

การเพิ่มสมรรถนะของดีพีวีเออร์โดยใช้เวิร์กเท็กซ์เจเนอเรเตอร์



นาย อลงกรณ์ พิมพ์พิณ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

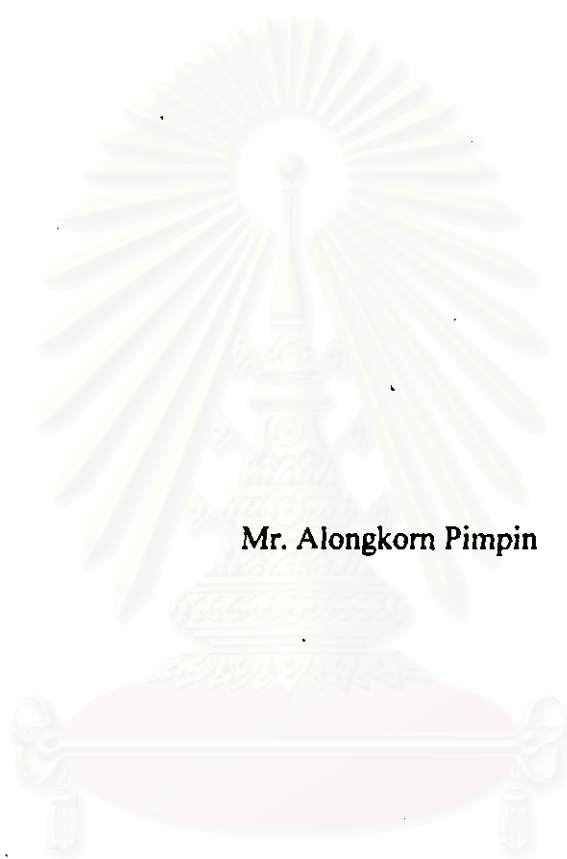
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-603-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**IMPROVING PERFORMANCE OF DIFFUSERS
BY USING VORTEX GENERATORS**




Mr. Alongkorn Pimpin

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

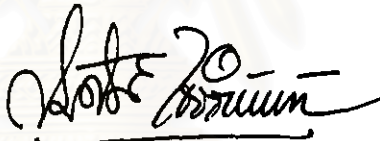
**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering
Department of Mechanical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 1999
ISBN 974-334-603-1**


หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเพิ่มสมรรถนะของดีฟิวเซอร์โดยใช้วอร์เท็กซ์เจเนอเรเตอร์
โดย นาย อลงกรณ์ พิมพ์พิณ
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อติ บุญจิตราดุลย์

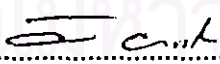
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

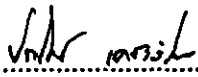

..... คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ไชยะภินันท์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อติ บุญจิตราดุลย์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ)


..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ เดชะอำไพ)

อลงกรณ์ พิมพ์พิน : การเพิ่มสมรรถนะของดีฟิวเซอร์โดยใช้วอร์เทกซ์เจเนอเรเตอร์
(IMPROVING PERFORMANCE OF DIFFUSERS BY USING VORTEX
GENERATORS)

อ.ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อติ บุญจิตราดุลย์ ; 149 หน้า.
ISBN 974-334-603-1

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของระยะห่างระหว่างวอร์เทกซ์เจเนอเรเตอร์ต่อสมรรถนะของดีฟิวเซอร์ที่มีการไหล 3 ลักษณะ โดยใช้วอร์เทกซ์เจเนอเรเตอร์แบบครึ่งปีกสามเหลี่ยมที่มีมุมปะทะเท่ากับ 15 องศา มุม sweepback เท่ากับ 70 องศา และมีความสูงในเทอมของ h/δ เท่ากับ 1.3 โดยที่ h เป็นความสูงของปลายปีกจากพื้น และ δ เป็นความหนา 95% ของชั้นขอบเขต โดยได้ทำการทดลองในดีฟิวเซอร์ผนังตรง หน้าตัดสี่เหลี่ยม ที่มีอัตราส่วนพื้นที่เท่ากับ 3.9 และมีการไหลแบบ Transitory stall ($2\theta=28^\circ$), Fully-developed stall ($2\theta=50^\circ$) และ Jet flow ($2\theta=70^\circ$) และมีเรโนลด์นัมเบอร์ที่คำนวณจากความกว้างของทางเข้าดีฟิวเซอร์เท่ากับ 1.6×10^5 จากผลการทดลองพบว่าสมรรถนะของดีฟิวเซอร์แบบ Transitory stall และ Fully-developed stall ที่บ่งชี้ด้วยสัมประสิทธิ์ความดันเพิ่ม (C_p) จะเพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่อ δ/S เพิ่มจาก 0 ถึง 0.25 โดยที่ S คือระยะห่างระหว่างวอร์เทกซ์เจเนอเรเตอร์ แต่ในช่วง δ/S มากกว่า 0.25 ขึ้นไป C_p จะมีค่าประมาณคงที่ และจากผลการทดลองพบว่าที่ $\delta/S=0.25$ จะให้ค่า C_p สูงสุด โดยค่า C_p ของดีฟิวเซอร์แบบ Transitory stall จะเพิ่มขึ้นถึง 50% ขณะที่ C_p ของดีฟิวเซอร์แบบ Fully-developed stall จะเพิ่มขึ้น 25% โดยที่สัมประสิทธิ์การสูญเสีย (K) มีค่าลดลงเล็กน้อยประมาณ 5% ในทางตรงกันข้ามสำหรับดีฟิวเซอร์แบบ Jet flow พบว่าการใช้วอร์เทกซ์เจเนอเรเตอร์ที่มีขนาดเหมือนกับในงานวิจัยนี้จะไม่ทำให้ค่า C_p เปลี่ยนแปลงเท่าใดนัก และค่า K มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไม่มาก

นอกจากนั้นโดยทั่วไปแล้วพบว่าการใช้วอร์เทกซ์เจเนอเรเตอร์ในช่วง δ/S เพิ่มจาก 0 ถึง 0.25 จะทำให้การกระจายความดันรวมที่หน้าตัดทางออกสม่ำเสมอมากขึ้น โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้สัมประสิทธิ์ความเบี่ยงเบนความดันรวม (D) กับค่าความเบี่ยงเบน (σ_{C_p}) เป็นตัวบ่งชี้ความสม่ำเสมอและได้อภิปรายเปรียบเทียบความเหมาะสมของพารามิเตอร์ทั้งสองในการใช้งานลักษณะต่างๆกัน

จากงานวิจัยนี้ทำให้สรุปได้ว่า การเลือกใช้วอร์เทกซ์เจเนอเรเตอร์และพารามิเตอร์ของวอร์เทกซ์เจเนอเรเตอร์ในการเพิ่มสมรรถนะให้กับดีฟิวเซอร์ จะขึ้นอยู่กับลักษณะของดีฟิวเซอร์และการไหลในดีฟิวเซอร์คือแบบ Transitory stall, Fully-developed stall หรือแบบ Jet flow เป็นหลัก โดยพบว่าเนื่องจากลักษณะการไหลแบบ Transitory stall และ Fully-developed stall มีความคล้ายคลึงกัน ดังนั้นพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับทั้งสองลักษณะการไหลจึงใกล้เคียงกัน ในทางตรงกันข้ามเนื่องจากลักษณะการไหลในดีฟิวเซอร์แบบ Jet flow จะต่างกับลักษณะการไหลทั้งสองข้างต้นอย่างมาก พบว่าถ้าต้องการเพิ่มสมรรถนะ C_p อาจจำเป็นต้องใช้วอร์เทกซ์เจเนอเรเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการถ่ายเทโมเมนตัมไปสู่บริเวณผนังมากกว่าที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิสิต อลงกรณ์ พิมพ์พิน
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อติ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4070509821 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEYWORD : DIFFUSER/ VORTEX GENERATOR/ PERFORMANCE/ HALF-DELTA WING/ STALL

ALONGKORN PIMPIN: IMPROVING PERFORMANCE OF DIFFUSERS BY USING VORTEX GENERATORS

THESIS ADVISOR: ASST. PROF. ASI BUNYAJITRADULYA, Ph.D., 149 pp. ISBN 974-334-603-1

The effects of vortex-generator spacing on the performance of diffusers in three flow regimes were investigated. The vortex generators were of half-delta wing type with an angle of attack of 15 degree, sweepback angle of 70 degree, and the relative height measured in terms of the normalized parameter h/δ of 1.3, where h is the height of the wing tip and δ is 95% boundary layer thickness. The three test diffusers were of straight-wall rectangular type with an area ratio of 3.9, and could be classified according to flow regimes as transitory stall diffuser ($2\theta=28^\circ$), fully-developed stall diffuser ($2\theta=50^\circ$), and jet flow diffuser ($2\theta=70^\circ$). All experiments were conducted at the Reynolds number based on diffuser inlet width of 1.6×10^5 . The results showed that the static pressure recovery (C_p) of transitory stall diffuser and fully-developed stall diffuser dramatically increased as δ/S increased from 0 to 0.25, where S is the spacing between neighboring vortex generators. Beyond this range, i.e., $\delta/S > 0.25$, C_p was approximately constant. At optimum spacing, $\delta/S=0.25$, C_p of transitory stall diffuser increased by 50% and that of fully-developed stall diffuser increased by 25%. Furthermore, loss coefficient (K) slightly decreased by 5%. On the contrary, the vortex generators almost had no effect on C_p of jet flow diffuser and caused K to increase slightly.

Generally, the use of vortex generators in the range of δ/S from 0 to 0.25 caused the exit flow to become increasingly more uniform. This was indicated by the total pressure distortion index (D) and the standard deviation of the total pressure coefficient (σ_{C_p}). The use of these two indices as a means for indicating flow non-uniformity was discussed.

The results indicated that the optimum value of vortex-generator spacing for improving the performance of a diffuser depended strongly on the flow regimes. Specifically, it was found that, owing to the relative similarity in flow pattern in transitory stall and fully-developed stall diffusers, the spacing had similar effect on the performance of these two diffusers. In contrast, because of the relative difference in flow pattern in the case of a jet flow diffuser, the use of vortex generators that can deliver more momentum to the walls more effectively may be needed.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล.....

ปีการศึกษา.....2542.....

ลายมือชื่อนิสิต..... อสมภรณ์ อิมพีนิศ.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งในทุกๆด้าน จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อติ บุญจิตราดุลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงที่ท่านได้ช่วยดูแลการทำงาน ให้ความรู้ และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย ตลอดจนเรื่องอื่นๆที่จะเป็นประโยชน์ในการดำเนินชีวิตของผู้วิจัยในอนาคต

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ไชยะภินันท์ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ และ ศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ เตชะอำไพ ที่กรุณาให้คำแนะนำและประสิทธิ์ประสาทวิชาตั้งแต่สมัยเรียนปริญญาตรี ตลอดจนให้ความเอื้อเฟื้อและสนับสนุนการทำวิจัยในระดับปริญญาโทอย่างดี

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ภายใต้กิจกรรมการให้ทุนแก่นักศึกษาระดับอุดมศึกษา ปีงบประมาณ 2542 และจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งผู้วิจัยขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

แต่ถ้าขาดกลุ่มบุคคลในห้วงปฏิบัติการวิจัยกลศาสตร์ของไหล อันประกอบไปด้วย พี่เพื่อน และน้อง ที่มีน้ำใจ ห่วงใย และเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ต่อผู้วิจัยแล้ว งานวิจัยนี้อาจจะยังไม่สำเร็จ ดังนั้นผู้วิจัยขอขอบคุณบุคคลเหล่านี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณ สุธรรม ม้าศรี คุณ เกียรติศักดิ์ กอบกาญจนากร และคุณ ทศพล สถิตย์สูงศักดิ์ ที่ร่วมกันฝ่าฟันอุปสรรคการทำงานในช่วงเริ่มก่อตั้งห้องปฏิบัติการวิจัยมา

ในท้ายที่สุด ขอขอบคุณ นางสาว ณวรา จิตตอารี ผู้ที่คอยให้กำลังใจ ความห่วงใย เป็นอย่างดีต่อผู้วิจัย และขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่ ผู้ซึ่งให้กำลังใจ ความเข้าใจ ทุนทรัพย์ และให้การสนับสนุนทุกอย่างแก่ผู้วิจัย และทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จได้เป็นอย่างดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
รายการสัญลักษณ์.....	ณ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	6
1.3 แนวทางของการทำงานวิจัย.....	6
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	7
1.5 เป้าหมายของงานวิจัย.....	7
บทที่ 2 ความรู้พื้นฐาน.....	8
2.1 ลักษณะของการไหลในดิฟฟิวเซอร์.....	8
2.2 แนวทางการควบคุมการไหลแยกตัวออกจากผนัง.....	9
2.3 พลังงานสูญเสียในดิฟฟิวเซอร์.....	10
2.4 การไหลผ่านปีกแบบสามเหลี่ยม.....	13
บทที่ 3 ชุดทดลองและการทดลอง.....	15
3.1 ชุดทดลอง.....	15
3.2 ผลการเปรียบเทียบชุดทดลอง.....	17
3.3 พารามิเตอร์ของการทดลอง.....	18
3.4 การวัดความดัน.....	19
3.5 สัมประสิทธิ์ที่ใช้วัดค่าสมรรถนะของดิฟฟิวเซอร์.....	22
3.6 สภาวะของการทดลอง.....	25

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	27
4.1 สัมประสิทธิ์การฟื้นความดันสถิต	27
4.2 สัมประสิทธิ์การสูญเสียความดันรวม	29
4.3 ดัชนีความเบี่ยงเบนความดันรวม	32
4.4 สัมประสิทธิ์การกระจายความดันรวม	36
4.5 ค่าความเบี่ยงเบน C_{PT}	41
4.6 การกระจายความดันสถิตบนผนัง	43
4.7 ผลของขนาดหน้าตัดที่ใช้ในการคำนวณค่า D	49
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผลการทดลอง	52
5.1 อภิปรายผลการทดลอง	52
5.2 สรุปผลการทดลอง	53
5.3 ข้อเสนอแนะของงานวิจัยในอนาคต	55
ประมวลตาราง	57
ประมวลรูปภาพ	67
รายการอ้างอิง	118
ภาคผนวก	122
ภาคผนวก ก	123
ภาคผนวก ข	139
ภาคผนวก ค	142
ภาคผนวก ง	147
ประวัติผู้เขียน	149

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1	ผลงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวกับดิวีฟิวเซอร์..... 58
ตารางที่ 3.1	พารามิเตอร์ของดิวีฟิวเซอร์ที่ใช้ในการทดลอง..... 62
ตารางที่ 3.2	พารามิเตอร์ของชั้นขอบเขตจากการปรับเทียบชุดทดลอง..... 62
ตารางที่ 3.3	พารามิเตอร์ของวอร์เทกซ์เจเนอเรเตอร์แบบ half-delta wing..... 63
ตารางที่ 3.4	พารามิเตอร์ของชั้นขอบเขตของทุกการทดลอง..... 63
ตารางที่ 4.1	สัมประสิทธิ์การฟื้นความดันสถิต (C_p) ของดิวีฟิวเซอร์..... 65
ตารางที่ 4.2	สัมประสิทธิ์การสูญเสียความดันรวม (K) ของดิวีฟิวเซอร์..... 65
ตารางที่ 4.3	ดัชนีความเบี่ยงเบนความดันรวมสูงสุด (D_{max}) สำหรับหน้าต่าง 8x8..... 65
ตารางที่ 4.4	ดัชนีความเบี่ยงเบนความดันรวมต่ำสุด (D_{min}) สำหรับหน้าต่าง 8x8..... 65
ตารางที่ 4.5	ความแตกต่างของค่าสูงสุดและต่ำสุดของดัชนี ความเบี่ยงเบนความดันรวม (ΔD) สำหรับหน้าต่างขนาด 8x8..... 66
ตารางที่ 4.6	ค่า blockage ratio (B_w) ของทุกการทดลอง..... 66
ตารางที่ 4.7	ค่าความเบี่ยงเบน C_{pr} ($\sigma_{C_{pr}}$) ของดิวีฟิวเซอร์..... 66
ตารางที่ 4.8	ค่า uncertainty ของพารามิเตอร์ที่แสดงสมรรถนะของดิวีฟิวเซอร์..... 66

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1	Flow regimes ของดีฟฟิวเซอร์ผนังตรงที่มีลักษณะ การไหลแบบ 2 มิติ	68
รูปที่ 2.2	การไหลใน divergent channel เมื่อมี wall-suction	69
รูปที่ 2.3	Control volume ของการไหลผ่านดีฟฟิวเซอร์	70
รูปที่ 2.4	ลักษณะการเกิด leading edge vortices บน delta-wing	70
รูปที่ 2.5	รูปแบบของ vortex breakdown	71
รูปที่ 3.1	อุโมงค์ลมที่ใช้ในการทดลอง (ด้านบน)	72
รูปที่ 3.2	ภาพถ่ายอุโมงค์ลม	72
รูปที่ 3.3	ลักษณะของท่อทางเข้าดีฟฟิวเซอร์	73
รูปที่ 3.4	รูปเปรียบเทียบดีฟฟิวเซอร์ทั้งสามขนาดคือ Transitory stall, Fully-developed stall และ Jet flow	73
รูปที่ 3.5	ลักษณะของ Tailpipe และตำแหน่งของ pressure tap และรูที่ใช้สอด probe	74
รูปที่ 3.6	การประกอบท่อทางเข้าดีฟฟิวเซอร์, ดีฟฟิวเซอร์ และ tailpipe	74
รูปที่ 3.7	VG ที่มีระยะห่างต่าง ๆ กัน โดยเรียงลำดับจากด้านหน้าคือ δ/S เท่ากับ 0.15, 0.19, 0.25, 0.37 และ 0.75 ตามลำดับ	75
รูปที่ 3.8	การติดตั้งวอร์เทกซ์เจเนอเรเตอร์ที่ปากทางเข้าดีฟฟิวเซอร์	75
รูปที่ 3.9	ภาพถ่าย pitot probe ที่ใช้ในการวัดความดันรวมที่ตำแหน่งที่ 1	76
รูปที่ 3.10	การกระจายความดันรวมที่ปลาย leading pipe	76
รูปที่ 3.11	รูปร่างความเร็วในชั้นขอบเขตที่ตำแหน่ง; (ก) ผนังด้านบนและด้านล่าง ที่ตำแหน่ง A, B, C, D, E และ F, (ข) ผนังด้านข้างที่ตำแหน่ง G, H, I และ J ในรูปที่ 3.10	77
รูปที่ 3.12	พารามิเตอร์และลักษณะการติดตั้ง half-delta wing	78
รูปที่ 3.13	การติดตั้ง half-delta wing (มองจากด้านบน) ที่ทำให้เกิดการ เคลื่อนที่ของวอร์เทกซ์แบบ: (ก) หมุนตามกัน, (ข) หมุนสวนกัน (มองจากด้านหลัง)	78
รูปที่ 3.14	ภาพถ่ายเครื่องมือวัด	79
รูปที่ 3.15	ตำแหน่งการวัดความดันสถิต: (ก) ตำแหน่งที่ 1, (ข) ตำแหน่งที่ 2	79

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 3.16	แสดงตำแหน่งการวัดความดันสถิตบนผนังเอียงของดิฟฟิวเซอร์ และตำแหน่งของ half-delta wing ในแต่ละกรณี..... 81
รูปที่ 3.17	ตำแหน่งการวัดความดันรวม: (ก) ตำแหน่งที่ 1, (ข) ตำแหน่งที่ 2 82
รูปที่ 3.18	การวัดความดันรวมที่ตำแหน่งที่ 1 82
รูปที่ 3.19	การวัดความดันรวมที่ตำแหน่งที่ 2 83
รูปที่ 3.20	ผลการวัดความเร็วในชั้นขอบเขตบนผนังด้านบนเทียบกับ Cole's law 84
รูปที่ 4.1	กราฟเปรียบเทียบค่า C_p สำหรับการติดตั้ง VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ ในดิฟฟิวเซอร์แต่ละแบบ 85
รูปที่ 4.2	กราฟเปรียบเทียบความสามารถของ VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ ในการเพิ่มค่า C_p ให้กับดิฟฟิวเซอร์ 85
รูปที่ 4.3	การเปรียบเทียบค่า C_p ของดิฟฟิวเซอร์แต่ละแบบที่ติดตั้ง VG ที่มี δ/S ต่างๆกัน 86
รูปที่ 4.4	กราฟเปรียบเทียบค่า K สำหรับการติดตั้ง VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ ในดิฟฟิวเซอร์แต่ละแบบ 86
รูปที่ 4.5	กราฟเปรียบเทียบความสามารถของ VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ ในการเพิ่มค่า K ให้กับดิฟฟิวเซอร์ 87
รูปที่ 4.6	การเปรียบเทียบค่า K ของดิฟฟิวเซอร์แต่ละแบบที่ติดตั้ง VG ที่มี δ/S ต่างๆกัน 87
รูปที่ 4.7	กราฟเปรียบเทียบค่า $(C_p/C_{p0})/(K/K_0)$ สำหรับการติดตั้ง VG ที่มี δ/S ต่างๆในดิฟฟิวเซอร์แต่ละแบบ 88
รูปที่ 4.8	กราฟระหว่าง K กับ B_{μ} ในดิฟฟิวเซอร์แต่ละแบบ 88
รูปที่ 4.9	กราฟระหว่าง K/K_0 กับ B_{μ} ของการใช้ half delta wing ในดิฟฟิวเซอร์แต่ละแบบ เทียบกับการศึกษาเบื้องต้นที่ใช้ delta wing 89
รูปที่ 4.10	กราฟเปรียบเทียบค่า D_{\max} สำหรับการติดตั้ง VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆในดิฟฟิวเซอร์แต่ละแบบ 89
รูปที่ 4.11	กราฟเปรียบเทียบความสามารถของ VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ ในการเพิ่มค่า D_{\max} ให้กับดิฟฟิวเซอร์ 90

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 4.12	การเปรียบเทียบค่า D_{max} ของดีฟฟิวเซอร์แต่ละแบบที่ติดตั้ง VG ที่มี δ/S ต่างๆกัน.....	90
รูปที่ 4.13	กราฟเปรียบเทียบค่า D_{min} สำหรับการติดตั้ง VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆในดีฟฟิวเซอร์แต่ละแบบ.....	91
รูปที่ 4.14	กราฟเปรียบเทียบความสามารถของ VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ ในการเพิ่มค่า D_{min} ให้กับดีฟฟิวเซอร์.....	91
รูปที่ 4.15	กราฟเปรียบเทียบค่า D_{max} ของดีฟฟิวเซอร์ที่มีมุมรวมต่างๆ แบบธรรมดาและแบบติดตั้ง VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ.....	92
รูปที่ 4.16	กราฟเปรียบเทียบค่า ΔD ของการใช้ VG ที่มี δ/S ต่างๆ ในดีฟฟิวเซอร์แต่ละลักษณะการไหล.....	92
รูปที่ 4.17	กราฟเปรียบเทียบความสามารถของ VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ ในการลดค่า ΔD ให้กับดีฟฟิวเซอร์.....	93
รูปที่ 4.18	กราฟเปรียบเทียบค่า ΔD ของดีฟฟิวเซอร์ที่มีมุมรวมต่างๆ แบบธรรมดาและแบบติดตั้ง VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ.....	93
รูปที่ 4.19	การกระจายความดันรวมที่ทางออกของดีฟฟิวเซอร์ แบบ Transitory stall.....	94
รูปที่ 4.20	การกระจายความดันรวมที่ทางออกของดีฟฟิวเซอร์ แบบ Fully developed stall.....	95
รูปที่ 4.21	การกระจายความดันรวมที่ทางออกของดีฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow.....	96
รูปที่ 4.22	ภาพแสดงแบบจำลองของใบพัดคอมเพรสเซอร์.....	97
รูปที่ 4.23	กราฟเปรียบเทียบค่า σ_{crit} สำหรับการติดตั้ง VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆในดีฟฟิวเซอร์แต่ละแบบ.....	97
รูปที่ 4.24	กราฟเปรียบเทียบความสามารถของ VG ที่มีระยะ δ/S ต่างๆ ในการเพิ่มค่า σ_{crit} ให้กับดีฟฟิวเซอร์.....	98
รูปที่ 4.25	การเปรียบเทียบค่า σ_{crit} ของดีฟฟิวเซอร์แต่ละแบบที่ติดตั้ง VG ที่มี δ/S ต่างๆกัน.....	98
รูปที่ 4.26	กราฟแสดงค่าความดันสถิตเฉลี่ยบนผนังด้านที่ไม่เกิดการไหลแยกตัว ของดีฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall ที่มีค่า δ/S ต่างๆ.....	99

สารบัญญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 4.40	ความแตกต่างความดันสถิตระหว่างผนังด้านบนและด้านล่างของ ติฟฟิวเซอร์ แบบ Fully developed stall ที่มี δ/S ต่างๆ	106
รูปที่ 4.41	ความแตกต่างความดันสถิตระหว่างผนังด้านบนและด้านล่างของ ติฟฟิวเซอร์แบบ Fully developed stall ที่มี δ/S ต่างๆ ($X^*/L^* \leq 1$)	106
รูปที่ 4.42	ความแตกต่างของความดันสถิตระหว่างผนังด้านบนและด้านล่างของ ติฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow ที่มี δ/S ต่างๆ	107
รูปที่ 4.43	ความแตกต่างของความดันสถิตระหว่างผนังด้านบนและด้านล่างของ ติฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow ที่มี δ/S ต่างๆ ($X^*/L^* \leq 1$)	107
รูปที่ 4.44	กราฟเปรียบเทียบค่า D_{max0} ของติฟฟิวเซอร์ทั้งสามแบบที่ใช้ หน้าต่างขนาดต่างๆกัน	108
รูปที่ 4.45	กราฟเปรียบเทียบค่า D_{min0} ของติฟฟิวเซอร์ทั้งสามแบบที่ใช้ หน้าต่างขนาดต่างๆกัน	108
รูปที่ 4.46	กราฟเปรียบเทียบค่า ΔD_0 ของติฟฟิวเซอร์ทั้งสามแบบที่ใช้ หน้าต่างขนาดต่างๆกัน	109
รูปที่ 4.47	กราฟเปรียบเทียบการใช้หน้าต่างขนาดต่างๆ ในการคำนวณค่า D_{max} ของติฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall ที่ติดตั้ง VG	109
รูปที่ 4.48	กราฟเปรียบเทียบการใช้หน้าต่างขนาดต่างๆ ในการคำนวณค่า D_{max} ของติฟฟิวเซอร์แบบ Fully developed stall ที่ติดตั้ง VG	110
รูปที่ 4.49	กราฟเปรียบเทียบการใช้หน้าต่างขนาดต่างๆ ในการคำนวณค่า D_{max} ของติฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow ที่ติดตั้ง VG	110
รูปที่ 4.50	กราฟเปรียบเทียบการใช้หน้าต่างขนาดต่างๆ ในการคำนวณค่า D_{min} ของติฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall ที่ติดตั้ง VG	111
รูปที่ 4.51	กราฟเปรียบเทียบการใช้หน้าต่างขนาดต่างๆ ในการคำนวณค่า D_{min} ของติฟฟิวเซอร์แบบ Fully developed stall ที่ติดตั้ง VG	111
รูปที่ 4.52	กราฟเปรียบเทียบการใช้หน้าต่างขนาดต่างๆ ในการคำนวณค่า D_{min} ของติฟฟิวเซอร์แบบ Jet flow ที่ติดตั้ง VG	112
รูปที่ 4.53	กราฟเปรียบเทียบการใช้หน้าต่างขนาดต่างๆ ในการคำนวณค่า ΔD ของติฟฟิวเซอร์แบบ Transitory stall ที่ติดตั้ง VG	112
รูปที่ 4.54	กราฟเปรียบเทียบการใช้หน้าต่างขนาดต่างๆ ในการคำนวณค่า ΔD ของติฟฟิวเซอร์แบบ Fully developed stall ที่ติดตั้ง	113

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 4.55	กราฟเปรียบเทียบการใช้หน้าต่างขนาดต่างๆ ในการคำนวณค่า ΔD ของดีฟฟิวเซอร์แบบ Jet ที่ติดตั้ง VG.....	113
รูปที่ 5.1	ค่า C_p ของดีฟฟิวเซอร์ผนังตรงแบบ 2 มิติ ที่มี blockage area เท่ากับ 0.05.....	114
รูปที่ 5.2	ภาพแบบจำลองการไหลในดีฟฟิวเซอร์.....	114
รูปที่ 5.3	การกระจายความดันสถิตในแบบจำลองของดีฟฟิวเซอร์ที่ได้ทำการ normalized ด้วยพารามิเตอร์ของการไหล.....	115
รูปที่ 5.4	การกระจายความดันสถิตบนผนังดีฟฟิวเซอร์ที่ไม่ได้ normalized ด้วยพารามิเตอร์ของการไหล.....	115
รูปที่ 5.5	การกระจายความดันสถิตบนผนังดีฟฟิวเซอร์ที่ normalized ระยะทางด้วยความยาวของผนังเอียงของดีฟฟิวเซอร์.....	116
รูปที่ 5.6	ลักษณะของการเคลื่อนที่ของวอร์เทกซ์จากการติดตั้ง ปีกแบบครึ่งสามเหลี่ยมในการทดลอง.....	116
รูปที่ 5.7	ลักษณะของการเคลื่อนที่ของวอร์เทกซ์จากการติดตั้ง ปีกแบบครึ่งสามเหลี่ยมบน vane.....	117

รายการสัญลักษณ์

A	พื้นที่หน้าตัดของการไหล
A_{eff}	effective area ของการไหล
AR	อัตราส่วนพื้นที่ของดีฟฟิวเซอร์ = A_2 / A_1
A_{\perp}	พื้นที่ของ half-delta wing ที่ตั้งฉากกับการไหล
B_1	blockage ของ displacement thickness ที่ทางเข้าดีฟฟิวเซอร์
B_w	blockage ของ displacement thickness รวมกับของ half-delta wing
C_f	friction coefficient
C_p	สัมประสิทธิ์การฟื้นความดันสถิต
C_{pi}	สัมประสิทธิ์การฟื้นความดันสถิตอุดมคติ = $1 - 1/AR^2$
C_{pr}	สัมประสิทธิ์การกระจายความดันรวม
C_{prw}	สัมประสิทธิ์การกระจายความดันสถิตบนผนังดีฟฟิวเซอร์
D	ดัชนีความเบี่ยงเบนความดันรวม
e	พลังงานต่อหน่วยมวล
h	ความสูงของปลายปีกจากพื้น
H	shape factor ของชั้นขอบเขต
K	สัมประสิทธิ์การสูญเสียความดันรวม
L	ความยาวของดีฟฟิวเซอร์ตามแนวแกน
n	จำนวนวอร์เทกซ์เจเนอเรเตอร์
P	ความดันสถิต
P_T	ความดันรวม
$P_T _{x,y}$	ความดันรวมในหน้าตัดที่สนใจ
\dot{P}_{Loss}	พลังงานสูญเสียต่อหน่วยเวลา
P_{ref}	ความดันสถิตที่ตำแหน่งอ้างอิง
q	ความดันจลน์
\dot{Q}	อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยเวลา
Re	เรโนลด์นัมเบอร์
S	ระยะห่างระหว่างวอร์เทกซ์เจเนอเรเตอร์
u	ความเร็วในชั้นขอบเขต
U	ความเร็วของ freestream

VG	วอร์เทกซ์เจเนอเรเตอร์
W_1	ความกว้างของทางเข้าตีฟิวเซอร์
\dot{W}_{other}	งานอื่นๆที่ทำกับระบบต่อหน่วยเวลา
\dot{W}_S	กำลังจาก shaft
\dot{W}_{shear}	งานของ shear ต่อหน่วยเวลา
X	ตำแหน่ง x จากทางเข้าตีฟิวเซอร์
y	ระยะจากพื้น

อักษรกรีก

δ	ความหนา 95% ของชั้นขอบเขต
δ_1	displacement thickness
δ_2	momentum thickness
η	effectiveness (C_p / C_{p_i})
α	มุมปะทะของ half-delta wing
Λ	มุม sweepback
v	specific volume
ρ	ความหนาแน่น
σ	ความเบี่ยงเบน
Δ	ความแตกต่าง
θ	มุมเอียงของผนังตีฟิวเซอร์

ตัวห้อย

0	กรณีตีฟิวเซอร์ที่ไม่ได้ติดตั้งวอร์เทกซ์เจเนอเรเตอร์
1	ตำแหน่งก่อนทางเข้าตีฟิวเซอร์
2	ตำแหน่งหลังจากทางออกของตีฟิวเซอร์
max	ค่าสูงที่สุด
min	ค่าต่ำที่สุด

ตัวยก

- ()* ระยะตามแนวผนังเอียง
- (^) ค่า area averaged
- (-) ค่า mass averaged
- (~) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย