บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนำ

ในการดำเนินงานวิจัย ออกแบบและสร้างกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า โดยกังหันมีลักษณะใบตามขอบเขตที่กำหนด คือ มี 6 ใบเพื่อรับแรงน้ำไหล มีทุ่นลอย 2 ข้าง มีอุปกรณ์ส่งถ่ายกำลังติดตั้งอยู่บนทุ่น มีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 กังหันน้ำชัยพัฒนา

2.1 งานวิจัยกังหันน้ำโครงการพระราชดำริ กังหันน้ำชัยพัฒนา และโครงการคลองลัดโพธิ์

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำในประเทศไทย

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับอุปกรณ์แปลงกระแสตรงเป็นกระแสสลับ

2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับแบตเตอรี่

2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับการลอยตัวของวัตถุในน้ำ

2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับเพลา

2.9 ทฤษฎีเกี่ยวกับโซ่ส่งกำลัง

2.1 กังหันน้ำชัยพัฒนา เครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำหมุนช้าแบบทุ่นลอย

Chaipattana Low Speed Surface Aerator, Model RX-2

ความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นในประเทศไทยทุกวันนี้ เป็นผลมาจากภาวะมลพิษของน้ำเน่าเสียที่มีอัตราและปริมาณสูงขึ้นเป็นลำดับ จนยากแก่การแก้ไขให้บรรเทาเบาบางลงได้ ส่งผลต่อสุขภาพพลานามัยที่อ่อนแอของพสกนิกรทั้งหลาย

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงห่วงใยในความเดือดร้อนทุกข์ยากที่เกิดขึ้นนี้ ได้เสด็จพระราชดำเนินทอดพระเนตรสภาพน้ำเน่าเสียในพื้นที่หลายแห่ง ทั้งในเขตกรุงเทพมหานคร ปริมณฑล และต่างจังหวัด พร้อมทั้ง พระราชทานพระราชดำริเกี่ยวกับการแก้ไขน้ำเน่าเสีย

ในระยะแรกระหว่างปี พ.ศ. 2527-2530 ทรงแนะนำให้ใช้น้ำที่มีคุณภาพดีช่วยบรรเทาน้ำเสียและวิธีกรองน้ำเสียด้วยผักตบชวาและพืชน้ำต่าง ๆ ซึ่งก็สามารถช่วยแก้ไขปัญหาได้ผลในระดับหนึ่ง

ภาพที่ 2-1 “หลุก” ภูมิปัญญาชาวบ้าน

กังหันน้ำพระราชทาน

ต่อมาในช่วงปี พ.ศ. 2531 เป็นต้นมาสภาพความเน่าเสียของน้ำบริเวณต่างๆ มีอัตราแนวโน้มรุนแรงมากยิ่งขึ้น การใช้วิธีธรรมชาติไม่อาจบบรรเทาความเน่าเสียของน้ำอย่างมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวจึงพระราชทานพระราชดำริให้ประดิษฐ์เครื่องกลเติมอากาศแบบประหยัดค่าใช้จ่าย สามารถผลิตได้เองในประเทศมีรูปแบบ “ไทยทำไทยใช้” โดยทรงได้แนวทางจาก “หลุก” ซึ่งเป็นอุปกรณ์วิดน้ำเข้านาอันเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านเป็นจุดคิดค้นเบื้องต้น และทรงมุ่งหวังที่จะช่วยแบ่งเบาภาระของ รัฐบาลในการบรรเทาน้ำเน่าเสียอีกทางหนึ่งด้วย

การนี้ จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้มูลนิธิชัยพัฒนาสนับสนุนงบประมาณ เพื่อการศึกษาและวิจัยสิ่ง ประดิษฐ์ใหม่นี้ โดยดำเนินการจัดสร้างเครื่องมือบำบัดน้ำเสียร่วมกับกรมชลประทาน ซึ่งได้มีการผลิตเครื่องกลเติมอากาศขึ้นในเวลาต่อมา และรู้จักกันแพร่หลายทั่วประเทศใน ปีปัจจุบันคือ “กังหันน้ำชัยพัฒนา”

ภาพที่ 2-2 “กังหันน้ำชัยพัฒนา” พระอัจฉริยภาพในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว

พระราชดำริ

เมื่อวันที่ 24 ธันวาคม พ.ศ. 2531 พระบาทสมเด็จ พระเจ้าอยู่หัวได้พระราชทานรูปแบบและพระราชดำริ เรื่อง การแก้ไขปัญหาน้ำเสีย โดยการเติมออกซิเจนในน้ำ มีสาระ สำคัญ คือ การเติมอากาศสงในน้ำเสีย มี 2 วิธี

1) วิธีที่หนึ่ง ใช้อากาศอัดเข้าไปตามท่อเป่าลงไปใต้ผิวน้ำแบบกระจายฟอง
2) วิธีที่สอง น่าจะกระทำได้โดยกังหันวิดน้ำ วิดตักขึ้นไปบนผิวน้ำ แล้วปล่อยให้ตกลงไปยังผิวน้ำตามเติม โดยที่กังหันน้ำดังกล่าวจะหมุนช้าๆ ด้วยกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดเล็กไม่เกิน 2 แรงม้า หรืออาจจะใช้พลังน้ำไหลก็ได้ จึงสมควรพิจารณาสร้างต้นแบบ แล้วนำไปติดตั้งทดลองใช้ บำบัดน้ำเสียที่ภายในบริเวณโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า และวัดบวรนิเวศวิหาร

การศึกษา วิจัย และพัฒนา

กรมชลประทานรับสนองพระรายดำริในการศึกษา และสร้างต้นแบบโดยดัดแปลงเครื่องสูบน้ำพลังน้ำจาก "กังหันน้ำสูบน้ำทุ่นลอย" เปลี่ยนเป็น "กังหันน้ำชัยพัฒนา" และได้นำไปติดตั้งใช้ในกิจกรรมบำบัดน้ำเสียที่โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า เมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม 2532 และที่ วัดบวรนิเวศวิหารเมื่อวันที่ 3 พฤษภาคม 2532เพื่อศึกษาวิจัยและพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นระยะเวลา 4-5 ปี

คุณสมบัติ

กังหันน้ำชัยพัฒนา หรือเครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำ หมุนช้าแบบทุ่นลอย (Chaipattana Low Speed Surface Aerator) ซึ่งเป็น Model RX-2 หมายถึง Royal Experiment แบบที่ 2 มีคุณสมบัติในการถ่ายเทออกซิเจนได้สูงถึง 1.2 กิโลกรัมของออกซิเจน/แรงม้า/ชั่วโมง ลามารถนำไปใช้ในกิจกรรมปรับปรุงคุณภาพน้ำได้อย่างอเนกประสงค์ ติดตั้งง่าย เหมาะสำหรับใช้ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่ สระน้ำ หนองน้ำ คลอง บึง ลำห้วย ฯลฯ ที่มีความลึกมากกว่า 1.00 เมตร และมีความกว้างมากกว่า 3.00 เมตร

ภาพที่ 2-3 กังหันน้ำชัยพัฒนา

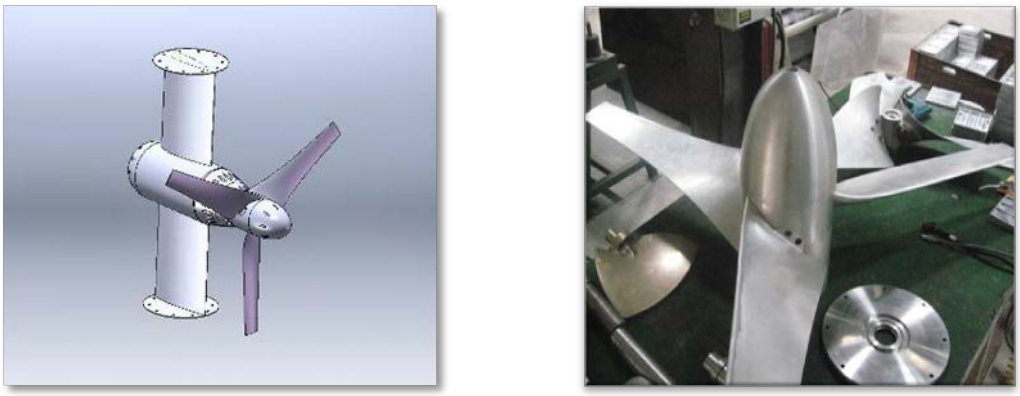
หลักการทำงาน

เครื่องกลเติมอากาศ "กังหันน้ำชัยพัฒนา" แบบหุ่นลอย สามารถปรับตัวขึ้น ลงได้ตามระดับขึ้นลงของน้ำ ส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่ โครงกังหันรูป 12 เหลี่ยม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.00 เมตร มีซองน้ำขนาดบรรจุ 110 ลิตรติดตั้งโดยรอบจำนวน 6 ซอง เจาะรูซองน้ำพรุนเพื่อให้น้ำไหลกระจายเป็นฝอย ซองน้ำนี้จะถูกขับเคลื่อนให้หมุนโดยรอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า ระบบแรงดัน 380 โวลต์ 3 เฟส 50 เฮิร์ท ผ่านระบบส่งกำลังด้ายเฟืองเกียร์ทดรอบ และ/หรือ จานโซ่ซึ่งจะทำให้การหมุนเคลื่อนที่ของซองน้ำ วิดตักน้ำด้วยความเร็ว 5 รอบ/นาที สามารถวิดน้ำลึกลงไปใต้ผิวน้ำประมาณ 0.50 เมตร ยกน้ำขึ้นไปสาดกระจายเป็นฝอยเหนือผิวน้ำด้วยความสูงประมาณ1.00 เมตร ทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศกว้างขวางมากขึ้น เป็นผลทำให้ออกซิเจนในอากาศละลายเข้าไปในน้ำได้อย่างรวดเร็ว และในขณะที่น้ำเสียถูกยกขึ้นไปสาดกระจายสัมผัสกับอากาศแล้วตกลงไปยังผิวน้ำ จะก่อให้เกิดฟองอากาศจมตามลงไปใต้ผิวน้ำด้วย อีกทั้งในขณะที่ซองน้ำกำลังเคลื่อนที่ลงสู่ผิวน้ำแล้วกดลงไปใต้ผิวน้ำนั้น จะเกิดการอัดอากาศภายในซองน้ำภายใต้ผิวน้ำจนกระทั่งซองน้ำจมน้ำเต็มที่ ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจนได้สูงขึ้นตามไปด้วย หลังจากนั้นน้ำที่ได้รับการเติมอากาศแล้ว จะเกิดการถ่ายเทของน้ำเคลื่อนที่ออกไปด้วยการผลักดันของซองน้ำด้วยความเร็วของการไหล 0.20 เมตร/วินาที จึงสามารถผลักดันน้ำออกไปจากเครื่องมีระยะทางประมาณ 10.00 เมตร และผลพลอยได้อีกประการหนึ่งได้แก่ การโยกตัวของทุ่นลอยในขณะทำงานจะส่งผลให้แผ่นไฮโดรฟอยล์ที่ติดตั้งไว้ในส่วนใต้น้ำ สามารถผลักดันน้ำให้เคลื่อนที่ผสมผสานออกซิเจนเข้ากับน้ำใน

ระดับความลึกใต้ผิวน้ำเป็นอย่างดีอีกด้วย ซึ่งก่อให้เกิดกระบวนการทั้งการเติมอากาศการกวนแบบผสมผสาน และการทำให้เกิดการไหลของน้ำเสียไปตามทิศทางที่กำหนด โดยพร้อมกัน

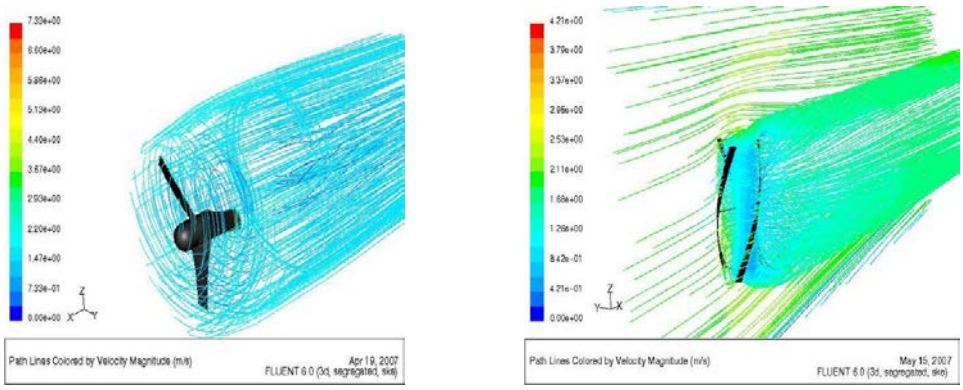
2.2 งานวิจัยกังหันน้ำโครงการพระราชดำริ โครงการคลองลัดโพธิ์

โครงการคลองลัดโพธิ์ เป็นโครงการพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว สถานที่ตำบลทรงคะนอง อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ เป็นโครงการแก้ปัญหาน้ำท่วมและสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าโดยออกแบบชุดกังหันน้ำพลังน้ำต้นแบบที่สามารถทำงานสอดคล้องกับการบริหารการจัดการคลองลัดโพธิ์ให้มีประสิทธิภาพสูง โดยความร่วมมือระหว่างกรมชลประทานกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทำการศึกษาวิจัยได้ต้นแบบกังหันพลังน้ำอาศัยพลังงานจลน์จากความเร็วของกระแสน้ำไหลขึ้น 2 แบบ คือ แบบหมุนตามแนวแกน (Axial Flow) และแบบหมุนขวางการไหล (Cross Flow) ทำการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า ติดตั้งบริเวณประตูระบายน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ



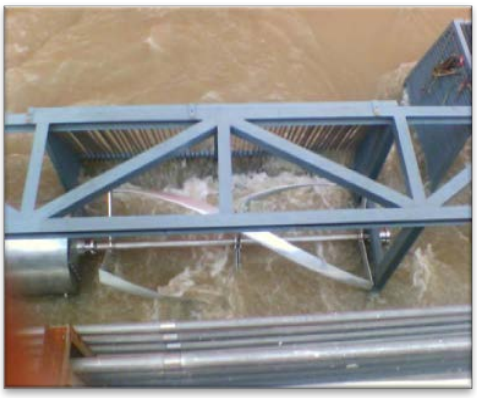
ภาพที่ 2-4 กังหันแบบหมุนตามแนวแกน (Axial Flow)

ภาพที่ 2-5 กังหันแบบหมุนขวางการไหล (Cross Flow)



ภาพที่ 2-6 แสดงเส้นการไหลของน้ำไหลผ่านกังหัน

ภาพที่ 2-7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า



ภาพที่ 2-8 แสดงกังหัน Cross Flow เริ่มทำงาน

กังหันแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เมตร และแบบหมุนขวางการไหล ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 เมตร ยาว 2.50 เมตร ทั้ง 2 แบบจะประกอบกับโครงเหล็กเป็นต้นกำลัง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร มีเกียร์ทดอยู่ภายในกล่องที่จมน้ำได้ กำลังและแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ เช่น ความเร็วที่ 200 รอบต่อนาที จะได้กำลังไฟฟ้า 5 กิโลวัตต์ต่อวัน และเปิดวงจรไฟฟ้าแรงดังได้ 650 โวลต์ (Open Circuit Voltage 650 volts) เป็นต้นกำลังไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร ทำให้ได้พลังงานไฟฟ้าแบบกระแสสลับ และใช้เรคติฟรายเออร์ (Rectifier) เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าเป็นกระแสตรง แล้วเชื่อมต่อเข้ากับอินเวอร์เตอร์และคอนโทรเลอร์ (Inverter & Controller) ซึ่งจะปรับแรงดันและความถี่เพื่อเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง จากการทดลองเดินกังหันพลังน้ำต้นแบบ พบว่าได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 5.74 กิโลวัตต์ต่อวัน

ภาพที่ 2-9 แสดงกังหัน Axial Flow เริ่มทำงาน

ภาพที่ 2-10 แสดงรอบของ Cross Flow เมื่อจมน้ำและยังไม่ได้ต่อกับระบบ

ภาพที่ 2-11 แสดงรอบของ Axial Flow เมื่อจมน้ำและต่อกับระบบ

ภาพที่ 2-12 ตู้ควบคุมกระแสไฟฟ้าของกังหันน้ำทั้ง2 ตัว

ภาพที่ 2-13 เจ้าหน้าที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตกระแสไฟฟ้าของคลองลัดโพธิ์

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปกรณ์ คงฤทธิ์ (2548) ได้ทำโครงการวิจัย การผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกังหันน้ำแบบครอสโฟล์ในโครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้าน (ขนาดไม่เกิน 100 กิโลวัตต์) ห้วยก้างปลา อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย โดยได้ศึกษา การผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ ด้วยการสร้างเครื่องกังหันน้ำแบบครอสโฟล์ ขนาด 40 กิโลวัตต์ ความเร็ว 1500 รอบต่อนาที พร้อมชุดอุปกรณ์ไฟฟ้าให้กำเนิดระบบไฟ 3 เฟส 4 สาย 380/220 โวลท์ 50 เฮิทซ์ และชุดควบคุมโหลดแบบอิเล็กทรอนิกส์ จากการทดสอบพบความคลาดเคลื่อนในเรื่องการจัดวางแนวตำแหน่งของเครื่องกังหันน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามากที่สุดเท่ากับ 85 ไมครอน ซึ่งไม่เกิน 100 ไมครอน ตามเกณฑ์กำหนด เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 380/220 โวลท์ 50 เฮิทซ์ 57 แอมแปร์ 30 กิโลวัตต์ ตามพิกัดกำหนด และสามารถแบ่งจ่ายโหลดได้ตามความต้องการของผู้ใช้ ผลการวิจัยทำให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกังหันน้ำแบบครอสโฟล์สามารถใช้ผลิตไฟฟ้าในโครงการไฟฟ้าพลังงานน้ำระดับหมู่บ้านได้ตามข้อกำหนด และยังใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาเครื่องที่มีขนาดใหญ่ขึ้นต่อไป

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำในประเทศไทย

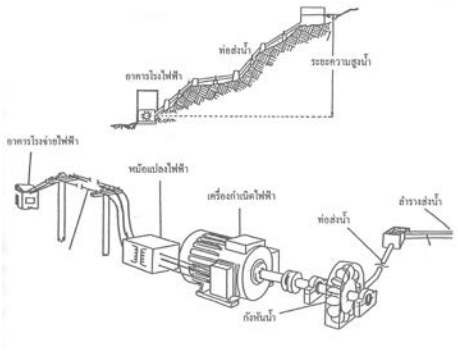
โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำในหัวข้อนี้ เป็นโรงไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเพื่อรองรับระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำจากแหล่งที่เป็นแหล่งธรรมชาติที่อยู่บนพื้นโลกทั่วๆไป เช่น ลำห้วยลำธาร และเขื่อนต่างๆ ไม่รวมถึงโรงไฟฟ้าที่เกิดจากพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงหรือพลังงานคลื่น โดยจะกล่าวถึงประเภทและส่วนประกอบต่างๆ ของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ ดังต่อไปนี้

ประเภทของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ (วัฒนา ถาวร. 2543 : 35-41)

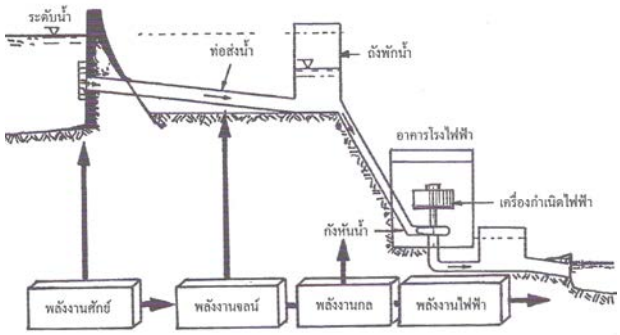
การแบ่งประเภทของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ มักจะยึดเอาปริมาณน้ำที่มีอยู่หรือที่ต้องใช้กับโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำนั้น โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1) โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ (Run of River) เป็นโรงไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นเพื่อผลิตไฟฟ้าโดยการบังคับทิศทางการไหลของน้ำ จากแหล่งน้ำเล็กๆ เช่นตามลำห้วย ลำธารหรือฝายต่างๆ ให้มารวมตัวกันและไหลผ่านท่อหรือรางน้ำที่จัดทำไว้ และใช้แรงดันของน้ำซึ่งตกจากตำแหน่งที่สูงมาหมุนกังหันซึ่งต่อกับแกนหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ลักษณะของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 2-14

2) โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำ (Storage Regulation Development) เป็นโรงไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้า โดยการใช้พลังงานน้ำที่มีอยู่ซึ่งอาจเป็นแหล่งธรรมชาติหรือเกิดจากการสร้างขึ้นมาเองในลักษณะของเขื่อน ดังแสดงในภาพที่ 2-15 ซึ่งน้ำที่มีอยู่ในอ่างหรือเขื่อนจะมีปริมาณมากพอที่จะถูกปล่อยออกมาเพื่อผลิตไฟฟ้าได้ตลอดเวลา ในประเทศไทยโรงไฟฟ้าแบบนี้ถูกใช้เป็นหลักในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพราะเป็นระบบที่มีความมั่นคงในการผลิตและจ่ายไฟสูง

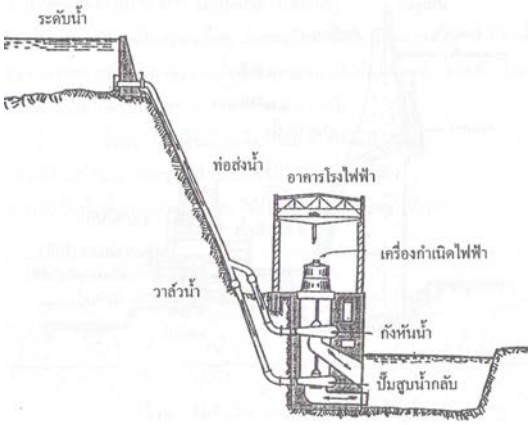


ภาพที่ 2-14 แสดงลักษณะโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ
ที่มา (วัฒนา ถาวร. 2543 : 35)



ภาพที่ 2-15 แสดงลักษณะโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำ
ที่มา (วัฒนา ถาวร. 2543 : 36)

3) โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบน้ำกลับ (Pumped Storage Plant) โรงไฟฟ้าแบบนี้ถูกสร้างบนพื้นฐานความคิดการจัดการกระแสไฟฟ้าส่วนเกิน เพราะโดยปกติการใช้ไฟฟ้าในช่วงกลางคืนที่ค่อนดึกไปแล้ว จะมีการใช้ไฟฟ้าลดลงแต่กำลังการผลิตไฟฟ้ายังคงเท่าเดิม ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบน้ำกลับเป็นโรงไฟฟ้าที่มีอ่างเก็บน้ำสองส่วนคือ อ่างเก็บน้ำส่วนบน (Upper Reservoir) และอ่างเก็บน้ำส่วนล่าง (Lower Reservoir) น้ำจะถูกปล่อยจากอ่างเก็บน้ำส่วนบนลงมาเพื่อหมุนกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อต้องการผลิตไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 2-16 และในช่วงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำหรือน้อยลง จะใช้ไฟฟ้าที่เหลือจ่ายให้กับปั๊มน้ำขนาดใหญ่ที่ติดตั้งอยู่ในอ่างเก็บน้ำส่วนล่าง เพื่อสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำส่วนล่างนี้กลับขึ้นไปเก็บไว้ที่อ่างเก็บน้ำส่วนบนเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าต่อไป



ภาพที่ 2-16 แสดงลักษณะโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบกลับ
ที่มา (วัฒนา ถาวร. 2543 : 37)

ส่วนประกอบของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมีส่วนประกอบที่ควรรู้จักดังต่อไปนี้

1) อาคารรับน้ำ (Power Intake) คืออาคารสำหรับรับน้ำที่ไหลจากอ่างลงสู่ท่อที่อยู่ภายในตัวอาคาร เพื่อนำพลังงานน้ำไปหมุนกังหันและหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ภายในตัวอาคารจะมีห้องควบคุมระบบการไหลของน้ำและระบบการผลิตไฟฟ้า อาคารรับน้ำโดยทั่วไปจะถูกสร้างไว้ใกล้ๆ ตัวเขื่อน

2) ตะแกรง (Screen) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันเศษไม้ หรือวัตถุใด ๆ ที่จะผ่านเข้าไปทำให้เกิดการอุดตันของท่อส่งน้ำ หรือสร้างความเสียหายให้กับกังหัน ขนาดของช่องตะแกรงจะต้องไม่เล็กหรือใหญ่เกินไป เพราะถ้าเล็กจะมีผลต่อปริมาณน้ำและอัตราการไหลของน้ำภายในท่อส่งน้ำจะลดลง แต่ถ้าใหญ่เกินไปจะไม่สามารถป้องกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่ได้

3) อุโมงค์เหนือน้ำ (Headrace) เป็นช่องสำหรับให้น้ำไหลเข้ามายังท่อส่งน้ำอยู่ภายในตัวเขื่อน อุโมงค์นี้จะอยู่ในตัวอาคารรับน้ำมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปเกือกม้าหรือวงกลม ทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก

4) ท่อส่งน้ำ (Penstock) เป็นท่อสำหรับรับน้ำจากเหนือเขื่อนและส่งต่อไปยังอาคารรับน้ำเพื่อหมุนกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

5) อาคารลดแรงดันน้ำ (Surge Tank) เป็นอาคารที่สร้างขึ้นเพื่อควบคุมแรงดันของน้ำที่จะอัดใส่ภายในท่อส่งน้ำ ซึ่งอาจทำให้ท่อหรือหัวฉีดน้ำเสียหายได้ โดยทั่วไปจะสร้างอยู่ระหว่างตัวเขื่อนกับอาคารรับน้ำแต่โรงไฟฟ้าที่อยู่ใกล้กับตัวเขื่อนอยู่แล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องมีอาคารลดแรงดันน้ำนี้

6) ประตูน้ำ (Wicket Gate or Guide Vane) เป็นบานประตูที่ควบคุมการไหลของน้ำที่จะไหลเข้าไปหมุนใบพัดของกังหัน ควบคุมโดยการปิดหรือเปิดประตูน้ำนี้ให้น้ำไหลผ่านเข้าไปยังท่อส่งน้ำในอัตราที่เหมาะสม

7) กังหันน้ำ (Water Turbine) เป็นตัวรับแรงดันของน้ำที่ไหลมาจากท่อส่งน้ำ โดยแรงดันนี้จะทำหน้าที่ฉีดหรือผลักดันให้กังหันหมุน ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตไฟฟ้าออกมาได้ กังหันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

8) ท่อรับน้ำ (Draft Tube) เป็นท่อรับน้ำหลังจากที่น้ำผ่านออกมาจากกังหัน เพื่อนำน้ำออกไปยังท้ายน้ำ ท่อรับน้ำนี้จะอยู่บริเวณส่วนหลังของกังหัน

9) ทางน้ำล้น (Spill Way) คือทางระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ ในกรณีที่น้ำในอ่างมีระดับสูงเกินไป ทางน้ำล้นจะต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะให้ปริมาณน้ำสูงสุดที่ระบายออก สามารถระบายออกได้ทันเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายแก่เขื่อน

10) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานกลจากการหมุนของกังหันมาเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้หลักการของขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็ก

11) หม้อแปลง (Transformer) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับแปลงแรงดัน ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ให้เป็นไฟฟ้าที่มีแรงดันสูงเพื่อส่งเข้าสู่ระบบสายส่งต่อไป

ตัวอย่างรูปแบบการติดตั้งและส่วนประกอบของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 2-17 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงภาคตัดขวางของระบบโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำของเขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์

ภาพที่ 2-17 แสดงภาคตัดขวางของระบบโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ
ที่มา (แผ่นพับเขื่อนสิริกิติ์. 2546)

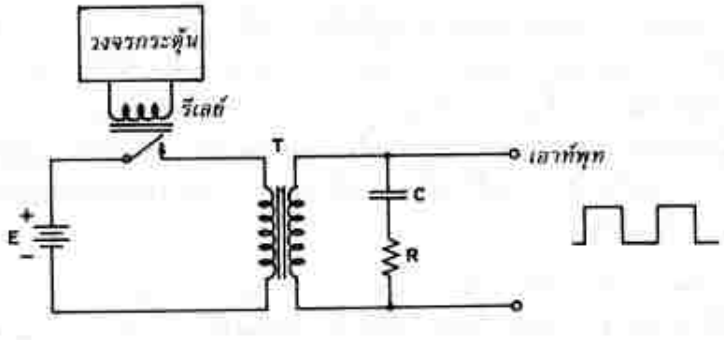
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับอุปกรณ์แปลงกระแสตรงเป็นกระแสสลับ (Inverter)

หลักการเบื้องต้นของอินเวอร์เตอร์

การเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟตรงเป็นไฟสลับนั้นมีเทคนิคและวิธีการสรุปได้ดังนี้

1. การใช้หลักทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์ โดยการใช้การทำงานของอินเวอร์เตอร์จากกลไกร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เกิดสัญญาณไฟสลับเป็นลักษณะสัญญาณสี่เหลี่ยมออกเอาท์พุท แรงดันและกระแสที่จ่ายออกมา ขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของการพันหม้อแปลง และขนาดเบอร์ของ

ขดลวดที่ใช้ ส่วนการให้กำเนิดความถี่ของสัญญาณไฟสลับ ขึ้นอยู่กับสัญญาณกระตุ้นมาทำให้หน้าสัมผัสรีเลย์ตัดต่อวงจรตามจังหวะ วงจรอินเวอร์เตอร์แบบทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์แสดงดังรูปที่ 2-18 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์

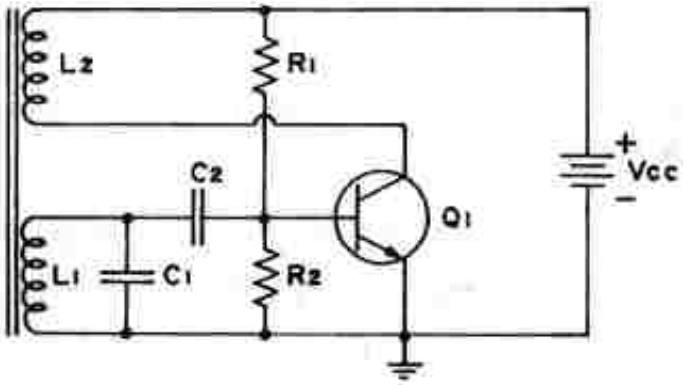


รูปที่2-18 วงจรอินเวอร์เตอร์ทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์

จากรูปที่ 2-18 เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์แบบทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์ การทำงานจะใช้วงจรกระตุ้นกำเนิดโดยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้หน้าสัมผัสรีเลย์ตัดต่อตามจังหวะของสัญญาณที่มากระตุ้นแรงดันจากแบตเตอรี่ E จ่ายผ่านเข้าขดปฐมภูมิของหม้อแปลง T เป็นจังหวะ ทำให้ขดปฐมภูมิเกิดสนามแม่เหล็กยุบตัวและพองตัวเป็นจังหวะเช่นกัน ชักนำสนามแม่เหล็กไปยังขดทุติยภูมิของหม้อแปลง T เกิดเป็นแรงดันชักนำขึ้นที่ขดทุติยภูมิเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมตามต้องการ

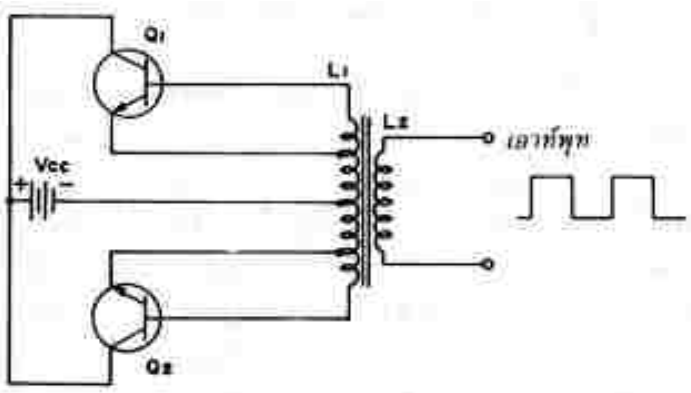
2. ใช้หลักการกำเนิดความถี่ วงจรกำเนิดความถี่หรือออสซิลเลเตอร์จะถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของวงจรอินเวอร์เตอร์ โดยให้ออสซิลเลเตอร์กำหนดความถี่ขึ้นมาที่มีค่าแรงดันและกำลังไฟฟ้าต่ำส่งผ่านหม้อแปลงเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าตามต้องการ หลักการของออสซิลเลเตอร์ ใช้หลักการป้อนกลับทางบวกเข้าช่วยให้ความถี่ถูกกำหนดขึ้นมาตลอดเวลา วงจรกำเนิดความถี่สามารถสร้างขึ้นมาได้หลายวงจรด้วยกัน เช่น ฮาร์ทเลย์ออสซิลเลเตอร์ โคลปิทท์ออสซิลเลเตอร์ ทริกเกอร์ออสซิลเลเตอร์ เป็นต้น

จากรูปที่2-19เป็นวงจรทริกเกอร์ออสซิลเลเตอร์ การทำงานจะอาศัยหลักการป้อนกลับทางบวกจากเอาท์พุทไปอินพุท วงจรประกอบไปด้วย L1 C1 เป็นวงจรรีโซแนนท์แบบขนานเพื่อกำหนดความถี่ในวงจร C2 เป็นตัวคัปปลิ้งสัญญาณไปเข้าขา B ของ Q1 ตัวR1,R2 เป็นวงจรแบ่งแรงดันเพื่อกำหนดไบอัสให้ขา B ของ Q1 ขดลวด L2 เป็นโหลดของวงจร และทำหน้าที่ป้อนสัญญาณกลับมากระตุ้นวงจรเรโซแนนท์แบบขนาน L1 C1 เป็นแบบป้อนกลับทางบวก เมื่อกำหนดค่า L1C1 ให้พอเหมาะถูกต้องก็จะได้ค่าความถี่ตามต้องการ แต่จะเป็นความถี่ค่อนข้างสูง



รูปที่ 2-19 วงจรทริกเกอร์ออสซิลเลเตอร์

3. ใช้ทรานซิสเตอร์กำลัง ทรานซิสเตอร์กำลังเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่นำมาใช้งานนานแล้ว จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง เพราะใช้งานได้สะดวก ควบคุมการทำงานได้ง่าย สามารถทนกำลังไฟฟ้าสูงๆได้ จึงถูกพัฒนามาใช้ในวงจรอินเวอร์เตอร์มากขึ้น รูปที่ 2-20 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบใช้ทรานซิสเตอร์กำลัง

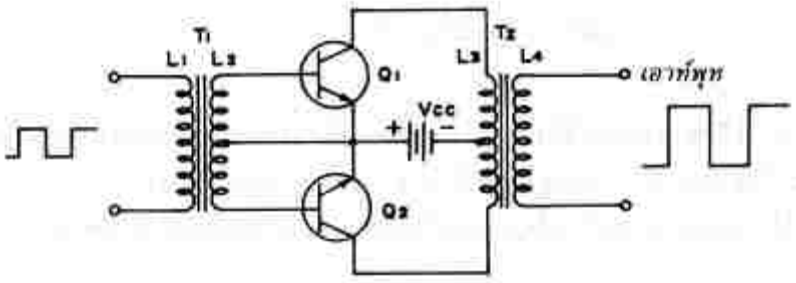


รูปที่ 2-20 วงจรทริกเกอร์ออสซิลเลเตอร์

จากรูปที่ 2-20 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบใช้ทรานซิสเตอร์กำลังในการกำเนิดความถี่ โดยมีขดลวดจากหม้อแปลงเป็นตัวป้อนกลับซึ่งเป็นวิธีการป้อนกลับ ทางด้านสนามแม่เหล็ก จะมีลักษณะการทำงานเหมือนวงจรมัลติไวเบรเตอร์ คือ ทรานซิสเตอร์ทั้งสองจะทำงานสลับกัน ตัวหนึ่งคัตออฟตัวหนึ่งอิ่มตัว ในเวลาสั้นๆก็จะสลับไปสลับมา ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ขึ้นอยู่กับค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดที่ใช้ หรือจำนวนรอบที่พันของขดลวดนั่นเอง การออสซิลเลทความถี่ของวงจรอาศัยการยุบตัวพองตัวของสนามแม่เหล็กในขดลวด L1 ไปทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 สลับกันทำงาน เมื่อตัวหนึ่งทำงาน จะบังคับให้อีกตัวหนึ่งหยุดทำงานสลับไปมาตลอดเวลา ที่จ่ายแหล่งจ่ายแบตเตอรี่ให้วงจร จะเกิดการเหนี่ยวนำออกเอาท์พุทที่ขดลวด L2 เป็นคลื่นสี่เหลี่ยม

4. ใช้ทรานซิสเตอร์ต่อแบบพุชพูลเป็นวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์กำลังเช่นเดียวกัน โดยทำงานร่วมกับอินพุทและเอาท์พุททรานสฟอร์มเมอร์ วงจรอินเวอร์เตอร์แบบนี้จะทำงานเหมือน

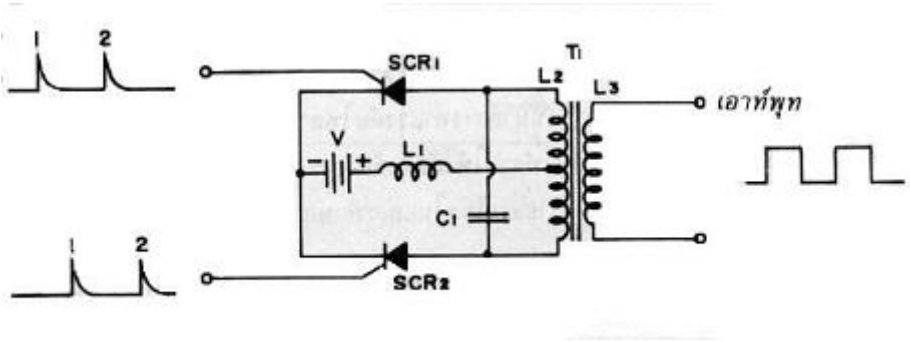
กับวงจรขยายของเครื่องขยายเสียงแบบพุชพูล ทำหน้าที่ขยายสัญญาณอินพุท ให้มีระดับความแรงมากขึ้นออกเอาท์พุท และเพิ่มกำลังไฟฟ้าจ่ายออกมากขึ้นตามต้องการ แต่วงจรอินเวอร์เตอร์แบบนี้จะไม่สามารถกำเนิดความถี่ขึ้นมาได้เอง จะต้องมีสัญญาณจากอินพุทป้อนมากระตุ้น



รูปที่ 2-21 วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้ทรานซิสเตอร์ต่อแบบพุชพูล

จากรูปที่ 2-21 วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้ทรานซิสเตอร์ต่อพุชพูล วงจรประกอบด้วยหม้อแปลง T1 อินพุททรานสฟอร์มเมอร์ทำหน้าที่รับสัญญาณเข้า จัดเฟสจัดอิมพีแดนซ์ให้ถูกเพื่อป้อนสัญญาณอินพุทให้ขา B ของ Q1และQ2ต่อวงจรเป็นแบบพุชพูล จะทำงานโดยสัญญาณอินพุทที่ถูกเฟสป้อนให้ขา B ซึ่งทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวจะทำงานสลับกันไปมา หม้อแปลงT2เป็นเอาท์พุททรานสฟอร์มเมอร์ทำหน้าที่รับสัญญาณส่งออกเอาท์พุท การทำงานเมื่อมีสัญญาณอินพุทป้อนเข้ามาผ่าน L1 จะเหนี่ยวนำไปยัง L2 มีศักย์ตกคร่อม L2 บนล่างมีเฟสต่างกัน เช่น ขั้วบนเป็นบวก ขั้วล่างจะเป็นลบ และถ้าขั้วบนเป็นลบขั้วล่างก็จะเป็นบวก ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และQ2 ทำงานสลับกันไปมา ส่งสัญญาณไฟสลับไปตกคร่อม L3 มีศักย์ตกคร่อม L3 บนล่างมีเฟสต่างกันและสลับกันไปมาตลอดเวลา ชักนำสัญญาณไฟสลับส่งไป L4 เป็นสัญญาณเอาท์พุท

5. ใช้ SCR ทำงานสลับกัน การใช้ SCR ต่อในวงจรอินเวอร์เตอร์ ได้รับความนิยมและได้นำมาประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย เพราะสามารถเลือก SCR ที่ทนกำลังไฟฟ้าสูงๆมาใช้ในการทำงานได้ แต่จะต้องควบคุมสัญญาณที่จะใช้กระตุ้นขา G ของSCR แต่ละตัวอย่างถูกต้อง และสอดคล้องกับการทำงานของวงจร เมื่อ SCR นำกระแสแล้วในการใช้กับแรงดันไฟตรง SCR จะนำกระแสตลอดเวลา จึงต้องใช้เทคนิคการหยุดนำกระแสของ SCR เข้าช่วย วงจรเบื้องต้น ดังรูปที่ 2-22



รูปที่ 2-22 วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้ SCR

จาก รูปที่ 2-22 วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้ SCR 2 ตัวสลับกันทำงานทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดต่อการจ่ายแรงดันในวงจร ตัว L1หน่วงการไหลของกระแสที่ผ่าน SCR ตัว C1 จะประจุแรงดันต้านการนำกระแสของ SCR และหม้อแปลง T1 เป็นโหลดในการทำงานของ SCR และส่งสัญญาณสี่เหลี่ยมออกเอาท์พุท

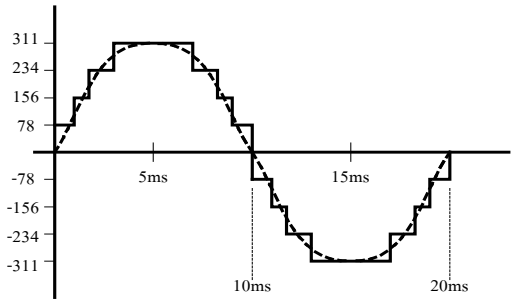
การทำงานเมื่อมีพัลซ์ลูกแรกมากระตุ้นที่ขา G ของ SCR1 ให้นำกระแสมีกระแสไหลจากขั้วบวกจากแบตเตอรี่ผ่าน L1 ไป L2 ครึ่งบน ไป SCR1 ครบวงจรขั้วลบ SCR1 จะนำกระแสคงที่ตลอดเวลา ตัว C1 จะได้รับการประจุแรงดันขั้วบนที่ต่อกับขา A ของ SCR1 มีศักย์เป็นลบ ขั้วล่างที่ต่อกับขา A ของ SCR2 มีศักย์เป็นบวก เมื่อมีพัลซ์ลูกแรกกระตุ้นที่ขา G ของ SCR2 ให้นำกระแส SCR2 จะนำกระแสทันทีจะส่งผลทำให้ SCR1 หยุดนำกระแสทันที เพราะC1 จะจ่ายไบอัสกลับให้ SCR1 เมื่อ SCR2 นำกระแสการจ่ายไบอัสกลับของ C1 คายประจุผ่าน SCR1 ทำให้ SCR1 หยุดนำกระแส

เมื่อมีพัลซ์ลูกที่สองกระตุ้นที่ขา G ของ SCR1 ให้นำกระแส จะทำให้ SCR 2 หยุดนำกระแสทันทีสลับกันไป เพราะขณะที่ SCR2 นำกระแส C1จะได้รับการประจุแรงดันจากแบตเตอรี่ V ขั้วที่ต่อกับขา A ของ SCR2 มีศักย์เป็นลบขั้วบนที่ต่อกับขา A ของSCR1 เป็นบวก เมื่อ SCR1 นำกระแสจึงมีไบอัสกลับจาก C1 จ่ายให้ SCR2 ทำให้ SCR2 หยุดนำกระแส

การนำกระแสของ SCR แต่ละตัวสลับกันไปมานี้ จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านขดลวด L2 สลับทิศไปมา เกิดการยุบตัวของสนามแม่เหล็ก เหนี่ยวนำจากขด L2 ไปขด L3 ได้สัญญาณสี่เหลี่ยมไฟสลับออกเอาท์พุท

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) หรือตัวผันกลับ เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ในการแปลงแรงดันไฟตรงให้เป็นแรงดันไฟสลับเทียม ที่ใช้คำว่า “เทียม” เนื่องจากว่ารูปคลื่นของแรงดันไฟสลับที่ได้จากตัวอินเวอร์เตอร์จะไม่เรียบเหมือนกับสัญญาณไซน์จริงๆ เพราะการทำงานของตัวอินเวอร์เตอร์จะใช้วิธีการ เปิด/ปิด ค่าของแรงดันไฟตรงให้มาปรากฏที่ด้านขาออก(output) ด้วยช่วงเวลาสั้นๆ และมีความไวสูง เพื่อทำการปรับระดับของแรงดันขาออกให้ใกล้เคียงกับไฟสลับรูปไซน์ให้มากที่สุด ซึ่งในกระบวนการสร้างสัญญาณไฟสลับด้านขาออกนี้มีหลากหลายวิธี เช่น Frequency Modulation ; FM Pulse Width Modulation ; PWM เป็นต้น ซึ่งสามารถอธิบายการทำงาน

อย่างง่ายๆ ของตัวอินเวอร์เตอร์ได้ดังนี้ เนื่องจากระบบไฟฟ้ากระแสสลับในประเทศไทยมีการทำงานที่แรงดันรูปคลื่นเป็นไซน์ขนาด 220 โวลต์ และความถี่ 50 เฮิร์ตซ (Hz) โดยการทำงานเป็นคาบเวลาเริ่มจากจุดอ้างอิง 0 โวลต์ เพิ่มเป็นบวกถึงค่าสูงสุดประมาณ 311โวลต์ และลดลงจนกระทั่งมีค่าเป็นลบสูงสุดที่ –311 โวลต์ จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นเข้าจุด 0 โวลต์ เป็นการครบ 1 คาบเวลาที่ 1/50 วินาที (20ms) หรือ 50 Hz ดังแสดงในภาพที่ 2-23 (เส้นประ) ดังนั้นตัวอินเวอร์เตอร์จะต้องทำงานเพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะของแรงดันที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ถ้าพิจารณาอินเวอร์เตอร์อย่างง่ายที่ทำงานไม่ละเอียดนักโดยทำการจ่ายแรงดันเริ่มต้นที่ 78 โวลต์ จากนั้นเปลี่ยนระดับของแรงดันเป็น 156 , 234,311,234,156 และ78 ตามลำดับในช่วงเวลาที่เหมาะสมจนครบครึ่งคาบ จากนั้นทำการเปลี่ยนระดับแรงดันเช่นเดียวกันในด้านลบอีกครึ่งคาบ จะได้รูปคลื่นของสัญญาณไฟสลับเทียมทางด้านขาออกของอินเวอร์เตอร์ดังภาพที่ 2-23 (เส้นทึบ) จากรูปคลื่นนี้จะเห็นว่าสัญญาณไฟสลับที่ได้ไม่เป็นไซน์ แต่สามารถนำไปใช้งานได้ดีในเครื่องใช้ไฟฟ้าบางประเภท ในกรณีที่ต้องการรูปคลื่นสัญญาณที่เรียบมากขึ้นจำเป็นต้องเพิ่มตัวกรอง (filter) ทางด้านขาออกของตัวอินเวอร์เตอร์



ภาพที่ 2-23 การสร้างสัญญาณไฟสลับเทียมด้วยอินเวอร์เตอร์อย่างง่าย

การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ นิยมเรียกกันว่าอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลง หรือควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้า และความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับได้ อินเวอร์เตอร์ได้นำไปใช้ประโยชน์ต่างๆได้ แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับสำรอง เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลักเกิดขัดข้องขึ้น ที่เรียกกันว่า Stand-by Power supplies หรือ Uninterruptible Power Supplies โดยเรียกย่อๆ ว่า UPS ใช้เป็นระบบไฟฟ้าสำรองสำหรับอุปกรณ์ที่สำคัญๆ เช่น คอมพิวเตอร์ เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลักเกิดขัดข้อง Transfer Switch ซึ่งทำงานด้วยความเร็วถึง 1/1000 วินาที จะต่ออุปกรณ์เข้ากับอินเวอร์เตอร์จ่ายไฟกระแสสลับให้แทน โดยแปลงจากแบตเตอรี่ซึ่งประจุไว้ ขณะที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

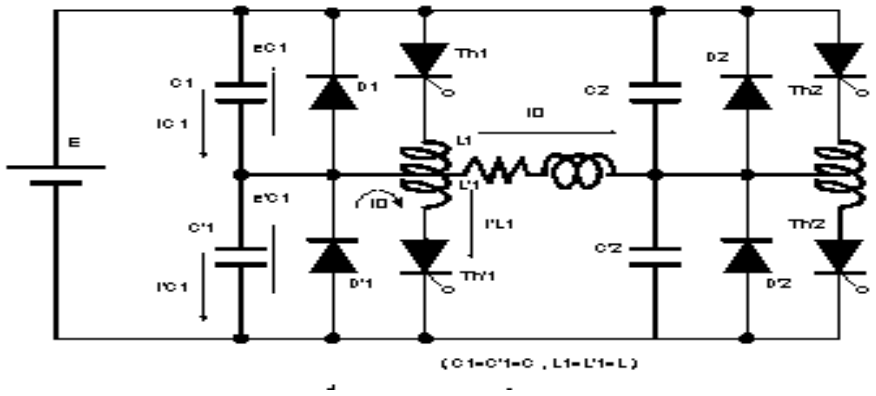
ข้อควรคำนึงถึงเกี่ยวกับโครงสร้างของอินเวอร์เตอร์

ในทางปฏิบัติสำหรับวงจรอินเวอร์เตอร์นั้นจะใช้ไทริสเตอร์สวิตซ์แทนสวิตซ์ทางกล ไทริสเตอร์สวิตซ์จะมีข้อแตกต่างกับสวิตซ์ทางกลดังนี้

(1) กระแสจะไหลเพียงทิศทางเดียวเท่านั้น

(2) ไม่สามารถจะหยุดการนำกระแสได้ด้วยตัวเอง

(3) ถ้าต้องการให้ไทริสเตอร์หยุดนำกระแสนั้น จะต้องมีรีเวอร์สโวลเตจคร่อมไทริสเตอร์ช่วงเวลาขณะหนึ่ง



ภาพที่2-24 โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์

การแบ่งชนิดของอินเวอร์เตอร์

(1) หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันขึ้น (Step-Up Transformer) ถ้าแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ (ES) มีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ (EP) จะเรียกหม้อแปลงนี้ว่า หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันขึ้น (Step-Up Transformer) หรือ ES > EP ถ้าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับทางด้านปฐมภูมิมีมีค่าเท่ากับ 100 V และอัตราส่วนจำนวนรอบคือ 1:5 แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากด้านทุติยภูมิจะมีขนาด 5 เท่าของแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ นั่นคือ เท่ากับ 500 V ทั้งนี้เนื่องจากเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากขดลวดปฐมภูมิไปตัดกับขดลวดที่มีจำนวนมากทางด้านทุติยภูมิ ดังนั้นการเหนี่ยวนำของแรงดันไฟฟ้าจึงเกิดขึ้นมากด้วย

(2) หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันลง (Step-Down Transformer) ถ้าแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ (ES) มีค่าน้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ (EP) จะเรียกหม้อแปลงชนิดนี้ว่า หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันลง (Step-Down Transformer) หรือ ทุติยภูมิน้อยกว่าปฐมภูมิ

หลักการเบื้องต้นของอินเวอร์เตอร์

(อ้างอิง: http://www.blmiacec.ac.th/E-learning/elec/8-2_files/lesson8-2.htm)

2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับแบตเตอรี่

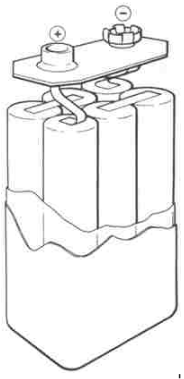
แบตเตอรี่ชนิดต่างๆและแบตเตอรี่รถยนต์

คำว่าแบตเตอรี่กันก่อนถ่านไฟฉายเรียกว่า เซล (cell) คำว่าแบตเตอรี่ในความหมายทางไฟฟ้า คือ การนำเซลเหล่านั้นมาต่อกัน เซลทั้ง 4 ขนาดที่เห็นกันทั่วไปในรูปที่ 1, 2, 3 และ 4 แยกออกเป็นขนาดต่างๆ กันในขนาด AAA ขนาด AA ขนาด D ตามลำดับ

เซลแบบอนุกรม

แบตเตอรี่ขนาด PP–3 แสดงไว้ในรูปแบบ 5 เรียกว่าถ่าน 9 โวลท์เป็นแบตเตอรี่ได้อย่างแท้จริง เนื่องจากประกอบไปด้วยเซลขนาดเล็ก 6เซลต่ออนุกรมกันบรรจุอยู่ในตัวถังแสดงในรูปที่ 2-22 แต่ละเซลจะมีแรงดัน 1.5 โวล์ท ดังนั้นแบตเตอรี่ขนาด PP– 3 จึงมีแรงดัน 9 โวล์ท แบตเตอรี่ชนิดอื่นซึ่งเป็นแบบ PP ก็มี PP – 1, PP – 6, PP – 9 และอื่นๆ อีกซึ่งมีโครงสร้างเช่นเดียวกับ PP – 3

แบตเตอรี่รถยนต์ ซึ่งภายในประกอบด้วยเซลมาต่ออนุกรมกัน 6 เซล ข้อแตกต่างกับแบตเตอรี่อื่น คือ เซลภายในตัวแบตเตอรี่แต่ละเซลจะมีแรงดัน 2 โวล์ท ดังนั้นแบตเตอรี่รถยนต์นี้จึงสามารถจ่ายแรงดันได้ 12 โวล์ท มีบางสิ่งที่แตกต่างไปสำหรับแบตเตอรี่รถยนต์กับแบตเตอรี่ต่างๆ ที่กล่าวถึงในตอนแรก คือ สามารถเก็บประจุไฟฟ้าไว้ได้สำหรับใช้ในการติดเครื่องยนต์เมื่อเครื่องยนต์ติดแล้วเยเนอเรเตอร์ในรถก็จะหมุนปั่นไฟประจุกับสู่ แบตเตอรี่ได้



รูปที่2-25 แสดงถึงลักษณะโครงสร้างภายในของแบตเตอรี่ขนาด PP–3 โดยเซลทั้ง 6 เซลจะต่ออนุกรมกัน

การที่แบตเตอรี่รถยนต์สามารถประจุไฟเข้าไปได้ เนื่องจากถูกสร้างให้เป็นเซลแบบทุติยภูมิ (secondary cell) โดยเซลแบบทุติยภูมินั้น เมื่อสร้างขึ้นแล้วต้องนำไปทำการประจุไฟหรือชาร์จไฟก่อนจึงจะจ่ายกระแสไฟฟ้าออกมาได้ และเมื่อใช้กระแสไฟฟ้า (discharge) ไปจนกระแสอ่อนลงแล้วก็นำไปประจุไฟใหม่ได้ ไม่เหมือนกับเซลขนาด AAA ขนาด AA ขนาด C ขนาด D และขนาด PP ทุกแบบ โดยทั่วไปนั้นเซลขนาดเหล่านี้ถูกสร้างมาเป็นแบบเซลปฐมภูมิ ซึ่งเซลชนิดนี้เมื่อสร้างเสร็จแล้วก็นำไปใช้เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าออกมาได้ทันทีเมื่อใช้ไปแล้ว ส่วนประกอบบางส่วนจะหมดเปลืองไปโดยไม่กลับมาเป็นสภาพเดิมได้อีก หลังจากที่ใช้ไปชั่วระยะเวลาหนึ่งแล้ว ต้องเปลี่ยนส่วนประกอบใหม่จึงจะใช้ได้ดีดังเดิม และไม่สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ได้ นอกจากนี้ยังมีเซลแบบทุติยภูมิที่มีขนาดเดียวกับเซลแบบปฐมภูมิ ดังกล่าวมีขายอยู่ในท้องตลาดซึ่งรู้จักกันในนามของเซลแบบนิกเกิล – แคดเมี่ยม (Nickel Cadmium) หรือเรียกกันย่อๆ ว่านิแคด (Nicad)

แบบ 1 แสดงถึงเซลขนาด AAA
แบบ 2 เป็นเซลขนาด AA
แบบ 3 แสดงถึงเซลขนาด C
แบบ 4 เป็นเซลขนาด D
แบบ 5 เป็นเซลขนาด PP - 3 หรือแบตเตอรี่ 9 โวล์ท

รูปที่2-26 แสดงแบบต่าง ๆ ของแบตเตอรี่

การทำงานของเซลไฟฟ้า

เซลไฟฟ้านั้นสร้างขึ้นได้โดยการนำแท่งตัวหรือเรียกว่า แท่งอิเลคโทรด (electrode) 2 แท่ง มาจุ่มลงไปในสารละลายที่เรียกว่า อิเลคทรอไลท์ (electrolyte) ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 2-24 แท่งอิเลคโทรดแท่งหนึ่งจะเรียกว่าอาโนด ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นโลหะ ส่วนอีกแท่งหนึ่งเรียกว่า คาโถด ซึ่งส่วนใหญ่จะนำมาจากออกไซด์ของโลหะ

ออกไซด์ของโลหะเกิดจากการรวมตัวกันระหว่างอะตอมของโลหะกับออกซิเจน ตัวอย่างออกไซด์ของโลหะ คือ ออกไซด์ของเหล็กที่เรียกว่า สนิมเหล็กซึ่งเกิดจากการทิ้งเหล็กไว้ในอากาศ โลหะส่วนมากแล้วจะรวมตัวกับออกซิเจน เมื่อนำออกไซด์ของโลหะมาใช้ในเซลจะเป็นการใช้ในทางสร้างสรรค์ ไม่เหมือนกับสนิมเหล็กซึ่งเป็นตัวทำลาย

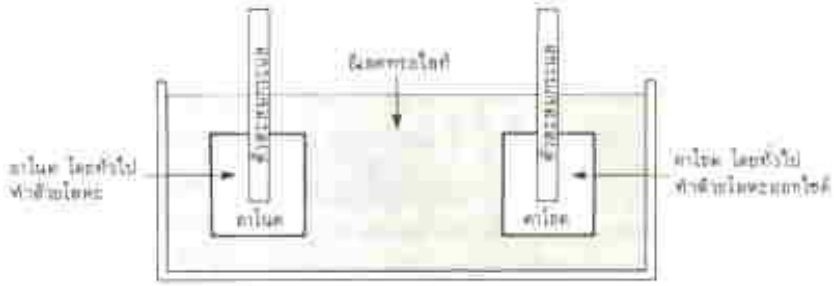
โลหะที่ใช้เป็นอาโนดนั้น จะเลือกให้มีความสามารถในการรวมตัวกับออกซิเจนได้ดีกว่าโลหะที่ใช้เป็นคาโถด ถ้านำเอาอาโนดและคาโถดมาวางไว้ด้วยกัน อาโนดจะดึงเอาออกซิเจนออกจากออกไซด์ของโลหะซึ่งเป็นคาโถดและทิ้งแท่งคาโถดไว้เป็นโลหะ กรณีนี้เราเรียกว่าอาโนดถูกออกซิไดซ์ (oxidised) ส่วนคาโถดนั้นจะถูกรีดิวซ์ (reduced)

อิเลคทรอไลท์นั้นเป็นสารเคมีเฉพาะ ซึ่งยอมให้การแลกเปลี่ยนของออกซิเจนระหว่างอาโนดและคาโถดเกิดขึ้น โดยแท่งอาโนดและคาโถดไม่จำเป็นต้องมาแตะก้น ในกรณีนี้สารอิเลคทรอไลท์จะเป็นตัวนำอนุภาคของออกซิเจน (ซึ่งมีประจุลบ) ซึ่งเกิดขึ้นที่คาโถดเคลื่อนที่ข้ามไปสู่อาโนด ดังนั้นคาโถดจึงถูกรีดิวซ์ ส่วนอาโนดจะถูกออกซิไดซ์ ซึ่งเงื่อนไขในกรณีนี้จะไม่เกิดขึ้นถ้าเซลอยู่ในลักษณะรูปที 2-27 ถึงแม้ว่าเราจะพูดว่าเกิดความต่างศักย์ขึ้น (ซึ่งหมายถึงแรงดันไฟฟ้า) ในการที่ประจุของออกซิเจนจะไปรวมตัวกับโลหะที่แท่งอาโนด อนุภาคแต่ละอนุภาคของโลหะจะต้องปล่อยอิเลคตรอนออกมา ในขณะเดียวกับที่อนุภาคของออกซิเจนจะออกจากแท่งคาโถด และเข้าไปในสารอิเลคทรอไลท์จะต้องได้รับประจุมา

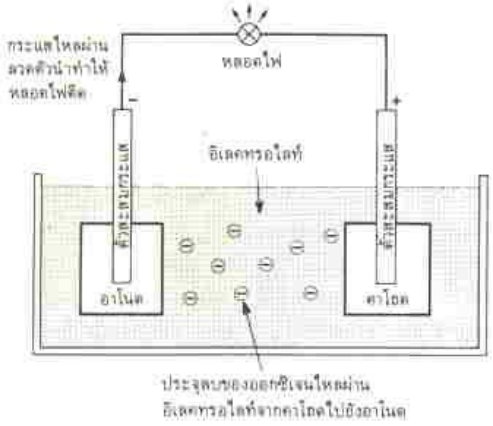
เราสามารถใช้ความต่างศักย์นี้ให้เป็นประโยชน์ ถ้าเราต่อวงจรไฟฟ้าเข้ากับขั้วของแท่งอาโนดและคาโถด ดังแสดงในรูปที่ 2-28 ในกรณีนี้อิเลคตรอนซึ่งมาจากการปล่อยของออกซิเจนเพื่อที่จะไป

รวมตัวกับแท่ง อาโนด จะเคลื่อนที่จากแท่งอาโนดเข้าไปในวงจรผ่านหลอดไฟ (ทำให้หลอดไฟสว่างขึ้น) และเคลื่อนกลับไปสู่แท่งคาโถดซึ่งมันสามารถประจุอนุภาคของออกซิเจนได้ดี กว่า การไหลของประจุอิเลคตรอนจะทำให้เกิดการไหลของกระแสขึ้นในวงจนที่อยู่จน กระทั่งแท่งคาโถดไม่มีอนุภาคของออกซิเจน หรือจนกระทั่งอาโนดถูกออกซิไดซ์หมดแล้ว ที่จุดนี้เรากล่าวได้ว่า เซลคายประจุออก อนุภาคของประจุที่ไหลผ่านอิเลคทรอไลท์เรียกว่า อิออน (ion) ซึ่งจะมาจากสารอื่นๆ ได้หลายชนิด ไม่เฉพาะแต่ออกซิเจนเท่านั้น ขึ้นอยู่กับเซลแต่ละชนิดและอิเลคทรอไลท์ที่ใช้ซึ่งก็ใช้หลักการเดียวกัน

เนื่องจากการใช้อิเลคทรอไลท์แตกต่างกัน ตลอดจนใช้อาโนดและคาโถดที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถผลิตเซลชนิดต่างๆ ซึ่งมีราคาตลอดจนคุณสมบัติแตกต่างกัน เราจะมาศึกษาดูถึงตัวแปรที่แตกต่างกันของเซลทั้งหมด ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดเพื่อที่จะได้รับทราบข้อเปรียบเทียบของเซลแต่ละชนิด เมื่อได้ไปสัมผัสกับมัน



รูปที่2-27 เป็นเซลแบบพื้นฐานแสดงถึงอาโนดคาโถด และอิเลคทรอไลท์



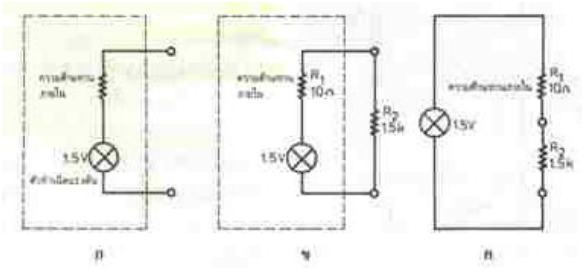
รูปที่2-28 เป็นการทำงานของเซลแบบพื้นฐานในกรณีนี้ใช้ทำให้หลอดไฟฟ้าสว่างขึ้นมา

แรงดันกับความต้านทาน

ความต่างศักย์ภายนอกของเซล เรียกว่าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (electro motive force หรือย่อว่า EMF) ค่าที่แน่นอนนั้น (โดยปกติจะอยู่ประมาณ 1.5 โวลท์) จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่นำมาเป็นอาโนดและคาโถดและชนิดของสารอิเลคทรอไลท์ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและอายุของเซล สำหรับเซลใหม่แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุด (rated) อยู่เล็กน้อยคือประมาณ 1.6 โวลท์ และจะ

ตกลงมาเป็นค่าต่ำประมาณ 1.2 โวลท์ เมื่อเซลเก่าและคายประจุหมด

การแปรเปลี่ยนไปของแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเซลแม้ว่าจะเป็นสิ่งสำคัญแต่ก็ไม่เจาะจง เนื่องตามมีอีกสิ่งหนึ่งที่สำคัญกว่า นั่นคือ ความต้านทานภายในของเซล (internal วงจรอิเลคทรอนิคส์หลายชนิดไม่ต้องการแรงดันไฟฟ้าที่คงที่ในการทำงาน) ภายในตัวเซลเองเกิดจากโครงสร้างและสารที่ใช้ทำ ค่าความต้านทานภายในนี้ ไม่สามารถละทิ้งได้ แต่จะมีค่าน้อยมากซึ่งขึ้นอยู่กับเซลแต่ละชนิด



รูปที่2-29 ก.,ข.และ ค.เป็นวงจรเทียบเท่า (ในรูปที่8) ของเซลขนาด1.5โวลท์ แสดงถึงความต้านทานภายในเซล

เราจะเห็นผลของค่าความต้านทานภายใน ถ้าเราดูตามแผนผังในรูปที่2-29 ก.ซึ่งเป็นวงจรเทียบเท่าของเซลไฟฟ้า ซึ่งจะประกอบด้วยตัวกำเนิดแรงดันต่ออนุกรมอยู่กับตัวต้านทาน โดยที่ตัวกำเนิดแรงดันจะแทนความต่างศักย์ของอาโนดคาโถดและอิเลคทรอไลท์ร่วมกัน ในขณะที่ตัวต้านทานนั้นจะแทนความต้านทานภายในของเซลไฟฟ้า ในรูปที่2-29 ข.แสดงให้เห็นเซลไฟฟ้า ซึ่งมีตัวกำเนิดแรงดันค่า 1.5 โวลท์ และมีค่าความต้านทานภายใน (R1) ค่า 10 โอห์ม ต่ออยู่กับความต้านทานซึ่งเป็นวงจรภายนอก มีค่า 1.5 กิโลโอห์ เราสามรถคำนวณค่าของกระแสที่ไหลผ่านวงจรโดยใช้กฎของโอห์มว่า I = (1.5 / 1500) = 1mA..... มิลลิแอมป์

ค่าความต้านทานภายในเซลที่ต่ออนุกรมอยู่ก็มีผลต่อค่ากระแส และต้องนำเข้ามาคิดด้วย โดยวงจรจะเขียนใหม่เป็นดังรูปที่2-29 ค. ซึ่งจะเห็นตัวต้านทาน 2 ตัวติดต่อกันอยู่เป็นวงจรแบ่งแรงดัน ซึ่งแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานภายนอกค่า 1.5 กิโลโอห์ม นั้นเท่ากับ

$$V_{R2} = (R2 / (R1+R2)) \times 1.5$$
$$= (1500 / (10+ 1500)) \times 1.5$$
$$= 1.49 \text{ โวลท์}$$

ซึ่งต่ำกว่าที่เราคาดไว้ และค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานภายนอกเท่ากับ

$$I = (1.49 / 1500) = 0.99 \text{ mA}$$

ซึ่งมีค่าต่ำลงเล็กน้อย ค่าแรงดันและกระแสที่ต่ำลงเพียงเล็กน้อยไม่มีผลเพียงพอที่จะกระทบการทำงานของวงจร ดูวงจรใหม่ในรูปที่ 2-27 ซึ่งวงจรภายนอกที่นำมาต่อมีความต้านทานทั้งหมดเพียง 5 โอห์ม เหมือนกับตัวอย่างคำนวณค่ากระแสในวงจรตอนแรก เมื่อยังไม่คิดถึงความต้านทานภายในเซล ได้ค่ากระแสเท่ากับ

$$I = (1.5 / 5) = 300 \text{ mA}$$

แต่เมื่อนำเอาค่าความต้านทานภายในเซลมาคิดด้วย ค่าแรงดันจริงๆ ที่ตกคร่อมความต้านทานภายนอก คือ

$$V R 2 = (5 / (10+5)) \times 1.5 = 0.5 \text{ V}$$

ค่ากระแสจริงๆ ที่ไหลผ่าน คือ $I = (0.5 / 5) = 100 \text{ mA}$

ซึ่งค่าแรงดันและกระแสที่ลดต่ำลงอย่างมากนี้ จะมีผลกระทบอย่างมากมายต่อการทำงานของวงจรภายนอกที่นำมาต่อด้วยไม่เฉพาะแต่ ความต้านทานภายในเซลจะไปลดค่ากระแสที่ไหลผ่านวงจร ภายนอกซึ่งเซลจะจ่ายออกไป แต่ยังเป็นการสูญเสียพลังงานอีกด้วย โดยจากตัวอย่างข้างต้นแรงดันที่ตกคร่อมความต้านทานภายในเซลเป็น 1.5 – 0.5 = 1 โวลท์ ทำให้เกิดกำลังงานสิ้นเปลืองไปเท่ากับ

$$P = (V2 / R) = (1/10) = 0.1 \text{ W}$$

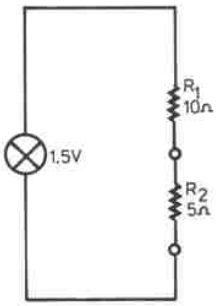
ซึ่งจะสูญเสียไปเป็นความร้อนเนื่องมาจากความต้านทานภายในเซลตัวเซลจะอุ่นขึ้นซึ่งจะเป็นการเพิ่มค่า ความต้านทานภายในขึ้นอีกและจะมีผลให้ค่าแรงดันที่ตกคร่อมขึ้นอีก วนเวียนกันเป็นวัฏจักรไปเรื่อยๆ ซึ่งเป็นกรณีที่เลวร้ายทำให้วงจรภายนอกที่นำมาต่อกระแสไฟฟ้าไม่พอเลี้ยงให้วงจรทำงานต่อไปได้ และถึงแม้ว่ากระแสจะพอเลี้ยงวงจรได้พลังงานที่สูญเปล่านี้ก็จะไปลดอายุการใช้งานของเซลลง

ดังนั้นจะเห็นว่าค่าความต้านทานภายในเซลจะเริ่มมีความสำคัญ ถ้ากระแสที่จ่ายออกจากเซลมีค่ามาก โดยการลดค่าของความต้านทานภายในเซลลง ผลกระทบเนื่องจากความต้านทานภายในเซลก็จะลดน้อยลง แต่ก็ยังไม่สามารถลดลงจนเป็นศูนย์ได้

กำลังงานต่อชั่วโมง

คุณลักษณะสำคัญอันหนึ่งของเซลไฟฟ้า ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาก่อนที่จะรู้ถึงชนิดของเซลแบบต่างๆ นั้น คือ ค่าความจุของเซล (cell capacity) ซึ่ง คือปริมาณของกระแสไฟฟ้าซึ่งเซลหนึ่ง ๆ สามารถจ่ายออกไปได้ภายในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ตัวอย่าง เช่น เซลไฟฟ้าเซลหนึ่งมีความจุ 1,000 มิลลิแอมป์ชั่วโมง หมายความว่า (โดยการไม่คิดถึงค่าความต้นทานภายในเซล) เซลนี้สามารถจ่ายกระแสได้ 1,000 มิลลิแอมป์ เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง หรือจ่ายกระแสได้ 100 มิลลิแอมป์เป็น 10 ชั่วโมง หรือจ่ายกระแสได้ 20 มิลลิแอมป์ เป็นเวลา 50 ชั่วโมง เป็นต้น

แต่ถ้ากล่าวถึงค่าความจุกระแสของเซลในรูปของมิลลิแอมป์ – ชั่วโมง โดยลำพังไม่ได้หมายถึงความจุทั้งหมดของเซล บางครั้งเราจะคำนึงถึงค่าแรงดันของเซลเป็นส่วนหนึ่งของค่าความจุของเซลด้วย ซึ่งทำได้โดยการคูณค่าความจุกระแสของเซลด้วยค่าแรงดันของเซล ซึ่งจากตัวอย่างแรงดันของเซลเท่ากับ1.5 โวลท์ ดังนั้นจะมีความจุของพลังงานทั้งหมดอยู่ในหน่วยของมิลลิวัตต์ - ชั่วโมง เช่น 1000 X1.5 V = 1500 mWh



รูปที่ 2-30 แสดงถึงผลของความต้านทานภายใน ซึ่งมีผลกระทบต่อการทำงานของวงจรที่ภาวะกระแสสูงๆ

เซลแบบสังกะสี – ถ่าน (Zinc Carbon Cell)

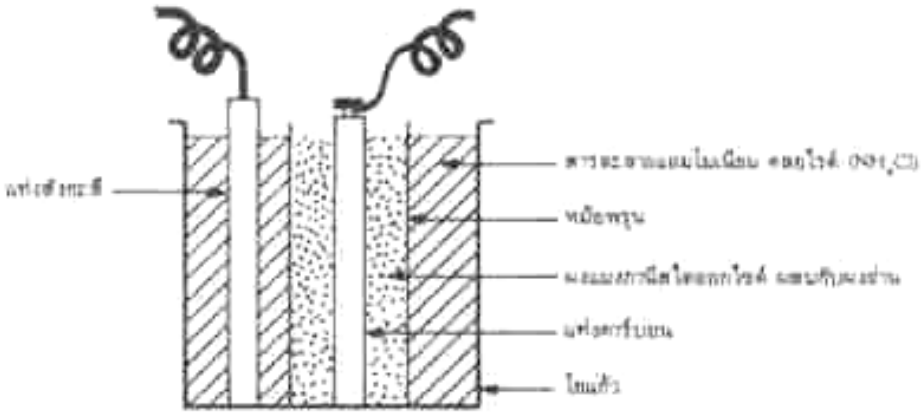
เซลแบบสังกะสี – ถ่านที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ได้หลักการมาจากเซลแบบเริ่มแรกที่พัฒนาขึ้นโดยวิศวกรชาวฝรั่งเศส ชื่อจอร์จ เลอคลังเช่ ในปี พ.ศ. 2409 ซึ่งลักษณะเป็นโถแก้ว โดยมีแมงกานีสไดออกไซด์เหลว ซึ่งทำหน้าที่เป็นคาโถดบรรจุในหม้อรูพรุน โดยตัวหม้อจะถูกล้อมรอบด้วยแอมโม-เนี่ยมคลอไรด์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นอิเลคทรอไลท์ โดยมีแท่งสังกะสีจุ่มอยู่ในอิเลคทรอไลท์ทำหน้าที่เป็นอา-โนด การต่อออกมาจากแมงกานีสไดออกไซด์ ซึ่งเป็นคาโถดจะต่อโดยใช้แท่งถ่าน ส่วนเซลแบบสังกะสี – ถ่านในปัจจุบันนี้ ได้พัฒนาขึ้นมาเป็นระยะเวลายาวนานนับจากวันของเซลแบบเลอคลังเช่ ซึ่งรู้จักในนามของเซลแบบเปียก (wet cell) เนื่องจากลักษณะของส่วนผสมของอิเลคทรอไลท์

ตัวถังภายนอกของเซลแบบแห้งสมัยใหม่นี้ทำจากโลหะสังกะสีและทำหน้าที่เป็นอาโนดภายใน ภายในตัวถังสังกะสีจะเป็นชั้นบางๆ ซึ่งแยกอาโนดออกจากคาโถดและบรรจุไว้ด้วยอิเลคทรอไลท์จนเต็ม อิเลคทรอไลท์นั้นเป็นส่วนผสมของแอมโมเนียมคลอไรด์และซิงค์คลอไรด์ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนๆ คาโถดนั้นจะประกอบด้วยผงแมงกานีสไดออกไซด์ผสมกับผงถ่านและอิเลคทรอไลท์ ทำให้มีลักษณะเหลวๆ และภายในจะสอดแท่งถ่านไว้ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวสะสมกระแส ภายนอกตัวถึงจะห่อด้วยกระดาษหลายชั้น และชั้นนอกสุดจะเป็นแผ่นพลาสติกบางๆ หุ้มอยู่

โดยการเปลี่ยนส่วนผสมของอิเลคทรอไลท์ จะสามารถทำเซลแบบสังกะสีถ่านได้หลายแบบ ซึ่งเหมาะกับงานแต่ละชนิด ตัวอย่างเช่น อิเลคทรอไลท์ที่ทำจากซิงค์คลอไรด์อย่างเดียว จะทำให้ได้เซลที่มีค่าความต้านทานภายในต่ำลง ทำให้เหมาะกับงานหนักที่ต้องจ่ายกระแสสูง เช่นเดียวกับการใช้ส่วนผสมของแมงกานีสไดออกไซด์ ที่มีคุณภาพเป็นคาโถดก็จะให้ผลเช่นเดียวกัน

เซลแบบอัลคาไลน์แมงกานีส (Alkaline Manganese Cell)

ในเซลแบบอัลคาไลน์แมงกานีสนั้น สารที่ใช้ทำอาโนดและคาโถดใช้สังกะสี และแมงกานีสไดออกไซด์ เช่นเดียวกับเซลแบบสังกะสี – ถ่าน โดยที่อาโนดนั้นประกอบด้วยผงสังกะสีซึ่งทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวขึ้น จะผสมกับอิเลคทรอไลท์รวมกันอยู่ในลักษณะเหลวๆ



รูปที่ 2-31 แสดงโครงสร้างของเซลแบบเลอคังเช่ (Lechanche cell)

แมงกานีสไดออกไซด์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นคาโถดของเซลแบบอัลคาไลท์แมงกานีสนั้น ทำมาจากสารที่บริสุทธ์กว่า รู้จักกันในนามของอิเลคทรอไลติคแมงกานีสไดออกไซด์ ผลิตขึ้นมาเพื่อให้มีความจุของออกซิเจนเพิ่มขึ้น ส่วนผสมของโปตัสเซี่ยมไฮดรอกไซด์เรียกว่า อัลคาไลน์นั้นจะมีค่าความนำไฟฟ้าสูงมากทำหน้าที่เป็นอิเลคทรอไลท์ โดยการใช้อิเลคทรอไลท์และสารที่ใช้ทำอาโนดและคาโถดที่มีคุณภาพสูงทำให้เซลชนิดนี้เหมาะสำหรับงานหนักที่ใช้กระแสสูง เป็นเซลที่มีคุณภาพสูงพร้อมทั้งมีค่าความต้านทานภายในต่ำ และมีค่าความจุพลังงานสูง

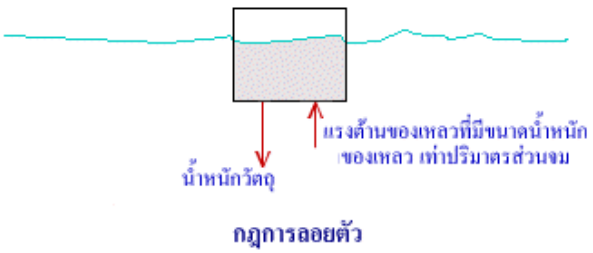
ชนิดของแบตเตอรี่แบบต่างๆ

อ้างอิง http://www.carbatt.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=370062

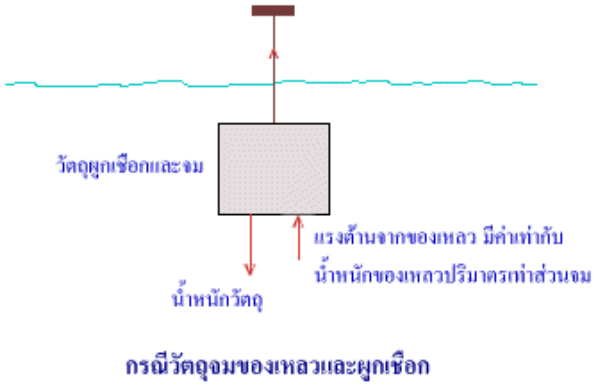
2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับการลอยตัวของวัตถุในน้ำ

หลักการของอาร์คีมีดีส

เมื่อนำวัตถุลงไปแทนที่ของเหลวจะมีแรงต้านเท่ากับน้ำหนักของของเหลวปริมาตรเท่าส่วนจม จากหลักการนี้ทำให้เข้าใจในหลักการหลายอย่าง เช่น เรือเหล็กทำไมจึงลอยน้ำ ของเหลวต่างชนิดกันมีความหนาแน่นต่างกัน อาร์คีมีดีสชี้ให้เห็นถึงเรื่องความหนาแน่นและนำมาเทียบกับน้ำเรียกว่าความถ่วงจำเพาะ



รูปที่ 2-32 แสดงกฎการลอยตัวของอาร์คีมีดิส



รูปที่ 2-33 แสดงภาพกรณีวัตถุจมของเหลวและผูกเชือก

จากหลักการนี้ทำให้อาร์ดีมีดีสสามารถพิสูจน์มงกุฎทองคำ ที่ช่างทำมงกุฎหลอมสิ่งเจือปนลงไปในเนื้อทอง อาร์คีมีดีสหาวิธีวัดปริมาตรมงกุฎทองคำได้ด้วยการเอาไปแทนที่น้ำ และปล่อยให้น้ำล้นออกมา

อ้างอิง:

http://www.rmutphysics.com/CHARUD/virtualexperiment/labphysics1/Fluid/archimedes/archimedes04.htm

แรงลอยตัวและการลอยตัว (Buoyancy Force and Flotoation)

(นภดล อินนา.กลศาสตร์ของไหล.หน้า 54.)

แรงลอยตัว (Buoyancy Force) หมายถึง แรงลัพธ์ที่กระทำบนวัตถุซึ่งจมอยู่ในของไหลหรือลอยตัวอยู่ในของไหลที่อยู่นิ่ง แรงลอยตัวจะกระทำอยู่ในแนวตั้งเสมอ และไม่สามารถมีแรงในแนวนอนในส่วนของแรงลัพธ์ เพราะภาพฉายของวัตถุที่จมหรือส่วนที่จมของวัตถุที่ลอยตัวบนแผ่นตั้งจะมีค่าเป็นศูนย์เสมอ

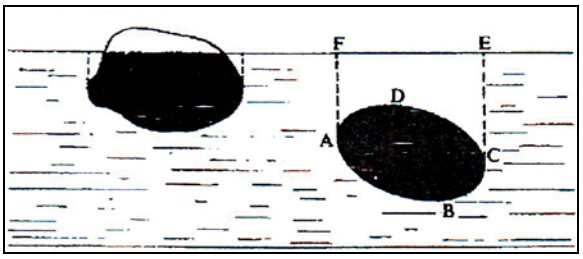
แรงลอยตัวที่กระทำบนวัตถุที่จมจะมีค่าเท่ากับความแตกต่างระหว่างแรงดันในแนวตั้งด้านใต้และแรงดันในแนวตั้งด้านบน จากภาพที่ 2.31 จะเห็นว่าแรงดันในแนวตั้งด้านใต้จะมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของไหล (จริงหรือจินตนาการ) ซึ่งจะอยู่ในแนวตั้งเหนือพื้นผิว ABC ซึ่งแสดงโดยน้ำหนักของของไหลภายใต้พื้นที่ ABCEFA แรงดันในแนวตั้งด้านบนจะมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของไหลภายใต้พื้นที่ ADCEFA ผลต่างระหว่างแรงทั้งสองจะมีค่าเท่ากับแรงดันในแนวตั้งเนื่องจากน้ำหนักของของไหลภายใต้พื้นที่ ABCD ที่ถูกแทนที่ด้วยของแข็ง ซึ่งสามารถแสดงในรูปของสมการได้ดังต่อไปนี้

$$F_b = \gamma V \qquad (2.1)$$

เมื่อ F_b คือ แรงลอยตัว

γ คือ น้ำหนักจำเพาะ

V คือ ปริมาตรของของไหลที่ถูกแทนที่



ภาพที่ 2-34 ส่วนของวัตถุที่ลอยและจมอยู่ใต้น้ำ

สมการที่ 2.1 สามารถใช้กับวัตถุที่ลอยตัวและ V เป็นปริมาตรของของไหลที่ถูกแทนที่ของส่วนที่จม (ภาพที่ 2.31 แรงในแนวดิ่งที่กระทำบนส่วนเล็ก ๆ ของวัตถุซึ่งอยู่ในรูปปริซึมในแนวดิ่งของหน้าตัด QA มีค่าเท่ากับ

$$\sigma F_b = (P_2 - P_1)\,\sigma A$$

$$= \gamma h \sigma A$$

$$= \gamma \sigma A$$

เมื่อ σV คือ ปริมาตรของปริซึม

$$F_b = \gamma \int dv$$

$$= \gamma v$$

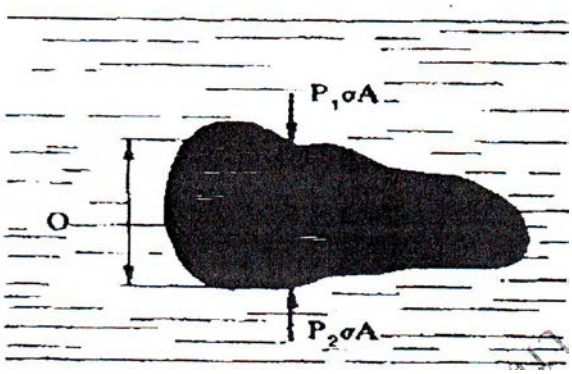
γ จะเป็นค่าคงที่ตลอดปริมาตร

การหาเส้นที่แรงลอยตัวกระทำผ่าน ทำได้โดยหาโมเมนต์รอบจุดอ้างอิงจุดใดจุดหนึ่งในที่นี้จะใช้จุด O

$$\gamma \int_V x\, dV = \gamma v \bar{x}$$

$$\bar{X} \quad = \frac{1}{v} \int V \; x \; dV$$

เมื่อ $\bar{X}$ คือ ระยะทางจากแกนถึงเส้นที่แรงลอยตัวกระทำผ่าน ซึ่งเป็นจุดเดียวกับจุดศูนย์ถ่วงของปริมาตรที่ถูกแทนที่ ซึ่งเรียกว่า จุดศูนย์กลางของการลอยตัว



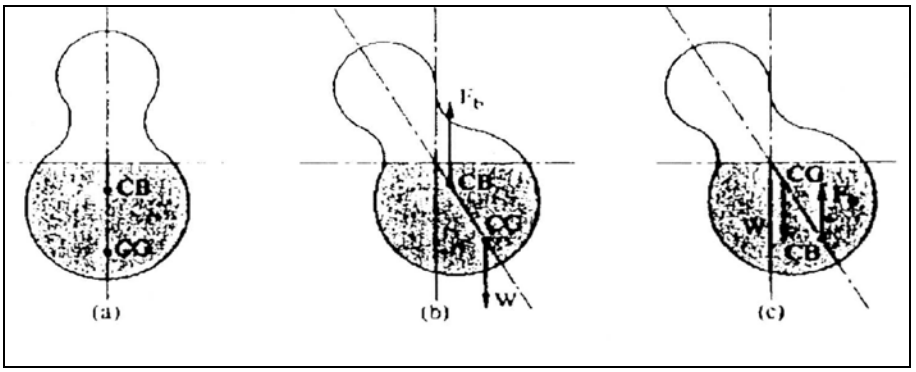
รูปที่ 2-35 แรงในแนวดิ่งที่กระทำบนส่วนเล็ก ๆ ของวัตถุ

การทรงตัวของวัตถุที่จมและลอย (The Stability of Submerged and Floating Bodies) (นภดล อินนา.กลศาสตร์ของไหล.หน้า 58.)

วัตถุจม (Submerged Body) เช่น เรือดำน้ำ จะจมอยู่ในน้ำได้หรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับความมีเสถียรภาพ (Stability) ซึ่งความมีเสถียรภาพหมายถึง วัตถุที่จมนั้นเมื่อหมุนหรือส่ายรอบแกนในแนวนอนแล้วจะคืนกลับมาสู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น เช่น เรือดำน้ำอาจจะถูกกระแสน้ำที่พัดผ่านทำให้เกิดการหมุนรอบแกนในแนวนอน ถ้าเรือดำน้ำถูกออกแบบไว้เป็นอย่างดี (มีเสถียรภาพ) เรือดำน้ำนั้นจะหมุนสามารถหมุนกลับมาที่ตำแหน่งเริ่มต้นได้

ข้อกำหนดที่สำคัญที่สุดของการมีเสถียรภาพของวัตถุจมคือ จุดศูนย์กลางของการลอยตัว (Center of Buoyancy) จะต้องอยู่เหนือจุดศูนย์กลางของความถ่วงของวัตถุ (Center of Gravity of Submerged Body) จุดศูนย์กลางของการลอยตัวจะเป็นจุดเดียวกับจุดศูนย์ถ่วงของปริมาณของของไหลที่ถูกวัตถุแทนที่ (Centroid of the Displaced Volume of Fluid) ดังนั้น วิธีง่ายที่สุดที่จะทำให้วัตถุมีเสถียรภาพคือการออกแบบให้วัตถุนั้นให้หนักที่ส่วนล่าง

จากภาพที่ 2.36 ถ้าให้ CB แทนจุดศูนย์กลางของการลอยตัว และ CG แทนจุดศูนย์กลางความถ่วงของวัตถุ



รูปที่ 2-36 การทรงตัวของวัตถุที่จมอยู่ในรูปแบบต่างๆ

จากรูปที่ 2-36 (a) จะเห็นได้ว่าจุด CB อยู่เหนือจุด CG และอยู่ในแนวดิ่งเดียวกัน ดังนั้นวัตถุชิ้นนี้จะมีเสถียรภาพอยู่ได้

จากรูปที่ 2-36 (b) ถ้ามีแรงบางชนิดมาทำให้วัตถุหมุนไปเล็กน้อยในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา แรงลอยตัวและน้ำหนักของวัตถุจะพยายามทำให้เกิดแรงคู่ควบในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ซึ่งจะทำให้วัตถุกลับคืนสู่ความมีเสถียรภาพอยู่ได้ (จุด CB ยังคงอยู่เหนือจุด CG)

จากรูปที่ 2-36 (C) แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างจากรูปทั้งสองข้างต้น ในรูปนี้จะเห็นว่าจุด CB อยู่ใกล้จุด CG ถ้ามีแรงเพียงเล็กน้อยมากระทำต่อวัตถุชิ้นนี้จะทำให้วัตถุชิ้นนี้พลิกคว่ำได้ เพราะแรงลอยตัวและน้ำหนักของวัตถุจะช่วยให้เกิดแรงคู่ควบในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับเพลา

การออกแบบเพลา

(ที่มา : วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน . 2537.หน้า 228)

เพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีใช้อยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด ทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังหรือทำให้เกิดการหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่อง ขณะใช้งานเพลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่างๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์ดัดและโมเมนต์บิดซึ่งอาจมีทั้งแรงสถิตและแรงแบบวัฏจักร ทำให้เกิดการล้าได้เพลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งานดังนี้ คือ

เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง

แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น ทั้งเพลาและแกนก็นิยมเรียกรวมกันว่า เพลา ไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรือไม่ก็ตาม

สพินเดิล (Spindle) เป็นเพลาขนาดสั้น เช่น เพลาที่หัวแท่นกลึง (Head-Stock spindle) เป็นต้น

สตับชาฟ (Stub Shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่นๆ มีขนาด รูปร่าง และส่วนยื่นออกมา สำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่น ๆ

เพลาแนว (Line Shaft) หรือเพลาส่งกำลัง (Power Transmission Shaft) หรือเพลาเมน (Main shaft) เป็นเพลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง ใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่นๆ โดย

เฉพาะ

แจ๊คชาฟ (Jack Shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมน หรือเครื่องจักรกล

เพลาอ่อน (Flexible Shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งได้เพลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเหนียว (Wire Rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้แต่ส่งกำลังได้น้อย

วัสดุเพลา

ในการเลือกวัสดุและวิธีที่ใช้ในการทำเพลา นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงสภาพการใช้งานและภาระที่เพลาต้องรับเป็นหลักโดยทั่วไปแล้ว จะต้องพิจารณาเลือกวัสดุและวิธีการผลิตเพลาตามขนาดระบุเพลา

วัสดุที่ใช้สำหรับทำเพลาทั่วไป คือ เหล็กกล้าละมุน (Mild Steel)ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้ว มักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลา เช่น AISI 1347 , 3140 ,4150 เป็นต้น เพลาที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่า 90 มิลลิเมตร มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนซึ่งผ่านการรีดร้อน เพื่อให้เพลามีราคาถูกที่สุดผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนที่เลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

ขนาดของเพลา

เพื่อให้เพลามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดมาตรฐานของเพลา ซึ่งระบุขนาดใน ISO / R 775 – 1969 เอาไว้สำหรับผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถหาซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาด้วยขนาดระบุของเพลาดูได้จากตารางที่ 2.1

หลักพิจารณาในการออกแบบเพลา

การคำนวณหาขนาดเพลาที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ดังนั้นมุมบิดของเพลาที่เกิดขึ้นในขณะใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้นั่นคือ เพลาจะต้องมีความแข็งเกร็งอยู่ภายในพิกัดที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้ว ยังอาจก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนมีผลให้เฟืองและแบริ่งที่รองรับเพลาอยู่ เกิดความเสียหายได้ง่ายยิ่งขึ้น

ตารางที่ 2. 1 แสดงขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO / R 755 – 1969

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เป็นมิลลิเมตร				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380

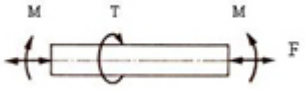
20	65	120	220	-

(**ที่มา** : วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน , 2537. หน้า 230)

การออกแบบเพลาตามโค้ดของ ASME

ก่อนปี พ.ศ. 2497 ได้มีการยอมรับวิธีการคำนวณหาขนาดของเพลาส่งกำลังซึ่งกำหนดเป็นโค้ด(Code) โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (ASME) แม้ว่าเวลาจะล่วงเลยมานานแล้วก็ตามวิธีการออกแบบเพลาตามโค้ดของ ASME ก็ยังมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

วิธีการดังกล่าวนี้ ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดและไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตศาสตร์ (Static Design Method) ในการหาสมการสำหรับออกแบบเพลาให้พิจารณาเพลาในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2 -37 แสดงเพลาอยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ
(ที่มา : วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน , 2537. หน้า 232)

การออกแบบการคำนวณเพลา ในการออกแบบหาขนาดของเพลา จะต้องพิจารณาสิ่งเหล่านี้

- กำลังงาน (Power) และภาระ (Load) ที่ใช้เพลาส่งกำลัง
- ความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพลา รวมทั้งรูปร่างขนาด วัสดุ และผิวสำเร็จ ซึ่งเป็นสาเหตุในการเกิดความเค้นตกค้าง (Stress Concentration) ขึ้น ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของเพลา
- ความแกร่ง (Stiffness หรือ Rigidit) หมายถึง ความคงทนต่อการแอ่นตัวหรือการบิดไปของเพลา เมื่อรับภาระ
- ความเร็ววิกฤติ (Critical Speed) หมายถึง การสั่นตัวของเพลาอันเป็นผลเนื่อง มาจากการแอ่นตัวของเพลา

การคำนวณหาความเค้นแรงเฉือน

ในการออกแบบขนาดของเพลาสำหรับงานปกติทั่วไป จะพิจารณาเฉพาะกำลังงานภาระและคำนวณตรวจความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพลา เพื่อให้ได้ค่าความปลอดภัยเพียงพอจึงพิจารณาถึงความแกร่งและความเร็ววิกฤติ เพลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่วัฏจักร ทั้งนี้เพราะเพลาหมุนอยู่

ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำอาจจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้น เพลาจึงเกิดความเสียหายเนื่องมาจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้า(Fatigue Factor) มาเกี่ยวข้องด้วย ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่ มากระทำ ซึ่งหาดูได้จากตารางที่ 2.3

โดยที่ C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องการบิด

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลาอยู่นิ่ง :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5 – 2.0	1.5 – 2.0
เพลาหมุน :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5 – 2.0	1.0 – 1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0 – 3.0	1.5 – 3.0

(ที่มา : วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน , 2537. หน้า 234)

เพลา คือ ชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลังงาน เพลาเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดส่วนหนึ่งของเครื่องจักรกลทุกชนิด เครื่องจักรกลเกือบจะทุกประเภทมีส่วนหนึ่งที่ใช้ถ่ายทอดการหมุน หรือทั้งการหมุนและส่งกำลัง โดยอาศัยชิ้นส่วนที่สำคัญคือเพลา

สมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งอเมริกา (American Society of Mechanical Engineers) ได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการออกแบบเพลาส่งกำลังขึ้นโดยเรียกว่า ASME Code ตามหลักเกณฑ์นี้ ได้ยอมรับให้ความเค้นเฉือนใช้งานหาได้จากสมการ (2.2)

$$\tau_d = 0.3\sigma_y \quad \text{หรือ} \quad \tau_d = 0.18\sigma_u \qquad (2.2)$$

τ_d คือ ความเค้นเฉือนใช้งาน (N/mm^2)

σ_u คือ ความเค้นประลัย (N/mm^2)

คุณลักษณะงานใช้เพลาส่งกำลัง

การใช้งานเพลาและลิ่ม หมายถึง งานประกอบไม่ถาวรประกอบใช้งานแล้ว ถอดแยกชิ้นได้ด้วยวิธีง่ายๆ โดยไม่ต้องทำลายชิ้นส่วนใดๆ เช่น งานถอดแยกชิ้นซ่อมมอเตอร์ไฟฟ้าและปั๊มน้ำซึ่งมีทั้งเพลาและลิ่ม

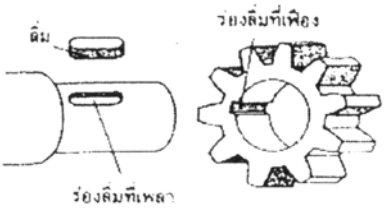
เพลาส่งกำลัง (Shaft)

เพลาส่งกำลัง (Shaft) เป็นชิ้นส่วนเครื่องกลที่สำคัญในการส่งถ่ายกำลังหมุนที่ต้องการต้องต้านแรงบิด เช่น เพลาขับล้อรถและเพลามอเตอร์ส่วนใหญ่มีพื้นที่ หน้าตัดเป็นวงกลมหมุนรอบตัวเอง ทำหน้าที่ส่งผ่านโมเมนต์บิดและโมเมนต์ดัด ทำด้วยเหล็ก St 44, St 50 และ St 60

ภาพที่ 2-38 เพลาส่งกำลัง

กำลังต้านทานเพลา

การส่งถ่ายกำลังของเพลาส่วนใหญ่ส่งถ่ายกำลังผ่านลิ่ม ลิ่มเป็นตัวกลางระหว่างเพลากับเฟืองหรือล้อสายพาน เพลาและเฟืองต้องมีร่องให้พอดีกับขนาดลิ่มที่ใช้ ร่องลิ่มทำให้กำลังความต้านทานเพลาลดลง ทั้งในลักษณะความเค้นบิดและความเค้นดัดประมาณ 25 %



ภาพที่ 2-39 กำลังต้านทานเพลา

วัสดุเพลาและขนาดเพลา

การออกแบบเพลาต้องให้ขนาดไม่ใหญ่โต ไม่เกิดการแตกหักจากการล้าตัว มีรูปถอดประกอบง่าย และราคาไม่แพง ดังนั้นเพลาควรมีรูปร่างและคุณสมบัติดังนี้

1) วัสดุเพลาเพลาสำหรับการรับโหลดปกติ ควรใช้เหล็กสร้างทั่วไป เช่น St 37,St 44 ,St 50 และ st 60 ส่วนเพลาที่รับโหลดสูง เช่น เพลาสำหรับงานสร้างยานยนต์ เครื่องยนต์ เครื่องมือกล หนักใช้เหล็กสำหรับชุบแข็ง เช่น 25 CrMo4 40Mo4 เป็นต้น สำหรับการรับโหลดที่ต้องคงทนต่อการเสียดสีควรใช้เหล็กสำหรับชุดผิวแข็ง เช่น C15 , 18 CrNi 8 เป็นต้น

2) กำหนดขนาดของเพลา ขนาดของเพลากำหนดให้เป็นมาตรฐานสากลได้กำหนดขนาดระบุเพลาตั้งแต่ 10 ม.ม. เพิ่มขึ้น ทีละ 1 มม เพิ่มขึ้นทีละ 2 มม จนถึง 20 มม เพิ่มขึ้นทีละ มม จนถึง 100 มม และเพิ่มขึ้นทีละ 10 มม จนถึง 200 มม หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นทีละ 20 มม จนถึง 380 มม

2.9 ทฤษฎีเกี่ยวกับโซ่ส่งกำลัง

ระบบส่งกำลังด้วยโซ่ ซึ่งมีองค์ประกอบ 2 ชนิด คือ โซ่และเฟืองโซ่ (Chain and Sprocket) ซึ่งเป็นการนำเอา ระบบส่งกำลังด้วยโซ่จะคล้องอยู่กับเฟืองโซ่ ซึ่งติดอยู่กับเพลาขับและเพลาตาม อัตราทดของการขับจะขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองโซ่ทั้งสอง และเนื่องจากการขับด้วยโซ่มีความไว้ใจได้และถูกต้องตามหลักเศรษฐศาสตร์จึงนิยมใช้มาก เช่น การขนส่งลำเลียงในเครื่องจักรกลการเกษตร เครื่องจักรกลงานไม้ และในการขนส่งวัสดุ เป็นต้น

ข้อดีของการขับด้วยโซ่

1) ในการติดตั้งไม่ต้องการความเที่ยงตรงเท่ากับเฟือง

2) ไม่จำเป็นต้องมีแรงดึงขั้นต้นในโซ่ด้านตึงเหมือนกับสายพานซึ่งทำให้อายุ ใช้งานของตลับลูกปืนที่รองเพลาเพิ่มมากขึ้น

3) ไม่มีการสลิปในขณะส่งกำลังเหมือนสายพาน ทำให้ได้อัตราทดที่แน่นอน

4) มีขนาดกะทัดรัดเหมือนสายพานเมื่อใช้งานด้านอัตราทดเท่ากับเฟืองโซ่จะมีขนาดเล็กกว่าล้อสายพานและถ้าต้องการส่งกำลังเท่านั้น ความกว้างของโซ่จะน้อยกว่าสายพาน

5) ติดตั้งง่ายกว่าสายพานเพราะเพียงแต่คล้องเข้ากับเฟืองโซ่แล้วถอดสลักเข้า

6) ใช้งานได้กับอุณหภูมิสูง บริเวณที่มีความชื้นและฝุ่นละออง

ข้อเสียของการขับด้วยโซ่

1) มีเสียงดัง

2) เนื่องจากมีความเร็วรอบสูงจะมีอันตรายเมื่อโซ่ขาด

3) ไม่มีความอ่อนตัวในการส่งกำลัง เพลาจะต้องขนานกัน

4) มีราคาแพงกว่าการขับด้วยสายพาน

5) ต้องมีการหล่อลื่น

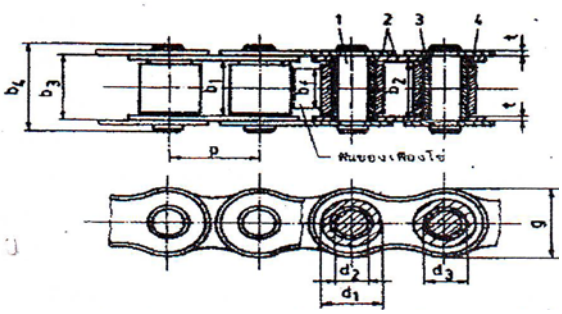
อุปกรณ์การส่งกำลังด้วยโซ่

1) โซ่โรลเลอร์ (Rollerchain) โซ่ชนิดนี้ประกอบไปด้วยแผ่นต่อ (Link) ด้านในและด้านนอกยึดติดกันด้วยสลักบูช (Bushes) โรลเลอร์กลวงสวมอยู่กับบูช ดังแสดงในภาพที่ 2-40

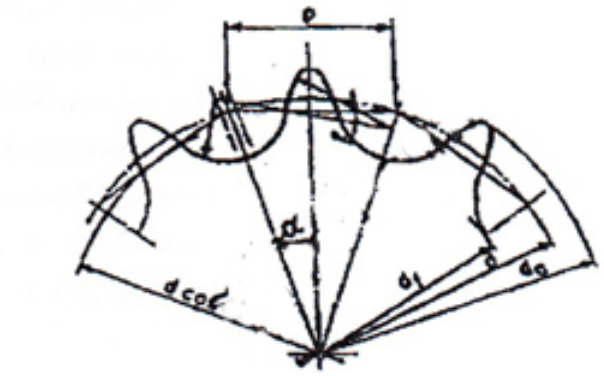
2) เฟืองโซ่ เส้นผ่าศูนย์กลางพิตช์ของเฟืองโซ่ดังภาพที่ 2-41 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของข้อต่อโซ่ที่คล้องอยู่บนเฟืองโซ่ก็คือวงกลมที่ลากผ่านมุมของรูปหลายเหลี่ยมที่เกิดขึ้นเนื่องจากโซ่คล้องบนเฟืองโซ่เซอร์คิวลาพิตช์ของโซ่สำหรับเฟืองโซ่เฟืองหนึ่งจะมีมุมพิตช์เป็นค่าคงที่เฟืองโซ่สำหรับโซ่โรล

เลอร์และโซ่บูช จะมีมุมกดแตกต่างกันออกไปมาก ถ้ามุมกดโตมากจะทำให้โซ่ยืดออกใกล้เคียงกันทุกข้อแต่จะต้องทำให้โซ่ด้านหย่อนตึงขึ้น และทำให้เกิดเสียงดังในขณะหมุน

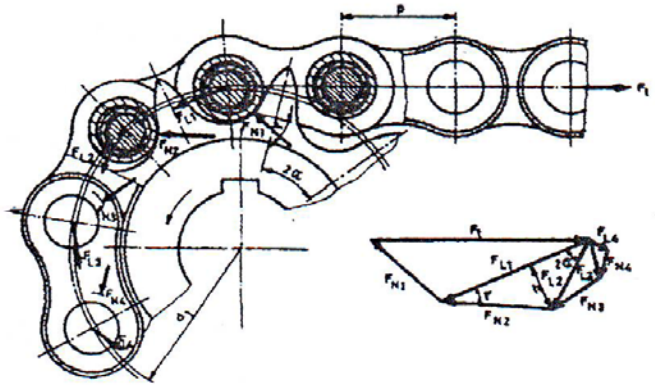
3) ลักษณะของฟันเฟืองโซ่จะต้องทำการเคลื่อนที่ของโรลเลอร์เป็นไปอย่างสะดวกซึ่งจะเห็นการเคลื่อนที่ของโรลเลอร์ได้ดังภาพที่ 2-42



ภาพที่ 2-40 ลักษณะโซ่ส่งกำลังแบบโรลเลอร์



ภาพที่ 2-41 ลักษณะเฟืองโซ่แบบโรลเลอร์



ภาพที่ 2-42 การส่งกำลังจากเฟืองโซ่ไปยังโซ่โรลเลอร์

การส่งกำลังของโซ่

ในขณะส่งกำลังแรงในแนวเส้นตรงสัมผัส F_t ที่เกิดกับโซ่กระทำกับฟันเฟืองโซ่ มีลักษณะดังภาพที่ 2-42 ซึ่งจะเห็นได้ว่าแรงในแนวยาวของโซ่ F_L จะลดจากฟันหนึ่งไปยังฟันหนึ่ง สร้างขึ้นได้โดยถือว่าข้อต่อทุกข้อ ผลรวมของแรงบนข้อต่อตามแนวยาว F_L และในแนวตั้งฉาก F_N จะต้องเท่ากับศูนย์ จะเห็นได้ว่าถ้ามุมสัมผัสของโซ่กับเฟืองมีค่าน้อย และมุมกดมีค่ามากจะมีแรงเหลืออยู่ในโซ่ทางด้านหย่อนมาก แรงตามแนวยาวของโซ่ F_L เป็นแรงที่ทำให้โซ่ยืด ถ้ามีค่าน้อยโซ่ก็จะยืดน้อยลง มุมที่ข้อต่อโซ่หมุนไปในขณะยับโดยเฟืองโซ่มีค่าเท่ากับ 180 องศา หารด้วยจำนวนฟันของเฟืองโซ่ ดังนั้น ถ้าโซ่มีจำนวนน้อย มุมหมุนของข้อต่อโซ่จะมีมาก ทำให้เกิดการสึกหรอที่บูชและสลักมากขึ้น และถ้าเฟืองโซ่มีระยะพิตช์เท่ากัน เฟืองโซ่ที่โตกว่าจะส่งกำลังได้น้อยกว่าเฟืองโซ่เล็ก

โซ่มาตรฐานองค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO)

ISO ได้กำหนดมาตรฐานของโซ่โรลเลอร์สำหรับส่งกำลังไว้ใน ISO/R 606-1967 (E) ซึ่งครอบคลุมถึงโซ่โรลเลอร์ตามมาตรฐานอังกฤษ (BS) และมาตรฐานสหรัฐอเมริกา (ANSI) โดยใช้อักษร B และ A ต่อท้ายเพื่อแสดงถึงที่มาของโซ่จากอังกฤษและสหรัฐอเมริกาตามลำดับ การใช้ชื่อโซ่โรลเลอร์ ISO กำหนดให้ใช้ตัวเลขที่สองแทนระยะพิตช์ของโซ่โดยบอกเป็นเศษในสิบหกส่วนของหนึ่งนิ้วตามตัวอักษร B และ A แล้วตามด้วยตัวเลข (Hyphen)

การคำนวณหาอัตราทดที่ต้องการ

$$m_{(1)} = \frac{\text{ความเร็วรอบของเพลารอบสูง}}{\text{ความเร็วรอบของเพลารอบต่ำ}} \qquad (2.3)$$

การคำนวณหาจำนวนฟันเฟืองโซ่ใหญ่ โดยการคูณจำนวนฟันบนพิเนียนด้วยอัตราทด ถ้าจำนวนฟันที่ได้ไม่เหมาะสมก็ให้เลือกใช้พิเนียนให้มีจำนวนฟันมากขึ้น และมีอัตราทดตามความต้องการ จำนวนฟันของเฟืองโซ่ที่ใช้กับโซ่ระยะพิตช์ต่าง ๆ

การคำนวณหากำลังที่ใช้เลือกโซ่

$$P_S = W_S N_S \qquad (2.4)$$

เมื่อ P_S คือ กำลังที่ใช้เลือกโซ่ (kW)

W_S คือ กำลังที่ต้องการในการขับ (kW)

N_S คือ ตัวประกอบใช้งาน

การคำนวณหาความเร็วของโซ่

$$V = P z n \quad (2.5)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วของโซ่ (m/min)

P คือ ระยะพิตช์ของโซ่ (mm)

z คือ จำนวนฟันบนพิเนียน (ฟัน)

n คือ ความเร็วรอบของพิเนียน (rpm)

(ที่มา: วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน , 2537. หน้า 308)