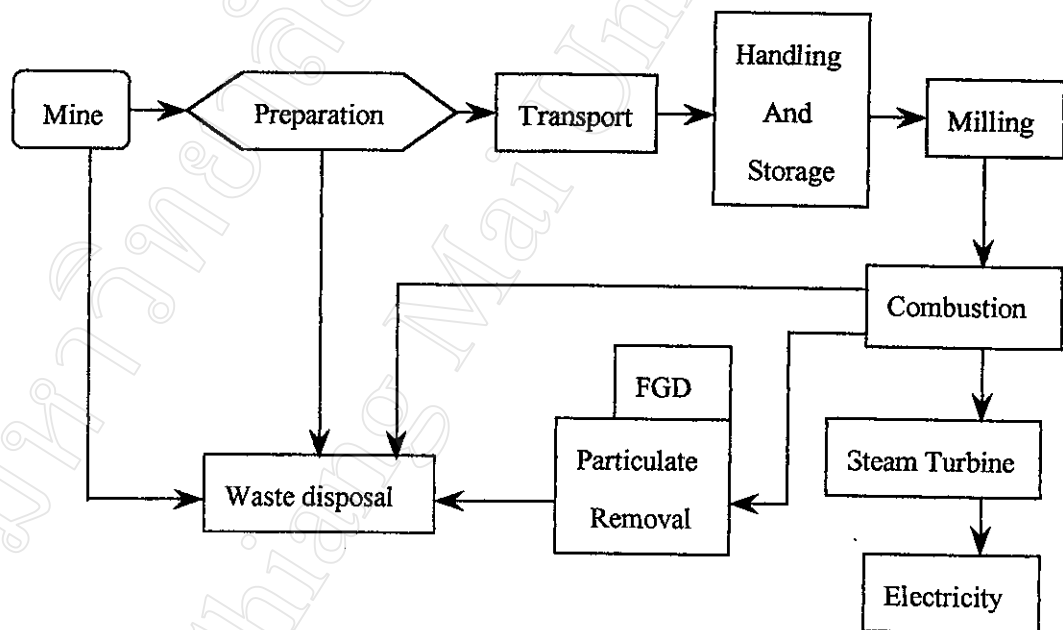


## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มา

การผลิตกระแสไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ซึ่งดำเนินการโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ใช้ถ่านลิกไนต์จากเหมืองแม่เมาะเป็นเชื้อเพลิงหลัก โดยมีการใช้น้ำมันสำหรับจุดเตาเผาไหม้ในช่วงเริ่มเดินเครื่อง และใช้ถ่านหินที่ซื้อจากเหมืองที่อยู่ใกล้เคียง เพื่อลดมลภาวะจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide) ขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากถ่านหินโดยทั่วไปแสดงได้ดังรูปที่ 1.1 (Buchanan and Brenkley, 1994)



FGD: Flue gas desulfurisation

รูปที่ 1.1 แผนภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าจากถ่านหิน

โรงไฟฟ้าแม่เมาะในปี 2542 มีจำนวนทั้งหมด 13 หน่วย การคาดการณ์การผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะโดยใช้ถ่านหินสำหรับปีงบประมาณ 2542 และ 2543 แสดงดังตารางที่ ข2 ปริมาณการผลิตไฟฟ้าจะมีผลจากการผลิตจากโรงไฟฟ้าอื่นของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยด้วย เนื่องจากหากมีช่วงเวลาใดที่โรงไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่ใช้เชื้อเพลิงอื่นๆ

เช่น ใช้แก๊สหรือน้ำมันเตา มีต้นทุนการผลิตสูง หรือ โรงไฟฟ้าอื่นๆ ไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอับความต้องการ จะเพิ่มกำลังการผลิตที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ

ปริมาณความต้องการถ่านหินที่คาดการณ์ไว้ จะนำไปใช้วางแผนการทำเหมืองตลอดจนการวางแผนซ่อมบำรุงเครื่องจักรในแต่ละปี รวมทั้งใช้ในการตั้งงบประมาณสำหรับการเดินเครื่องและการซ่อมบำรุงเครื่องจักรด้วย

### 1.1.1 ชนิดของถ่านหิน

ลำดับขั้นการเกิดถ่านหินจะต่อเนื่องกัน อาจแยกชนิดของถ่านหินได้ดังนี้ (ฝ่ายประชาสัมพันธ์การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2539)

- 1) พีท (Peat) เกิดจากซากพืชทับถมกันเป็นเวลานาน มีค่าความร้อนน้อย ยังไม่มีคุณสมบัติของถ่านหินแต่เป็นขั้นเริ่มต้นของการเกิดถ่านหิน
- 2) ลิกไนต์ (Lignite) เป็นถ่านหินขั้นแรก มีสีน้ำตาลอ่อนถึงดำ มีค่าความร้อนมากกว่าพีท
- 3) ซับบิทูมินัส (Subbituminus) มีสีดำ มีค่าความร้อนสูงกว่าลิกไนต์ เมื่อถูกความร้อนจะไม่เกาะกันหากอยู่ที่โล่งจะอ่อนและแตกตัว
- 4) บิทูมินัส (Bituminus) มีความชื้นน้อยกว่า 10%
- 5) แอนทราไซต์ (Antracite) เป็นถ่านหินขั้นสุดท้าย เหนียวโดยไม่มีควัน คงสภาพได้ดีแม้อยู่ที่โล่ง มีลักษณะแข็ง

### 1.1.2 เหมืองแม่เมาะ

เหมืองแม่เมาะ ตั้งอยู่ที่ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง ลักษณะเป็นบ่อเหมืองแบบเปิด ถ่านหินที่พบส่วนใหญ่เป็นถ่านหินชั้นที่เรียกว่าลิกไนต์ มีอายุระหว่าง 2.5 - 35 ล้านปี มีความชื้นสูง มีส่วนประกอบของกำมะถัน และซีลีเนียม (ฝ่ายประชาสัมพันธ์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2539) ตัวอย่างคุณภาพถ่านหินแสดงตามตารางที่ ข3 ซึ่งเป็นถ่านหินที่ส่งไปโรงไฟฟ้า (มีการผสมหรือเลือกคุณภาพให้ได้ตามที่ต้องการแล้ว) จะเห็นว่าขณะรับตัวอย่าง ถ่านหินมีความชื้นเฉลี่ยที่ 29.07 % มีซีลีเนียม 20.84 % มีกำมะถัน 2.49 % ปริมาณกำมะถันเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งซึ่งทำให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผาไหม้ถ่านหิน ดังนั้นจึงต้องลดปริมาณกำมะถันที่ปนอยู่ในถ่านหินให้มีสัดส่วนน้อยลง โดยการผสมถ่านหินที่มีกำมะถันมากกับถ่านหินที่มีกำมะถันน้อย ทำให้ได้ปริมาณกำมะถันไม่เกินค่าที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลา การผสมถ่านหินที่มีคุณภาพต่างกัน (ซึ่งได้จากชั้นถ่านหินในบ่อเหมืองต่างๆ กัน และจากบริเวณต่างๆ กัน รวมทั้งถ่านหินที่ซื้อจากบ่อเหมืองอื่นๆ) ทำได้โดยการ

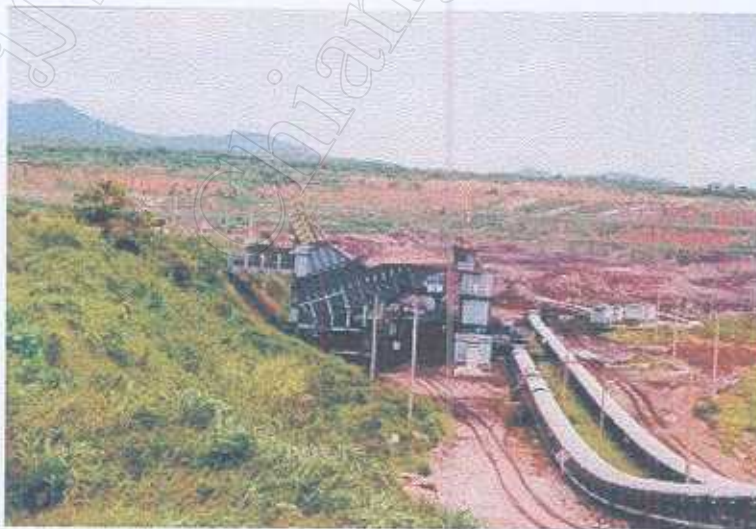
ผสมจากเครื่องโม่ถ่านตามสัดส่วนชนิดถ่านที่ต้องการ หรือการโปรยที่กองถ่านให้ชั้นของถ่านแต่ละชนิดมีส่วนตามที่ต้องการ



รูปที่ 1.2 เมืองแม่เมาะ

#### 1.1.3 การลำเลียงถ่านหินสำหรับโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

เมื่อชุดถ่านลิกไนต์จากบ่อเหมืองแล้ว จะขนด้วยรถบรรทุกมาเทที่เครื่องโม่ (Crusher) แล้วลำเลียงด้วยสายพานลำเลียง (Belt Conveyor) ลิกไนต์ที่ต้องการกองไว้ก่อน จะโปรยลงกองด้วยเครื่องโปรย (Stacker) หลังจากนั้นจะตักด้วยเครื่องตัก (Reclaimer) และลำเลียงต่อด้วยสายพาน เพื่อนำไปโม่ให้มีขนาดเล็กลง แล้วนำไปเผาเป็นเชื้อเพลิงคั่นน้ำให้เป็นไอน้ำ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 1.3 เครื่องโม่ (Crusher) และสายพานลำเลียง



รูปที่ 1.4 เครื่องชั่ง (Belt weigher)



รูปที่ 1.5 เครื่องโปรย (Stacker)



รูปที่ 1.6 ตานกองถ่านลิกไนต์ (Stock pile)



รูปที่ 1.7 เครื่องตัก (Reclaimer)

ตารางที่ ข1 แสดงข้อมูลของสายพานลำเลียงถ่านหินที่ติดตั้งใช้งานในส่วนของเหมืองแม่  
เมาะ ณ เดือนกันยายน พ.ศ.2542 เมื่อรวมกันแล้วจะมีสายพานลำเลียงทั้งหมด 55 เส้น ความยาวรวม  
ทั้งหมด 32,748 เมตร

การใช้งานสายพานลำเลียงถ่านหิน จะพบปัญหาฝุ่นละออง จึงมีการติดตั้งระบบฉีดพ่นน้ำ  
ให้ถ่านหินมีความชื้นมากขึ้น เพื่อลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง ส่วนปัญหาอื่นๆ ที่สำคัญคือการ  
ชำรุดของเครื่องจักรจะมีผลกระทบกับการใช้งานมากและบางครั้งมีความเสียหายรุนแรง เช่นกรณีที่เกิดเพลิงไหม้สายพานเมื่อวันที่ 23 เมษายน พ.ศ. 2540 สาเหตุคาดว่าเกิดจากมูลเขี่ยสายพานสลิป  
(Slip) และเกิดความร้อนสะสมมากจนเกิดการลุกไหม้ขึ้น มูลค่าความเสียหายประมาณ 5 ล้านบาท

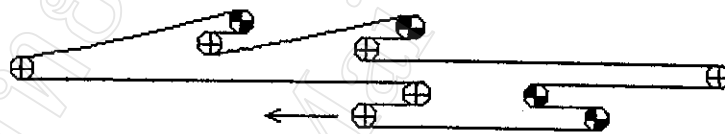
การใช้งานสายพานลำเลียง จะปรับแรงดึงสายพานโดยพิจารณาจากแรงดึงสายพานค่าน้อย  
ที่สุดที่จะขับเคลื่อนได้ และสายพานไม่หย่อนตกท้องช้างมากเกินไป การศึกษาแรงดึงสายพานที่  
เหมาะสม โดยพิจารณาจากภาระการใช้งานสายพานลำเลียงในปัจจุบัน และวิเคราะห์ผลจากการใช้น้ำ  
ระงับฝุ่นละออง จะทำให้ใช้งานสายพานลำเลียงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และป้องกันการชำรุดที่รุนแรงได้



รูปที่ 1.8 ชุดขับเคลื่อนสายพานที่เกิดไฟไหม้

## 1.1 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

- 1.1.1 Ganey and Alspaugh (1995) ได้วิเคราะห์การใช้สายพานลำเลียง ในงานขุดอุโมงค์สำหรับโครงการขนส่งที่เมืองดัลลัส รัฐเท็กซัส (อเมริกา) [Dallus Area Rapid Transit (DART) Project] เฟส NC - 1B พบว่าการใช้สายพานลำเลียงช่วยให้คนขับเครื่องเจาะอุโมงค์ (Tunnel boring machine, TBM) ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง สายพานที่ใช้มีความกว้าง 762 mm มีอัตราเร็ว 4.1 m/s ปริมาตรการลำเลียง 52 % ใช้ลูกกลิ้งรองรับสายพานทำมุมแอ่ง (Trough angle) 35 องศา ใช้สายพานแบบแกนผ้า 3 ชั้น มีอัตรารับแรงดึง 140 kN/m ต่อเชื่อมสายพานแบบเครื่องกล ลักษณะเป็นประกับและขอยึด ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง ขนาด 149 kW จำนวน 4 ชุด จากการวิเคราะห์พบว่าแรงดึงสายพานมีการเปลี่ยนแปลงตามตำแหน่งต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.9 โดยให้สายพานรับแรงดึงไม่เกิน 750 ปอนด์ต่อความกว้างนิ้ว (Pound per inch unit, PIU )



| Tension | Max. | Min. | Average |
|---------|------|------|---------|
| PIU     | 699  | 215  | 341     |
| % rate  | 93   | 29   | 45      |

(PIU = Pound per inch unit)

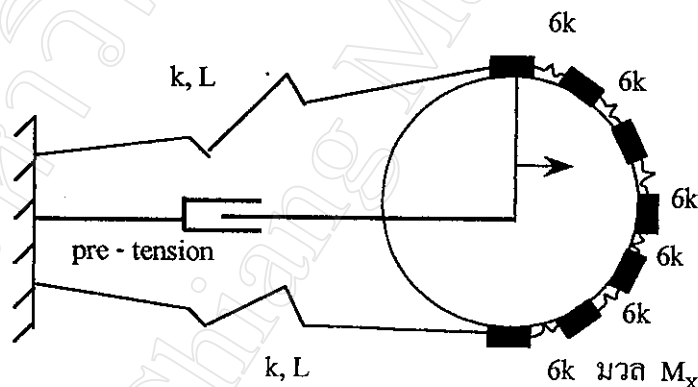
รูปที่ 1.9 Preliminary conveyor layout and tension rate of DART conveyor  
(Ganey and Alspaugh, 1995)

- 1.2.2 Goldbeck and Marti (1996) นำเสนอการกำจัดฝุ่นละออง 3 แบบคือ การปิดระบบให้ดี, การฉีดพ่นน้ำระงับฝุ่นละออง และการดูดเก็บฝุ่นละออง โดยแนะนำว่าควรใช้ทั้ง 3 แบบร่วมกัน การใช้น้ำฉีดพ่นไม่ควรใช้ปริมาณมากและแรงดันสูงเกินไปเพราะจะผลัดให้ฝุ่นละอองฟุ้งออก ปริมาณน้ำที่ใช้จะมีประมาณ 0.5 - 4 % ของความชื้นที่เพิ่มขึ้นในวัสดุ ส่วนการพ่นน้ำเป็นหมอก จะเพิ่มความชื้นในวัสดุน้อยกว่า 0.1 %

- 1.2.3 Handali (1990) ได้วิเคราะห์การใช้งานสายพานลำเลียง โดยสรุปว่าประสิทธิภาพของระบบ จะมี ผลสำคัญจากระยะติดตั้งลูกกลิ้ง (Idler spacing) เนื่องจากระยะการติดตั้งที่น้อยทำให้ ใช้จำนวนลูกกลิ้งรองรับมาก ส่งผลให้มีความเสียดทานของลูกกลิ้งมากขึ้น และต้องการ กำลังขับมากขึ้น
- 1.2.4 Harrison (1998) ได้วิเคราะห์การขับสายพานลำเลียง โดยการจำลองการขับสายพานซึ่งแทน ด้วยมวล,  $M_x$  และสปริง (ค่าคงที่ของสปริงเท่ากับ  $k$  และ  $6k$  ดังรูปที่ 1.10) เพื่อวิเคราะห์ค่า สัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ผิวมู่เล่และสายพาน, สมการการขับสายพานโดยทั่วไปคือ  $T_1/T_2 = e^{\mu\alpha}$  ซึ่งการขับสายพาน ต้องการให้  $T_1/T_2 < e^{\mu\alpha}$  ค่า  $\mu$  ของผิวมู่เล่กับสายพาน โดยทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 0.25 ถึง 0.35 ขึ้นอยู่กับสภาพของมู่เล่ (ถ้าเป็นมู่เล่ที่ผิวเป็นเหล็ก ค่า  $\mu$  จะมีค่าน้อย ถ้ามู่เล่หุ้มด้วยยางหรือเซรามิก ค่า  $\mu$  จะมาก) แต่ค่า  $\mu$  ที่แท้จริงจะมีค่า ระหว่าง 0.7 ถึง 1.2 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าที่ใช้งานมาก A.Harrison ได้ทดสอบพบว่า ค่า  $\mu$  สำหรับการขับสายพานมีค่าตามสมการดังนี้

$$\mu = 1 - 0.006K - e^{-K/8} \quad \text{โดยที่ } K = T_1/T_2$$

ซึ่งจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ใช้งานมีค่าน้อยกว่าค่าที่แท้จริง



รูปที่ 1.10 แสดงวิธีทดสอบการขับสายพาน (Harrison, 1998)

- 1.2.5 Karanth et al. (1994) ได้ทดลองวัด การครีพ (Creep) ของสายพานลำเลียงซึ่งเกิดที่มู่เล่ขับ โดยวิธีตรวจจับแสงสะท้อนของวัตถุที่ติดกับสายพาน

$$\text{Creep} = (v_1 - v_2)/v_1 \quad \text{โดยที่ } v_1 = \text{ความเร็วของสายพานขณะที่เข้าสู่}$$

มู่เล่ขับ,  $v_2$  = ความเร็วของสายพานขณะที่ออกจากมู่เล่ขับ

จากการทดลองพบว่าขณะที่ไม่มีภาระจะเกิดการครีพน้อยมาก แต่ขณะที่มีภาระจะ มีการครีพเกิดขึ้น [คำนวณได้เท่ากับ 0.3930885 %; ความเร็วสายพานที่เข้าสู่มู่เล่,  $v_1$  =

0.3806626 m/s; ความเร็วสายพานที่ออกจากมู่เล่,  $v_2 = 0.379166$  m/s ; ความกว้างสายพาน (belt width) = 400 mm; ขนาดของมู่เล่ (pulley dia.) = 350 mm] โดยความเร็วสายพานขณะที่ออกจากมู่เล่มีค่าน้อยกว่าความเร็วขณะที่เข้าสู่มู่เล่เนื่องจากสายพานมีการยืดตัวขณะที่เข้าสู่มู่เล่ แล้วหดตัวขณะที่ออกจากมู่เล่

- 1.2.6 Page et al. (1994) เสนอบทความการออกแบบและติดตั้งสายพานลำเลียงที่มีรัศมีโค้งตามแนวระดับสำหรับโรงงานถ่านหินของ Amcoal's Landau Colliery โดยมีการออกแบบและจำลองการทำงานตามรายละเอียดดังนี้
- การออกแบบขั้นต้น

สายพานลำเลียง : St 850 มีความกว้าง 1,050 mm ความเร็ว 3.57 m/s, ความยาว 3.2 km, มีรัศมีโค้งตามแนวระดับ (2 จุด) เท่ากับ 1,330 m และ 1,350 m

อัตราการลำเลียง : 1,000 ton/hr

ชุดขับ : Induction motor with fluid coupling, primary 2x132 kW, secondary 1x132 kW

แรงดึงสายพาน :  $T_1 = 107$  kN,  $T_2 = 14$  kN,  $T_E = 93$  kN,  $T_S = 8$  kN (min. tension)

ชุดดึงปรับสายพาน : แบบน้ำหนักรถ

กำลังขับสายพานที่ต้องการ : สายพานเปล่า 170 kW, สายพานมีการะเดิมที่ 331 kW

การแก้ปัญหาจากการจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์

แรงดึงสายพาน 14 kN มีค่าไม่พอทำให้สลีป ได้เพิ่มเป็น 20 kN ส่วนเวลาเริ่มเดินเครื่อง 38 s พบว่าทำให้เกิดแรงดึงสายพานมาก และแรงดึงลดลงเมื่อเพิ่มเวลาการเริ่มเดินเครื่องเป็น 120 s มีการจำกัดแรงบิดสูงสุดไม่ให้เกินขีดจำกัดของมอเตอร์ โดยควบคุมอัตราการไหลของน้ำมันเข้าสู่คัปปลิง ซึ่งทำให้ยืดเวลาการเริ่มเดินเครื่องด้วย เมื่อหยุดสายพานลำเลียงจะเกิดแรงดึงมีค่าเป็นลบทางด้านที่สายพานรองรับวัสดุ เพื่อแก้ปัญหาได้เพิ่มแรงดึงปรับเป็น 30 kN และติดตั้งล้อเหยียงเพิ่มแรงเฉื่อยที่ชุดขับ รวมทั้งไม่ใช้เบรกทางด้านท้ายสายพานลำเลียง ทำให้สายพานหยุดได้นิ่มนวลขึ้น และลดการเคลื่อนที่ของชุดดึงปรับจากที่คาดการณ์เดิม 4 m เป็น 1.3 m

ผลการทดสอบการทำงาน

ขณะเริ่มเดินเครื่องกำลังขับของมอเตอร์ทั้ง 3 ตัว เกือบเท่ากัน ที่ภาระ 100 % วัดได้ 92, 97 และ 94 kW และวัดความเร็วรอบคัปปลิงพบว่าเกิดการสลีป 3 % , เวลาการเริ่มเดินเครื่องวัดได้ 65 s, เวลาการหยุดวัดได้ 44 s น้อยกว่าที่กำหนดไว้โดยไม่เกิดปัญหาใดๆ

- 1.2.7 Rappen (1994) เสนอบทความการกำจัดฝุ่นละอองในระบบขนส่งวัสดุโดยวิเคราะห์การใช้ระบบกำจัดฝุ่นละออง 3 แบบเปรียบเทียบกัน ได้แก่การใช้วิธีดูดฝุ่นผ่านผ้ากรอง (Suction

filter), การใช้น้ำผสมสารเคมีฉีดพ่นเพื่อระงับฝุ่นละออง (Water spraying Tenside) และวิธีการพ่นน้ำเป็นหมอก (Water fogging) โดยสรุปว่าการพ่นน้ำเป็นหมอกจะใช้ได้ดีที่สุด รายละเอียดตามตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 การเปรียบเทียบวิธีการกำจัดฝุ่นละออง โดยใช้ระบบการให้คะแนน (1 - 5) (Rappen, 1994)

| Criterion                                                | Suction filter |       | Water spraying<br>Tenside |       | Water<br>fogging |       |
|----------------------------------------------------------|----------------|-------|---------------------------|-------|------------------|-------|
|                                                          | value          | point | value                     | point | value            | point |
| Investment cost                                          | 5              | 1     | 2                         | 2     | 2 - 3            | 3 - 4 |
| Mounting/encapsulation effort                            | 5              | 1     | 2                         | 5     | 2 - 3            | 3 - 4 |
| Operation costs                                          | 4              | 2     | 5                         | 1     | 1                | 5     |
| Energy costs                                             | 4              | 2     | 5                         | 1     | 1                | 5     |
| Technical reliability *                                  | 2              | 2     | 3                         | 3     | 5                | 5     |
| Efficiency, dedusting effect *                           | 4 - 5          | 1 - 2 | 2                         | 4     | 5                | 5     |
| Treatment of residual material/<br>Recycling problems    | 5              | 1     | 3                         | 3     | 1                | 5     |
| Maintenance/wearing                                      | 5              | 1     | 3                         | 3     | 1                | 5     |
| Acceptance by operators *                                | 3              | 3     | 1                         | 1     | 4                | 4 - 5 |
| Acceptance by supervising<br>authorities *               | 4 - 5          | 4 - 5 | -                         | -     | 3                | 3     |
| Point summation                                          |                | 19    |                           | 23    |                  | 44.5  |
| Average                                                  |                | 1.9   |                           | 2.3   |                  | 4.4   |
| Total evaluation                                         | Low value      |       | Low/medium<br>value       |       | High value       |       |
| * positive features                                      |                |       |                           |       |                  |       |
| Evaluation : 1 = low/little , 3 = medium , 5 = high/good |                |       |                           |       |                  |       |

1.2.8 Roberts (1994) ได้วิเคราะห์ความคุ้มค่าสำหรับการใช้งานสายพานลำเลียง โดยอ้างอิงค่าใช้จ่ายในปี ค.ศ. 1985 และคิดว่าค่าใช้จ่ายในปัจจุบันจะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน

ถ้าพิจารณาความกว้างของสายพานลำเลียงเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่คิดต่อปีของการใช้งานสายพานลำเลียง พบว่าสายพานลำเลียงที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ มีความกว้างระหว่าง 0.6 - 1.2 m มีความเร็ว 2 - 6 m/s (คิดกับสายพานลำเลียง ที่มีความยาว 5 km, วัสดุที่ลำเลียงมีความหนาแน่น 0.85 ton/m<sup>3</sup>) ถ้าพิจารณาความยาวของสายพานลำเลียงเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายต่อปีของการใช้งานสายพานลำเลียง จะพบว่าสายพานลำเลียงที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ มีความยาวระหว่าง 0.7 - 1.2 km

- 1.2.9 Sheiretov (1995) ได้วิเคราะห์ผลของความไม่ยืดหยุ่น (rigidity) ของสายพานที่มีต่อมุมสัมผัสของมู่เล่ขับเคลื่อนโดยหาสมการของค่ามุมที่ลดลง ( $\theta_k$ ) เทียบกับมุมทางทฤษฎี หากสายพานมีความยืดหยุ่นอย่างสมบูรณ์ (Elastic modulus,  $E \rightarrow 0$ ) มุมสัมผัสจะเทียบเท่ากับทางทฤษฎี แต่ถ้าสายพานมีความไม่ยืดหยุ่นมากขึ้น [ค่า elastic modulus,  $E$  หรือ ค่า moment of inertia,  $J$  เพิ่มขึ้น ( $J = Bh_r^3/12$ )] และรัศมีของมู่เล่ขับเคลื่อนมีขนาดเล็กลง มุมสัมผัสที่ได้จริงจะน้อยกว่าที่ได้ตามทฤษฎี นอกจากนั้นค่าแรงดึงสายพานจะมีผลกับมุมสัมผัสด้วย แรงดึงสายพานที่มากขึ้นจะทำให้มุมสัมผัสมีค่าใกล้เคียงกับค่าทางทฤษฎีมากขึ้น ตัวอย่างค่าที่ได้แสดงตามตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 แสดงค่ามุมสัมผัสที่ลดลงของมู่เล่ขับเคลื่อนสายพาน (Sheiretov, 1995)

| R (m) | E (Pa)          | B (m) | $h_r$ (m) | T (N)  | $\theta_k$  |
|-------|-----------------|-------|-----------|--------|-------------|
| 0.3   | $5 \times 10^8$ | 0.8   | 0.01      | 26,400 | 6.8 - 8.1   |
| 0.6   | $1 \times 10^8$ | 1     | 0.02      | 3,800  | 12.6 - 15.1 |
| 0.6   | $1 \times 10^8$ | 1     | 0.02      | 13,200 | 6.8 - 8.1   |
| 0.6   | $5 \times 10^8$ | 0.8   | 0.01      | 20,000 | 3.9 - 4.66  |
| 0.9   | $1 \times 10^8$ | 1     | 0.03      | 19,800 | 6.8 - 8.1   |

- 1.2.10 Singh (1994) วิเคราะห์ระบบการขับเคลื่อนสายพานลำเลียงที่มีประสิทธิภาพและประหยัด สำหรับสายพานลำเลียงที่มีความยาวมาก โดยพิจารณาให้เกิดแรงดึงสายพานที่มีค่าน้อยที่สุด ทำให้ใช้ค่าความปลอดภัยสำหรับสายพานน้อยลง ส่งผลให้สายพานมีขนาดเล็กลง มีน้ำหนักน้อยลง การใช้อุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งโครงสร้างที่มีขนาดเล็กลง

รูปแบบการเริ่มเดินเครื่องสายพานลำเลียง

ขณะเริ่มเดินเครื่องจะพยายามลดแรงจากการเร่ง โดยให้ความเร่งมีลักษณะเป็นเชิงเส้น

- Harrison (1987) แนะนำรูปแบบความเร็วขณะเริ่มเดินเครื่องสายพานลำเลียงดังนี้

$$v(t) = (v/2)(1 - \cos(\pi/t_A)t) \quad ; 0 \leq t \leq t_A$$

- Nordell (1987) แนะนำรูปแบบความเร็วขณะเริ่มเดินเครื่องสายพานลำเลียงดังนี้

$$v(t) = (v)[t^2/(t_A)^2] \quad ; 0 \leq t \leq t_A/2$$

$$v(t) = (v)[-1 + 4t/t_A - 2t^2/(t_A)^2] \quad ; t_A/2 \leq t \leq t_A$$

สำหรับสายพานลำเลียงที่ยาวกว่า 2 - 3 กิโลเมตร อาจให้เวลาการเริ่มเดินเครื่องประมาณ 1 นาทีต่อความยาว 1 กิโลเมตร ซึ่งอาจใช้เวลาเกินความจำเป็นไปบ้าง  
รูปแบบการหยุด

การหยุดเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและควบคุมได้ยากกว่าการเริ่มเดินเครื่อง Nordell and Ciozada (1984) พบว่าสายพานมีความเครียดภายในขณะหยุดมากกว่าขณะเริ่มเดินเครื่อง ดังนั้นเพื่อลดความเครียดนี้ ควรหลีกเลี่ยงการหยุดสายพานลำเลียงอย่างกะทันหัน และอาจยืดการหยุดให้ยาวนานขึ้น

สิ่งที่ต้องพิจารณาอื่นๆ สำหรับการขับสายพานลำเลียง

เพื่อให้เกิดความตึงเครียดน้อยที่สุด ควรให้มอเตอร์เริ่มเดินเครื่องที่ภาวะไม่มีภาระ เพื่อให้เวลาที่มอเตอร์ใช้กระแสไฟฟ้ามากมีระยะสั้นที่สุด (มอเตอร์ที่ชำรุดมีสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากการเสียหายของฉนวนที่เสื่อมสภาพจากการใช้กระแสไฟฟ้าสูง)

- 1.2.11 Singh and Elliott (1995) ได้วิเคราะห์การออกแบบสายพานลำเลียงที่ใช้งานในเหมืองถ่านหินใต้ดินชื่อ Gordonstone ตั้งอยู่ใกล้กับ Emerald in central Queensland Bowen Basin ผู้เป็นเจ้าของคือ Gordonstone Coal Management Pty. Ltd. ซึ่งถือหุ้นโดย ARCO Coal Australia Inc. 50% , ARCO Resources Limited 30%, Mitsui Gordonstone Investment Pty. Ltd. 15% และ MLC Coal Investment Pty. Ltd. 5% บ่อเหมืองมีปริมาณถ่านหินที่สำรวจได้มากกว่า 200 ล้านตัน ปี 1993 ผลิตถ่านหินได้ 1.5 ล้านตัน (raw coal) คิดเป็น 4,200 ตันต่อคนต่อปี แต่ปี 1994 ผลิตได้มากถึง 4 ล้านตัน คิดเป็น 8,700 ตันต่อคนต่อปี ระบบสายพานลำเลียงใต้ดินที่มีอยู่เริ่มแรกเดิมใช้งานจนถึงกลางปี 1994 โดยมีการออกแบบติดตั้งแยกส่วนกันตามที่กำหนดดังนี้

- สายพาน
- ลูกกลิ้งและ โครงสร้าง
- ชุดขับและมู่เก้
- ชุดปรับแรงดึงสายพาน (Take - up winch)
- ชุดควบคุม

แต่เมื่อใช้งานจริงพบปัญหาในการใช้งานมาก ทำให้สูญเสียการผลิตและเกิดการชำรุด โดยปัญหาที่พบคือ การควบคุมแรงดึงสายพานขณะเริ่มเดินเครื่อง ชุดดึงปรับไม่อาจรับการเปลี่ยนแปลงแรงดึงสายพานได้ทำให้สลิป ต่อมาได้มีการออกแบบและติดตั้งสาย

พานชุดที่ 2 ขึ้นโดยมีการออกแบบและติดตั้งรวมกัน ข้อมูลทางเทคนิคของสายพานลำเลียงทั้ง 2 เส้นตามตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 ข้อมูลทางเทคนิคของสายพานลำเลียงที่เหมือง Gordonstone  
(Singh and Elliott, 1995)

| Data                                  | Conveyor CV201    | Conveyor CV202    |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Capacity, ton/hr                      | 3,000             | 3,000             |
| Belt speed, m/s                       | 3.95              | 3.95              |
| Max. conveyor length, m               | 2,595             | 3,400             |
| Total lift, m                         | 39                | -                 |
| Number of booster stations            | 1                 | 2                 |
| Belt specification                    | solid woven 8,000 | solid woven 8,000 |
| Head drives                           | 3 x 250 kW        | 3 x 250 kW        |
| Booster drives (each booster station) | 2 x 250 kW        | 2 x 250 kW        |
| Drive pulley diameter, mm             | 900               | 900               |
| Belt storage in take - up, m          | 300               | 300               |

ผลการใช้งาน พบว่าสายพานลำเลียงทำงานได้ดี เมื่อวิเคราะห์เงินลงทุนและค่าการ  
ใช้งานเทียบกับสายพานลำเลียงชุดเดิมพบว่าสามารถประหยัดเงินได้ถึง 6 ล้านบาทตลอด  
ระยะเวลา 10 ปี จะเห็นว่าการออกแบบสายพานที่คิดรวมกันจะมีประสิทธิภาพมากกว่า

### 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.3.1 วิเคราะห์แรงดึงสายพาน โดยพิจารณาความสัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ปริมาณการลำเลียง, กำลังขับ, ผลจากการติดพันน้ำระจับฝุ่นละออง
- 1.3.2 วิเคราะห์แรงดึงสายพานที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน
- 1.3.3 ศึกษาเพื่อให้ทราบข้อเท็จจริงเกี่ยวกับสายพานลำเลียงมากขึ้น

#### 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

- 1.4.1 เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัย มาใช้เป็นแนวทางในการปรับสายพานให้ใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ มีอายุการใช้งานที่เหมาะสม และป้องกันความเสียหายจากการทำงานผิดปกติของสายพาน
- 1.4.2 เพื่อนำข้อมูลจากการวิจัยมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาเครื่องจักร รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้กับสายพานลำเลียงลูกในด
- 1.4.3 เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยมาใช้เป็นแนวทางในการซ่อมบำรุงรักษาสายพานลำเลียง
- 1.4.4 เพื่อให้เกิดความเข้าใจองค์ประกอบต่างๆ ของสายพานลำเลียงมากขึ้น

#### 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การทดสอบการทำงานสายพานลำเลียงที่เหมืองแม่เมาะ ใช้สายพานลำเลียง D1 ซึ่งทำงานกลับทางได้ ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 75 kW (เริ่มเดินเครื่องแบบไดเรคออนไลน์) ใช้ไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ 500 V ความถี่ 50 Hz ส่งกำลังผ่าน Fluid Coupling ทดรอบด้วยเกียร์ ปรับแรงดึงสายพานแบบขั้นเกลียว และทดสอบการทำงานที่แรงดึงปรับไม่เกิน 12 ton อัตราการลำเลียงไม่เกิน 1,750 ton/hr