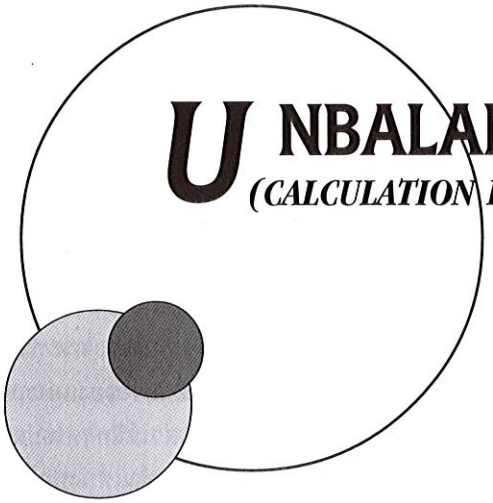
สุภาพ ศุภวงศานนท์

การคำนวณหาค่า U NBALANCE คงเหลือที่ยอมรับได้
(CALCULATION FOR PERMISSIBLE RESIDUAL UNBALANCE)



วัตถุประสงค์ของการทำสมดุล

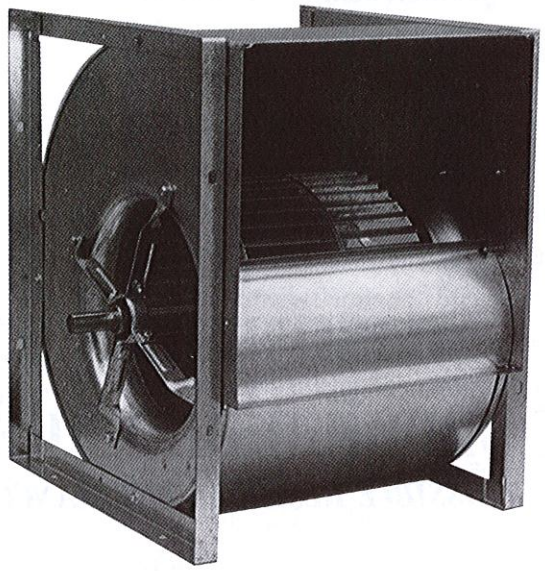
เป็นที่ทราบกันแล้วว่า ROTOR, WHEEL หรือ PULLEY ที่ไม่ได้สมดุล จะทำให้เกิด VIBRATION และ STRESS ขึ้นในตัวของมัน และโครงสร้างที่รองรับอันเป็นสาเหตุที่สำคัญต่ออายุการใช้งานที่สั้นลง

ดังนั้น การทำ WHEEL, PULLEY หรือ ROTOR ให้สมดุล จึงมีความสำคัญอย่างมาก เพื่อให้เกิดวัตถุประสงค์ดังที่จะแสดง ต่อไปนี้

1) ทำให้อายุการใช้งานของ BEARING ยืนยาว
2) ลด VIBRATION ที่เกิดขึ้น
3) ลด STRESS จากการทำงาน
4) ลดความดัง และการส่งสัญญาณของเสียง
5) ลดพลังงานที่สูญเสีย
6) เพิ่มคุณภาพของสินค้า โดยเฉพาะพัดลม
7) ทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ

ความไม่สมดุล (UNBALANCE) ที่เกิดขึ้นในส่วนประกอบของพัดลม หรือ เครื่องจักร ที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุน เช่น WHEEL และ PULLEY อาจเป็นสาเหตุทั้งหมดของการเกิด VIBRATION ที่พัดลม หรือ เครื่องจักร

บริษัท นิโคทรา แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด



VIBRATION หรือ การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นสูงอย่างต่อเนื่อง และ สลับไปมาจะทำให้เกิด STRESS ที่โครงสร้างของพัดลม เช่น โครงสร้างที่รองรับ BEARING (BEARING SUPPORTS), SIDE FRAME ที่ยึดกับ HOUSING ของพัดลม ฯลฯ และในที่สุดจะทำให้พัดลมทั้งตัวเกิดความเสียหายตลอดจนประสิทธิภาพในการทำงานของพัดลมลดลง

นอกจากนี้ VIBRATION ที่เกิดจากพัดลม อาจส่งผ่านไปยังพื้น หรือ โครงสร้างที่ตัวพัดลมติดตั้งอยู่ ทำให้เกิดเสียงดังและอาจส่งผลต่อเครื่องจักรใกล้เคียง ที่ต้องอาศัยการทำงานที่แม่นยำได้

ในการจัดการกับปัญหาความไม่สมดุลของ WHEEL หรือ PULLEY ของพัดลม เราจึงต้องมีเครื่องมือ หรือ เครื่องจักรเฉพาะ เพื่อบ่งชี้ในที่นี้คือ BALANCING MACHINE เพื่อที่จะแก้ไขปัญหา ความไม่สมดุลย์ของ WHEEL หรือ PULLEY ก่อนจะนำไปประกอบเป็นพัดลม

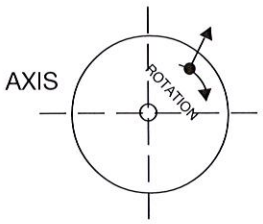
ดังนั้น BALANCING MACHINE ก็คือ อุปกรณ์ที่ใช้บ่งชี้ และ ตรวจจับตำแหน่งตลอดจนปริมาณของ การไม่สมดุลที่เกิดขึ้นกับ WHEEL, PULLEY หรือ ROTOR ของพัดลม ทำให้เราสามารถรู้ตำแหน่งและปริมาณของ MASS หรือตัว BALANCE WEIGHT ที่จะมาใส่เพื่อทำให้เกิดการสมดุลซึ่งค่า UNBALANCE ที่เหลือจะได้ตามมาตรฐานผู้ผลิตที่อ้างอิงกับมาตรฐานสากลคือ ISO STD.NO.1940, 1973 EDITION

นิยาม (Definition)

1) ความไม่สมดุล (Unbalance) คือ การกระจายของน้ำหนัก (Weight) ใน Rotor, Wheel หรือ Pulley ที่ไม่สม่ำเสมอ

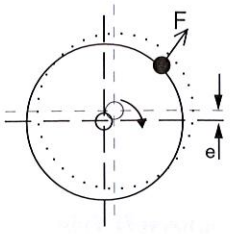
2) การเยื้องศูนย์ (Eccentricity) คือการที่จุดศูนย์กลาง หรือ เส้นแนวแกน ของ Rotor, Wheel หรือ Pulley ที่หมุน มีการเยื้องจากแนวแกน หรือ จุดศูนย์กลางจากตำแหน่งเดิม

3) การทำสมดุล (Balancing) หรือ การทำให้วัตถุที่หมุนมีความสมดุล คือ การปรับปรุงการกระจายของน้ำหนัก (Weight) ใน Rotor, Wheel หรือ Pulley ให้มีความสม่ำเสมอ หรือ อยู่ในค่าที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานสากล เพื่อให้เห็นภาพชัดเจนยิ่งขึ้น ให้พิจารณา แผ่นจาน (Disc) ที่มีรัศมี, R (mm) และมวล (Mass),P (Kg) กำหนดให้มีน้ำหนักที่เกินอยู่, p ที่จุดหนึ่งบนแผ่นจาน เมื่อแผ่นจานมีการหมุน จะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์, F กระทำ บนมวล p ส่งผ่านไปที่แกน หรือ จุดศูนย์กลางของแผ่นจาน มีผลให้แกนถูกแทนที่จากตำแหน่งอื่น ส่วนเล็กๆตรงปลาย ของมันที่เป็นลักษณะวงกลมจะหมุนรอบตำแหน่งปกติ การแทนที่นี้เราเรียกว่า ECCENTRICITY, e ดูรูปที่ (1)



ค่า ECCENTRICITY, e นี้ จะเกี่ยวโยงกับจำนวน UNBALANCE, p (grams) ที่ตำแหน่งระยะ R (mm) ของการหมุนของแกน Rotor และน้ำหนักของ Rotor ดังแสดงในสมการข้างล่าง ค่า e จะแสดงถึง ค่า BALANCING TOLERANCE หรือ RESIDUAL ECCENTRICITY ซึ่งอ้างอิงจากรูปที่ (2)

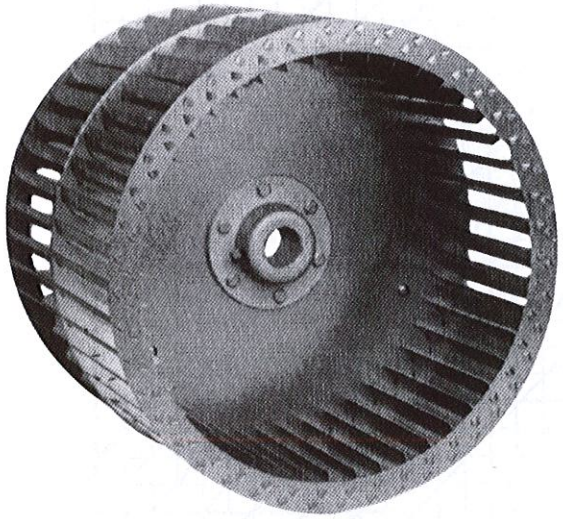
$$e = \frac{p \times R}{P}$$



ในการทำ WHEEL, PULLEY หรือ ROTOR ให้สมดุล เราไม่สามารถที่จะขจัดค่าความไม่สมดุล (UNBALANCE) ให้เท่ากับศูนย์ได้อันเป็นผลมาจากเงื่อนไข ของเวลา, ต้นทุน, ชนิด, ขนาดของ ROTOR ดังนั้นจึงต้องมี การคำนวณหาค่าความเผื่อ (TOLERANCE) หรือ ค่าความไม่สมดุล (UNBALANCE) คงเหลือสูงสุดที่ยอมรับได้ มาเป็น มาตรฐาน

วิธีการคำนวณหาค่าไม่สมดุลคงเหลือที่ยอมรับได้ หรือค่าความเผื่อในการทำสมดุล, eT
(METHOD OF CALCULATION FOR THE PERMISSIBLE RESIDUAL UNBALANCE OR BALANCING TOLERANCE)

วิธีนี้เป็นการสอดคล้องกับมาตรฐาน ISO.NO. 1940, 1973 EDITION แต่มันเป็นไปไม่ได้ที่จะทำให้การสมดุล ได้ 100%, ความเผื่อของการทำสมดุลจึงเป็นสิ่งจำเป็น อ้างอิงจากกราฟ เราจะทำตามมาตรฐาน ISO ที่แนะนำให้ใช้ Balancing quality grade G6.3 (Displacement Amplitude = 6.3 mm/s) สำหรับการทำสมดุล Wheels และ G4 สำหรับการทำสมดุล VALUE,



เราสามารถหาค่า **residual permissible eccentricity** ได้จากสมการ

$G = (eT / 1000) \times (2\pi N / 60)$

$eT = (1000 \times 60 \times G) / (2\pi N)$

$eT \cong 10G / (N/1000)$

$= 10000G / N$

กำหนดให้

G = Balancing grade มีหน่วยเป็น mm/s (ดูจากตาราง)

eT = residual permissible eccentricity มีหน่วยเป็น μm

N = rotation speed มีหน่วยเป็น rpm

$\pi \cong 3.14$

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า Permissible residual eccentricity และ Maximum value of residual unbalance, p ของ PULLEY

กำหนดให้

Pulley speed, N = 800 RPM

Radius of pulley, P = 8.1 Kg

Radius of pulley, R = 152 mm (Outside diameter = 314 mm)

Balancing grade, G = 4 mm/s (สำหรับPulley ดูจากกราฟ)

Permissible residual eccentricity , eT

eT = 10000 G / N

= (10000 X 4) / 800

= 50 μm (micro meter)

Maximum value of residual unbalance , p

Et = (p x R) / P

p = (eT x P) / R

p = (50 X 8.1) / 152

= 2.664 g

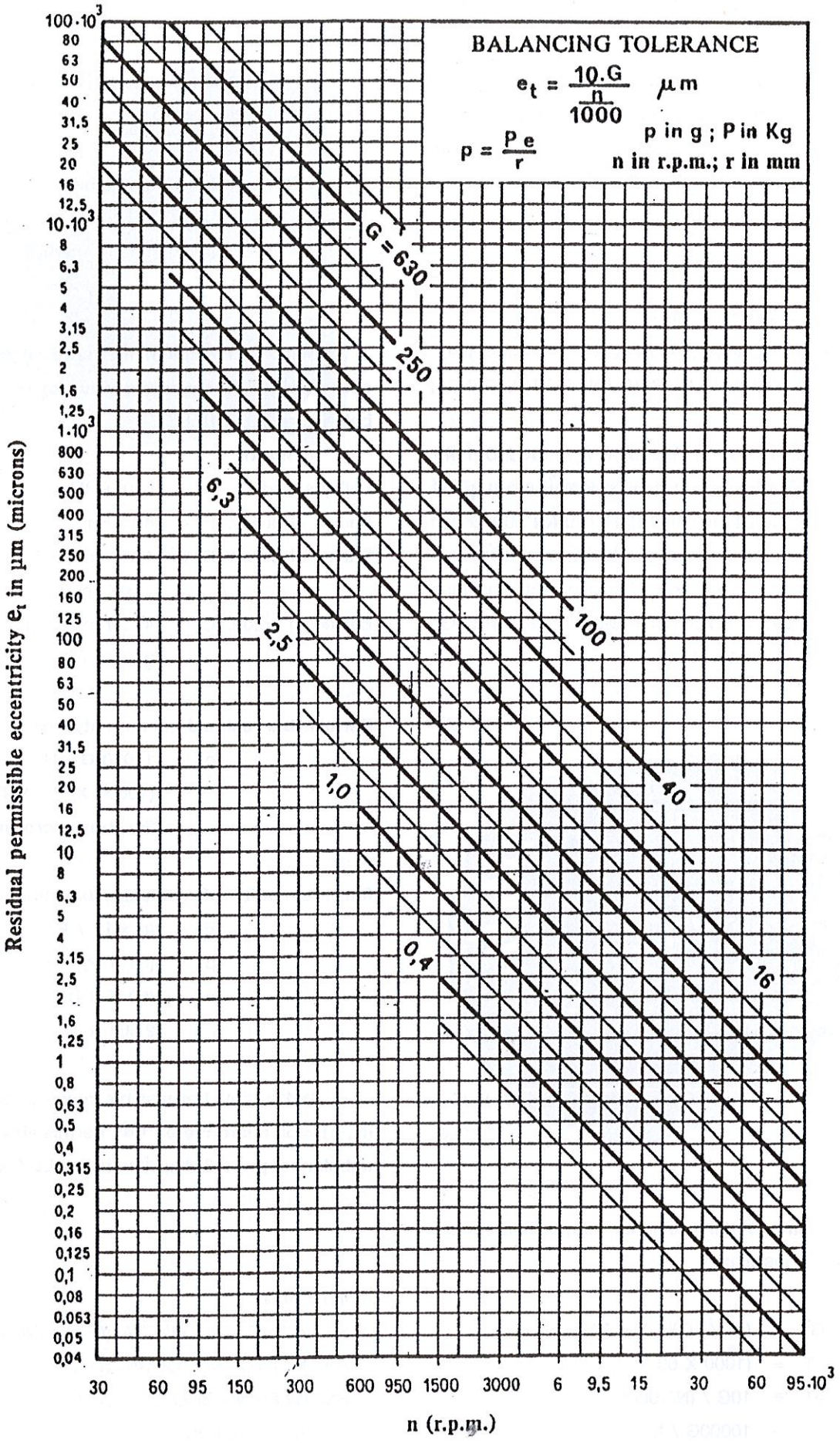
เพราะฉะนั้น Permissible residual eccentricity, eT = 50 micro meter และ Permissible residual unbalance, p = 2.664 g สำหรับ PULLEY ตัวนี้

เอกสารอ้างอิง

1) SERVICING AND OPERATING HANDBOOK OF BALANCING M/C "CEMB S.P.A.

2) ENGINEERING BULLETIN OF NICOTRA

3) AMCA STANDARD


BALANCING TOLERANCE
$e_t = \frac{10.G}{\frac{n}{1000}}$ μm
$p = \frac{P\,e}{r}$
p in g ; P in Kg
n in r.p.m.; r in mm
Residual permissible eccentricity e_t in μm (microns)
100·10³ 80 63 50 40 31,5 25 20 16 12,5 10·10³ 8 6,3 5 4 3,15 2,5 2 1,6 1,25 1·10³ 800 630 500 400 315 250 200 160 125 100 80 63 50 40 31,5 25 20 16 12,5 10 8 6,3 5 4 3,15 2,5 2 1,6 1,25 1 0,8 0,63 0,5 0,4 0,315 0,25 0,2 0,16 0,125 0,1 0,08 0,063 0,05 0,04
G = 630
250
100
40
16
6,3
2,5
1,0
0,4
30 60 95 150 300 600 950 1500 3000 6 9,5 15 30 60 95·10³
n (r.p.m.)

BALANCE QUALITY GRADES FOR VARIOUS GROUPS OF ROTORS

Note-The rotor classes in italics are not included in the ISO standards, but have been added by the Author.

Grade. G mm/sec	ROTOR TYPE
0.4	Gyroscopes
	Spindles, discs and armature of precision grinders
	Spinning spindles
1.0	Small electrical armatures with high level balancing requirements
	Tape-recorder and phonograph (gramophone) drivers cinema projectors
	High precison grinding machine drives
	Rotors of turbines and compressor of high-speed jet engines
	Rotor of steam turbines with high level balancing requirements
2.5	Rotors of steam and gas turbines, of turbo-generators, of turboblowers and of turbine pumps
	Merchant ship main turbines
	Superchargers, supercompressor for aircraft
	Medium and large electrical armatures with high level balancing requirements
	Small electrical armatures not included in the conditions specified for Grade 6.3
	Machine-tool drives
	Fans for air-conditioning in hospitals and concert halls
	High speed reduction gears (over 1000 rpm) for marine turbines
	Disc and drums of computer memories
6.3	Small mass produced electrical armatures in applications where they are not sensistive to vibrations or wiht antivibrating mounting
	Medium and large electrical armatures (with shaft height at least 80 mm) without any special requirements
	Machine tools and components of machine tools and of machines in general
	Fast moving weaving and spinning looms, plaiting machines, centrifuge drums (creams separators, cleansing plants, washing machines)
	Hydraulic machine rotors
	Fly-wheels, fans, centrifugal pumps
	Reduction geras for merchant navy marine propulsion turbines
	Cylinders and rollers for printing machines
	Gas turbine rotors for the acronautical industry
	Separated components of engines under special requirements
16	Drive and cardan shafts with high level balancing requirements
	Parts for agricultural, grinding and threshing machines
	Motor parts for vehicles, commercial vehicles and locomotives (petrol or diesel drive)
	Crankshafts complete with fly-wheels and clutches with 6 or more cylinders with high level balancing requirements
	Drums for slow centrifuges
	Propellors for light boats (motor boats, hydrofoils)
	Wheel-rims for car and motorbikes
	Normal drive pulleys
	Large cycliders for paperworks
	Single-piece tools for wood-working machines
40	Wheels and wheel-rims for cars
	Drive shafts and complete axles for vehicles
	Crankshafts complete with fly-wheels and clutches for 4-stroke engines with 6 or more cylinders mounted elastically, with piston speed greater than 9 m/sec
	Crankshafts complete with fly-wheels and clutches for car, lorry and locomotive engines
	Drive shafts for pulleys
	Multi-piece tools wood-working machines
100	Complete crankshafts for diesel motor of six more cylinders with a piston speed greater than 9 m/sec
	Complete engines for vehicles and locomotives
	Crank.shafts for 1, 2 or 3 cylinder engines
250	Complete crankshafts for large rigidly-mounted, 4 cylinder diesel engines: with piston speed greater than 9 m/sec
630	Complete crankshafts for large rigidly-mounted, 4 stroke engines
	Complete crankshafts for elastically mounted marine diesel engines
1600	Complete crankshafts for large rigidly-mounted, 2-stroke engines
4000	Complete crankshafts for large rigidly-mounted marine diesel engines, with any number of cylinders, with a piston speed lower than 9 m/sec

NICOTRA

SPC NO. : 00-0001-00

TABLE FOR BALANCING WHEEL "RDZ" (DOUBLE INLET, BACKWARD CURVE)

Model RDZ	Max. Speed (RPM)	Balancing Grade (mm/sec)	Tolerance Eccentricity (micron)	Weight of Wheel (Kg)	Radius (mm)	Max Admissible Unbalance Per plane (gm)
180	6800	4	5.88	0.62	-	0.02
200	5700	4	7.02	0.84	78.00	0.04
225	5400	4	7.41	1.30	95.00	0.05
250	4300	4	9.30	5.10	115.00	0.21
280	3800	4	10.53	6.80	130.00	0.28
315	3400	4	11.76	40.30	148.00	1.60
355	3000	4	13.33	11.40	167.00	0.46
400	2700	4	14.81	15.70	190.00	0.61
450	2500	4	16.00	19.90	210.00	0.76
500	2200	4	18.18	24.20	235.00	0.94
560	1850	4	21.62	30.40	265.00	1.24
630	1650	4	24.24	47.00	300.00	1.90
710	1500	4	26.67	61.80	340.00	2.42
800	1350	4	29.63	116.00	380.00	4.52
900	1150	4	34.78	142.00	430.00	5.74
1000	1050	4	38.10	176.00	480.00	6.98