจรอินเวอร์เตอร์ตามรูปแบบที่เลือกโดยใช้โปรแกรม LEK 6.0 จำลองการทำงานของวงจร

3.ออกแบบวงจรกำลังและวงจรควบคุมแต่ละส่วน

4.นำวงจรแต่ละส่วนมาประกอบเข้าด้วยกันและทำการแก้ไขในส่วนที่บกพร่อง

5.ทดสอบวงจรทั้งหมดที่พิกัดกำลัง

6. ประเมินผลและสรุปผลเพื่อเขียนวิทยานิพนธ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เรียนรู้เทคนิคและปัญหาในการควบคุมอินเวอร์เตอร์

2. ได้เรียนรู้ถึงสภาพปัญหาของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบเรโซแนนซ์

3.เป็นประโยชน์ในการพัฒนาเครื่องต้นแบบที่จะแปลงผันแรงดันจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อจ่ายกำลังให้กับโหลดอิสระ หรือจ่ายกำลังเข้าสู่สายกำลัง