



บทที่ 5

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

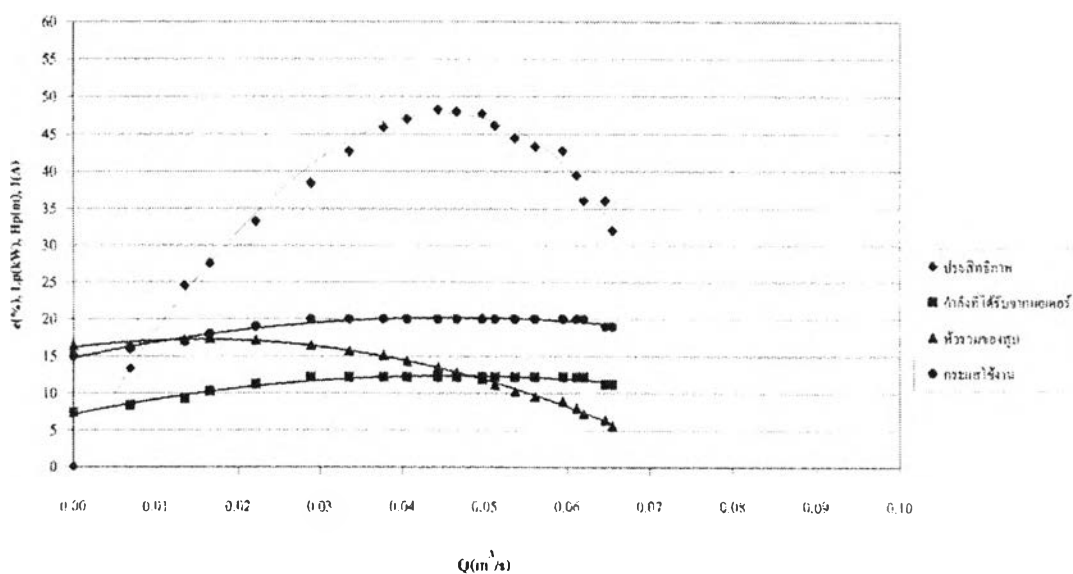
5.1 ผลการทดลอง

ผลการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน นั่นคือ

- ผลการทดลองสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบเป็น 15 องศา
- ผลการทดลองสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบเป็น 30 องศา
- ผลการทดลองสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบเป็น 45 องศา

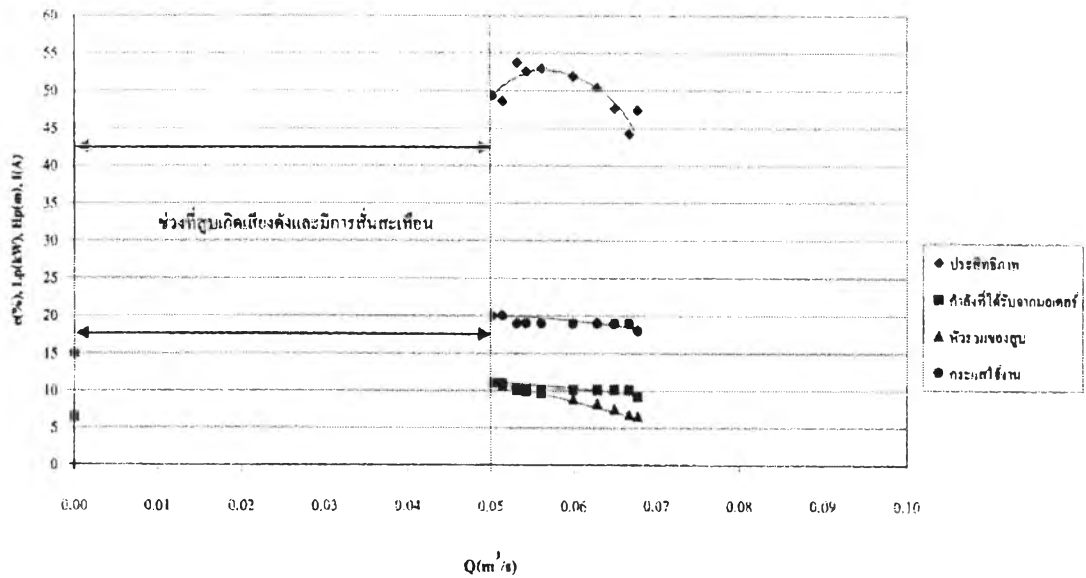
ในการทดลองได้ทำการกลึงกลีบใบออกจากทางด้านในเป็นชั้นๆละ 5 ม.ม. จำนวน 3 ครั้ง ซึ่งผลการทดลองที่ได้นำไปคำนวณตามหัวข้อที่ 4.4 และได้แสดงผลลัพธ์ออกมาในรูปของกราฟแสดงความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

5.1.1 สูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบเป็น 15 องศา



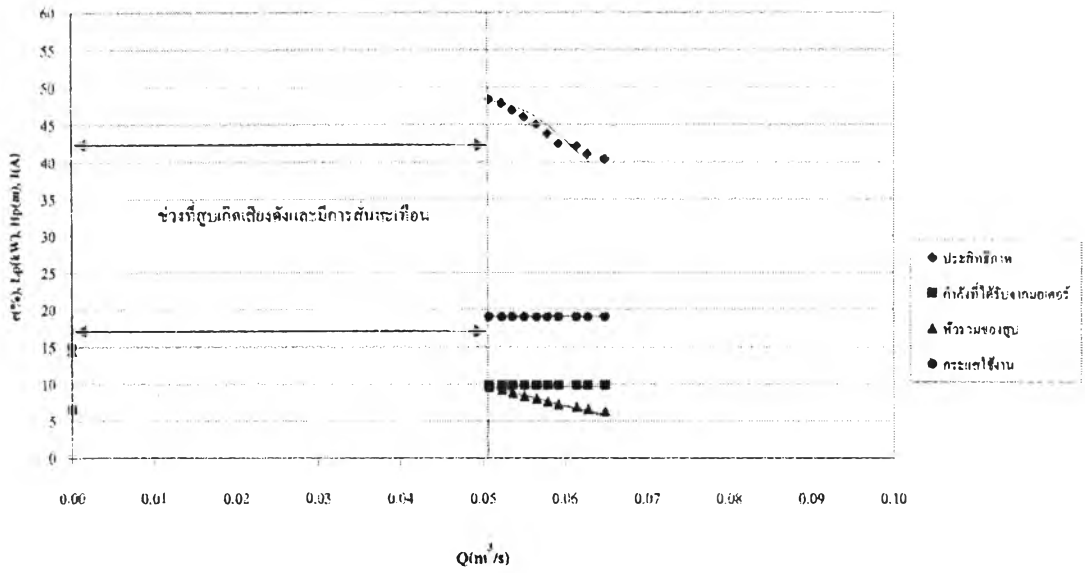
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงผลการทดลองของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบพัด 15 องศา

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.1 พบว่าที่จุดออกแบบหรือจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด(BEP) มีประสิทธิภาพ 47.5% กำลังที่ได้รับจากมอเตอร์ 12 kW หัวรวมของสูบ 13 m กระแสใช้งาน 20 A ที่อัตราการสูบ $0.045 \text{ m}^3/\text{s}$ โดยมีความเร็วจำเพาะ 348



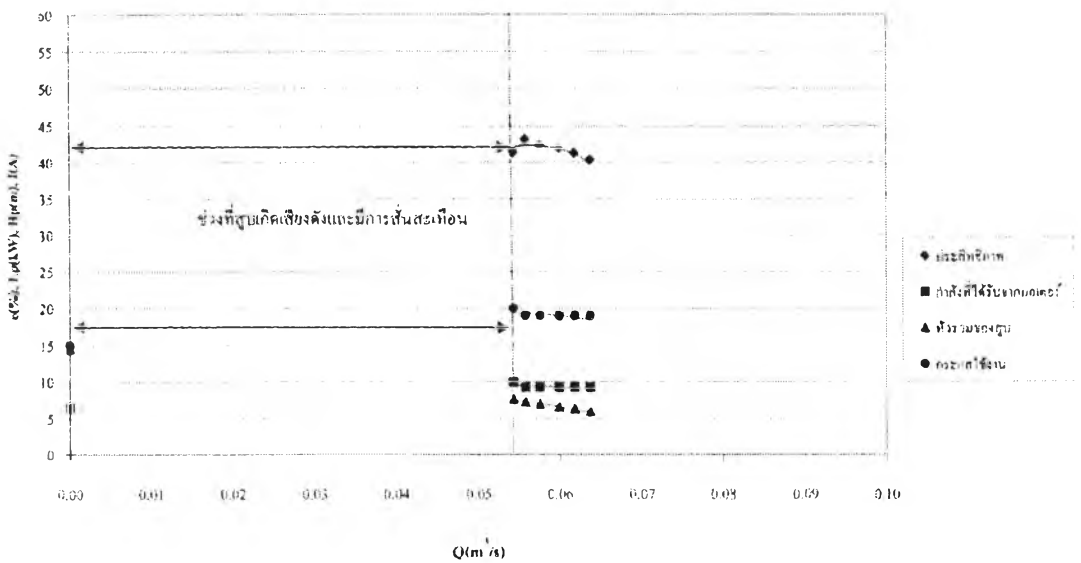
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงผลการทดลองของสูบที่มุมที่ทางออกของกลีบใบพัด 15 องศา(กลีบกลีบใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 5 ม.ม.)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.2 พบว่าที่จุดออกแบบหรือจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด(BEP) มีประสิทธิภาพ 53% กำลังที่ได้รับจากมอเตอร์ 11.25 kW หัวรวมของสูบ 9.75 m กระแสใช้งาน 20 A ที่อัตราการสูบ $0.057 \text{ m}^3/\text{s}$ โดยมีความเร็วจำเพาะ 486 และพบว่าสูบเกิดเสียงดังและมีการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงในช่วงเริ่มเปิดประตูน้ำและลดลงเมื่ออัตราการสูบเพิ่มขึ้น โดยเสียงและการสั่นสะเทือนจะหายไปที่อัตราการสูบ $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงผลการทดลองของสูบที่มุมที่ทางออกของกลีบใบพัด 15 องศา(กลีบกลีบใบออกจากทางด้านในเป็นระยะ 10 ม.ม)

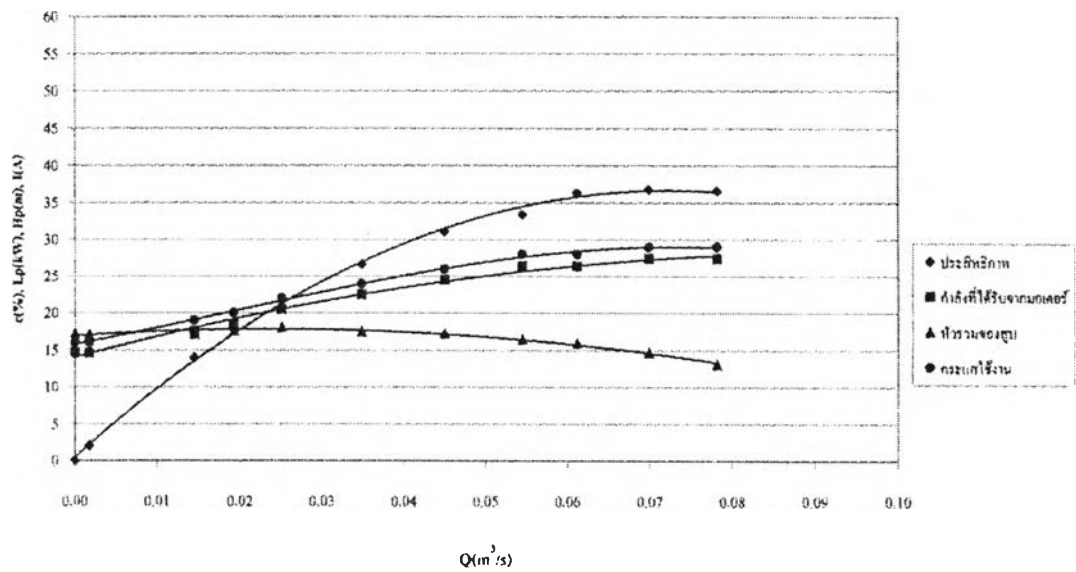
เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.3 พบว่าที่จุดออกแบบหรือจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด(BEP) มีประสิทธิภาพ 48.5% กำลังที่ได้รับจากมอเตอร์ 9.375 kW หัวรวมของสูบ 9.375 m กระแสใช้งาน 18.75 A ที่อัตราการสูบ 0.051 m³/s โดยมีความเร็วจำเพาะ 473.4 และพบว่าสูบเกิดเสียงดังและมีการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงในช่วงเริ่มเปิดประตูน้ำและลดลงเมื่ออัตราการสูบเพิ่มขึ้น โดยเสียงและการสั่นสะเทือนจะหายไปที่อัตราการสูบ 0.051 m³/s



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงผลการทดลองของสูบที่มุมที่ทางออกของกลีบใบพัด 15 องศา(กลีบกลีบใบออกจากด้านในเป็นระยะ 15 ม.ม.)

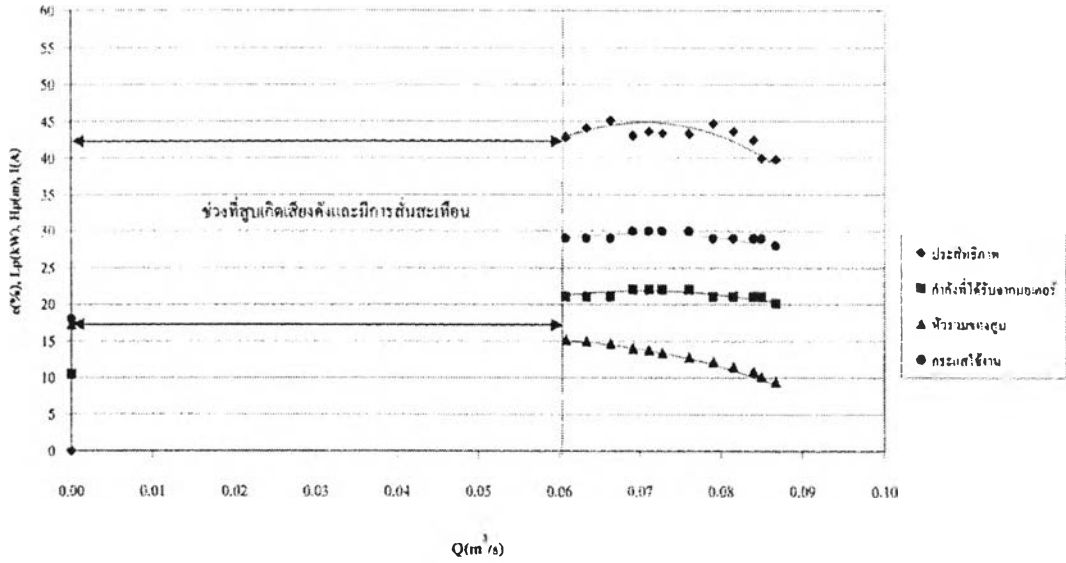
เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.4 พบว่าที่จุดออกแบบหรือจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด(BEP) มีประสิทธิภาพ 42.5% กำลังที่ได้รับจากมอเตอร์ 9.375 kW หัวรวมของสูบ 7.5 m กระแสใช้งาน 19.375 A ที่อัตราการสูบ 0.057 m³/s โดยมีความเร็วจำเพาะ 591.7 และพบว่าสูบเกิดเสียงดังและมีการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงในช่วงเริ่มเปิดประตูน้ำและลดลงเมื่ออัตราการสูบเพิ่มขึ้น โดยเสียงและการสั่นสะเทือนจะหายไปที่อัตราการสูบ 0.054 m³/s

5.1.2 สูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบเป็น 30 องศา



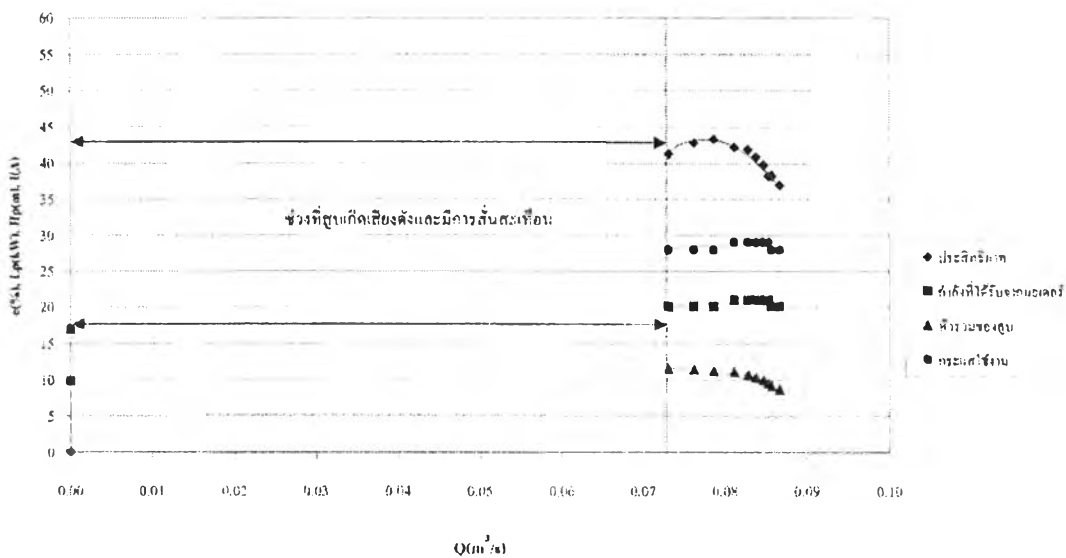
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงผลการทดลองของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบเป็น 30 องศา

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.5 พบว่าที่จุดออกแบบหรือจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด(BEP) มีประสิทธิภาพ 37% กำลังที่ได้รับจากมอเตอร์ 27.5 kW หัวรวมของสูบ 14.1 m กระแสใช้งาน 28.75 A ที่อัตราการสูบ 0.072 m³/s โดยมีความเร็วจำเพาะ 414.2



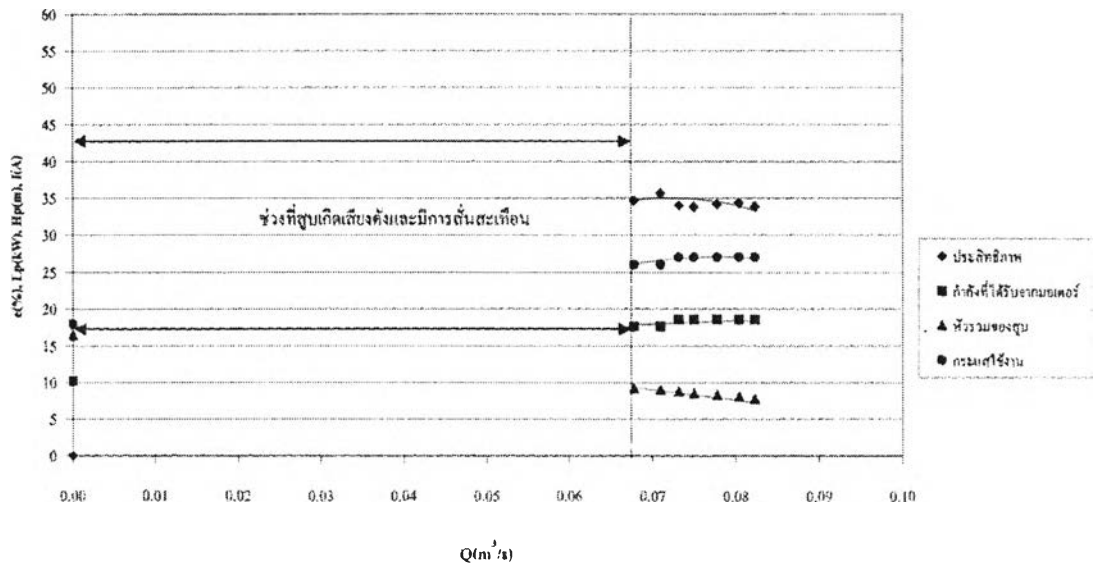
รูปที่ 5.6 กราฟแสดงผลการทดลองของสูบน้ำที่มุมที่ทางออกของกليبใบพัด 30 องศา(กลิ้งกليبใบออกจากด้านในเป็นระยะ 5 ม.ม.)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.6 พบว่าที่จุดออกแบบหรือจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด(BEP) มีประสิทธิภาพ 45% กำลังที่ได้รับจากมอเตอร์ 22.2 kW หัวรวมของสูบ 13.75 m กระแสใช้งาน 30 A ที่อัตราการสูบ 0.072 m³/s โดยมีความเร็วจำเพาะ 422.1 และพบว่าสูบเกิดเสียงดังและมีการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงในช่วงเริ่มเปิดประตูน้ำและลดลงเมื่ออัตราการสูบเพิ่มขึ้น โดยเสียงและการสั่นสะเทือนจะหายไปที่อัตราการสูบ 0.061 m³/s



รูปที่ 5.7 กราฟแสดงผลการทดลองของสูบน้ำที่มุมที่ทางออกของกليبใบพัด 30 องศา(กลิ้งกليبใบออกจากด้านในเป็นระยะ 10 ม.ม.)

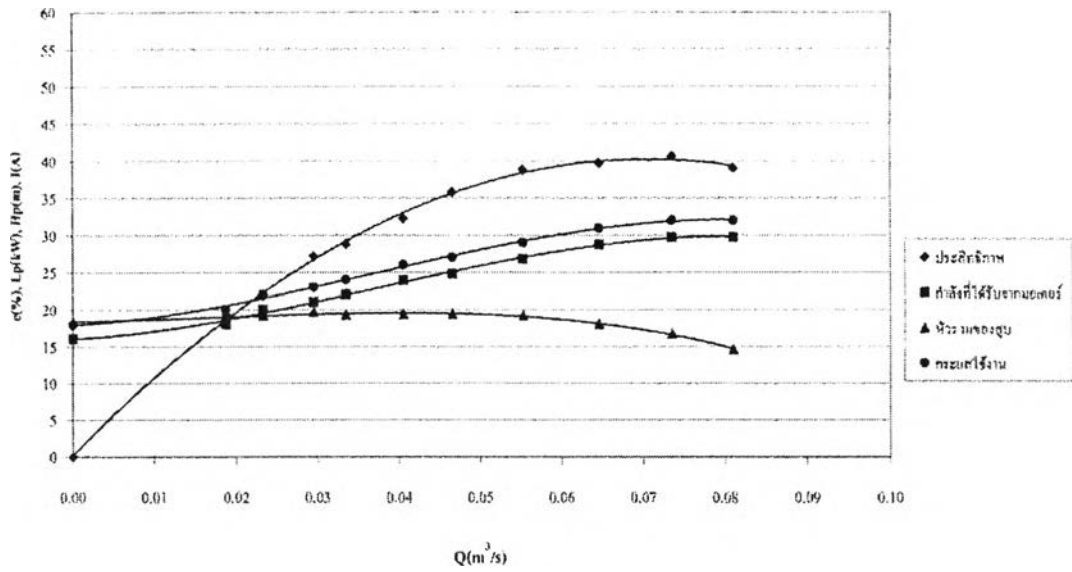
เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.7 พบว่าที่จุดออกแบบหรือจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด(BEP) มีประสิทธิภาพ 43.5% กำลังที่ได้รับจากมอเตอร์ 20.625 kW หัวรวมของสูบ 11.25 m กระแสใช้งาน 28.125 A ที่อัตราการสูบ 0.078 m³/s โดยมีความเร็วจำเพาะ 510.65 และพบว่าสูบเกิดเสียงดังและมีการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงในช่วงเริ่มเปิดประตูน้ำและลดลงเมื่ออัตราการสูบเพิ่มขึ้น โดยเสียงและการสั่นสะเทือนจะหายไปที่อัตราการสูบ 0.073 m³/s



รูปที่ 5.8 กราฟแสดงผลการทดลองของสูบที่มุมที่ทางออกของกليبใบพัด 30 องศา (กึ่งกليبใบออกจากด้านในเป็นระยะ 15 มม.)

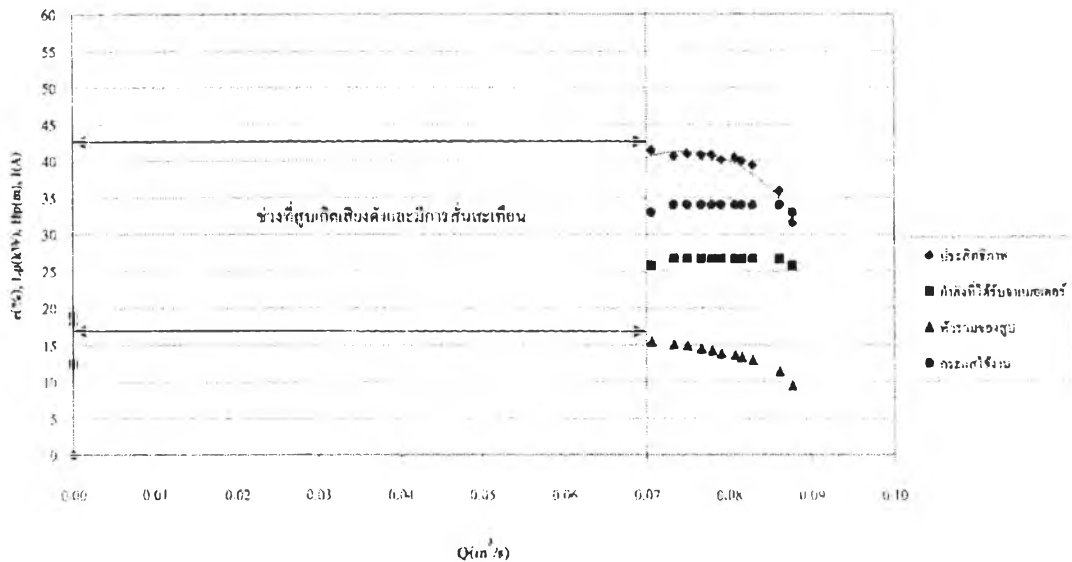
เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.8 พบว่าที่จุดออกแบบหรือจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด(BEP) มีประสิทธิภาพ 35% กำลังที่ได้รับจากมอเตอร์ 17.5 kW หัวรวมของสูบ 8.125 m กระแสใช้งาน 26.25 A ที่อัตราการสูบ 0.072 m³/s โดยมีความเร็วจำเพาะ 626.2 และพบว่าสูบเกิดเสียงดังและมีการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงในช่วงเริ่มเปิดประตูน้ำและลดลงเมื่ออัตราการสูบเพิ่มขึ้น โดยเสียงและการสั่นสะเทือนจะหายไปที่อัตราการสูบ 0.068 m³/s

5.1.3 สูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบเป็น 45 องศา



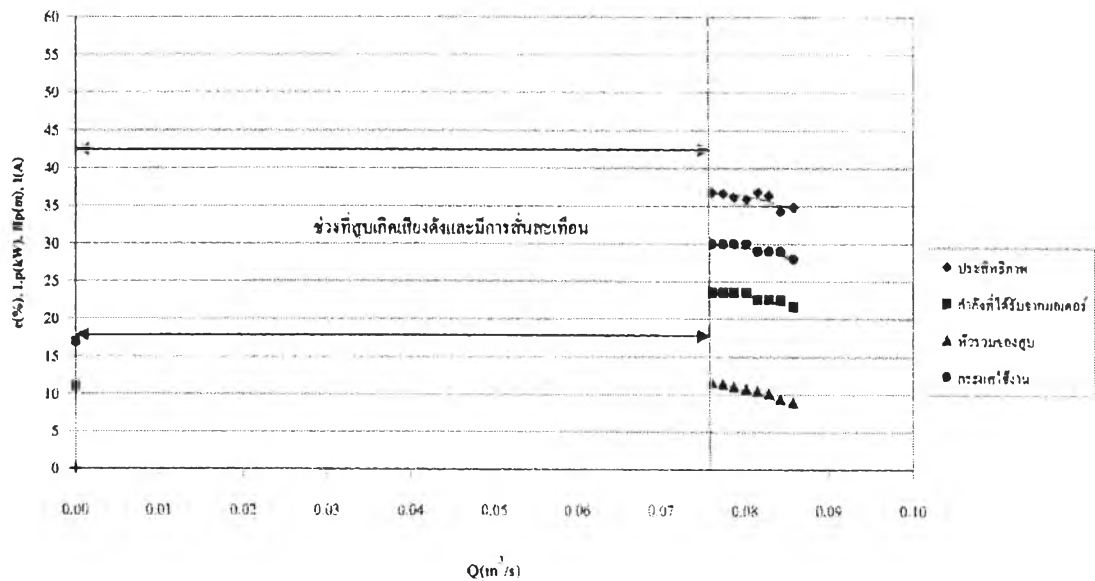
รูปที่ 5.9 กราฟแสดงผลการทดลองของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบพัด 45 องศา

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.9 พบว่าที่จุดออกแบบหรือจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด(BEP) มีประสิทธิภาพ 40% กำลังที่ได้รับจากมอเตอร์ 28.75 kW หัวรวมของสูบ 17.5 m กระแสใช้งาน 31.25 A ที่อัตราการสูบ 0.07 m³/s โดยมีความเร็วจำเพาะ 347.31



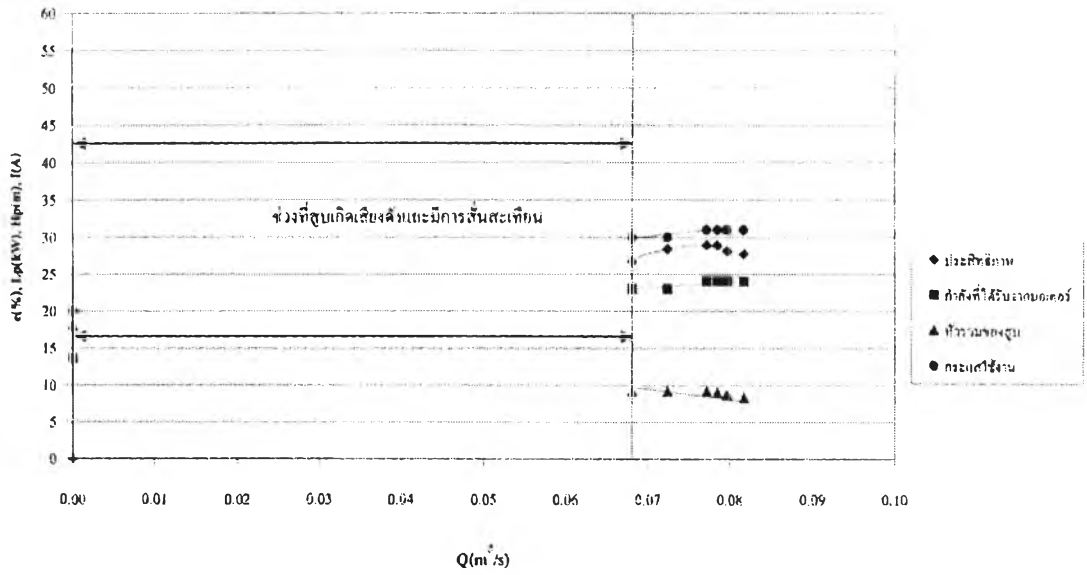
รูปที่ 5.10 กราฟแสดงผลการทดลองของสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบพัด 45 องศา(กลิ้งกลีบใบออกจากด้านในเป็นระยะ 5 ม.ม.)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.10 พบว่าที่จุดออกแบบหรือจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด(BEP) มีประสิทธิภาพ 41.5% กำลังที่ได้รับจากมอเตอร์ 26.875 kW หัวรวมของสูบ 14.375 m กระแสใช้งาน 33.75 A ที่อัตราการสูบ 0.075 m³/s โดยมีความเร็วจำเพาะ 416.65 และพบว่าสูบเกิดเสียงดังและมีการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงในช่วงเริ่มเปิดประตูน้ำและลดลงเมื่ออัตราการสูบเพิ่มขึ้น โดยเสียงและการสั่นสะเทือนจะหายไปที่อัตราการสูบ 0.07 m³/s



รูปที่ 5.11 กราฟแสดงผลการทดลองของสูบที่มุมที่ทางออกของกليبใบพัด 45 องศา (กึ่งกليبใบออกจากด้านในเป็นระยะ 10 มม.)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.11 พบว่าที่จุดออกแบบหรือจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด(BEP) มีประสิทธิภาพ 36.5% กำลังที่ได้รับจากมอเตอร์ 23.125 kW หัวรวมของสูบ 11.25 m กระแสใช้งาน 30 A ที่อัตราการสูบ 0.077 m³/s โดยมีความเร็วจำเพาะ 507.37 และพบว่าสูบเกิดเสียงดังและมีการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงในช่วงเริ่มเปิดประตูน้ำและลดลงเมื่ออัตราการสูบเพิ่มขึ้น โดยเสียงและการสั่นสะเทือนจะหายไปที่อัตราการสูบ 0.076 m³/s



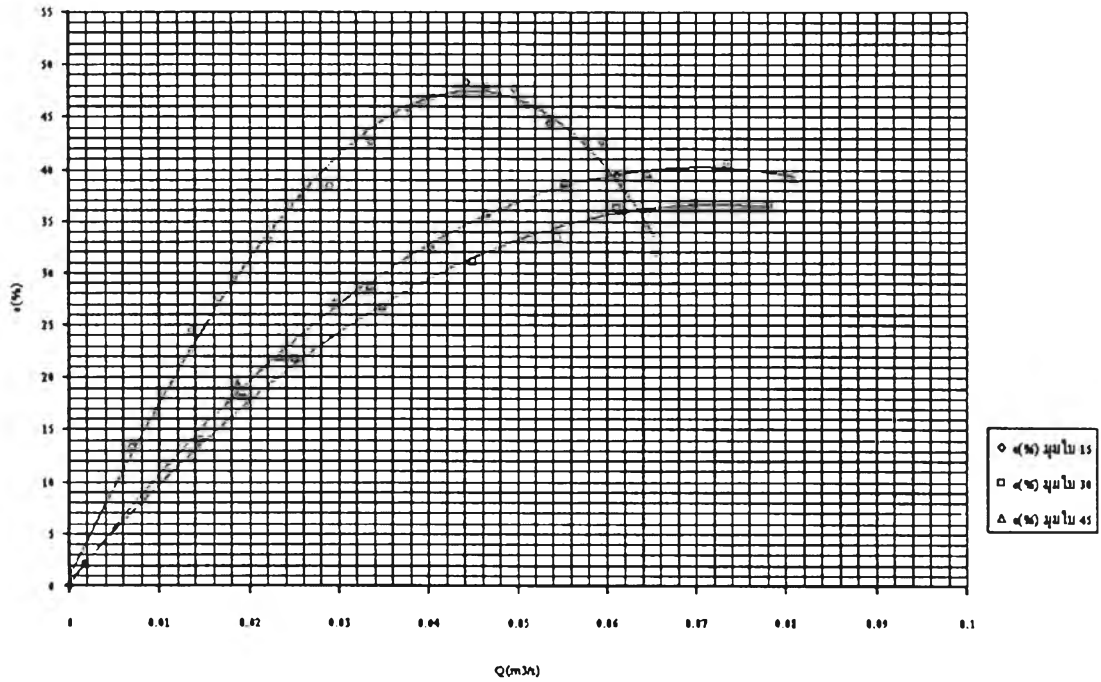
รูปที่ 5.12 กราฟแสดงผลการทดลองของสูบที่มุมที่ทางออกของกลีบใบพัด 45 องศา(กลีบกลีบใบออกจากด้านในเป็นระยะ 15 ม.ม.)

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.12 พบว่าที่จุดออกแบบหรือจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด(BEP) มีประสิทธิภาพ 29% กำลังที่ได้รับจากมอเตอร์ 23.44 kW หัวรวมของสูบ 8.44 m กระแสใช้งาน 30.625 A ที่อัตราการสูบ 0.076 m³/s โดยมีความเร็วจำเพาะ 625.31 และพบว่าสูบเกิดเสียงดังและมีการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงในช่วงเริ่มเปิดประตูน้ำและลดลงเมื่ออัตราการสูบเพิ่มขึ้น โดยเสียงและการสั่นสะเทือนจะหายไปที่อัตราการสูบ 0.068 m³/s

5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

นำผลการทดลองที่ได้มาทำการเปรียบเทียบเพื่อหาแนวโน้มของประสิทธิภาพและหัวรวมของสูบของใบพัดแต่ละใบ โดยแสดงออกมาในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพและหัวรวมของสูบกับอัตราการสูบของใบพัดขณะที่ยังไม่ได้มีการกลีบใบออกจากด้านในและเมื่อมีการกลีบใบออกแล้วดังนี้

5.2.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสูบของใบพัดทั้ง 3 ใบ

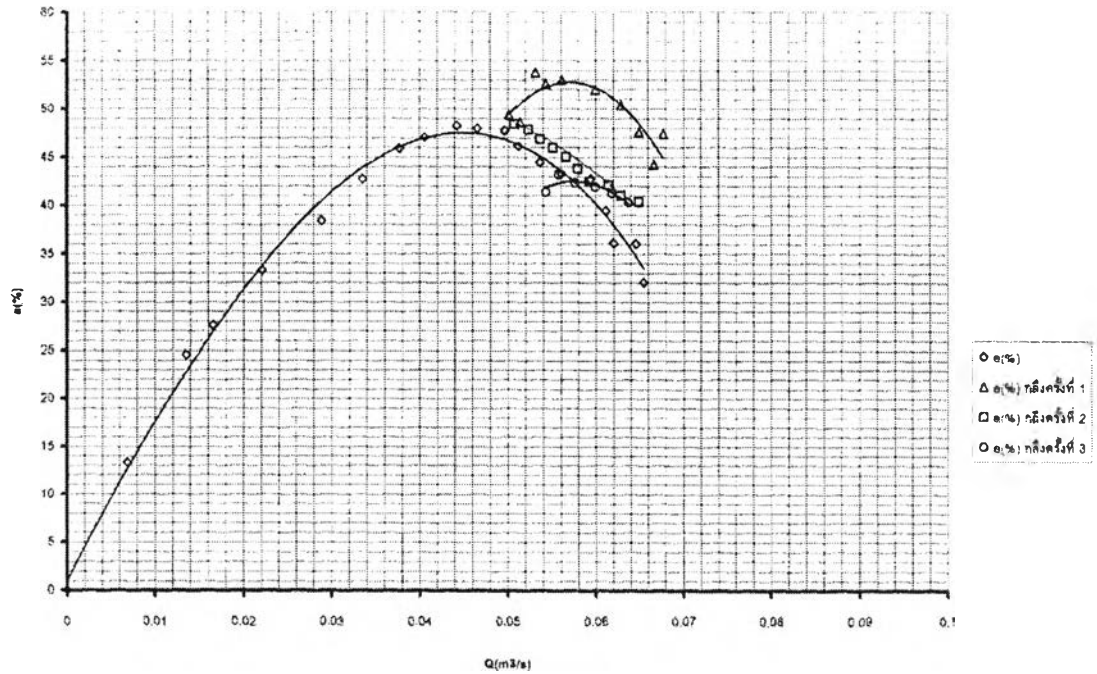


รูปที่ 5.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของสูบของใบพัดทั้ง 3 เมื่อยังไม่ได้กลึง ด้านในออกกับอัตราการสูบ

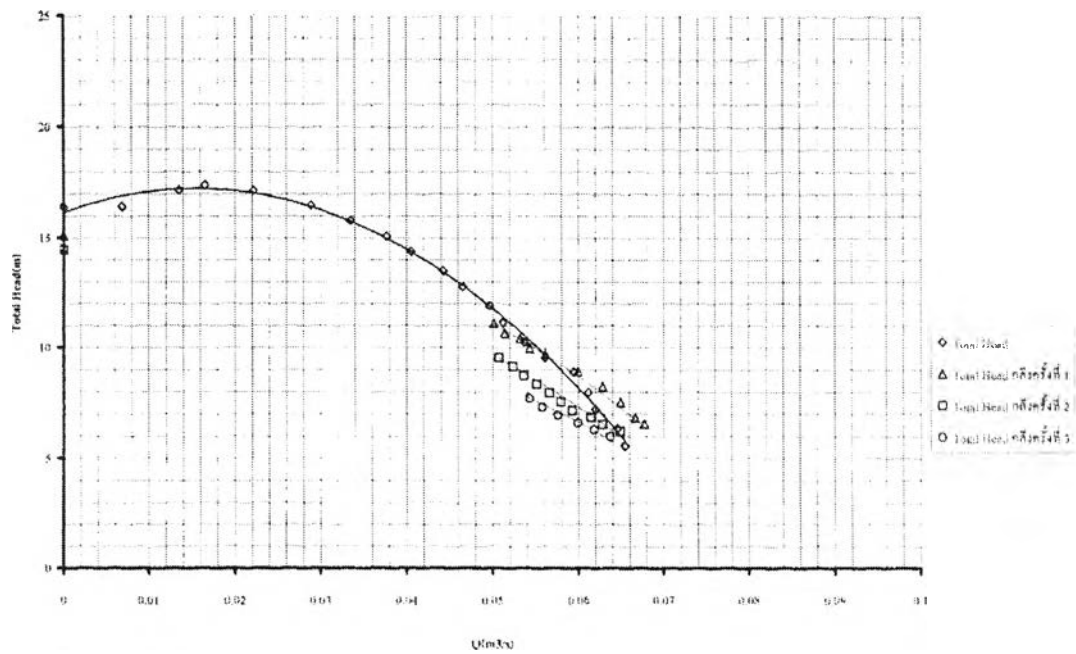
เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.13 พบว่าสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 15 องศาให้ประสิทธิภาพสูงที่สุดคือ 47.5 % โดยมีอัตราการสูบ ณ จุดออกแบบ 0.045 m³/s ซึ่งสูงกว่าสูบที่มีมุมที่ทางออกของกลีบใบ 30 กับ 45 องศา ที่มีประสิทธิภาพ 37% และ 40 % ที่อัตราการสูบ 0.072 m³/s และ 0.07 m³/s ตามลำดับ

5.2.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพและหัวรวมของสูบ

5.2.2.1 มุมที่ทางออกของก๊ลิบใบ 15 องศา

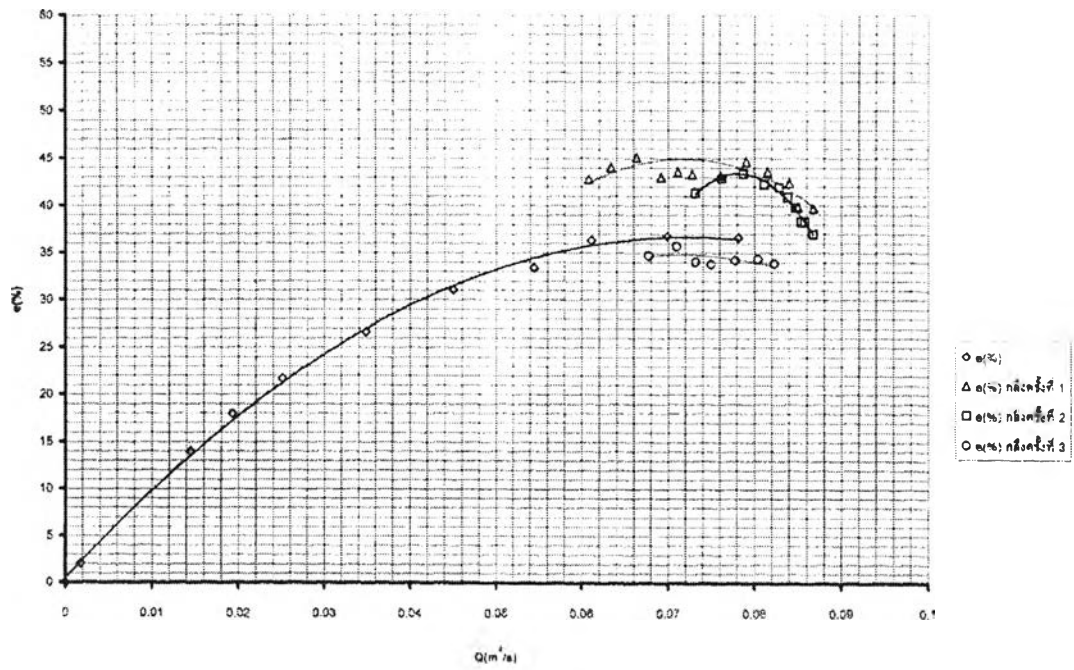


รูปที่ 5.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับอัตราการสูบที่มุมใบ 15 องศา

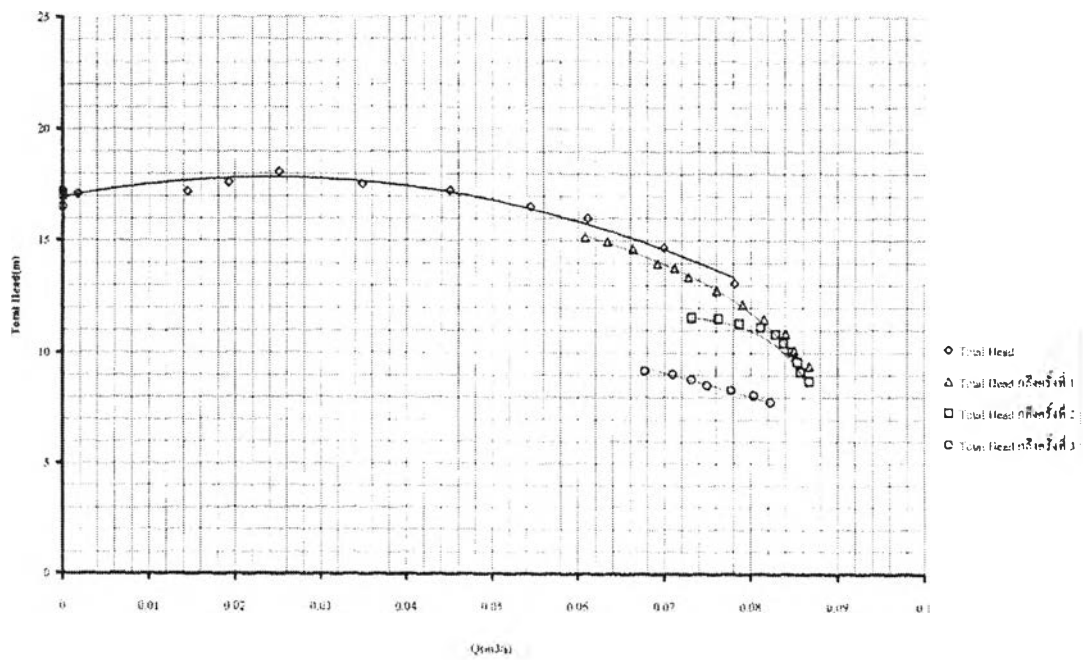


รูปที่ 5.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหัวรวมของสูบกับอัตราการสูบที่มุมใบ 15 องศา

5.2.2.2 มุมที่ทางออกของก๊ลิบใบ 30 องศา

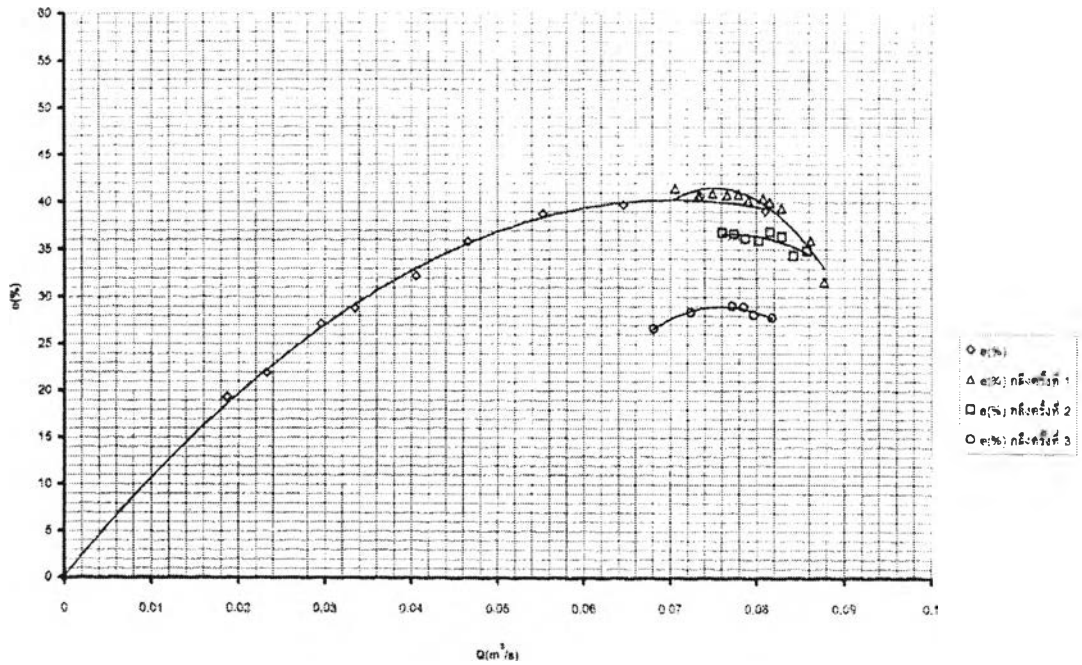


รูปที่ 5.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับอัตราการสูบที่มุมใบ 30 องศา

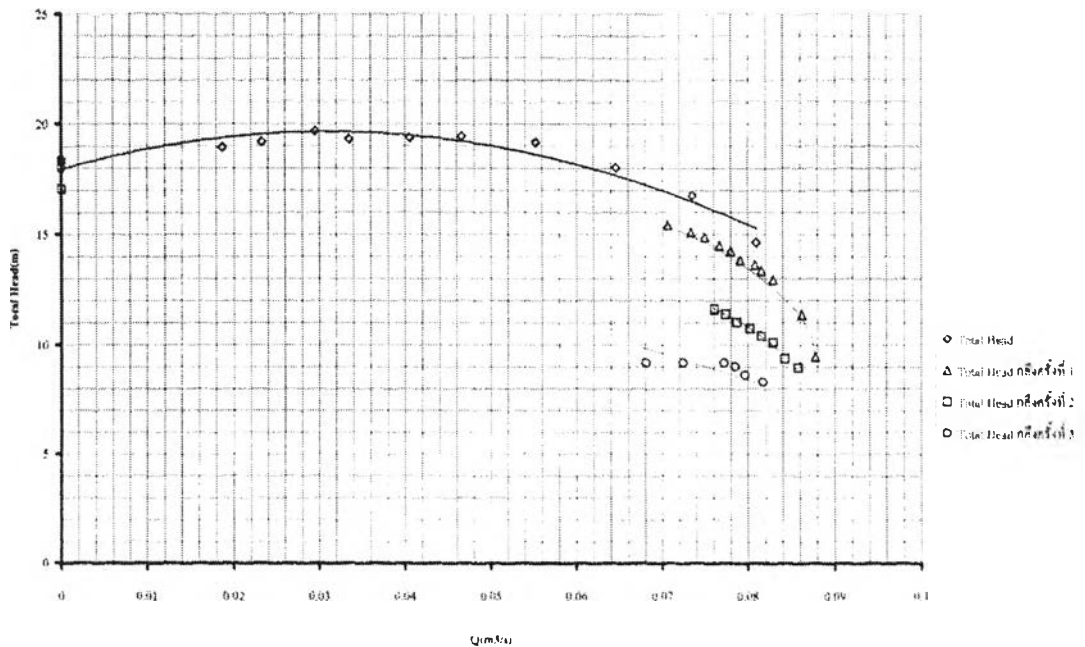


รูปที่ 5.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหัวรวมของสูบกับอัตราการสูบ

5.2.2.3 มุมที่ทางออกของกลีบใบ 45 องศา



รูปที่ 5.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับอัตราการสูบที่มุมใบ 45 องศา



รูปที่ 5.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหัวรวมของสูบกับอัตราการสูบที่มุมใบ 45 องศา

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5.14 - 5.19 พบว่าเมื่อทำการกลีบใบออกจากทางด้านในทีละชั้น ประสิทธิภาพของสูบเพิ่มสูงขึ้นในการกลีบครั้งแรกและมีแนวโน้มลดลงจากจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด(BEP)ในการกลีบครั้งต่อไป โดยจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด(BEP)จะย้ายที่ไปสู่ตำแหน่งที่มีอัตราการสูบที่เพิ่มขึ้น และพบว่าที่จุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดของสูบที่มีการกลีบใบออกจาก

ทางด้านในมีประสิทธิภาพสูงกว่าสูบเมื่อยังไม่มีการกลิ้งกลีบใบที่อัตราการสูบเดียวกัน ในขณะที่หัวรวมของสูบมีแนวโน้มลดลง และนอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อทำการกลิ้งกลีบใบออกจากทางด้านใน สูบเกิดเสียงดังและมีการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงแรกในช่วงที่เริ่มเปิดประตูน้ำและลดลงจนเข้าสู่สภาวะปกติเมื่ออัตราการสูบเพิ่มสูงขึ้น

จากผลการทดลองพบว่าเสียงและการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นเกิดในช่วงที่มีอัตราการสูบต่ำซึ่งเป็นช่วงที่สูบทำงานอยู่นอกเหนือจากจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และลักษณะของเสียงที่ได้ยินคล้ายกับเสียงของโลหะกระทบกันอย่างแรง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Palgrave ที่ว่า ในกรณีที่สูบทำงานนอกเหนือจากจุดที่ออกแบบไว้ที่อัตราการสูบต่ำและเกิดการไหลย้อนกลับของของเหลวที่ทางเข้าทำให้เกิด Vortex Cavitation ซึ่งทำให้สูบเกิดเสียงดังคล้ายกับเสียง โลหะแตก(crackle)