บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานของการออกแบบหุ่นยนต์

โครงงานนี้มีความจำเป็นจะต้องใช้ความรู้ทางทฤษฎีพื้นฐานต่าง ๆ หลายเรื่อง เช่น แรงมอเตอร์ กระแสตรง ฯลฯ ซึ่งทฤษฎีเหล่านี้จะนำไปใช้ในการออกแบบหุ่นยนต์ และใช้ในการเลือก วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ประดิษฐ์หุ่นยนต์ ซึ่งหลักการและทฤษฎีที่ใช้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 แรง [6]

2.1.1กฎของนิวตัน (Newtion's laws)

เซอร์ไอแซคนิวตัน (Sir Isaac Newton) เป็นบุคคลแรกที่ได้กล่าวถึงพื้นฐานของกฎการเคลื่อนที่ของอนุภาคได้อย่างถูกต้อง โดยได้พิสูจน์และเป็นที่ยอมรับกันมานาน กฎต่าง ๆ เหล่านี้ ได้แก่

กฎข้อที่ 1 อนุภาคจะยังคงหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ต่อไปในแนวเส้นตรงด้วยความเร็วสม่ำเสมอถ้าแรงที่มากระทำต่ออนุภาคนั้นอยู่ในภาวะที่สมดุล

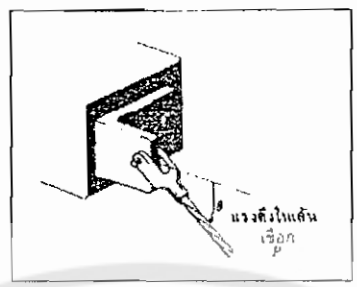
กฎข้อที่ 2 ความเร่งของอนุภาคเป็นสัดส่วนกับแรงลัพธ์ที่มากระทำต่อมัน และมีทิศทางไปทางเดียวกันกับแรงลัพธ์นั้นด้วย สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$F = ma$

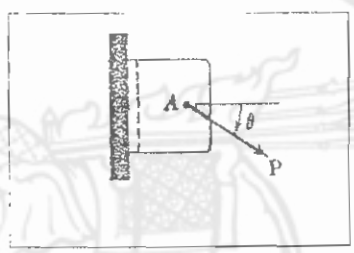
กฎข้อที่ 3 แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาของวัตถุที่กระทำต่อกันจะมีขนาดเท่ากัน อยู่ในแนวเดียวกันแต่มีทิศตรงกันข้าม

2.1.2 แรง (Force)

แรงเป็นปริมาณแวคเตอร์ เพราะผลของมันขึ้นอยู่กับขนาดและทิศทางที่มันกระทำ และแรงยังสามารถรวมกันได้ตามกฎของสี่เหลี่ยมด้านขนาน (parallelogram low) ในรูปที่ 2.1 แรงตึงในเส้นเชือก P ที่กระทำต่อแผ่นยึด แสดงไว้ด้วยเวคเตอร์ของแรงที่มีขนาดเท่ากับ P ผลของแรงต่อแผ่นยึดนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของ P มุม θ และตำแหน่งของจุดกระทำ A เมื่อสิ่งหนึ่งในทั้งสามสิ่งนี้เปลี่ยนไป ผลที่มีต่อแผ่นยึดนี้จะเปลี่ยนไปด้วย เช่น แรงภายในตัวน็อตที่ดึงแผ่นยึดให้ติดกับฐานหรือความเค้นภายในเนื้องแผ่นยึดจะเปลี่ยนไป ดังจะเห็นได้ว่าในการคิดเรื่องการกระทำของแรงแล้วจะต้องรู้ให้ครบทั้งสามสิ่งคือ ขนาด ทิศทาง และจุดกระทำ



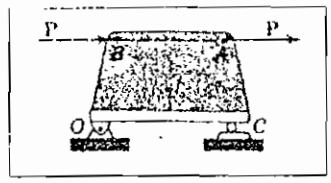
รูปที่ 2.1 ผลภายนอกของแรง P



รูปที่ 2.2 ผลภายในของแรง P

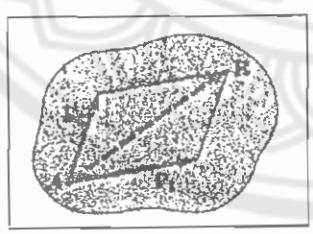
แรงที่กระทำต่อวัตถุมีได้ 2 ลักษณะ คือ แบบสัมผัสกันโดยตรง (direct physical contact) และแบบส่งแรงไปกระทำในระยะห่าง (remote action) แรงดังดูดที่เนื่องจากมวลของวัตถุ แรงทางไฟฟ้าและแรงแม่เหล็กเป็นแบบส่งแรงไปกระทำในระยะห่าง นอกเหนือจากนี้แล้วการประยุกต์ของแรงเป็นแบบสัมผัสกันโดยตรง

ผลของแรงที่กระทำต่อวัตถุสามารถแบ่งออกได้ 2 ประการ คือ ผลภายนอกและผลภายในในรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2 ตามลำดับ ผลภายนอกของแรง P คือ แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อแผ่นยึดโดยฐานและน็อต ดังนั้นจะเห็นได้ว่าแรงภายนอกที่กระทำต่อวัตถุมี 2 ชนิด คือ แรงกระทำ (applied force) และแรงปฏิกิริยา (reactive force) ผลภายในของแรง P ที่มีต่อแผ่นยึด คือความเค้น (stress) และความเครียด (strain) ที่เกิดขึ้นในเนื้อของแผ่นยึด ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุ

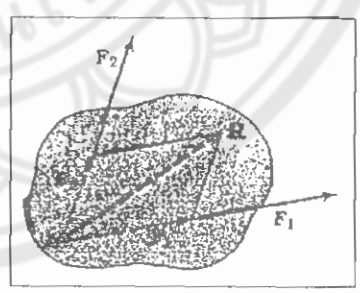


รูปที่ 2.3 แรงที่กระทำกับวัตถุเกร็ง

ในการคำนวณสำหรับวัตถุที่คิดเป็นวัตถุเกร็ง (rigid body) ซึ่งต้องการทราบเพียงแต่ผลลัพธ์ภายนอกทั้งหมดของแรง (net external effects) เท่านั้น ในกรณีนี้ไม่จำเป็นต้องจำกัดให้แรงกระทำที่จุดใดจุดหนึ่งในรูปที่ 2.3 แรง P ที่กระทำต่อแผ่นเกร็งอาจจะกระทำที่จุด A หรือ B หรือ ที่จุดใด ๆ ในแนวแรงที่กระทำก็ได้ และผลลัพธ์ภายนอกทั้งหมดของแรง P ยังคงเหมือนเดิม ผลภายนอกของแรง คือ แรงที่ฐานรับ (bearing support) กระทำต่อแผ่นที่จุด O และแรงที่ลูกกลิ้ง (roller support) กระทำต่อแผ่นที่จุด C ข้อสรุปนี้สามารถอธิบายได้ด้วยหลักของความสามารถในการเลื่อนตำแหน่งได้ของแรง (principle of transmissibility) ซึ่งกล่าวว่า แรงสามารถให้กระทำที่จุดใด ๆ ก็ได้ในเส้นตรงของแนวแรง โดยไม่ทำให้ ผลภายนอก ของแรงที่กระทำต่อ วัตถุเกร็งเปลี่ยนไป ดังนั้นเมื่อต้องการทราบเพียงผลภายนอกของแรงที่กระทำต่อวัตถุเกร็งเท่านั้นก็สามารถคิดแรงให้เป็นเวคเตอร์เลื่อนไถล (sliding vector) ได้ และสิ่งที่จำเป็นและเพียงพอในการกำหนดแรงคือ ขนาด ทิศทาง และเส้นแนวแรง คิดเฉพาะที่เกี่ยวกับวัตถุเกร็งเท่านั้น ดังนั้นแรงเกือบทั้งหมดจึงสามารถคิดได้เป็นเวคเตอร์เลื่อนไถล



(a)



(b)

(c) (d)

รูปที่ 2.4 การรวมแรง

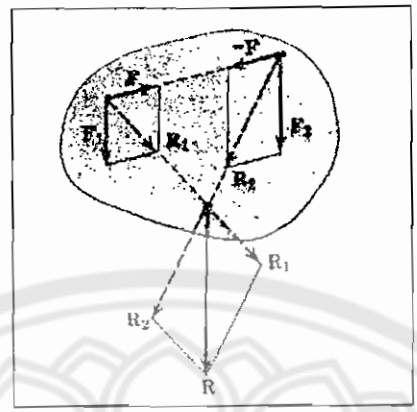
แรงอาจจะเป็นแรงรวม (concentrated) หรือแรงกระจาย (distributed) ก็ได้ แต่ความเป็นจริงแล้วแรงจะต้องกระจายบนพื้นที่ที่แน่นอนอันหนึ่ง ซึ่งหมายความว่าจะต้องเป็นแรงกระจาย แต่ถ้าขนาดของพื้นที่น้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดส่วนอื่น ๆ ของวัตถุ แรงนั้นสามารถคิดให้เป็นแรงรวมกระทำที่จุดได้ แรงอาจจะกระจายบนพื้นที่ เช่น พวกผิวสัมผัสทั้งหลาย หรือแรงอาจจะกระจายในปริมาตรก็ได้เช่น แรงดึงดูดของโลกหรือแรงดึงดูดของแม่เหล็ก น้ำหนักของวัตถุเป็นแรงที่โลกดึงดูดมวลสาร และจำกระจายทั่วไปในปริมาตรของวัตถุ และสามารถคิดให้เป็นแรงรวมกระทำที่จุดศูนย์ถ่วง (center of gravity) ได้

ตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงหาได้จากการพิจารณาความสมมาตร (symmetry) ของวัตถุ ถ้าตำแหน่งไม่ชัดเจนก็ต้องใช้วิธีการคำนวณหา

การวัดขนาดของแรงอาจทำได้โดย การเปรียบเทียบกับแรงที่รู้ขนาดแล้ว เช่น โดยใช้ตาชั่ง (mechanical balance) หรือโดยการคิดคำนวณจากส่วนที่ยืดของวัสดุ (elastic element) หน่วยมาตรฐานของแรงในระบบ SI คือนิวตัน (N)

จากกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน เมื่อมีแรงกระทำจะต้องมีแรงปฏิกิริยาขนาดเท่ากันและทิศทางตรงกันข้ามด้วยเสมอ แน่ใจว่าแรงใดในคู่นี้ที่จะต้องคิด แรงต่าง ๆ จะปรากฏชัดเมื่อได้แยกวัตถุที่จะคิดออกจากวัตถุอื่น ๆ และเขียนเป็นผังวัตถุอิสระ (free-body diagram) ซึ่งแสดงแรงที่กระทำต่อวัตถุ (ไม่ใช่แรงที่กระทำโดยวัตถุ) ข้อผิดพลาดที่คิดแรงในแต่ละคู่นี้จะเกิดขึ้นได้ง่าย ถ้าไม่พิจารณาความแตกต่างระหว่างแรงกระทำและแรงปฏิกิริยา

แรง F_1 และ F_2 ตัดกันที่จุด ๆ หนึ่ง แรงคู่นี้เรียกว่า แรงร่วมจุด (concurrent forces) สามารถรวมกันได้ตามกฎของสี่เหลี่ยมด้านขนานในระนาบที่เกิดจากแรงทั้งสอง ผลลัพธ์คือ R ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.5 กรณีพิเศษของการรวมแรง

ถ้าแรงคู่นี้อยู่ในระนาบเดียวกันแต่กระทำคนละตำแหน่งดังรูปที่ 2.5 ด้วยหลักของความสามารถในการเลื่อนตำแหน่งได้ของแรง แรงคู่นี้สามารถเลื่อนมาตามเส้นแนวแรงที่กระทำ และรวมกันได้แรงลัพธ์ R ที่จุดตัดกัน แรงลัพธ์ R นี้ สามารถแทนแรง แรง F_1 และ F_2 ได้โดยไม่ทำให้ผลภายนอกของแรงที่กระทำต่อวัตถุเปลี่ยนไป ในการรวมกันนี้อาจจะใช้การรวมแรงของรูปสามเหลี่ยมก็ได้ แต่จำเป็นต้องเลื่อนเส้นแนวแรงกระทำของแรงหนึ่งดังแสดงในรูปที่ 2.6 ในรูปที่ 2.7 แรงสองแรงรวมกันถึงแม้จะได้ขนาดและทิศทางของแรงลัพท์ R แต่จะไม่ได้เส้นแนวแรงเพราะว่าแรงลัพท์ R ที่ได้นี้ไม่ได้ผ่านจุด A ฉะนั้นควรหลีกเลี่ยงการรวมแรงแบบนี้ การรวมกันของสองแรงนี้เขียนในรูปทางคณิตศาสตร์ได้โดยสมการเวคเตอร์

$$R = F_1 \text{ และ } F_2$$

2.1.3 ความเสียดทานแห้ง

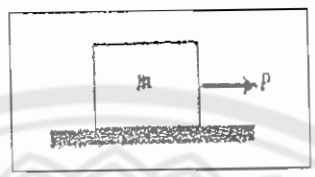
กลไกของความเสียดทานแห้งอย่างง่าย ๆ คือ พิจารณาของแข็งแท่งหนึ่งมีมวล m วางอยู่กับที่บนพื้นราบและถูกกระทำด้วยแรง P ขนานกับพื้นเมื่อพิจารณาผังวัตถุอิสระของแท่งวัตถุนี้จะเห็นว่าการที่วัตถุยังคงอยู่กับที่ได้จะต้องมีแรงมากระทำในทิศทางตรงกันข้ามกับ P ดังนั้นจากสมการของการสมดุลจะได้ว่า

แรงในแนวสัมผัสกับผิวสัมผัส $F = P$

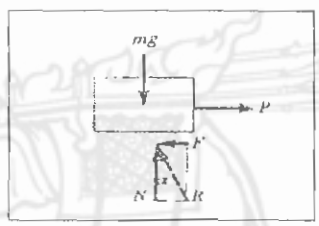
แรงในแนวตั้งฉากกับผิวสัมผัส $N = mg$

เมื่อเพิ่มแรง P ขึ้น แรง F ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย และดงมีขนาดเท่ากับ P ตราบเท่าที่แท่งวัตถุยังคงอยู่นิ่ง จนถึงค่าของ P ค่าหนึ่งที่แท่งวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ จากการทดลองได้พบอีกว่าเมื่อแท่งวัตถุเคลื่อนที่ค่าของ F จะลดลงและมีค่าคงที่ไม่ว่า P จะมีขนาดเท่าใด ปรากฏการณ์นี้อธิบายได้โดยพิจารณาอย่างละเอียดที่ผิวสัมผัส จากรูปที่ 2.11 เห็นได้ว่าแรง F คือผลบวกของแรง R_1,

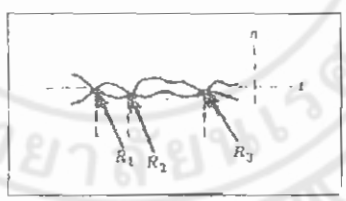
R_1, R_3 ในแนว t ทั้งหมด เมื่อวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ผ่านกัน ผิวสัมผัสจะเกิดขึ้นที่ส่วนยอดของรอยขรุขระ ทำให้ผลรวมของ R ในแนว t ลดลงและมีผลให้ F ลดลงด้วย



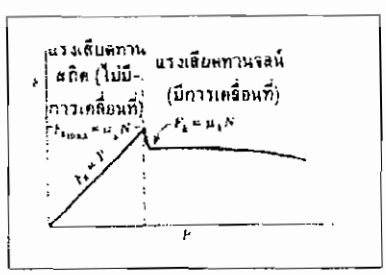
รูปที่ 2.6 ทิศทางแรงกระทำ



รูปที่ 2.7 ทิศทางของแรงลัพธ์ R



รูปที่ 2.8 ผลบวกของแรง R1 , R2 และ R3



รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง F กับ P

เมื่อได้ทดลองเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง F กับ P ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นช่วงที่วัตถุอยู่นิ่ง ซึ่งจะได้กราฟเส้นตรง $F_s = P$ ส่วนนี้อยู่ในช่วงความเสียดทานสถิตย์ (Static friction) จากการทดลองได้ค้นพบว่า สำหรับผิวสัมผัสต่าง ๆ จะได้ค่า F_s มากที่สุด เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่า N คือ

$$F_{s\,max} = \mu_s N$$

μ_s มีค่าคงที่สำหรับผิวสัมผัสแต่ละคู่ เรียกว่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานสถิตย์ (coefficient of static friction) สมการนี้ใช้ได้เฉพาะเมื่อ F_s มีค่ามากที่สุด (คือ วัตถุกำลังจะเริ่มเคลื่อนที่เท่านั้น

ในช่วงต่อมาคือเมื่อวัตถุเคลื่อนที่แล้ว เรียกว่าอยู่ในช่วงความเสียดทานจลน์ (kinetic friction) และพบว่า

$$F_s = \mu_k N$$

เมื่อ μ_k เป็นสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจลน์ (coefficient of kinetic friction) โดยทั่วไปค่า μ_k จะน้อยกว่า μ_s และค่า μ_k จะน้อยลงเรื่อย ๆ เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วมีค่าสูงจะมีอิทธิพลของการหล่อลื่นเนื่องจากฟิล์มของของไหลที่อยู่ระหว่างผิวสัมผัสทั้งสองด้วย โดยทั่วไปนิยมเขียนสมการข้างต้นทั้งสองเป็นสมการเดียวคือ

$$F = \mu$$

จะใช้ μ_s หรือ μ_k ก็แล้วแต่สภาวะของความเสียดทานในขณะนั้น และค่า μ_s จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อวัตถุอยู่ในสภาพที่กำลังจะเคลื่อนที่พอดีเท่านั้น

ค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานแสดงถึงความหยาบ ความขรุขระของผิวสัมผัสคู่หนึ่งพร้อมทั้งบอกถึงคุณสมบัติทางเรขาคณิตของพื้นที่ผิวที่สัมผัสกันคู่นั้น การกล่าวถึงสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานของพื้นผิวอันหนึ่งเพียงอันเดียวไม่มีความหมาย

ทิศทางของแรงลัพท์ R ในรูปที่ 2.10 ที่พื้นรองรับกระทำต่อแท่งวัตถุเมื่อวัดจากแนวแรง N หาได้จากสมการ $\tan \alpha = F/N$ ดังนั้นเมื่อค่าแรงเสียดทานสถิตย์ถึงค่ากำหนด มุม α จะเป็นค่ามุมมากที่สุด ϕ_s ดังนั้น $\tan \phi_s = \mu_s$ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่มุม α จะเป็นค่าเป็น ϕ_k และ $\tan \tan \phi_k = \mu_k$ ซึ่งโดยทั่วไปจะเขียนรวมกันว่า

$$\tan \phi_s = \mu$$

เมื่อ ϕ_s คือมุมของความเสียดทานสถิตย์ (angle of static friction) ในขณะที่มุม ϕ_k คือ มุมของความเสียดทานจลน์ (angle of kinetic friction)

อุณหภูมิสูงที่จุดสัมผัสและแรงดึงดูดที่จุดสัมผัส ความแข็งสัมผัสระหว่างผิว สิ่งสกปรกหรือออกไซด์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเหล่านั้นเป็นต้น

ปัญหาเกี่ยวกับความเสียดทานแห้งที่พบโดยทั่วไปในทางกลศาสตร์มีอยู่ 3 ประเภท คือ

1) วัตถุอยู่ในสภาวะที่จะเริ่มเคลื่อนที่ ในลักษณะนี้ค่าขีดจำกัดของความเสียดทานสถิตย์เป็นสิ่งที่จะนำมาใช้

2) ถ้าไม่ทราบว่าวัตถุอยู่ในสภาวะใด หาค่าแรงเสียดทานได้จากสมการสมดุล หลังจากนั้นเปรียบเทียบระหว่างค่าของแรงเสียดทานนี้กับค่าขีดจำกัดของแรงเสียดทานสถิตย์ซึ่ง $\mu_s = \mu_s$ จะทราบสภาวะของวัตถุได้ ถ้าแรงที่คำนวณได้น้อยกว่าขีดจำกัด วัตถุยังคงอยู่ในสภาวะหยุดนิ่ง แต่ถ้าแรงนี้มากกว่าค่าขีดจำกัดก็แสดงว่ากำลังเคลื่อนที่ และแรงเสียดทานที่แท้จริงจะเป็นแรงเสียดทานจลน์

3) เป็นเรื่องเกี่ยวกับการเคลื่อนที่สัมพันธ์ระหว่างผิวสัมผัสทั้ง 2 ดังนั้นในกรณีนี้ใช้ $\mu = \mu_k$

2.2 มอเตอร์กระแสตรง (DC motor) [5]

มอเตอร์กระแสตรง คือ เครื่องจักรไฟฟ้าที่จ่ายพลังงานออกมา เมื่อป้อนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเข้าเครื่องจักรไฟฟ้า พลังงานกลที่ได้รับจะอยู่ในรูปการหมุนของโรเตอร์ (rotor) ซึ่งทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำอาร์เมเจอร์ (armeture) $E_a =$ และแรงบิดแม่เหล็กไฟฟ้า T_e บนอาร์เมเจอร์ ดังสมการ

$$E_a = K\phi\omega \qquad (2.1)$$

$$T_e = K\phi I_e \qquad (2.2)$$

โดย

$$E_a = V_t - I_aR_a \qquad (2.3)$$

$$T_e = T_m + T_f \qquad (2.4)$$

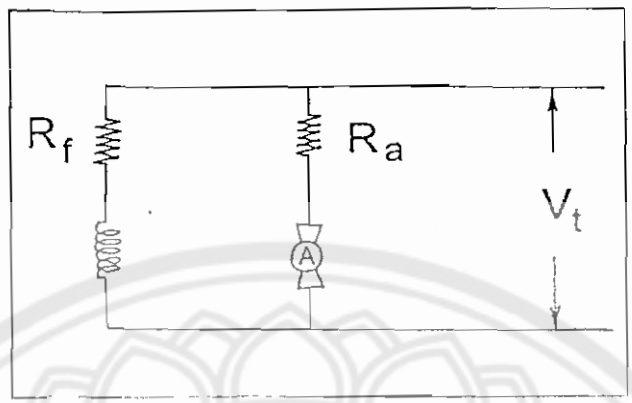
นั่นคือ เมื่อมอเตอร์กระแสตรงทำงาน $E_a < V_t$ และ $T_e > T_m$ การทำงานของมอเตอร์กระแสตรง กำหนดโดย ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด ความเร็ว และกระแสอาร์เมเจอร์ดังสมการ ต่อไปนี้

$$\omega = \frac{V_t - I_aR_a}{K\phi} \qquad (2.5)$$

$$T_e = I_aE_a \qquad (2.6)$$

สมการ (2.6) คือ กำลังที่สร้างขึ้นโดยขดลวดอาร์มเมเจอร์ ของมอเตอร์

ดังรูป 2.10 มอเตอร์แบบต่อขนาน (shunt motor) คือ มอเตอร์ที่ขดลวดสนามต่อขนานกับวงจรขดลวดอาร์เมเจอร์



รูปที่ 2.10 มอเตอร์แบบต่อขนาน

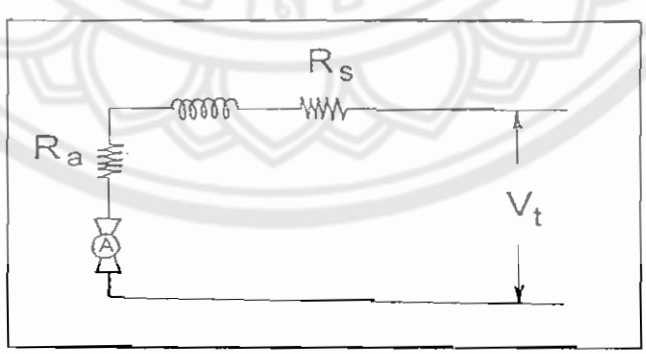
$$I_l = I_a + I_f \qquad (2.7)$$

สำหรับมอเตอร์แบบต่อขนาน ถ้าแรงดันขั้ว (V_t) ที่ป้อนมีค่าคงที่ กระแสสนาม และ ฟลักซ์แม่เหล็กจะมีค่าคงที่

$$T_e = K\Phi I_a = k' I_a \qquad (2.8)$$

$$\omega = \frac{V_t - I_a R_a}{K\Phi} = k''(V_t - I_a R_a \qquad (2.9)$$

2.2.2 มอเตอร์แบบต่ออนุกรม (series motor) คือ มอเตอร์ที่ขดลวดต่ออนุกรมกับวงจรขดลวดอาร์เมเจอร์ ดังรูป 2.11



รูปที่ 2.11 มอเตอร์แบบต่อนุกรม

เนื่องจากขดลวดสนามของมอเตอร์แบบต่ออนุกรม ต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์ดังนั้น กระแสสนามจึงแปรตามกระแสอาร์เมเจอร์ นั่น คือ ฟลักซ์แม่เหล็กต่อขั้วเป็นฟังก์ชั่นของกระแสอาร์เม

เจอร์ในช่วงที่วงจรแม่เหล็กของมอเตอร์ยังไม่อิ่มตัว ฟลักซ์แม่เหล็กต่อขั้วเพิ่มเท่ากับอัตราการเพิ่มของกระแสอาร์เมเจอร์ ดังนั้น

$$T_e = K\bigcirc I_a = k'I_a^2 \qquad (2.10)$$

$$\omega = \frac{V_t - R_a}{K'I_a} - \frac{R_a + R_f}{K'} \qquad (2.11)$$

ความสัมพันธ์ของมอเตอร์แบบต่ออนุกรมตามสมการ 2.10 และ 2.11 สำหรับช่วงที่วงจรแม่เหล็กของมอเตอร์เริ่มอิ่มตัวหรืออิ่มตัวแล้ว ฟลักซ์แม่เหล็กต่อขั้วเพิ่มขึ้นในอัตราที่ต่ำกว่ากระแสอาร์เมเจอร์ หรือเกือบมีค่าคงที่ นั่นคือแรงบิด และความเร็วของมอเตอร์แบบอนุกรมจะเข้าใกล้การทำงานของมอเตอร์แบบต่อขนาน เมื่อวงจรแม่เหล็กของมอเตอร์เกิดการอิ่มตัว

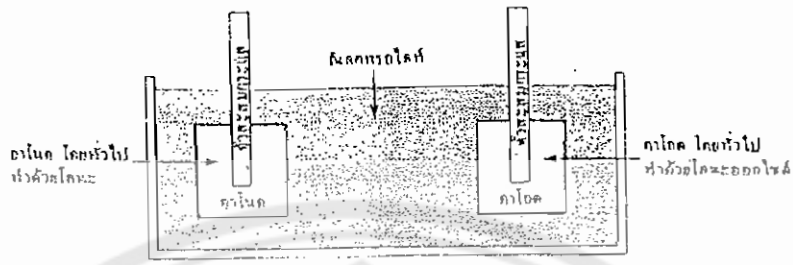
สมการ 2.11 พบว่า ที่แรงบิดโหลดต่ำ ฟลักซ์แม่เหล็กต่อขั้วจะต่ำและความเร็วมอเตอร์จะสูงมากจนอาจถึงขีดอันตราย ดังนั้นมอเตอร์แบบต่ออนุกรมจะต้องมีโหลดต่ออยู่เสมอ แรงบิด สตาร์ทของมอเตอร์แบบต่ออนุกรมจะมีค่าสูงตามสมการ 2.10 เพราะขณะสตาร์ทกระแสอาร์เมเจอร์จะสูงและฟลักซ์แม่เหล็กต่อขั้วจะสูงด้วย ดังนั้นมอเตอร์แบบต่ออนุกรมจึงเหมาะสำหรับงานที่ต้องการแรงบิดสตาร์ทสูง ไม่ต้องการความเร็วคงที่ และภายใต้การทำงานปกติจะโหลดต่ออยู่ด้วยเสมอ เช่น งานลากจูง เครน รถไฟฟ้า เป็นต้น

2.3 แบตเตอรี่

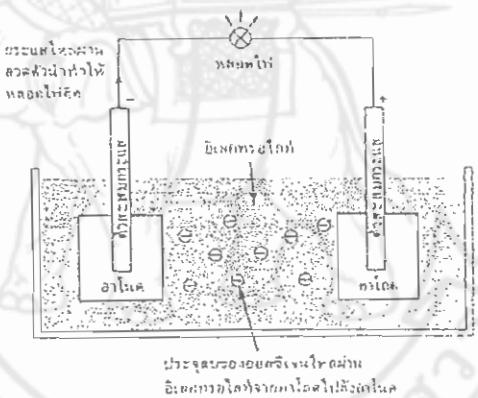
2.3.1การทำงานของเซลล์ไฟฟ้า

เซลล์ไฟฟ้านั้นสร้างขึ้นได้โดยการนำแท่งตัวนำหรือเรียกว่า แท่งอิเล็กโทรด (electrode) สองแท่งมาจุ่มลงไปในสารละลายที่เรียกว่า อิเล็กทรอไลท์ (electrolyte) แท่งอิเล็กโทรดแท่งหนึ่ง จะเรียกว่าอาโนด ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นโลหะ ส่วนอีกแท่งหนึ่งเรียกว่า คาโถด ซึ่งส่วนใหญ่จะทำมาจากออกไซด์ของโลหะ

โลหะที่ใช้เป็นอาโนดนั้นจะเลือกให้มีความสามารถในการรวมตัวกับออกซิเจนได้ดีกว่าโลหะที่ใช้เป็นคาโถดถ้านำเอาคาโถดและอาโนดมาวางไว้ด้วยกันอาโนดจะดึงเอาออกซิเจนออกจากออกไซด์ของโลหะซึ่งเป็นคาโถดและทิ้งแท่งคาโถดไว้เป็นโลหะ



รูปที่ 2.12 เซลล์แบบพื้นฐานแสดงถึงอาโนด คาโถดและอิเล็กทรอไลท์



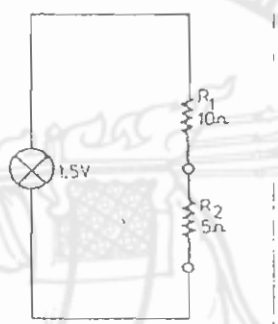
รูปที่ 2.13 การทำงานของเซลล์แบบพื้นฐานในกรณีนี้ใช้ทำให้หลอดไฟสว่าง

เนื่องจากการใช้อิเล็กทรอไลท์แตกต่างกัน ตลอดจนใช้อาโนดและคาโถดที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถผลิตเซลล์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีราคาตลอดจนคุณสมบัติแตกต่างกัน

การสูญเสียอาจจะอยู่ในรูปของความร้อนเนื่องมาจากความต้านทานภายในเซลล์ ตัวเซลล์จะอุ่นขึ้นซึ่งจะเป็นการเพิ่มค่าความต้านทานภายในขึ้นอีกและจะมีผลให้ค่าแรงดันที่ตกคร่อมความต้านทานภายในเพิ่มขึ้น ทำให้ไปเพิ่มค่ากำลังงานและไปเพิ่มแรงดันที่ตกคร่อมขึ้นอีก วนเวียนกันเป็นวัฏจักรกันไปเรื่อย ๆ ซึ่งเป็นกรณีที่เลวร้าย ทำให้วงจรภายนอกที่นำมาต่อมีกระแสไฟไม่พอเลี้ยงวงจรให้ทำงานต่อไปได้ พลังงานที่สูญเปล่านี้ก็จะไปลดอายุการใช้งานของเซลล์ลง

2.3.2 กำลังงานต่อชั่วโมง

คุณลักษณะสำคัญอันหนึ่งของเซลล์ไฟฟ้านั่นก็คือ ค่าความจุของเซลล์ (cell capacity) ซึ่งก็คือปริมาณของกระแสไฟฟ้าซึ่งเซลล์หนึ่ง ๆ สามารถจ่ายออกไปได้ภายในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ยกตัวอย่าง เช่น เซลล์ไฟฟ้าเซลล์หนึ่งมีความจุ 1,000 มิลลิแอมป์-ชั่วโมง หมายความว่า (โดยการไม่คิดถึงค่าความต้านทานภายในเซลล์) เซลล์นี้สามารถจ่ายกระแสได้ 1,000 มิลลิแอมป์เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมงหรือจ่ายกระแสได้ 20 มิลลิแอมป์เป็นระยะเวลา 50 ชั่วโมง เป็นต้น

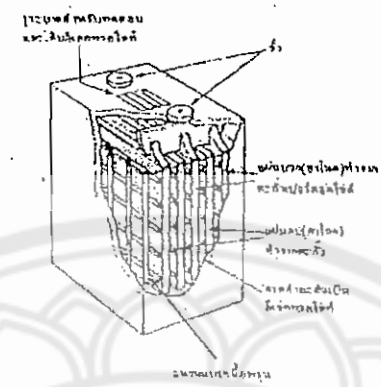


รูปที่ 2.14 ผลของความต้านทานภายในซึ่งมีผลกระทบต่อการทำงานของวงจรที่ภาวะกระแสสูง ๆ

แต่ถ้ากล่าวถึงค่าความจุกระแสของเซลล์ในรูปมิลลิแอมป์-ชั่วโมง โดยลำพังไม่ได้หมายถึงความจุทั้งหมดของเซลล์ บางครั้งเราจะคำนึงถึงค่าแรงของเซลล์เป็นส่วนหนึ่งของค่าความจุของเซลล์ด้วย ซึ่งทำได้โดยการคูณค่าความจุกระแสของเซลล์ด้วยค่าแรงดันของเซลล์ซึ่งจากตัวอย่างแรงดันของเซลล์เท่ากับ 1.5 โวลท์ ดังนั้นมันจะมีความจุของพลังงานทั้งหมดอยู่ในหน่วยของมิลลิวัตต์-ชั่วโมง เช่น 1,000 x 1.5V + 15000 mW-h

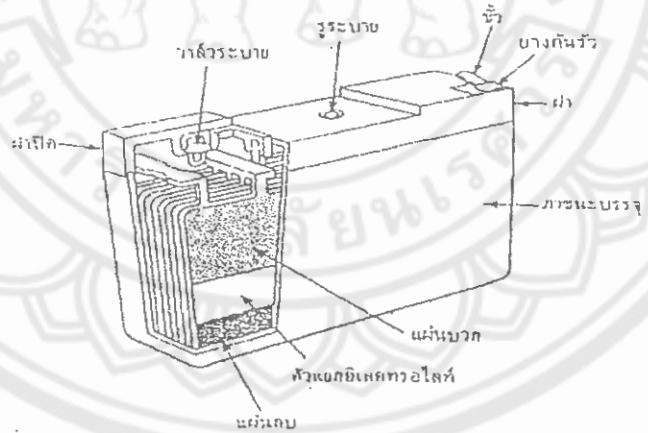
2.3.3 เซลล์แบบตะกั่วกรด (Lead Acid)

เซลล์ชนิดนี้จัดอยู่ในเซลล์แบบที่สามารถประจุไฟฟ้ากลับเข้าไปใหม่ได้ ตัวอย่างเซลล์ชนิดนี้แสดงในรูป 2.15 ซึ่งเซลล์จะประกอบด้วยแผ่นคาโถด และแผ่นอาโนดวางสลับกันจุ่มอยู่ในอิเล็กทรอไลท์ที่ทำจากสารละลายกรดกำมะถัน แผ่นเพลทจะวางสลับกันเพื่อมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอิเล็กทรอไลท์ได้มาก ในขณะที่รักษาปริมาตรให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ การที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างแผ่นอิเล็กทรอไลท์มากเท่าไร ปฏิกิริยาเคมีก็จะเกิดขึ้นมากเท่านั้น



รูปที่ 2.15 โครงสร้างของเซลล์แบบตะกั่ว – กรด แผ่นอาโนดและคาโทดจะวางสลับกันเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวระหว่างกัน

ที่คาโถดตะกั่วเปอร์ออกไซด์จะแตกตัวเป็นไอออนของตะกั่วซึ่งมีประจุบวกสูง และเป็นไอออนที่มีประจุลบสูง ไอออนของตะกั่วที่มีประจุบวกสูงจะดึงเอาอิเล็กตรอนจากวงจรที่ต่ออยู่ภายนอกเพื่อรวมตัวกลายเป็นไอออนตะกั่วที่ที่มีประจุบวก ซึ่งเป็นชนิดเดียวกับที่อาโนดทำให้เกิดกระแสไหลจากคาโถดผ่านไปยังวงจรภายนอก



รูปที่ 2.16 โครงสร้างของแบตเตอรี่แบบตะกั่ว – กรดที่มีการปิดผนึกโดยจะไม่ปล่อยอิเล็ดทรอไลท์ออกมา

ไอออนของตะกั่วจากแผ่นอิเล็กโทรดทั้งสองจะทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถันซึ่งเป็นอิเล็กทรอไลท์กลายเป็นตะกั่วซัลเฟต (ซึ่งจะเห็นเป็นตะกอนสีขาวเกาะอยู่ที่อิเล็กโทรดทั้งสอง) และก๊าซไฮโดรเจน

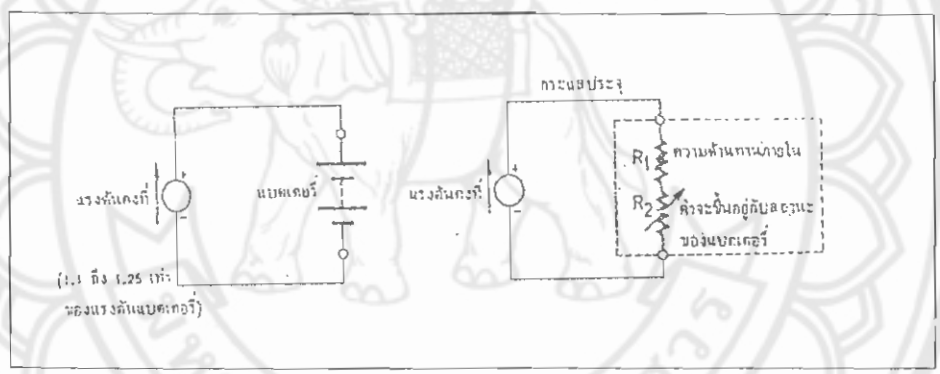
(ซึ่งจะรวมกับไอออนของออกซิเจนจากคาโถดกลายเป็นน้ำ) สามารถจะเขียนสูตรสำหรับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

$$PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4 \rightleftharpoons 2PbSO_4 + 2H_2O$$

ซึ่งแสดงโดยลูกศรสองทิศทางแสดงว่าเป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ ดังนั้นจึงสามารถที่จะประจุเซลล์ใหม่โดยการต่อวงจรซึ่งจะขับอิเล็กตรอนให้ไหลจากคาโถดไปสู่อาโนด

2.3.4 การประจุไฟกลับเข้าไปใหม่

การประจุเซลล์แบบตะกั่ว-กรดนั้นสามารถทำได้อย่างง่าย ๆ โดยการป้อนกระแสกลับทางเข้าไปในแบตเตอรี่เพื่อบังคับให้ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น เกิดจากทางขวามือไปทางซ้ายมือ ซึ่งจะเปลี่ยนตะกั่วซัลเฟตให้กลับเป็นตะกั่วและกรดกำมะถันดังเดิม



รูปที่ 2.17 การประจุแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด โดยใช้แหล่งจ่ายไฟที่มีแรงดันคงที่

2.3.4.1 การประจุทีละน้อย (Trickle Recharge)

ถ้ากระแสในวงจรถูกรักษาไว้ที่อัตราเท่ากับ C/10 (10% ของความจุ) แล้ว เซลล์ที่หมดประจุอย่างสมบูรณ์สามารถจะประจุได้ภายใน 10 ชั่วโมง แต่ความเป็นจริงจะใช้เวลามากกว่า 10 ชั่วโมง โดยเผื่อการสูญเสียไว้บ้าง จะใช้เวลาประจุ 12 ถึง 14 ชั่วโมง การประจุทีละน้อยด้วยอัตราขนาดนี้สามารถประจุทิ้งไว้ค้างคืนได้ ประโยชน์อีกข้อหนึ่งของการประจุเซลล์ด้วยอัตราขนาดนี้คือ ถึงแม้ว่าเซลล์จะถูกประจุเต็มแล้วก็ตาม ก็ไม่จำเป็นต้องนำเซลล์ออก เนื่องจากถ้าเราประจุต่อไปก็จะไม่ทำความเสียหายให้แก่เซลล์ เนื่องจากก๊าซออกซิเจนที่เกิดขึ้นทั้งหมดที่ขั้วบวกจะรวมตัวกับขั้วลบ การยกตัวอย่าง เช่น เซลล์มีขนาดความจุ 500 มิลลิแอมป์-ชั่วโมง ถ้าประจุด้วยอัตรา C/10 ก็เท่ากับ 10% ของความจุ คือ 50 มิลลิแอมป์

2.3.4.2 การประจุอย่างรวดเร็ว (Fast Recharge)

เซลล์แบบนิแคดนี้สามารถประจุด้วยอัตราที่สูงขึ้นกว่าได้ เช่นด้วยอัตรา C/3 (33% ของความจุ) ถึง C/5 (20% ของความจุ) โดยจะต้องเตรียมการตัดการประจุ เมื่อเซลล์ได้รับการประจุจนเต็มที่แล้ว ซึ่งสามารถทำได้อย่างอัตโนมัติโดยใช้วงจรตรวจจับแรงดัน ซึ่งจะตัดกระแสที่ใช้ในการประจุออก เมื่อแรงดันของเซลล์เพิ่มขึ้นเกินกว่าค่าปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงของแรงดันของเซลล์กับเวลาที่อัตราการประจุเท่ากับ C/4 (25% ของความจุ) วิธีการนี้สามารถใช้ได้เฉพาะ ถ้าสามารถวัดค่าแรงดันได้อย่างเที่ยงตรงและว่องไว สามารถตัดกระแสที่ใช้ประจุออกก่อนที่จะเกิดความเสียหายขึ้น ปัญหาในการใช้การประจุแบบนี้ก็คือถ้ากระแสที่ใช้ในการประจุค่าสูง ๆ นี้ไม่ได้ถูกตัดออกอย่างทันทีเมื่อเซลล์ได้รับการประจุจนเต็มที่แล้วก๊าซออกซิเจนที่เกิดขึ้นมากเกินจากขั้วบวกนี้จะไม่สามารถรวมตัวกันที่ขั้วลบในปริมาณที่เพียงพอ ความดันจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและเซลล์จะระบายก๊าซออกซิเจนไปโดยที่ รูระบายที่ปิดไว้จะเปิดออกและปล่อยก๊าซออกซิเจนกับอิเลคทรอไลท์บางส่วนออกมา เนื่องจากเมื่ออิเลคทรอไลท์สูญเสียออกมาจากเซลล์แล้วก็ไม่สามารถเติมกลับเข้าไปใหม่ได้ ดังนั้นความจุของเซลล์จะลดลงอย่างถาวรก็คือเซลล์นั้นจะมีความจุน้อยลงตลอดไป

2.3.4.3 การประจุอย่างเร่งด่วน (Super-Fast Recharging)

มีบางกรณีที่ผู้ใช้ต้องการที่จะประจุเซลล์ภายในเวลาเพียง 2-3 นาที ยกตัวอย่างเช่น เครื่องบินเล็กที่ใช้แบตเตอรี่เป็นตัวจ่ายกำลังจะต้องการประจุเซลล์ที่หมดประจุเพื่อเพื่อจะนำเครื่องบินนี้บินขึ้นสู่อากาศอีกครั้งโดยเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้

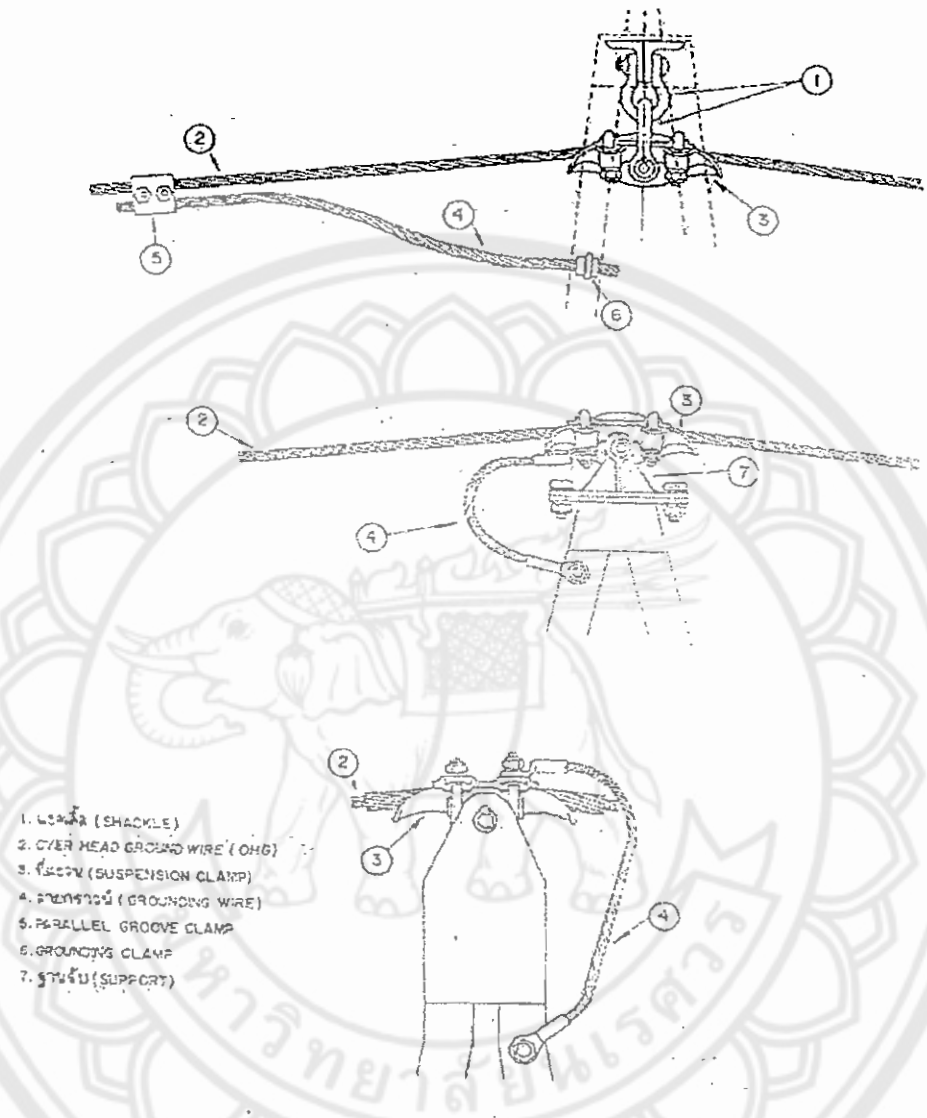
เป็นไปได้ที่จะประจุเซลล์อย่างเร่งด่วน ด้วยอัตราการประจุสูงถึง 4C (4 เท่าของความจุ) หรือมากกว่านี้ โดยวิธีการต่อไปนี้ คือวัดแรงดันของเซลล์และตัดกระแสที่ใช้ประจุออกเมื่อแรงดันของเซลล์ขึ้นสูงถึงค่าที่ตั้งไว้ อย่างไรก็ตามมีวิธีที่ง่ายกว่า แล้วก็เที่ยงตรงด้วยโดยจากหลักความจริงที่ว่าเซลล์ได้หมดประจุอย่างสมบูรณ์ก่อนที่จะพยายามทำการประจุมันใหม่ ให้ประจุไฟเข้าโดยกำหนดค่ากระแสประจุคงที่ในการประจุตามที่ต้องการ เช่นหลังจากเซลล์หมดประจุแล้ว กระแสที่ในการประจุขนาด 3C (3 เท่าของความจุ) จะถูกป้อนเป็นเวลา 20 นาที หรือจะใช้กระแสในการประจุเป็น 5C (5เท่าของความจุ) ป้อนเข้าไปเป็นเวลา 12 นาที เป็นต้น แม้ว่าวิธีการนี้จะเป็นวิธีการที่ดี เช่น สำหรับนักเล่นเครื่องบินจำลองที่มีเพียงแหล่งจ่ายไฟเป็นเพียงแบตเตอรี่รถยนต์ก็ตาม ก็เป็นสิ่งที่ควรระวังไว้เนื่องจากการประจุมากเกินไปเพียง 2-3 วินาที อาจทำให้เกิดการรั่วของเซลล์ได้ กล่าวย่อ ๆ ก็คือ เมื่อใช้วิธีการนี้เซลล์จะต้องหมดประจุอย่างเต็มที่และใช้กระแสในการประจุค่าที่แน่นอนเป็นระยะเวลาที่ถูกต้อง

2.4 สายโอเวอร์เฮดกราวน์ [1]

นอกจากบนเสาจะมีสายไฟฟ้าที่ใช้ส่งกระแสไฟฟ้าแล้ว ยังมีสายตัวนำซึ่งทำหน้าที่ป้องกันสายไฟฟ้ามิให้เสียหายเนื่องจากถูกฟ้าผ่า สายนี้จะขึงอยู่เหนือเสาไฟฟ้าบนยอดเสามีสายต่อลงดินตามลักษณะการออกแบบ การติดตั้งสายโอเวอร์เฮดกราวน์จะต้องครอบคลุมสายไฟฟ้าทุกเส้นได้ทั้งหมดดังจะเห็นว่าเสาบางแบบจะมีสายโอเวอร์เฮดกราวน์เพียงสายเดียว บางแบบมีสองเส้นทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการป้องกันฟ้าผ่าสายไฟฟ้า และเนื่องจากสายโอเวอร์เฮดกราวน์เป็นเหล็กจึงมีปัญหาเรื่องการเกิดสนิมซึ่งเป็นอันตรายต่อสายมาก จึงป้องกันโดยการใช้สายเหล็กอาบสังกะสี หรืออาบอลูมิเนียมเพื่อป้องกันสนิมดังกล่าว

สายโอเวอร์เฮดกราวน์โดยทั่วไปจะประกอบด้วยเหล็ก 7 เส้น มีใช้หลายขนาด เช่น ขนาด 38 ตารางมิลลิเมตร, 50 ตารางมิลลิเมตร และ 55 ตารางมิลลิเมตร

โดยทั่วไปสายโอเวอร์เฮดกราวน์แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ สายเหล็กตีเกลียวอาบสังกะสี (Galvanized Steel Wire Strand), สายเหล็กตีเกลียวอาบอลูมิเนียม (Aluminium Steel Wire Strand), สายเหล็กตีเกลียวเคลือบอลูมิเนียม (Aluminium Clad Steel Wire)



รูปที่ 2.18 อุปกรณ์การต่อสาย Suspension overhead ground ในแบบต่าง ๆ

2.4.1 อุปกรณ์สำหรับสายโอเวอร์เฮดกราวน์

ที่ปลายสุดของเสาไฟฟ้าจะมีสายโอเวอร์เฮดกราวน์ เพื่อป้องกันฟ้าผ่าอุปกรณ์ของสายส่งที่อยู่ด้านล่าง ซึ่งโดยทั่วไป จะใช้ขนาด 3/8" (3 หุน) เป็นสายเหล็กอาบสังกะสีตีเกลียว 7 เส้น ส่วนชุดอุปกรณ์ต่อแยกได้เป็น 2 ชนิด คือ แบบชนิดแขวน (Suspension Type) และแบบชนิดแรงดึง (Tension Type)

2.4.2 ไวเบรชั่นแดมเปอร์ (Vibration Damper)

ใช้ยึดติดกับเสาไฟฟ้าหรือสายโอเวอร์เฮดกราวน์ตรงบริเวณที่ใกล้กับแคลมป์ เพื่อใช้ใน

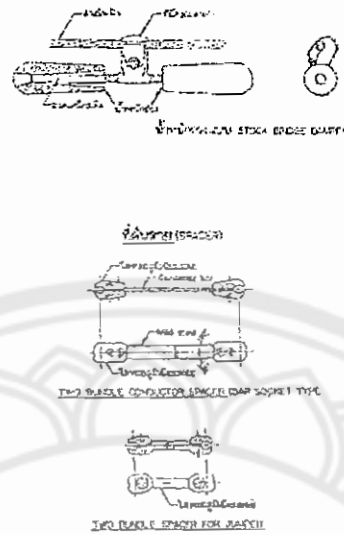
การลดแรงสั่นสะเทือน ในสายอันเกิดจากแรงลมพัดซึ่งถ้าเกิดให้สายนั้นแกว่งโดยปราศจากการลดแรงสั่นสะเทือนแล้ว สายตรงจุดที่ตัดกับชัสเปนชันแคลมป์ชำรุดได้การติดแดมเปอร์จะติดออกจากจุดกึ่งกลางของชัสเปนชันแคลมป์ไปทั้งสองข้าง ส่วนระยะ ขนาด และจำนวนขึ้นอยู่กับขนาดของสายไฟฟ้าและความยาว

2.4.3 อุปกรณ์คั่นสาย (Spacer)

สำหรับสายไฟฟ้าสองเส้นเป็นชนิดบาร์ฮิงค์ (Bar Hing) ซึ่งสามารถขยับตามสบายได้และชนิด ริกิด (Rigid) ซึ่งมีลักษณะยึดแน่นและแข็ง สำหรับชุดจัมเปอร์ลูป (Jumper Loop) หน้าที่ของสเปซเซอร์ใช้ยึดสายเพื่อไม่ให้สายพันกัน ดังนั้นนอกจากจะมีความแข็งแรงแล้ว สเปซเซอร์ต้องมีความนำไฟฟ้าที่ดีด้วย

อุปกรณ์คั่นสายสำหรับสายสองเส้นจะใช้ชนิด Barsocket หรือ Hing Type และ ชนิด Rigid Type สำหรับ Jumper Loop ตาม Specification No. C-2 Revision 5 สำหรับงานก่อสร้างสายส่ง ซึ่งจัดทำโดย ฝวศ. กำหนดไว้ดังนี้

1. Spacer ใช้ยึดกับสายสองเส้นเรียงกันในแนวราบ เพื่อไม่ให้สายแตะกันในขณะใช้งานปกติ จะติดทุกความยาว 80 เมตร
2. Spacer นี้จะต้องทนต่อแรงกด , แรงดัน ซึ่งจะเกิดขึ้นขณะใช้งานปกติ และเมื่อเกิด Fault ในสายส่ง และจะต้องไม่ทำให้สายเสียหายได้
3. Spacer จะต้องยึดกับสายได้แน่นพอ โดยที่เมื่อเกิดการหมุนหรือบิดตัวแล้ว Spacer ยังคงยึดอยู่กับสายเดิมโดยไม่เสียรูป ระยะห่างระหว่างสายยังคงเดิมคือ 40 เซนติเมตร
4. เมื่อสายมีการแกว่งในแนวดิ่ง Spacer จะต้องไม่ทำอันตรายต่อสาย และตัวของ Spacer เองจะต้องไม่เสียหายด้วย
5. Spacer จะต้องต้านทานการหมุนของสายในแนวดิ่งได้ เพื่อป้องกันการตีเกลียว
6. Spacer จะต้องทำให้ไม่เกิดโคโรน่า และคลื่นวิทยุรบกวน
7. Spacer จะต้องเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี เพื่อไม่ให้เกิดการ Spark เมื่อมีการถ่ายเทกระแสระหว่างสาย
8. Spacer จะต้องมีโครงสร้างง่าย ๆ สะดวกต่อการติดตั้งและถอด พร้อมทั้งสามารถติดตั้งและถอดโดยวิธี Hot Line ได้ด้วย
9. Spacer จะทำด้วยวัสดุที่คงทน ใช้งานได้ในสภาวะอากาศเลวร้ายมีมลภาวะส่วนที่มีการสัมผัสทางไฟฟ้าจะต้องทำด้วยอลูมิเนียม



รูปที่ 2.19 Vibration Damper & Spacer

2.5 โซลินอยด์

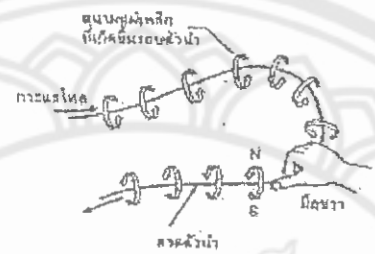
โครงสร้างของโซลินอยด์ คือ ขดลวดพันรอบ ๆ สารแม่เหล็ก (ดังรูปที่ 2.22) ลักษณะจะคล้ายทรงกระบอก

รูปที่ 2.20 โครงสร้างพื้นฐานของโซลินอยด์

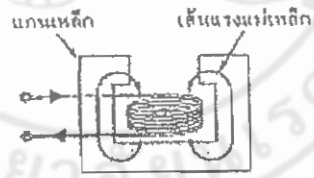
โซลินอยด์นำมาประยุกต์ใช้กับงานที่ต้องการ โดยเชื่อมโยงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกลโดยตรง โดยสัญญาณไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามาทางด้านขดลวดจะทำให้แกนสานแม่เหล็กของโซลินอยด์เกิดการเคลื่อนที่ขึ้นซึ่งการเคลื่อนที่ดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ขัดกสอนประตู นำไปถีบกระเดื่องให้กลไกทำงานหรือหยุดทำงาน ฯลฯ โซลินอยด์มี 2 ชนิด คือ โซนินอยด์ไฟฟ้ากระแสตรงและโซลินอยด์ไฟฟ้ากระแสสลับ

2.5.1 หลักการทำงานของโซลินอยด์

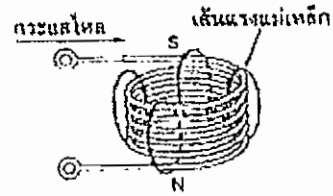
เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดตัวนำใด ๆ ก็ตาม จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำ (ดังรูปที่ 2.23) ซึ่งเป็นไปตามกฎมือขวา



รูปที่ 2.21 ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไหลผ่านเส้นลวด



รูปที่ 2.22 ทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดที่มีกระแสไหล



รูปที่ 2.23 การเพิ่มเหล็กอ่อนเข้ามาเพื่อเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็ก

เมื่อนำเส้นลวดมาขดเป็นหลาย ๆ วงก็จะเกิดการเสริมกันของสนามแม่เหล็กจากขดลวดแต่ละขดก่อให้เกิดเป็นเส้นแรงของสนามแม่เหล็กรวมมีทิศเหนือและทิศใต้ ซึ่งทำหน้าที่เป็นแท่งแม่เหล็กแท่งหนึ่ง

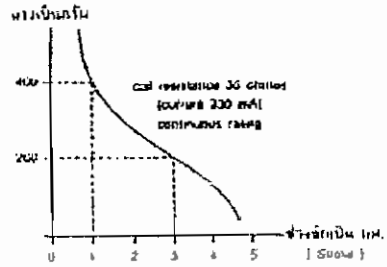
ในตัวโซลินอยด์ได้มีการนำแกนเหล็กอ่อนเข้าใช้เพื่อลดการกระจัดกระจายของสนามแม่เหล็ก (ดังรูปที่ 2.25) ทำให้มีแรงดูดแกนกระทุ้งที่มากขึ้น

ความแตกต่างระหว่างโซลินอยด์ไฟฟ้ากระแสตรงและโซลินอยด์ไฟฟ้ากระแสสลับ คือ โซลินอยด์ไฟฟ้ากระแสตรงจะมีกระแสไหลในขดลวดค่อนข้างคงที่ไม่ว่าแกนกระทุ้งจะอยู่ในตำแหน่งใดก็ตาม ส่วนโซลินอยด์ไฟฟ้ากระแสสลับในขณะที่แกนกระทุ้งอยู่นอกขดลวด กระแสจะมีค่าสูงและเมื่อแกนกระทุ้งถูกดูดเข้ามาจนสุดขดลวด กระแสจะลดต่ำลง ซึ่งลักษณะแบบนี้ต้องระวังไม่ให้เกิดการติดขัดของแกนกระทุ้งเพราะถ้าเกิดการติดขัดของแกนกระทุ้งขึ้นแล้วจะทำให้ขดลวดร้อนขึ้นจนเสียได้ เนื่องจากมีกระแสไหลข้างในขดลวด

2.5.2 ข้อควรคำนึงในการเลือกใช้โซลินอยด์

1. ขนาดแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน ถ้าเป็นไฟฟ้ากระแสสลับต้องคำนึงถึงความถี่ด้วย
2. ช่วงชักของแกนกระทุ้งในการใช้งาน
3. ขนาดของโหลด
4. ลักษณะการใช้งาน (แบบต่อเนื่อง หรือ แบบเป็นจังหวะ)

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

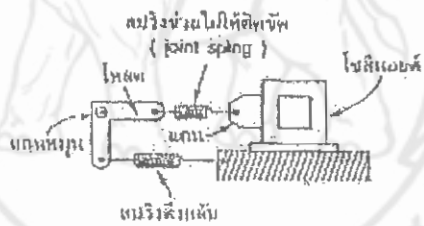


รูปที่ 2.24 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะช่วงชักของโซลินอยด์

2.5.3 ข้อแนะนำในการใช้งานโซลินนอยด์

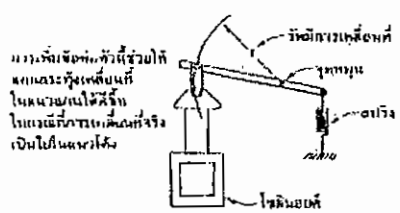
1. ถ้าโซลินอยด์ที่ใช้เป็นประเภทไฟฟ้ากระแสสลับ จะต้องออกแบบกลไกให้มีการดูดแกนกระทุ้งเข้ามาจนสุด เพื่อป้องกันไม่ให้ขดลวดเสียหายเนื่องจากการเกิดความร้อนของขดลวดเอง

440570
TJ
211
ป 355ท
2544



รูปที่ 2.25 การเติมสปริงเชื่อมต่อเพื่อให้แน่ใจว่าโซลินอยด์จะดูดได้เต็มที่กว่า

2. ต้องออกแบบให้แกนกระทุ้งมีการเคลื่อนที่ในแนวแกนเสมอ เพื่อป้องกันไม่ให้แกนกระทุ้งเกิดการติดขัด



รูปที่ 2.26 การใช้ข้อต่อมาช่วยให้แกนกระทุ้ง

3. ต้องพยายามหลีกเลี่ยงการติดตั้งโซลินอยด์อยู่ใกล้หรือติดกับสารแม่เหล็ก เพราะจะทำให้แรงดึงดูดของแกนกระทุ้งลดลง เนื่องจากมีการรั่วไหลของสนามแม่เหล็ก

4. ต้องติดตั้งตัวถังของโซลินนอยด์ให้มีความแข็งแรง เพื่อป้องกันการเกิดการสั่น หรือหลุด ในขณะที่ใช้งานเนื่องจากแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับตัวโซลินอยด์

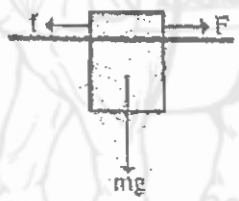
2.6 การประยุกต์ทฤษฎี

2.6.1 แรงกระทำที่กรณีต่าง ๆ

ให้ k คือสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

z คือค่ามุมซีต้า

2.6.1.1 แรงกระทำในกรณีที่ 1 : หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขนานกับพื้น

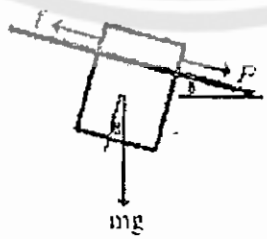


$F = f = kN$

$F = K\,mg$

รูปที่ 2.27 แรงกระทำในกรณีที่ 1

2.6.1.2 แรงกระทำในกรณีที่ 2 : หุ่นยนต์เคลื่อนที่ลง



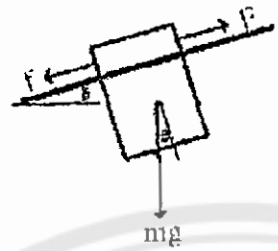
$F = f - mg * \sin z$

$F = k\,mg * \cos z - mg * \sin z$

$F = mg\,(k \cos z - \sin z)$

รูปที่ 2.28 แรงกระทำในกรณีที่ 2

2.6.13 แรงกระทำในกรณีที่ 3 : หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้น



$F = f + mg * \sin z$

$F = k\,mg * \cos z + mg \sin z$

$F = mg\,(k \cos z + \sin z)$

รูปที่ 2.29 แรงกระทำในกรณีที่ 3

2.6.2 การคำนวณทอร์ก

สูตร $T = F * r$

โดยที่ F คือ แรงกระทำที่ได้มาจากการคำนวณกรณีของแรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

r คือ รัศมีของล้อที่สัมผัสกับสายโอเวอร์เฮดกราวน์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.03 เมตร

โดยที่ F คือ แรงกระทำที่ได้มาจากการคำนวณกรณีของแรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

r คือ รัศมีของล้อที่สัมผัสกับสายโอเวอร์เฮดกราวน์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.03 เมตร

2.6.2.1ทอร์กที่ใช้ในการเริ่มการเคลื่อนที่

ตารางที่ 2.1 ทอร์คที่ใช้ในการเริ่มการเคลื่อนที่

ลักษณะการเคลื่อนที่	ค่าทอร์ก (N.m)
เคลื่อนที่ขนานกับพื้น	3.18
เคลื่อนที่ลง (ทำมุม 20 องศา)	1.81
เคลื่อนที่ขึ้น (ทำมุม 20 องศา)	4.29

2.6.2.2 ทอร์กของมอเตอร์ ขณะเริ่มหมุน

สูตร $T = 9.55 * (P / N)$

โดยที่ $P = IV = (3)\,(24) = 72$ W

$N = 155$ rpm

ดังนั้น $T = 9.55 * (72 / 155)$

$= 4.43$ N.m

เห็นได้ว่าทอร์กของมอเตอร์ขณะเริ่มหมุนมีค่ามากกว่าทอร์กที่ใช้ในการเริ่มเคลื่อนที่ จึงทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้

2.7เฟือง (Gear) [6]

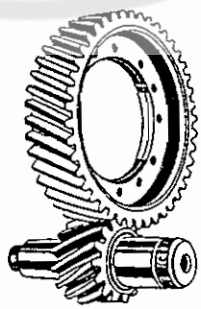
2.7.1 เฟืองตรงธรรมดา

เฟืองตรงจะนำมาใช้ส่งถ่ายโมเมนต์หมุนของเพลาไปยังอีกเพลาหนึ่งที่วางขนานกัน เฟืองตรงจะนำมาใช้ในงานที่ความเร็วรอบไม่เกิน 20 m/s และที่ความเร็วรอบปานกลาง นิยมใช้งานในกระปุกเกียร์แบบคันโยก ข้อดีของเฟืองตรง คือ ประสิทธิภาพดีและมีการสึกหรอน้อย แต่มีข้อเสียคือเสียงดังมาก

รูป 2.30 เฟืองตรงธรรมดา

2.7.2 เฟืองตรงฟันเฉียง

จะมีการขบของฟันเฟืองหลายๆ ฟันในขณะเดียวกัน เนื่องจากหลายฟันไม่สามารถขบกันเต็มหน้ากว้างในเวลาเดียวกันได้ จึงทำให้เฟืองตรงฟันเฉียงส่งถ่ายกำลังได้เงียบกว่าเฟืองตรงธรรมดา และส่งถ่ายโมเมนต์ได้มากกว่าด้วย ฟันเฉียงนี้ทำให้เกิดแนวแรงตามแกนเพลาจะรับแรงนี้ไว้เสมอเพื่อไม่ให้แรงตามแนวแกนมากเกินไปความเอียงของฟันควรอยู่ระหว่าง 8 องศา ถึง 20องศา ฟันตรงฟันเฉียง

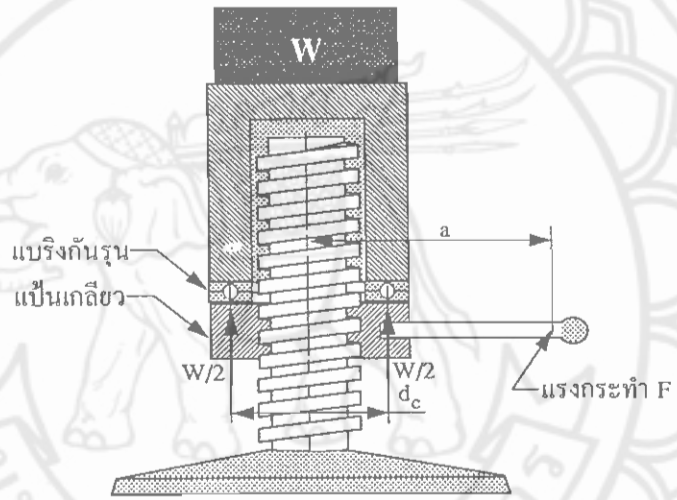


รูป 2.31 เฟืองตรงฟันเฉียง

2.8 สกรูส่งกำลัง [6]

2.8.1 สกรูส่งกำลัง

สกรูส่งกำลังใช้สำหรับเปลี่ยนการเคลื่อนที่เชิงเส้นของชิ้นส่วนไปตามแนวสกรู ในหลายกรณี มี วัตถุประสงค์เพื่อความได้เปรียบเชิงกลในการยกน้ำหนัก ดังรูป 2.32 แสดงแบบอย่างง่ายของแม่แรงยก น้ำหนักแบบสกรู โดยใช้มือหมุนในการเคลื่อนที่เพื่อส่งถ่ายแรงตามแนวแกนจากชิ้นส่วนที่ไม่หมุน



รูป 2.32 แม่แรงยกน้ำหนัก

จากหลักการและทฤษฎีดังที่กล่าวมานี้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ และเลือก**วัสดุ** อุปกรณ์ที่ใช้ในการประดิษฐ์หุ่นยนต์ ดังจะกล่าวต่อไปในบทที่ 3