TCVN **TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

TCVN 9448:2013
ISO 5389:2005

Xuất bản lần 1

MÁY NÉN TUA BIN – QUY TẮC THỬ TÍNH NĂNG

Turbocompressors – Performance test code

HÀ NỘI - 2013

Mục lục

Trang

Lời nói đầu ... 5
1 Phạm vi áp dụng ... 7
2 Tài liệu viện dẫn ... 7
3 Ký hiệu và định nghĩa ... 8
4 Bảo hành ... 13
4.1 Quy định chung ... 13
4.2 Điều kiện tiên quyết cho bảo hành. ... 14
4.3 Đối tượng bảo hành ... 14
4.4 Bảo hành bổ sung ... 15
4.5 So sánh với bảo hành ... 15
4.6 Bảo hành đối với sản xuất hàng loạt ... 15
5 Phương pháp đo và thiết bị đo ... 16
5.1 Quy định chung ... 16
5.2 Áp suất ... 17
5.3 Nhiệt độ ... 17
5.4 Mật độ của khí ... 18
5.5 Thành phần khí ... 18
5.6 Tốc độ của khí ... 19
5.7 Lưu lượng thể tích và lưu lượng khối lượng ... 19
5.8 Tốc độ quay ... 20
5.9 Công suất ... 20
6 Thử tính năng ... 21
6.1 Chuẩn bị cho thử nghiệm ... 21
6.2 Thực hiện phép thử ... 22
6.3 Đánh giá các kết quả thử ... 23
6.4 Độ không đảm bảo đo của các kết quả thử ... 24
7 Chuyển đổi các kết quả thở theo các điều kiện bảo hành ... 34
7.1 Quy định chung ... 34
7.2 Sự chuyển đổi ... 35
8 So sánh với bảo hành ... 49
8.1 Đối tượng ... 49
8.2 Thực hiện bảo hành ... 49
8.3 Ghi chú đặc biệt ... 59
9 Báo cáo thử ... 60
Phụ lục A (Quy định): Sơ đồ qui trình tính toán và các con số đối với tỷ số lưu lượng thể tích ... 61

Phụ lục B (Quy định): Thử nghiệm đối với tỷ số lưu lượng thể tích vượt quá tính tương tự của dòng chảy 64
Phụ lục C (Quy định): Phương pháp hiệu chỉnh đối với ảnh hưởng của số Reynolds đến tính năng
của máy nén ly tâm 69
Phụ lục D (Tham khảo): Nguồn gốc của phương trình tính toán độ không đảm bảo của các kết quả đo 74
Phụ lục E (Tham khảo): Các thuật ngữ chuyên dùng cho máy nén 77
Phụ lục F (Tham khảo): Các ví dụ của báo cáo thử nghiệm thu 116
Thư mục tài liệu tham khảo..... 166

Lời nói đầu

TCVN 9448:2012 hoàn toàn tương đương với ISO 5389:2005.

TCVN 9448:2012 Ban kỹ thuật Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN/TC 118 *Máy nén khí* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Máy nén tua bin – Quy tắc thử tính năng

Turbocompressors – Performance test code

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này áp dụng cho các phép thử tính năng của tất cả các kiểu máy nén tuabin. Tiêu chuẩn này không áp dụng cho các quạt và bơm chân không cao hoặc các máy nén kiểu phun có các bộ phận truyền động di động.

Máy nén tuabin gồm có các bộ phận trong đó nén và xả là các quá trình vận hành liên tục. Khí được vận chuyển và được nén trong các bộ cánh quạt và được giảm tốc cùng với việc tăng thêm áp suất trong stato có cánh hoặc không có cánh cố định.

Tiêu chuẩn này cung cấp các phương tiện tiêu chuẩn cho việc chuẩn bị, thủ tục, đánh giá các thử nghiệm tính năng trên các máy nén như đã quy định ở trên. Phép thử nghiệm thu đối với tính năng dựa trên quy tắc thử tính năng này. Các phép thử nghiệm thu dùng để chứng minh sự đáp ứng các điều kiện đặt hàng và sự bảo hành được quy định trong hợp đồng.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn có ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản đã nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung nếu có.

TCVN 8113-1 (ISO 5167-1), Đo dòng lưu chất bằng các dụng cụ đo chênh áp được lắp vào các ống dẫn có tiết diện tròn chứa đầy lưu chất – Phần 1: Nguyên tắc chung và các yêu cầu.

3 Ký hiệu và định nghĩa

3.1 Ký hiệu và đơn vị

3.1.1 Chữ cái la tinh

Ký hiệu	Nghĩa	Đơn vị
A	Diện tích	m^2
a	Tốc độ âm thanh	m/s
B	Dung sai chế tạo	%
b	Chiều rộng đầu ra của bộ cánh thứ nhất	m
c	Tốc độ	m/s
c_p,c_v	Nhiệt dung riêng	kJ/(kg.K)
c_i	Hệ số đánh giá	-
D	Đường kính ngoài bộ cánh thứ nhất	m
f	Hệ số hiệu chỉnh	-
fx	Sai lệch trung bình tương đối	
G	Cấp chất lượng, cấp chính xác	%
g	Gia tốc trọng trường cục bộ	m/s^2
h	Entanpi riêng	kJ/kg
k	Số mũ đẳng entropi	-
k_T	Số mũ đẳng entropi nhiệt độ	-
k_V	Số mũ đẳng entropi thể tích	
l	Chiều dài của cột	mm
Ma	Chỉ số Mach	-
M_t	Momen xoắn	Nm
M	Khối lượng phân tử gam, khối lượng mol	kg/mol
m	Số mũ nhiệt độ	-
$\dot{m}$	Lưu lượng khối lượng	kg/s
N	Tốc độ quay	1/s
n	Số mũ đa hướng	-
P	Công suất	kW
p	Áp suất	MPa (bar)
$\dot{Q}$	Dòng nhiệt	kW
R	Hằng số khí riêng	J/(kg.K)
Ra	Độ nhám trung bình	J/(kmol.K)
Re	Số Reynolds	-

Ký hiệu	Nghĩa	Đơn vị
S	Bước đo số	-
s	Entropi riêng	kJ/(kg.K)
T	Nhiệt độ nhiệt động lực	K
t	Nhiệt độ	^{0}C
u	Tốc độ ở đỉnh bộ cánh quạt	m/s
u	Nội năng riêng	kJ/kg
V	Khoảng tin cậy hoặc độ không đảm bảo đo	-
v	Thể tích riêng	m^3/kg
$\dot{V}$	Lưu lượng thể tích	m^3/s
W	Hàm số kết quả	-
w	Phân số khối lượng	-
X	Hàm số nén	-
X_N	Tỷ số của các tốc độ quay giảm	-
x	Hàm lượng hơi đối với khối lượng hơi ẩm của cùng loại khí	kg/kg
$x_{(Subscript)}$	Hàm lượng hơi của hỗn hợp hơi/ khí đối với khí khô	kg/kg
Y	Hàm số nén	-
y	Giá trị của hàm số	-
y	Công nén riêng	kJ/kg
Z	Hệ số nén	-
z	Số nhóm cấp	-

3.1.2 Chữ cái Hy Lạp

Ký hiệu	Nghĩa	Đơn vị
α	Hệ số truyền nhiệt	W/(m^2.K)
β	Hệ số giãn nở khối	1/K
γ	Hệ số trọng lượng	-
Δ	Độ chênh lệch	-
ε	Hệ số tính toán	-
η	Hiệu suất	-
η	Độ nhớt động lực	Ns/m^{2+}
ϑ	Tỷ số của các giá trị (RZ_1T_1)	-
κ	Tỷ số của các nhiệt dung riêng	-
ν	Tỷ số đa hướng	-
ν	Độ nhớt động	m^2/s
Π	Tỷ số nén	-

Ký hiệu	Nghĩa	Đơn vị
ρ	Mật độ (khối lượng riêng)	kg/m^3
τ	Độ không đảm bảo đo tương đối	-
ϕ	Tỷ số của các tỷ số lưu lượng thể tích	-
φ	Hệ số lưu lượng	-
$\varphi_{(Subscript)}$	Độ ẩm tương đối	-
ψ	Hệ số công của quá trình chuẩn	-
ω	Tốc độ góc	1/s

3.1.3 Chỉ số dưới dòng

Chỉ số	Nghĩa
1	Vào (phía hút)
2	Ra (phía xả)
I,II,III,...z	Các cấp, được đánh số theo chiều dòng chảy
∞	Tại số Reynolds vô cùng lớn
A	Đoạn không được làm mát của máy nén được làm mát trung gian
Air	Không khí khô
Amb	Môi trường xung quanh (không khí, nhiệt độ)
An	Giả thiết, máy dẫn động
Av	Trung bình
B	Đoạn được làm mát của máy nén nhiều cấp được làm mát trung gian
Cal	Hiệu chuẩn
Co	Được chuyển đổi về theo các điều kiện bảo hành
Cog	Được chuyển đổi về tỷ số nén và lưu lượng thể tích đầu vào của điểm bảo hành
comb	Các đoạn liên hợp
Cond	Ngưng tụ
Cou	Nối
Crit	Tới hạn
D	Động lực học
Dev	Sai lệch
Dr	Máy dẫn động
Dry	Khô
Eff	Có hiệu quả, hiệu dụng
Ex	Giá trị cực hạn của ϕ
G	Điều kiện bảo hành hoặc điều kiện chuẩn
Gas	Khí
I	Số hạng thứ i của một tổng (i = 1,2,3 ...)

	Trong, bên trong
n	Đưa vào
j	Số nhóm cấp (j = I,II,III,...z)
K	Số mũ đẳng entropi
-	Rò rỉ
ub	Chất bôi trơn
M	Đo, động cơ
m	Lưu lượng khối lượng
mech	Cơ học
n	Trạng thái tiêu chuẩn
N	Tần số quay
out	Đưa ra
p	Đa hướng
P	Công suất
Pr	Quá trình chuẩn hoặc tiêu chuẩn
pr	Các kết quả thử được tính toán sơ bộ hoặc được dự định
rad	Bức xạ và đối lưu
ran	Dải đo có lien quan của dụng cụ
Re	Liên quan tới số Reynolds
red	Tốc độ được giảm đi
ref	Giá trị chuẩn
res	Kết quả
s	Đẳng entropi
sat	Hơi/hơi nước bão hòa
seal	Chất lỏng bít kín
side	Dòng bên hoặc dòng tích (chiết)
st	Tĩnh
sup	Cung cấp
sur	Bề mặt
sys	Hệ thống
T	Đẳng nhiệt
t	Nhiệt độ
te	Kết quả thử
term	Đầu cuối
tol	Sai lệch cho phép
tot	Tổng
u	Đỉnh hoặc chu vi

us	Dùng được
vap	Hơi nước, hơi
wet	Ẩm
wf	Lưu chất công tác
W	Nước làm mát hoặc chất làm mát
x	Giữa đầu vào và đầu ra
Y	Giá trị của hàm số

Khi không có các dấu hiệu riêng ngược lại, các biến đổi nhiệt động lực của trạng thái được sử dụng không được chỉ ra trong trạng thái chung mô tả trong tiêu chuẩn này.

3.2 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau. Các thuật ngữ và định nghĩa bổ sung được cho trong Phụ lục E.

3.2.1

Tỷ số của các tỷ số lưu lượng thể tích (ratio of volume flow ratios)

$$\phi = \frac{(\dot{V}_1 / \dot{V}_2)_{te}}{(\dot{V}_1 / \dot{V}_2)_g} \quad (1)$$

3.2.2

Tỷ số của các tốc độ quay giảm (ratio of reduced speeds of rotation)

$$X_N = \frac{\left(\frac{N}{\sqrt{R.Z_1.T_1}}\right)_{te}}{\left(\frac{N}{\sqrt{R.Z_1.T_1}}\right)_g} \quad (2)$$

3.2.3 Chỉ số Mach ở đỉnh (tip Mach number)

$$Ma_u = \frac{u}{a_1} \quad (3)$$

3.2.4 Số Reynolds đỉnh (tip Reynolds number)

$$\mathrm{Re}_u = \frac{ub}{\nu_1} \quad (4)$$

3.2.5 Hệ số lưu lượng thể tích (volume flow coefficient)

$$\varphi = \frac{\dot{V}_1}{\frac{\pi}{4}.D^2.u} \quad (5)$$

3.2.6

Hệ số công của quá trình chuẩn (reference process work coefficient)

$$\Psi_{Pr} = \frac{y_{Pr}}{u^2/2} \quad (6)$$

3.2.7

Hệ số entropi (enthalpy coefficient)

$$\Psi_i = \frac{\Delta h}{u^2/2} \quad (7)$$

3.2.8

Tỷ số RZ_1T_1 (RZ_1T_1 ratio)

$$\vartheta_j = \frac{(R.Z_1.T_1)_j}{(R.Z_1.T_1)_l} \qquad \vartheta_{j,B} = \frac{(R.Z_1.T_1)}{(R.Z_1.T_1)_{l,B}} \quad (8)$$

Trong đó l,B là cấp thứ nhất của đoạn được làm mát B

3.2.9

Đoạn (section)

Một hoặc nhiều cấp (tầng) liên tiếp của một máy nén tuabin không có làm mát trung gian có các dòng cùng lưu lượng khối lượng chảy qua.

4 Bảo hành

4.1 Quy định chung

Khách hàng và nhà sản xuất phải có thỏa thuận bằng hợp đồng quy định các tính chất và tính năng của máy nén được bảo hành và được chứng minh bằng thử nghiệm thu. Việc kiểm tra các tính năng này được thực hiện bằng các giá trị đo được trong thử nghiệm thu và được chuyển đổi về các điều kiện bảo hành.

Sự đáp ứng bảo hành được yêu cầu chỉ khi tất cả các thành phần của hệ thống máy nén ở trong điều kiện đúng tại phép thử nghiệm thu.

4.2 Điều kiện tiên quyết cho bảo hành.

Các điều kiện áp dụng như là các điều kiện trước hết cho bảo hành mà sự sửa đổi các điều kiện này sẽ ảnh hưởng đến sự vận hành máy nén phải được quy định trong hợp đồng cung cấp. Các điều kiện này có thể bao gồm:

a) Áp suất vào (hoặc áp suất xả trong trường hợp các máy nén kiểu hút) và nhiệt độ vào;

b) Trong trường hợp dòng chảy bên ở phía trong, các trạng thái nhiệt động lực của chúng và tỷ số giữa các lưu lượng khối lượng của dòng chảy bên và lưu lượng khối lượng vào, trong trường hợp dòng tích ở trung gian, tỷ số giữa các lưu lượng khối lượng được tính ra và lưu lượng khối lượng vào và áp suất tích;

c) Trong trường hợp các máy nén được làm mát trung gian, các nhiệt độ làm mát đối lưu và độ sụt áp giữa các đoạn máy nén có liên quan;

d) Các tính chất vật lý của khí hoặc hơi và thành phần của nó trong các phần nhỏ thể tích hoặc khối lượng;

e) Chất làm mát, lưu lượng khối lượng của nó và nhiệt độ vào;

f) Các điều kiện vận hành của máy dẫn động (ví dụ, các độ chênh lệch entanpi, trạng thái ở đầu vào và đầu ra, năng suất tỏa nhiệt của nhiên liệu, loại, điện áp và tần số của dòng điện, tốc độ);

g) Trạng thái ở đầu vào và đầu ra có liên quan đến diện tích dòng chảy ở đầu vào và đầu ra của máy nén;

h) Tốc độ (các sai lệch cần thiết để đáp ứng các điểm bảo hành phải được thỏa thuận giữa khách hàng và nhà sản xuất).

4.3 Đối tượng bảo hành

Các giá trị sau có thể được bảo hành trong các điều kiện tiên quyết được quy định trong 4.2

a) Lưu lượng khối lượng thực ở đầu vào như đã quy định trong E.4.2;

b) Áp suất xả (hoặc áp suất vào trong trường hợp máy nén kiểu hút) và các áp suất trung gian trong trường hợp dòng chảy bên ở phía trong và dòng tích ở trung gian;

c) Công suất đối với các lưu lượng thể tích vào quy định và các áp suất xả (hoặc các áp suất vào trong trường hợp máy nén kiểu chân không) dưới dạng

- Công suất máy nén tại khớp trục hoặc;
- Công suất của máy nén có hộp số tại khớp trục của máy dẫn động (động co) hoặc;
- Công suất điện tại các cực nối vào của động cơ dẫn động, hoặc;
- Tiêu thụ nhiên liệu của máy dẫn động.

Khi máy nén và máy dẫn động có các bộ phận chung (ví dụ, các ổ trục, bơm dầu, v.v...), phải có thỏa thuận quy định phương pháp phân chia các tổn thất xảy ra bên trong các bộ phận (xem 5.9).

Công suất có liên quan hoặc hiệu suất có liên quan đến một quá trình chuẩn thích hợp (xem E.5) cũng có thể được bảo hành thay cho công suất;

d) Công suất của các máy móc phụ (ví dụ, các bơm dầu hoặc bơm nước làm mát) không được bao gồm trong công suất được bảo hành;

e) Các giới hạn của phạm vi vận hành như sau:

- Lưu lượng thể tích thực lớn nhất ở đầu vào tại một áp suất quy định hoặc áp suất lớn nhất ở một lưu lượng thể tích thực quy định ở đầu vào;
- Lưu lượng thể tích thực nhỏ nhất ở đầu vào tại một áp suất xả quy định;
- Giới hạn tăng vọt.

Xem E.9.

4.4 Bảo hành bổ sung

Có thể yêu cầu các bảo hành bổ sung (đối với các hiệu suất ở tải trọng riêng phần, các chất bít kín, nhiệt độ của khí được nén, hiệu suất làm mát của các bộ phận làm mát và ngưng tụ) trong trường hợp chúng có ý nghĩa đối với vận hành hoặc bất cứ lý doa nào khác.

4.5 So sánh với bảo hành

Trong trường hợp thử nghiệm thu, các kết quả thử đo được và được chuyển đổi về các điều kiện bảo hành phải được đánh giá so với các giá trị được bảo hành (xem Điều 8), dung sai chế tạo đối với các giới hạn của các độ không đảm bảo đo (xem 6.4).

Bất cứ các dung sai chế tạo nào dùng cho bảo hành cũng phải được xem như một bộ phận của hợp đồng cung cấp và không là một bộ phận của tiêu chuẩn này.

4.6 Bảo hành đối với sản xuất hàng loạt

Khi một loạt các máy nén có cùng một thiết kế được chế tạo trong một khoảng thời gian ngắn thì không theo thường lệ phải thực hiện thử nghiệm thu cho mỗi máy nén riêng biệt. Thử nghiệm thu phải được xem là đầy đủ được thực hiện cho một số ít các máy nén lựa chọn ngẫu nhiên từ loạt máy nén trong sản xuất và được hoàn thành có kết quả tốt – thử kiểu. Chi tiết về thủ tục này phải được quy định trong hợp đồng cung cấp.

5 Phương pháp đo và thiết bị đo

5.1 Quy định chung

5.1.1 Các phương pháp đo và độ không đảm bảo đo

Phải sử dụng các phương pháp đo và dụng cụ đo sau bao gồm cả các quy tắc cho sử dụng các phương pháp đo và dụng cụ đo này nếu có thể áp đụng được.

Có thể sử dụng các phương pháp đo khác theo thỏa thuận về thử nghiệm và lắp đặt.

5.1.2 Thiết bị đo

Các điểm đo và thiết bị để đo áp suất, nhiệt độ, lưu lượng, công suất và tốc độ phải được đưa vào trong máy nén trong quá trình thiết kế và trong quá trình lắp đặt máy nén vào hệ thống theo sau. Trước hết phải bảo đảm cho tại tất cả các điểm để đo lưu lượng như đã quy định trong trong TCVN 8113-1 (ISO 5167-1) phải có đủ các đoạn ống thẳng và các mối nối bích thích hợp cho lắp đặt các ống phun và vòi phun. Các hình E.3 và E.4 minh họa sự bố trí thiết bị thích hợp cho hai điểm đo, mỗi điểm dùng cho áp suất và nhiệt độ trên máy nén. Sự bảo hành nên dựa vào các điểm đo được cung cấp và chuẩn bị. Nên trang bị các ống nối cho các dụng cụ đo chuẩn tại các điểm đo chính.

5.1.3 Dụng cụ đo

Phải sử dụng các dụng cụ đo sau cho các phép thử nghiệm thu:

a) Các dụng cụ đo đã được hiệu chuẩn bằng cách so sánh với các dụng cụ đo như đã quy định trong 5.1.3 c);

b) Các dụng cụ đo đã được một cơ quan có thẩm quyền chứng nhận hiệu chuẩn hoặc cấp chứng chỉ thử nghiệm;

c) Các dụng cụ đo đã được thử nghiệm và chứng minh có độ chính xác đã biết và việc sử dụng các dụng cụ đo này đã được thỏa thuận giữa các bên tham gia hợp đồng.

Tất cả các dụng cụ đo (và đặc biệt là các ống phun và vòi phun) phải được kiểm tra ngay trước khi lắp đặt và/hoặc trước và sau thử nghiệm về tình trạng và độ chính xác kích thước. Ngoài ra phải bảo đảm rằng điểm lắp đặt, bản thân sự lắp đặt và bản thân dụng cụ đo tuân theo các điều kiện kỹ thuật có liên quan. Kết quả của sự kiểm tra này phải được ghi lại.

5.1.4 Sử dụng các bộ chuyển đổi; thu thập dữ liệu

Khi sử dụng các dụng cụ đo điện tử có các bộ chuyển đổi thuộc bất cứ kiểu nào và có thể đánh giá được bằng số thì các bộ chuyển đổi phải được hiệu chuẩn và hồ sơ hiệu chuẩn phải được lưu giữ. Phải có khả năng kiểm tra các hệ thống đo bằng các phương tiện thích hợp. Yêu cầu này áp dụng thống nhất cho sử dụng các hệ thống thu thập dữ liệu và xử lý các dữ liệu điện tử.

5.2 Áp suất

5.2.1 Áp suất tĩnh

Nên đo áp suất tĩnh tại thành (vách) bằng các lỗ được khoan trên thành. Các lỗ này không được có bavia trên bề mặt của thành hoặc cửa các miệng lọc. Đường kính của các lỗ phải được duy trì càng nhỏ càng tốt; giới hạn dưới phải đủ để tránh nguy hiểm bị kẹt, tắc.

Trong các ống thẳng dài, dòng chảy phải song song với đường trục của ống. Áp suất tĩnh có thể được thừa nhận là không đổi trong mỗi mặt cắt ngang của dòng chảy vuông góc với đường trục của ống; việc lấy mẫu áp suất bằng lỗ được khoan trong thành ống đủ để phục vụ cho phép đo (xem các Hình E.3 và E.4 cho dụng cụ lấy mẫu áp suất).

5.2.2 Áp suất động lực và áp suất tổng

Khi biết tốc độ trung bình, c từ phép đo lưu lượng và diện tích dòng chảy , có thể tính toán áp suất động lực trung bình, p_d từ tốc độ này và với áp suất tĩnh, p có thể tính toán áp suất tổng trung bình p_{tot} như sau:

$$c = \frac{c_p.p.A}{\dot{m}.R.Z} + \sqrt{\left(\frac{c_p.p.A}{\dot{m}.R.Z}\right)^2 + 2.c_p.T_{tot}} \qquad (9)$$

Đối với tỷ số giữa các áp suất tổng và áp suất tĩnh

$$\frac{p_{tot}}{p} = \frac{p + p_d}{p} = \left(\frac{T_{tot}}{T}\right)^{\frac{k}{k-1}} \qquad (10)$$

Sự gần đúng này cho tính toán áp suất động lực và áp suất tổng với tốc độ trung bình c được xem như có đủ độ chính xác trong phạm vi các quy tắc hiện nay.

5.2.3 Lắp đặt các đường ống đo

Các đường ống đo được lắp đặt giữa điểm lấy mẫu và dụng cụ hiển thị phải được đặc biệt chú ý trong lắp đặt. Bất cứ sự rò rỉ nào cũng phải được loại trừ. Phải có những biện pháp để ngăn ngừa và sự kẹt tắc do các vật lạ. Khi xảy ra sự ngưng tụ trong các ống đo thì các ống đo này phải được chứa đầy hoàn toàn chất ngưng tụ hoặc phải được giữ sao cho không có chất ngưng tụ (ví dụ, bằng cách bố trí dụng cụ đo ở mức cao từng cao hơn so với điểm đo).

5.3 Nhiệt độ

Có thể đo trực tiếp nhiệt độ tĩnh, T và nhiệt độ tổng T_{tot} như là các biến số trạng thái của một khí trong dòng chảy.

Tỷ số giữa nhiệt độ tổng và nhiệt độ tĩnh:

$$\frac{T_{tot}}{T} = \frac{1}{1 - \frac{c^2}{2.c_p.T_{tot}}} \quad (11)$$

Các cảm biến nhiệt độ thuộc kiểu và cỡ kích thước thông thường (nhiệt kế chất lỏng, cặp nhiệt điện, nhiệt kế điện trở có hoặc không có các giếng nhiệt cho lắp đặt) chịu tác động của trọng lực, ngay cả khi được lắp đặt đúng, đối với nhiệt độ được gọi là nhiệt độ đặc trưng của chúng ở giữa T và T_{tot} ngay khi chúng bị phơi ra dòng khí. Tuy nhiên có các đầu dò nhiệt độ ("các dụng cụ đo nhiệt độ tổng") như các nhiệt kế kiểu tấm, kiểu móc và nhiệt kế miệng lọc chỉ thử nhiệt độ gần đúng nhất với nhiệt độ tổng (nhiệt độ ở trạng thái nghỉ) của khí.

Khi có thể chỉ ra rằng ảnh hưởng của sự phục hồi tốc độ và không đáng kể thì nó có thể được bỏ qua. Trong bất cứ trường hợp nào cũng không nên bỏ qua ảnh hưởng của sự phục hồi tốc độ này nếu cột áp động lực vượt quá 0,5 % công nén quy định. Nên có sự thỏa thuận về sử dụng hệ số phục hồi tốc độ. Trong trường hợp không có các giá trị quy định nào khác thì có thể sử dụng các giá trị như sau:

a) Các nhiệt kế và cặp nhiệt điện lắp trong giếng (lỗ): 0,65;

b) Các cặp nhiệt điện để trần: 0,80;

c) Các cặp nhiệt điện để trần có vỏ che cách điện: 0,97.

5.4 Mật độ của khí

Đối với các khí và hơi có thành phần đã biết, có thể xác định mật độ từ các phương trình trạng thái, các biểu đồ trạng thái hoặc các bảng. Trong trường hợp các hỗn hợp khí có thành phần chưa biết, nên đo trực tiếp mật độ bằng một phương pháp đã được chấp nhận.

5.5 Thành phần khí

5.5.1 Quy định chung

Khi các hỗn hợp khí hoặc các hỗn hợp khí/hơi được nén, phải kiểm tra thành phần của hỗn hợp, nếu cần thiết , ở các khoảng thời gian cách đều nhau bằng phương pháp đã được chấp nhận. Tần suất, tính chất và độ chính xác của các phép kiểm tra này sẽ khác nhau theo các độ dao động trong thành phần của khí.

5.5.2 Hàm lượng ẩm

5.5.2.1 Độ ẩm của không khí

Có thể tính toán độ ẩm tương đối, biểu thị bằng phần trăm, của không khí ở áp suất khí quyển (p_{amb}) như sau khi sử dụng các nhiệt độ đọc được trên nhiệt kế bầu ướt (t_{wet}) và nhiệt kế bầu khô (t_{dry}) của một ẩm kế (như đã quy định bởi Assmann) và phương trình gần đúng của Sprung:

$$\varphi_{vap} = \frac{p_{sat} - 0{,}5.(t_{dry} - t_{wet})\frac{p_{amb}}{755}}{p_{dry}}.100 \quad (12)$$

trong đó

p_{sat} là áp suất hơi bão hòa tại t_{wet};

p_{dry} là áp suất hơi bão hòa tại t_{dry};

p_{amb} là số đọc của áp suất môi trường xung quanh.

Độ ẩm tương đối (φ_{vap}) có thể đọc được từ biểu đồ $h_{air} - x_{air}$ đối với bất cứ áp suất nào, p của không khí ở các giá trị đã biết đối với t_{wet} và t_{dry} và mức của khí áp kế p_{amb}.

Có thể xác định độ ẩm tương đối của không khí nén bằng cách làm lệnh hướng dòng chảy bên khỏi tâm của đường ống có áp và giảm áp suất này tới áp suất khí quyển. Độ ẩm tương đối, φ_{vap} được đo ở áp suất khí quyển và sau đó được chuyển đổi về trạng thái trong đường ống.

Các phương pháp được chấp nhận khác với phương pháp đo bằng ẩm kế cũng có thể cho phép sử dụng (ví dụ, điểm sương, đóng băng ở ngoài, lithi clorua, và phương pháp hấp thụ).

5.5.2.2 Độ ẩm trong các khí khác

Nên sử dụng các phương pháp khác được nêu trong 5.5.2.1 với các khí khác với không khí [thay vì phương trình (12)].

5.6 Tốc độ của khí

5.6.1 Đo số lượng

Có thê đo trị số của tốc độ cục bộ khi sử dụng các phong tốc kế chỉ thị hoặc các đầu dò (ví dụ, ống Prandtl hoặc ống Pitot) không phụ thuộc vào chiều trong một số giới hạn (xem 5.7.3).

5.6.2 Xác định chiều

Có thể xác định chiều của tốc độ khi sử dụng các đầu dò cố định đã được hiệu chuẩn, hoặc bằng các độ chênh áp được đo tại các đầu dò điều chỉnh được không cần thiết phải xác định chiều trong các đoạn ống thẳng dài.

5.7 Lưu lượng thể tích và lưu lượng khối lượng

5.7.1 Đo lưu lượng khi sử dụng các ống phun và vòi phun

TCVN 8113-1 (ISO 5167-1) áp dụng cho phép đo lưu lượng khi sử dụng các ống phun à vòi phun phi tiêu chuẩn nếu đã có sự thỏa thuận riêng về việc sử dụng này (xem các tài liệu tham khảo [4] và [5].

5.7.2 Phép đo sử dụng các dụng cụ đo khí

Có thể thực hiện các phép đo lưu lượng thể tích khi sử dụng các dụng cụ đo khí đã được hiệu chuẩn.

Phải bảo đảm cho khí đi qua dụng cụ đo không bị đứt đoạn do tăng vọt sự mạch động. Cũng phải kiểm tra dụng cụ đo về sự rò rỉ ở các tang trống hoặc hộp xếp và về sự nạp đầy chính xác chất lỏng bít kín và các thay đổi của mức bão hòa của khí của chất lỏng bít kín.

5.7.3 Các phương pháp đo khác

Nếu một trong các phương pháp đo nêu trong 7.5.1 và 7.5.2 không có tính khả thi về mặt kỹ thuật hoặc kinh tế thì có thể sử dụng các phương pháp đo khác theo sự thỏa thuận giữa khách hàng và nhà sản xuất.

Trong dòng chảy không thay đổi, có thể xác định lưu lượng thể tích hoặc lưu lượng khối lượng từ độ chênh áp để được hiệu chuẩn hoặc bằng phép đo profile tốc độ (ví dụ, tài liệu tham khảo [6]). Cũng có thể tính toán lưu lượng khối lượng từ sự cân bằng năng lượng thích hợp, bao gồm cả công suất dẫn động hoặc quá trình.

5.8 Tốc độ quay

Khi cần thiết phải đo tốc độ quay cho phép thử tính năng thì phải xác định tốc độ quay này với độ chính xác cần thiết khi sử dụng đồng hồ đo chu trình, tốc kế góc, tần số kế, v.v...

5.9 Công suất

Khi bảo hành công suất vào máy nén thì nó phải được đo

a) Bằng sự thực hiện cân bằng năng lượng trên bộ phận dẫn động phù hợp với các quy tắc thử cho kiểu máy riêng biệt;

b) Bằng đo momen xoắn khi sử dụng một động cơ kiểu giá lắc (tường đu đưa) hoặc một dụng cụ đo momen xoắn chính xác;

c) Bằng xác lập sự cân bằng của tổng năng lượng đối với máy nén khi đo tất cả các tổn thất và cộng chúng vào năng lượng cho khí nén.

Trong trường hợp 5.9 a) khi tính năng được bảo hành dưới dạng năng lượng vào bộ phận dẫn động, năng lượng này phải được đo phù hợp với tiêu chuẩn quốc tế hoặc tiêu chuẩn quốc gia thích hợp.

Trong trường hợp 5.9 b) cho phép đo momen xoắn, không được dùng các dụng cụ đo momen xoắn để đo momen xoắn nhỏ hơn một phần ba giá trị danh định của chúng. Các dụng cụ đo này phải được hiệu chuẩn với phần tử đo tại cùng một nhiệt độ như đã sử dụng trong quá trình thử. Phải thực hiện sự hiệu chuẩn hai lần, một lần với sự tăng liên tiếp của tải trọng và một lần với sự giảm liên tiếp của tải trọng và phải sử dụng giá trị trung bình của hai bộ số đọc. Với các dụng cụ đo momen xoắn và các động cơ điện kiểu giá lức, phải chỉ ra rằng hiệu ứng trễ, nghĩa là độ

chênh lệch giữa các số đọc với sự tăng lên và giảm đi của tải trọng do ma sát cơ học v.v... không được vượt quá 0,5 % momen xoắn được đo.

Trong trường hợp 5.9 c) cho việc xác lập sự cân bằng của tổng năng lượng của máy nén phải tính đến sự trao đổi nhiệt của máy nén với không khí môi trường xung quanh bằng cách dẫn nhiệt và bức xạ nhiệt:

$$\dot{Q}_{rad} = \alpha . A_{rad} . (t_{sur} - t_{amb}) \quad (13)$$

Có thể sử dụng hệ số truyền nhiệt α = 14[W/(m^2.K)] để đánh giá các tổn thất này. A_{rad} là bề mặt ngoài của máy nén giữa cửa vào và cửa xả. t_{sur} là nhiệt độ trung bình của bề mặt máy nén được đo hoặc được đánh giá từ các nhiệt độ của khí trong máy nén. Nếu biết được tổn thất nhiệt của bức xạ $\dot{Q}_{rad}$ khi đánh giá các giá trị thử nghiệm thì công suất thử có thể được hiệu chỉnh hoàn toàn bằng cách cộng $\dot{Q}_{rad,te}$ vào công suất của khí, $P_{i,\Delta t,te}$, được đánh giá từ độ tăng của lưu lượng khối lượng và nhiệt độ.

$$P_{i,te} = P_{i,\Delta t,te} + \dot{Q}_{rad,te} \quad (14)$$

Theo cách khác, ví dụ, trong trường hợp đánh giá trực tuyến thử nghiệm, $\dot{Q}_{rad}$ được chuyển đổi một cách riêng biệt (xem 7.2.4.5).

6 Thử tính năng

6.1 Chuẩn bị cho thử nghiệm

6.1.1 Quy định chung

Phải bảo đảm rằng khi chuẩn bị cho phép thử tính năng cần lựa chọn các dụng cụ đo và độ không chính xác đo của chúng bảo đảm được mức chính xác cần thiết (xem 6.4.2).

6.1.2 Qui trình thử

Kiểu, phạm vi và trình tự thời gian của các phép đo, vị trí của các điểm đo và các phương pháp đo được sử dụng nên được quy định trong chương trình thử. Các biểu đồ và bản vẽ yêu cầu để hiểu được thử nghiệm nên được kèm theo qui trình thử.

Trong trường hợp các phép thử tính năng, qui trình này nên được thoả thuận giữa nhà cung cấp và khách hàng trên cơ sở các điều kiện bảo hành.

Các điểm vận hành lúc thử phải được lựa chọn phù hợp với 7.2. Các đường ống nhánh từ phía có áp tới phía hút của máy nén và từ phía nước nóng tới phía trước lạnh của các bộ phận làm mát, bao gồm cả các bộ phận hạn chế lưu lượng v.v...có thể được lắp đặt nếu cần thiết như là sự trợ giúp để thích nghi các điều kiện thử với các điều kiện bảo hành.

6.1.3 Kiểm tra và thử sơ bộ

Phải bảo đảm cho trước (và sau) khi thử tính năng, tất cả các đường ống không bị kẹt tắc và tất cả các bộ phận của hệ thống ở trong điều kiện đúng. Cũng phải bảo đảm cho tất cả các đường ống cung cấp và đường ống về không sử dụng trong thử nghiệm được đóng lại một cách chính xác bằng cách lắp đặt các đĩa chắn nếu cần thiết. Phải kiểm tra độ kín của tất cả các ống có liên quan. Bất cứ bộ phận nào trong hệ thống có thể gây kẹt tắc và đặc biệt là các bộ phận làm mát bề mặt trao đổi nhiệt phải được làm sạch trên các phía tiếp xúc với nước và với khí trước khi bắt đầu thử. Nếu không thể thực hiện được yêu cầu này thì phải có sự thoả thuận tương ứng của các bên có liên quan.

Tất cả các dụng cụ đo và đường ống đo phải được kiểm tra cẩn thận về việc điều chỉnh và lắp nối chính xác (xem 5.1).

Cũng như trong trường hợp thực hiện thử tính năng tại vị trí lắp đặt, trước tiên nhà cung cấp có thể tiến hành phép thử sơ bộ riêng của mình. Các phép thử sơ bộ này cũng có thể được sử dụng để làm quen đối với đội thử nghiệm và để thử, kiểm tra các dụng cụ và thiết bị được sử dụng. Nếu phé thử này thành công thì có thể được chấp nhận là phép thử tính năng bởi khách hàng.

6.2 Thực hiện phép thử

6.2.1 Quy định chung

Nếu có thể thực hiện được, các phép thử tính năng nên diễn ra trong các điều kiện vận hành. Nên cách ly hệ thống máy nén khỏi các thay đổi bất thường trong vận hành.

Khi thực hiện phép thử tính năng trong hệ thống, chỉ có thể thực hiện việc điều chỉnh các thông số vận hành khi có sự tham vấn với người chịu trách nhiệm về hệ thống.

Trong quá trình thử tính năng trên một máy nén hoặc một hệ thống máy nén không thể thực hiện bất cứ sự cải tiến nào có thể ảnh hưởng đến tính năng của máy nén và sự cải tiến này không thể duy trì được trong các điều kiện vận hành bình thường.

Thử tính năng phải được thực hiện với tất cả các giá trị trong điều kiện trạng thái ổn định.

Các giá trị đo được (khi có thể) quan trọng nhất đều phải được ghi lại một cách đồng thời. Sau khi thử, các đại diện của nhà cung cấp và khách hàng và bất cứ bên trung gian nào tham dự đều phải được cung cấp một bản sao của tài liệu ghi chép này.

Loại, số lượng và khoảng thời gian của các phép đo và tần suất của chúng sẽ thay đổi theo mức độ quan trọng của các phép đo riêng, có tính đến các tính năng riêng của thiết bị đo và sự vận hành. Phải có sự thoả thuận về vấn đề này.

Trong trường hợp máy nén được làm mát, cũng nên xác minh tính hiệu quả của bộ phận làm mát trung gian trong các điều kiện thiết kế.

6.2.2 Sai lệch của giá trị trung bình cho phép so với các giá trị quy định trong các điều kiện bảo hành và độ dao động cho phép của các giá trị riênng xung quanh giá trị trung bình.

Nếu các điều kiện vận hành sai lệch so với các điều kiện bảo hành, phép thử sẽ có hiệu lực với điều kiện là các sai lệch của giá trị trung bình trong các điều kiện bảo hành ban đầu nằm trong các giới hạn đã cho. Có thể tìm thấy các giới hạn này trong các Bảng 1 và 2 (7.2), trên Hình 2 và Phụ lục A.

Các sai lệch lớn hơn vẫn có thể cho phép với điều kiện là có sự thoả thuận tương ứng giữa nhà cung cấp và khách hàng.

Khi các giá trị riêng biệt dao động khá lớn thì cần có sự thoả thuận về khả năng cho phép và mở rộng tới mức có thể phạm vi độ không đảm bảo đo tuỳ theo các trường hợp cụ thể (xem tài liệu tham khảo [7])

6.3 Đánh giá các kết quả thử

6.3.1 Tính toán giá trị trung bình

Các số đọc của các giá trị có ảnh hưởng tuyến tính đến tính toán được lấy ở các khoảng thời gian như nhau có thể được tính toán giá trị trung bình bằng phương pháp trung bình cộng.

Các số đọc của các giá trị không ảnh hưởng tuyến tính đến tính toán được lấy ở các khoảng thời gian như nhau có thể được tính toán giá trị trung bình dưới dạng tương đương.

6.3.2 Lưu lượng khối lượng và lưu lượng thể tích vào

Có thể xác định lưu lượng thể tích vào hiệu dụng $\dot{V}_{1,us,wet}$ từ lưu lượng khối lượng đo được m_{te} (xem E.4.2).

6.3.3 Công suất (công suất tại khớp nối trục), tiêu thụ lưu chất.

Có thể xác định công suất (công suất ở khớp nối trục) P_{cou} của máy nén phù hợp với 5.9.

Khi sử dụng hộp số, phải xác định riêng biệt các tổn thất trong bánh răng (bằng phương pháp như đo các tổn thất bị tiêu tán dưới dạng nhiệt trong dầu của hộp số).

Khi máy nén được dẫn động bằng các máy nhiệt, có thể xác định lượng tiêu thụ lưu chất bằng các phương pháp đo đã được chấp nhận phù hợp với các quy tắc chứng nhận các máy dẫn động riêng (xem 5.9).

6.3.4 Công suất của quá trình chuẩn

Có thể tính toán công suất của quá trình chuẩn khi sử dụng các trạng thái đo được ở đầu vào và đầu ra. Việc lựa chọn quá trình chuẩn (đẳng entropi, đa hướng, đẳng nhiệt) phụ thuộc vào loại và cách vận hành của máy nén (xem E.5.1).

6.3.5 Suất tiêu thụ lưu chất công tác

Khi sử dụng một động cơ nhiệt làm máy dẫn động và các điều kiện vận hành của máy nén và máy dẫn động là không đổi thì tính năng của máy nén có thể được biểu thị dưới dạng lưu lượng khối lượng của lưu chất công tác của máy dẫn động trên một đơn vị lưu lượng thể tích hiệu dụng ở đầu vào của máy nén.

Khi các điều kiện vận hành của máy nén thay đổi nhưng các điều kiện vận hành của máy dẫn động không đổi thì tiêu thụ lưu chất công tác nên có liên quan đến quá trình chuẩn, ví dụ, m_{wf} / P_{Pr}.

6.4 Độ không đảm bảo đo của các kết quả thử

6.4.1 Nguyên tắc cơ bản

Bất cứ phép đo nào cũng đòi hỏi phải có một mức độ không đảm bảo. Các độ không đảm bảo này cũng xuất hiện do sự chuyển đổi (xem 7.2.5). Các dữ liệu có trong 6.4 giả định trước rằng các yêu cầu quy định trong Điều 5 được đáp ứng. Nếu không phải như vậy, phải có sự thoả thuận về sự tăng lên thích hợp của các độ không đảm bảo đo đối với các biến số được đo riêng và các phạm vi độ tin cậy cho các dữ liệu của khí. Có thể giả thiết thêm rằng tất cả các sai số hệ thống ghi được trong phép đo các đại lượng được đo riêng và các dữ liệu của khí đã được loại trừ bằng sự hiệu chỉnh. Một điều kiện tiên quyết bổ sung thêm là các giới hạn độ tin cậy của sai số đọc và sai số tích phân đã được bỏ qua bằng một số lượng thích hợp các số đọc. Các sai số hệ thống không ghi lại được (nhỏ) cũng đợc bao hàm bởi các độ không đảm bảo đo. Các cấp chất lượng (cấp chính xác) và các giới hạn sai số đôi khi được sử dụng để xác định các độ không đảm bảo đo của các đại lượng được đo riêng bởi vì sai số hệ thống ghi lại được của các dụng cụ đo đã sử dụng, trừ một số ngoại lệ, chỉ bao hàm một phần nhỏ của cấp chính xác hoặc giới hạn sai số các dữ liệu về xác định các độ không đảm bảo đo đối với các đại lượng được đo riêng (6.4.2), các phạm vi độ tin cậy của các dữ liệu về khí (6.4.3) và đối với các thay đổi của trạng thái là gần đúng. Các phép gần đúng này chỉ có thể được cải thiện với một mức phức tạp và chi phí tương ứng.

Theo tài liệu tham khảo [7] các độ không đảm bảo đo được quy định trong tiêu chuẩn này nên được lấy ở các giới hạn độ tin cậy 95 %.

Các hướng dẫn xác định các độ không đảm bảo chung (toàn bộ) của các kết quả đo (6.4.4) và ứng dụng của chúng cho các bán trục đối với các hình elip độ không đảm bảo đo (8.2.4) bao gồm sự đơn giản hoá khá thuận tiện như bỏ qua một số mối quan hệ; xem tài liệu tham khảo [8].

6.4.2 Độ không đảm bảo đo của các biến số được đo riêng

6.4.2.1 Độ không đảm bảo đo của áp suất

6.4.2.1.1 Áp kế chính xác và bộ chuyển đổi áp suất

Độ không đảm bảo đo tương đối, được biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm, đối với độ chênh áp là

$$\tau_{\Delta p} = \frac{V_{\Delta p}}{\Delta p}.100 = \pm G \frac{\Delta p_{ran}}{\Delta p_{te}} \quad (15)$$

Khi dụng cụ đo có cấp chính xác G < 0,2, thì số hạng G = 0,2 nên được sử dụng trong phương trình để cho phép tính đến các sai số lắp đặt.

6.4.2.1.2 Cột chất lỏng

Nếu áp dụng cột chất lỏng, độ không đảm bảo đo phụ thuộc trước hết phụ thuộc vào khả năng đọc được độ lệch Δl. Nếu không sử dụng sự trợ giúp riêng thì có thể đạt được độ không đảm bảo đo $V_{\Delta l}$ bằng ± 1 mm.

Độ không đảm bảo đo tương đối được biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm trong phạm vi 100 mm ≤ Δl ≤ 1 000 mm là:

$$\tau_{\Delta p} = \frac{V_{\Delta l}}{\Delta l}.100 = \frac{1}{\Delta p}.100 \quad (16)$$

Đối với $\Delta l > 1000mm$, độ không đảm bảo đo tương đối, được biểu thị bằng tỷ lệ phần trăm là:

$$\tau_{\Delta l} = 0{,}1$$

6.4.2.1.3 Áp suất tuyệt đối

Độ không đảm bảo đo của áp suất tuyệt đối, p, phụ thuộc vào độ không đảm bảo của áp suất môi trường xung quanh đo được, p_{amb} và độ chênh áp $p - p_{amb}$:

$$\tau_p = \sqrt{\left(\frac{p_{\text{amb}}}{p}.\tau_{p,\text{amb}}\right) + \left(\frac{p - p_{\text{amb}}}{p}.\tau_{p-p,\text{amb}}\right)^2} \quad (17)$$

6.4.2.2 Độ không ổn định đo của nhiệt độ

6.4.2.2.1 Quy định chung

Các tiêu chuẩn quốc gia chứa đựng thông tin về tính toán các sai số và các giới hạn sai số, có bao gồm cả các ảnh hưởng giới hạn nhỏ không tránh được. Các điều khoản trong 6.4.2.2.2 đến 6.4.2.2.4 được dùng để làm dễ dàng hơn cho sự lựa chọn.

6.4.2.2.2 Nhật kế cột chất lỏng

Giới hạn sai số được xác định bằng sự hiệu chuẩn và được mở rộng bởi các dung sai lắp đặt nên được sử dụng như độ không ổn định đo, V_t, thông thường V_t = 1 K

6.4.2.2.3 Cặp nhiệt điện

Khi toàn bộ hệ thống đo đã được hiệu chuẩn gần đây nhất và sử dụng các dụng cụ đo chính xác để đo (cấp chính xác 0,1) có thể sử dụng độ không đảm bảo đo V_t bằng ± 1,0 K cho các nhiệt độ đến 300 ^{0}C.

Có thể đạt được các độ không đảm bảo đo nhỏ hơn nhiều thông qua sử dụng sự phối hợp các dụng cụ chuyên dùng, đặc biệt là đối với các độ chênh lệch nhiệt độ nhỏ.

6.4.2.2.4 Nhiệt kế điện trở

Khi toàn bộ hệ thống đo đã được hiệu chuẩn gần đây nhất, có thể sử dụng độ không đảm bảo đo V_t bằng ± 1,0 K cho nhiệt độ đến 300 ^{0}C. Tuy nhiên nên sử dụng hệ thống chính xác nhất cho ứng dụng riêng của các phương pháp đo dùng cho mục đích này.

6.4.2.3 Độ không đảm bảo đo của lưu lượng

Phải tính toán dung sai τ_m của phép đo lưu lượng khi sử dụng các ống phun và vòi phun tiêu chuẩn phù hợp với TCVN 8113-1 (ISO 5167-1). Trong trường hợp không thể loại bỏ được sự tăng vọt của hiện tượng mạch động thì phải áp dụng các hệ số hiệu chỉnh. Ngoài ra, dung sai, τ_m phải được mở rộng tới 20 % sự hiệu chỉnh. Khi phép đo được thực hiện bằng sử dụng các dụng cụ đo (ví dụ, đối với lưu lượng thể tích của dầu) thì phải sử dụng các độ không đảm bảo đo của các dụng cụ (được quy định, ví dụ như bởi chứng chỉ của thử nghiệm).

6.4.2.4 Độ không đảm bảo đo của tốc độ quay

Độ không đảm bảo đo tương đối, được hiển thị bằng tỷ lệ phần trăm, của tốc độ quay khi sử dụng các dụng cụ đo analog đã hiệu chuẩn là

$$\tau_N = \frac{V_N}{N}.100 = \pm G\frac{N_{ran}}{N_{te}} \quad (18)$$

Độ không đảm bảo đo tương đối, được hiển thị bằng tỷ lệ phần trăm, của tốc độ quay khi sử dụng các dụng cụ đo số đã hiệu chuẩn là

$$\tau_N = \frac{V_N}{N}.100 = \pm\frac{S}{N_{te}}.100 \quad (19)$$

Độ không đảm bảo đo tương đối, được hiển thị bằng tỷ lệ phần trăm, của động lực kế xoắn đã hiệu chuẩn là

$$\tau_{M,t} = \frac{V_{M,t}}{M_t}.100 = \pm G\frac{M_{t,ran}}{N_{te}}.100 \quad (20)$$

Có thể sử dụng độ không đảm bảo đo do nhà sản xuất công bố để đo momen xoắn bằng các động cơ kiểu giá lắc.

6.4.2.6 Độ không đảm bảo đo của công suất tại khớp nối trục của máy dẫn động

Độ không đảm bảo đo tương đối, được hiển thị bằng tỷ lệ phần trăm, của động lực kế xoắn đã hiệu chuẩn là:

$$\tau_{P,cou} = \frac{V_{P,cou}}{P_{cou}}.100 = \pm\sqrt{\left(\frac{V_{P,el}}{P_{el}}\right)^2 + \left(\frac{V_{\eta,M}}{\eta_M}\right)^2}.100 \qquad (21)$$

$$= \pm\sqrt{\tau_{P,el}^2 + \tau_{\eta,M}^2}$$

trong đó:

$V_{P,el}$ là độ không đảm bảo đo của điện năng tiêu thụ;

$V_{\eta,M}$ là độ không đảm bảo của hiệu suất động cơ. Nhà cung cấp động cơ điện phải cung cấp các đường cong hiển thị hiệu suất động cơ là một hàm số của tải trọng và phải công bố độ không đảm bảo.

Để tính toán công suất tại khớp nối trục từ công suất điện tiêu thụ và các tổn thất riêng đo được, các độ không đảm bảo đo của các tổn thất riêng này phải được tính đến theo cách thích hợp với phương pháp đo của chúng.

Để đo công suất tại khớp nối trục trên các máy dẫn động khác phải tính toán độ không đảm bảo đo tương đối $\tau_{P,cou}$ phù hợp với tiêu chuẩn tương ứng.

6.4.2.7 Độ không đảm bảo đo của công suất từ độ chênh lệch của nhiệt độ và lưu lượng khối lượng

Khi công suất (ví dụ, công suất khí, các tổn thất công suất cơ học) được xác định từ độ chênh lệch của nhiệt độ và lưu lượng khối lượng, độ không đảm bảo đo, được hiển thị bằng tỷ lệ phần trăm là

$$\tau_P = \frac{V_P}{P}.100 = \pm\sqrt{\tau_m^2 + \tau_{cp}^2 + \frac{V_{t1}^2 + V_{t2}^2}{(t_2 - t_1)^2}.100^2} \qquad (22)$$

6.4.2.8 Hệ thống đo

Vì giá trị được đo thường được hiển thị trên các dụng cụ đo ở cuối hệ thống đo cho nên cũng phải tuân theo các quy tắc dùng cho các hệ thống đo được quy định trong các tiêu chuẩn thích hợp, ví dụ, tài liệu tham khảo [7].

6.4.3 Phạm vi độ tin cậy đối với các dữ liệu của khí

6.4.3.1 Quy định chung

Khi thành phần của khí dao động, phải có sự chú ý đặc biệt tới việc lấy mẫu đúng và thích hợp. Các phạm vi độ tin cậy của các dữ liệu về khí phải được tăng lên nếu các độ dao động này vượt khỏi các phạm vi có thể được cân bằng bằng sự lấy mẫu thích hợp.

Thông tin trong 6.4.3.2 đến 6.4.3.4 cũng đề suất sơ bộ các phương pháp phân tích vật lý hoặc hoá học thích hợp dùng để xác định thành phần của khí.

6.4.3.2 Hằng số khí

6.4.3.2.1 Khí nguyên chất

Khi hằng số khí được lấy từ các phương trình trạng thái đã được chấp nhận thì có thể bỏ qua phạm vi độ tin cậy V_R của nó.

6.4.3.2.2 Hỗn hợp khí

Phạm vi độ tin cậy V_R của các hằng số khí có thể được bỏ qua với điều kiện là các điều kiện trong 6.4.3.1 được đáp ứng. Nếu hằng số khí được xác định bằng phép đo mật độ khi sử dụng các dụng cụ đo chính xác như đã quy định trong 5.4 nên sử dụng phạm vi độ tin cậy tương đối V_R / R bằng ± 0,5 %

6.4.3.3 Hệ số nén

6.4.3.3.1 Khí nguyên chất

Có thể tìm thấy phạm vi độ tin cậy V_Z của hệ số nén trong tài liệu có liên quan dùng cho các khí nguyên chất thường chủ yếu là chịu nén, xem tài liệu tham khảo [9].

Khi hệ số nén được xác định theo các phương trình trạng thái, nên đánh giá phạm vi độ tin cậy, V_Z.

6.4.3.3.2 Hỗn hợp khí

Có thể đạt được mức chính xác lớn nhất bằng cách đo hệ số nén của hỗn hợp khí.

Để đánh giá phạm vi độ tin cậy của một hệ số nén được xác định từ các phương trình trạng thái, điều chủ yếu là nên sử dụng phạm vi độ tin cậy, V_Z của hệ số nén của thành phần chiếm tỷ lệ lớn nhất theo thể tích và phạm vi độ tin cậy, V_Z của thành phần có hệ số nén sai lệch lớn nhất so với 1.

6.4.3.4 Số mũ đẳng entropi

6.4.3.4.1 Khí nguyên chất

Khi số mũ đẳng entropi đối với các khí gần như hoàn toàn nguyên chất được lấy từ các bảng đã được chấp nhận thì có thể bỏ qua phạm vi độ tin cậy V_k của số mũ đẳng entropi.

Không sẵn có các dữ liệu chính xác về phạm vi độ tin cậy V_k của các số mũ đẳng entropi của các khí có sai lệch lớn so với trạng thái nguyên chất; các phạm vi độ tin cậy này phải được đánh giá.

6.4.3.4.2 Hỗn hợp khí

Áp dụng các điều ghi chú tương tự như các điều ghi chú đã nếu trong 6.4.3.4.1 với điều kiện là các điều kiện trong 6.4.3.1 được đáp ứng.

6.4.4 Độ không đảm bảo của các kết quả đo

6.4.4.1 Quy định chung

Các phương trình để tính toán độ không đảm bảo đo tương đối của các kết quả đo được cho trong 6.4.4.2. Các phương trình này hiển thị các bán trục đối với các elip độ không đảm bảo đo (xem 8.2.4) và phải được mở rộng bởi các dung sai bổ sung nếu cần thiết (xem 7.2.5).

$$\tau_{tot} = \pm\left(\left|\tau_{res}\right| + \left|\tau_{dev}\right|\right) \tag{23}$$

Các elip độ không đảm bảo đo này được vẽ xung quanh các điểm đo.

Trong trường hợp chỉ có một điểm bảo hành và một điểm thử, có thể xác định tổng độ không đảm bảo tương đối của các kết quả đo đối với công suất hoặc công suất có liên quan nếu nó được chuyển đổi theo lưu lượng thể tích được bảo hành ở đầu vào và tỷ số nén Π_g. Trong trường hợp này áp dụng một cách gần đúng các phương trình đối với các độ không đảm bảo đo tương đối cho công suất có liên quan (xem 6.4.4.2.4). Nên áp dụng quy định này cho so sánh bảo hành phù hợp với 8.2.2.

6.4.4.2 Độ không đảm bảo tương đối của các kết quả đo được tính toán bằng phương pháp lấy đạo hàm

Các công thức được dẫn ra theo Phụ lục D.

6.4.4.2.1 Đối với lưu lượng thể tích vào, $\tau_{res,\dot{V}}$

Độ không đảm bảo tương đối của các kết quả đo đối với lưu lượng thể tích vào là

$$\tau_{res,\dot{V}} = \pm\sqrt{\tau_{\dot{m}}^2 + \tau_N^2 + \tau_{p1}^2 + \tau_{T1}^2 + \tau_{Z1}^2} \tag{24}$$

6.4.4.2.2 Đối với tỷ số nén, $\tau_{res,\Pi}$

Độ không đảm bảo tương đối của các kết quả đo đối với tỷ số nén là

$$\tau_{res,\Pi} = \pm\frac{1}{X_N^2}\sqrt{(\ln\Pi)_v^2\left(4.\tau_N^2 + \tau_{T1}^2 + \tau_R^2 + \tau_{Z1}^2\right) + \tau_{p1}^2 + \tau_{p2}^2} \tag{25}$$

6.4.4.2.3 Đối với công nén riêng đa hướng, $\tau_{res,y,p}$

Độ không đảm bảo tương đối của các kết quả đo đối với công nén riêng đa hướng là

$$\tau_{res,y,po} = \frac{V_{y,p}}{y_P} = \pm\sqrt{\left(\frac{1}{\ln\frac{p_2}{p_1}}\right)^2 \cdot\left(\tau_{p1}^2 - \tau_{p2}^2\right) + \left(\frac{T_2}{T_2 - T_1} - \frac{1}{\ln\frac{T_2}{T_1}}\right)^2 \cdot\tau_{T2}^2 + \left(\frac{T_1}{T_2 - T_1} - \frac{1}{\ln\frac{T_2}{T_1}}\right)^2 \cdot\tau_{T1}^2 + \tau_R^2 + \tau_{Z,m}^2} \quad (26)$$

6.4.4.2.4 Đối với công suất $\tau_{res,P,cou}$, công suất có liên quan $\tau_{res(P,cou/\dot{V})}$ và hiệu suất $\tau_{res,\eta,cou}$

Độ không đảm bảo tương đối của các kết quả đo yêu cầu cho tính toán theo công thức của các phương trình đối với độ không đảm bảo tương đối của các kết quả đo công suất, công suất có liên quan, hiệu suất và các hệ số để nhân với các độ không đảm bảo đo tương đối riêng biệt này được cho trong Bảng 1.

Bảng 1 – Các hệ số hoặc độ khong ổn định đo tương đối dùng cho các biến số được đo riêng để xác định độ không đảm bảo của các kết quả đo cho xác định công suất, công suất có liên quan và hiệu suất phù hợp với 6.4.4.2.4

Độ không đảm bảo đo tương đối cho các giá trị được đo riêng	Máy nén không được làm mát			Máy nén được làm mát $\vartheta_{j,te} = \vartheta_{lg}$			Máy nén được làm mát $\vartheta_{j,te} = \vartheta_{lg}$		
	Trường hợp 1[c]	Trường hợp 2[d]	Trường hợp 3[e]	Trường hợp 1[c]	Trường hợp 2[d]	Trường hợp 3[e]	Trường hợp 1[c]	Trường hợp 2[d]	Trường hợp 3[e]
$\tau_{p,cou}$	0	$\frac{1}{1+1/\varepsilon_2}$	0	0	$\frac{1}{1+1/\varepsilon_2}$	0	0	$\frac{1}{1+1/\varepsilon_2}$	0
τ_{pi}	$\frac{P_{i,co}}{P_{cou,co}}$	0	0	$\frac{P_{i,co}}{P_{cou,co}}$	0	0	$\frac{P_{i,co}}{P_{cou,co}}$	0	0
$\tau_{P,mech}$	$\frac{P_{mech,co}}{P_{cou,co}}$	$\frac{1}{1+\varepsilon_2}$	$\frac{1}{1+\varepsilon_2}$	$\frac{P_{mech,co}}{P_{cou,co}}$	$\frac{1}{1+\varepsilon_2}$	$\frac{1}{1+\varepsilon_2}$	$\frac{P_{mech,co}}{P_{cou,co}}$	$\frac{1}{1+\varepsilon_2}$	$\frac{1}{1+\varepsilon_2}$
τ_{Mt}	0	0	$\frac{1}{1+1/\varepsilon_2}$	0	0	$\frac{1}{1+1/\varepsilon_2}$	0	0	$\frac{1}{1+1/\varepsilon_2}$
τ_N[a]	1	1	0	1	1	0	$1+2\varepsilon_3 \ln\Pi_{A,co}$		$2\varepsilon_3 \ln\Pi_{A,co}$
	0	0	1	0	0	1	$2\varepsilon_3 \ln\Pi_{A,co}$		$1+...$ $...2\varepsilon_3 \ln\Pi_{A,co}$
τ_m[a]	0								
	1								

Bảng 1 (tiếp theo)

Độ không đảm bảo đo tương đối cho các giá trị được đo riêng	Máy nén không được làm mát			Máy nén được làm mát $\vartheta_{j,te} = \vartheta_{j,g}$			Máy nén được làm mát $\vartheta_{j,te} = \vartheta_{j,g}$		
	Trường hợp 1[c]	Trường hợp 2[d]	Trường hợp 3[e]	Trường hợp 1[c]	Trường hợp 2[d]	Trường hợp 3[e]	Trường hợp 1[c]	Trường hợp 2[d]	Trường hợp 3[e]
τ_{p1}[a]	$1-\frac{1}{\ln \Pi_{te}}$								
	$\frac{1}{\ln \Pi_{te}}$								
τ_{T1}[a]	0						$\varepsilon_3 \ln \Pi_{A,co}$		
	1						$1+\varepsilon_3 \ln \Pi_{A,co}$		
τ_{Z1}[a]	0						$\varepsilon_3 \ln \Pi_{A,co}$		
	1						$1+\varepsilon_3 \ln \Pi_{A,co}$		
τ_R[a]	0						$\varepsilon_3 \ln \Pi_{A,co}$		
	1						$1+\varepsilon_3 \ln \Pi_{A,co}$		
τ_{p2}	$1/\ln \Pi_{te}$								
τ_k	ε_1	ε_1	ε_1	0	0	0	0	0	0
$\tau_{T1,B}$	0	0	0	0	0	0	ε_3	ε_3	ε_3
$\tau_{Z1,B}$	0	0	0	0	0	0	ε_3	ε_3	ε_3
$\tau_{T1,j}$[b]	0	0	0	$\frac{z-1}{z}$	$\frac{z-1}{z}$	$\frac{z-1}{z}$	$\frac{z-2}{z-1}$	$\frac{z-2}{z-1}$	$\frac{z-2}{z-1}$

[a] Ở đây, các hệ số để xác định độ không đảm bảo của các kết quả đo đối với công suất tại khớp nối trục $\tau_{res,Pcou}$, không bao gồm τ_{dev} được chỉ dẫn trong hàng trên và các hệ số cho công suất có liên quan s và cho hiệu suất $\tau_{res,\eta cou}$, không bao gồm τ_{dev}, trong hàng dưới.

[b] Đối với $\vartheta_{j,te} = \vartheta_{j,g}$ $\quad T_{1jav} = \frac{\sum_{j=ll}^{j=z} T_{1j}}{z-1}, \dot{V}_{tjav} = \frac{\sum_{j=ll}^{j=z} V_t}{z-1}$ và $\tau_{T1j} = \frac{\dot{V}_{tjav}}{T_{1jav}}$

Đối với $\vartheta_{j,te} \neq \vartheta_{j,g}$ $T_{1jav} = \frac{\sum_{j=lll}^{j=z} T_{1j}}{z-2}, \dot{V}_{tjav} = \frac{\sum_{j=lll}^{j=z} V_t}{z-2}$ và $\tau_{T1j} = \frac{\dot{V}_{tjav}}{T_{1jav}}$

[c] Trường hợp 1: Công suất tại khớp nối trục, $P_{cou,te}$ được xác định bằng phép đo công suất của khí, $P_{i,te}$. và các tổn thất cơ học $P_{mech,te}$.

[d] Trường hợp 2: Công suất tại khớp nối trục được đo trên máy dẫn động.

[e] Trường hợp 3: Công suất tại khớp nối trục được xác định bằng phép đo momen xoắn, $M_{t,te}$ và tốc độ quay N_{te}

Các hệ số

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{1-k_{te}} + \frac{1}{k_{te}} \left(\frac{\ln \Pi_{te}}{1-\Pi_{te}^{\left(\frac{1-k}{k}\right)_{te}}} \right) \qquad (27)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{P_{cou,te}}{P_{mech,co}\frac{P_{i,te}}{P_{i,co}} - P_{mech,te}} \quad (28)$$

$$\varepsilon_3 = \frac{P_{iB,co}}{P_{i,co}} \quad (29)$$

VÍ DỤ: Phương trình của độ không đảm bảo tương đối của các kết quả đo đối với công suất tại khớp nối trục của một máy nén được làm mát bằng nước ($\vartheta_{j,te} = \vartheta_{j,g}$) có thể được tính toán theo công thức như sau phù hợp với Bảng 2 nếu công suất tại khớp nối trục trong phép thử $P_{cou,te}$. đã được xác định bằng phép đo momen xoắn và tốc độ quay (trường hợp 3).

$$\tau_{res,(Pcou)} = \pm\left\{\left(\frac{1}{1+\varepsilon_2}\tau_{Pmech}\right)^2 + \left(\frac{1}{1+\frac{1}{\varepsilon_2}}\tau_{Mt}\right)^2 + (2.\varepsilon_3.\ln\Pi_{A,co}.\tau_N)^2 + \left[\left(1-\frac{1}{\ln\Pi_{te}}\right)\tau_{p1}\right]^2 + \ldots\right.$$

$$\ldots + (\varepsilon_3.\ln\sqsubset_{A,co}.\tau_{T1})^2 + (\varepsilon_3.\ln\sqsubset_{A,co}.\tau_{z1})^2 + (\varepsilon_3.\ln\sqsubset_{A,co}.\tau_R)^2 + \ldots$$

$$\left.\ldots + \left(\frac{1}{\ln\sqsubset_{te}}.\tau_{p2}\right)^2 + (\varepsilon_3.\tau_{T_{1,B}})^2 + (\varepsilon_3.\tau_{Z_{1,B}})^2 + \left(\frac{z-2}{z-1}\tau_{T_{1,I}}\right)^2\right\}^{1/2} \quad (30)$$

6.4.4.3 Xác định độ không đảm bảo đo khi sử dụng phương pháp vi sai

Độ không đảm bảo tương đối của các kết quả đo của một hàm số kết quả, *W* (ví dụ, tiêu thụ hơi) có thể được xác định như sau, đặc biệt là trong trường hợp tương tác về chức năng tương đối phức tạp mà phép lấy đạo hàm củ nó bằng lời giải toán học chặt chẽ là khó khăn.

Hàm số kết quả, *W* dựa trên các giá trị đo được, được chuyển đổi theo các điều kiện tiên quyết của bảo hành và được hiệu chỉnh theo giá trị bảo hành. Ví dụ, đối với $W = P_{cou,g}$ với $\tau_{res,W}$ được hiển thị bằng tỷ lệ phần trăm:

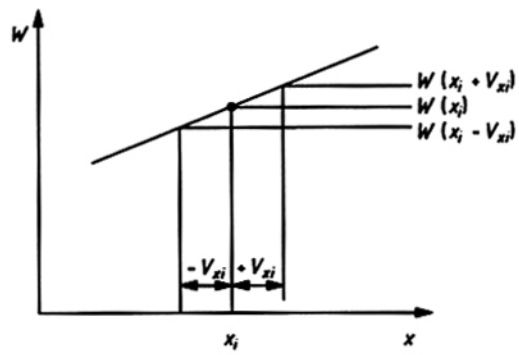
$$W = P_{i,co}.\frac{y_{Tg}}{y_{T,co}}.\frac{V_{1g}}{V_{1,co}} + P_{mech,co,g} \quad (31)$$

$$\tau_{res,W} = \frac{V_W}{W}.100 = \pm\sqrt{\sum\left(\frac{\partial W}{\partial_{x_i}}.\frac{V_{xi}}{W}\right)^2}.100$$

$$= \pm\sqrt{\sum f_{xi}^2}.100 \quad (32)$$

$$f_{xi} = \frac{W(x_i + V_{xi}) - W(x_i - V_{xi})}{2.W(x_i)} \quad (33)$$

Để đạt được yêu cầu này, hàm số kết quả, W trong đó chứa tất cả các biến số được đo và các dữ liệu khí, x_i được tính toán khi sử dụng các giá trị tăng lên hoặc giảm đi bởi độ không đảm bảo đo riêng V_{xi} và sai lệch tương đối trung bình f_{xi} của hàm số kết quả, W được tính toán từ đó chênh lệch của chúng tại vị trí của giá trị được đo x_i



Hình 1 – Sự biến thiên của hàm số kết quả theo một độ không đảm bảo đo riêng

6.4.4.4 Độ không đảm bảo tương đối của các kết quả đo đối với các phép đo trên một cấp của các máy nén nhiều cấp

Áp dụng các phương trình sau trong trường hợp cấu thành đường cong tính năng tổng từ các đường cong của các tầng riêng biệt hoặc các đoạn được đo riêng biệt:

Đối với độ không đảm bảo đo tương đối của lưu lượng thể tích:

$$\tau_{comb,\dot{V}} = \left(1 + 0,2.\sqrt{z-1}\right)\frac{\sum \tau_{\dot{V},j}}{z} \quad (34)$$

Đối với độ không đảm bảo đo tương đối của tỷ số nén:

$$\tau_{comb,\Pi} = \left(1 + 0,2\sqrt{z-1}\right)\frac{\sum\left(\tau_{\Pi,j}.W_{coj}\right)}{\sum W_{coj}} \quad (35)$$

Đối với độ không đảm bảo đo tương đối của công suất:

$$\tau_{comb,P} = \left(1 + 0,2.\sqrt{z-1}\right)\frac{\sum\left(\tau_{P,j}.P_{coj}\right)}{\sum P_{coj}} \quad (36)$$

Các hệ số 0,2 và z-1 tính đến các độ không chính xác không tránh được của phép đo riêng biệt của các đoạn riêng và xử lý các kết qủa.

6.4.4.5 Độ không đảm bảo tương đối có trong lượng của các kết quả đo

Nếu đã sử dụng các phương pháp đo khác nhau thì có thể thu được các giá trị đo có trọng lượng và các độ không đảm bảo theo tài liệu tham khảo [7]:

Kết quả đo có trọng lượng

$$W_\gamma = \frac{\sum(W_i \cdot \gamma_i)}{\sum \gamma_i} \quad (37)$$

Với $$\gamma_i = \left(\frac{1}{V_{Wi}}\right) \quad (38)$$

Độ không đảm bảo có trọng lượng của các kết quả đo:

$$V_{\overline{W}\gamma} = \frac{1}{\sqrt{\sum \gamma_i}} = \frac{1}{\sqrt{\sum\left(\frac{1}{V_{Wi}}\right)^2}} \quad (39)$$

Độ ổn định tương đối có trọng lượng của các kết quả đo:

$$\tau_{\overline{W}\gamma} = \frac{V_{\overline{W}\gamma}}{\overline{W}_r} \quad (40)$$

7 Chuyển đổi các kết quả thử theo các điều kiện bảo hành

7.1 Quy định chung

7.1.1 Mục đích của chuyển đổi

Các kết quả thử có thể được so sánh trực tiếp với các giá trị bảo hành chỉ khi máy nén được đo một cách chính xác trong các điều kiện vận hành cho bảo hành trong quá trình thử nghiệm thu.

Nếu các điều kiện vận hành trong quá trình thử sai lệch so với điều kiện được quy định trong bảo hành thì kết quả thử phải được chuyển đổi theo các điều kiện vận hành cho bảo hành. Chỉ có các dữ liệu thử nghiệm như đã nêu trên mới có thể được so sánh với các giá trị bảo hành khi so sánh với bảo hành như đã qui đinh trong Điều 8.

7.1.2 Đối tượng chuyển đổi

Các giá trị chuyển đổi chủ yếu là:

- Lưu lượng thể tích hiệu dụng ở đầu vào, $\dot{V}_{1,us}$;

- Tỷ số nén, Π hoặc cột áp;

- Và công suất tại khớp nối trục, P_{cou}.

Công suất tại khớp nối trục , P_{cou} gồm có công suất của khí P_i và tổn thất cơ học P_{mech}, được chuyển đổi riêng biệt. Nếu cần, phải tính đến ảnh hưởng của lưu lượng rò rỉ.

7.2 Sự chuyển đổi

7.2.1 Sự gắn bó với các yêu cầu bắt nguồn từ lý thuyết tương tự

Chuyển đổi các kết quả từ từ các điều kiện thử tới các điều kiện bảo hành thường có thể thực hiện được nếu tính tương tự của dòng chảy trong máy nén được đảm bảo trong quá trình chuyển đổi một điểm thử theo các điều kiện bảo hành, nghĩa là với điều kiện có thể duy trì được các điều kiện chủ yếu đối với các hệ số công của quá trình chuyển đồng nhất, xem phương trình (6) và đối với các hệ số lưu lượng đồng nhất, xem phương trình (5) .

Khi lắp đặt các hệ thống hình học thay đổi để điều chỉnh lưu lượng trong máy nén (ví dụ, các cánh dẫn dày điều chỉnh được ở đầu vào hoặc các cánh của miệng loe thì chỉ áp dụng sự chuyển đổi cho một giá trị chỉnh đặt không đổi của các hệ thống này. Các điều kiện tương tự này chỉ liên quan đến lưu lượng trong máy nén mà không liên quan đến tổn thất cơ học. Vì lẽ đó các điều kiện này phải được đo và chuyển đổi riêng biệt để so sánh với bảo hành (xem 7.2.4.4).

a) Các hệ số công của quá trình chuẩn đồng nhất và hệ số lưu lượng thể tích theo các hệ số công của quá trình chuyển đồng nhất và các hệ số lưu lượng thể tích, ψ và φ, tỷ số giữa tốc độ đặc chưng của dòng chảy và tốc độ ở đỉnh (bộ cánh) có một giá trị đồng nhất trong các điều kiện thử và các điều kiện bảo hành. Vì lẽ đó, cần, nhưng không đủ, duy trì φ và ψ hoặc $\dot{V}_1/N$ hoặc Y/N^2 không đổi cho sự chuyển đổi điểm thử.

b) Số mũ đẳng entrropi đồng nhất

Sự thay đổi trạng thái của khí nén có thể giữ được như nhau trong điều kiện thử và điều kiện bảo hành ở tất cả các cấp của máy nén chỉ khi các số mũ đẳng entrropi đồng nhất.

c) Chỉ số Mach đồng nhất

Để bảo đảm cho các tỷ số vận tốc là như nhau đối với một loại khí tại mỗi vị trí trên đường dòng chảy, điều kiện phải gồm có, ngoài hệ số công của quá trình chuẩn và hệ số lưu lượng thể tích đồng nhất, các tỷ số lưu lượng thể tích (âm chỉ lưu lượng thể tích vào) phải được giữ không đổi tại mỗi vị trí trên đường dòng chảy trong điều kiện thử và điều kiện bảo hành. Yêu cầu về các tỷ số lưu lượng thể tích giống nhau ở tất cả các cấp của máy nén được đáp ứng – các số mũ đẳng entrropi luôn được giữ thiết là đồng nhất – nếu chỉ số Mach ở đỉnh Ma_u là đồng nhất trong điều kiện thử và điều kiện bảo hành. Trong các điều kiện tiên quyết này, chỉ số Mach ở đỉnh đồng nhất có nghĩa là chỉ số Mach cục bộ đồng thời đồng nhất (tốc độ dòng chảy có liên quan đến tốc độ âm thanh cục bộ tương ứng)

d) Các tỷ số ϑ_j trong các cấp đồng nhất

Điều kiện về tính tương tự của các tỷ số ϑ_j đồng nhất trong các cấp riêng biệt của máy nén có nghĩa là các giá trị $\vartheta_j = (RZ_1T_1)_j / (RZ_1T_1)_I$ là không đổi $(j = I, II...)$. Trong các máy nén không được làm mát, yêu cầu này được đáp ứng với số mũ đẳng entrropi đồng nhất và chỉ số Mach ở đỉnh đồng nhất.

Trong các máy nén được làm mát, phải đạt được điều kiện $\vartheta_j = const$ bằng các điều chỉnh tương ứng bộ phận làm mát trung gian.

Tính năng của bộ phận làm mát không thể đánh giá được nếu các giá trị thử khác so với các điều kiện bảo hành. Nếu cần thiết, cần phải tiến hành thử nghiệm riêng đối với tính năng.

e) Số Reynolds đồng nhất

Để bảo đảm cho lớp giới hạn của dòng chảy cũng như dạng dòng chảy chịu ảnh hưởng của lớp giới hạn này giữ được không đổi thì số Reynolds cũng như các thông số đã nêu trên cũng phải giữ được không đổi trong tính toán chuyển đổi.

f) Tính năng trao đổi nhiệt đồng nhất

Trong trường hợp khi sự trao đổi nhiệt có ảnh hưởng đến quá trình nén thì các thay đổi tính năng tương ứng của nó vẫn phải giữ như nhau.

7.2.2 Các phép tính gần đúng cho các yêu cầu bắt nguồn từ lý thuyết tương tự.

7.2.2.1 Quy định chung

Thông thường, vì không thể đáp ứng được một cách đồng thời tất cả các điều kiện về tính tương tự cho nên cần phải bỏ qua các điều kiện riêng cho phạm vi lớn hơn hoặc nhỏ hơn; xem tài liệu tham khảo [10].

Trong các máy nén vận hành ở các tốc độ dòng chảy trong phạm vi tốc độ âm thanh, cần thiết phải kiểm tra xem các sai lệch của chỉ số Mach trong thử nghiệm so với các điều kiện bảo hành có nằm trong phạm vi cho phép hay không. Tuy nhiên, trong trường hợp này có thể không kiểm tra các chỉ số Mach ở đỉnh Ma_u mà kiểm tra các chỉ số Mach cục bộ (tỷ số giữa tốc độ cục bộ của dòng chảy và tốc độ cục bộ của âm thanh).

7.2.2.2 Bỏ qua ảnh hưởng của một số thay đổi về tính năng

Nếu không thể thỏa mãn tất cả các điều kiện yêu cầu đối với các thay đổi về tính năng một cách đồng thời thì không cần thiết phải có sự bình đẳng đối với các thay đổi về tính năng thường chỉ có ảnh hưởng phụ đến hiệu suất và chỉ có ý nghĩa ở các vùng biên, một khi giá trị của chúng đã được kiểm tra trong điều kiện thử và điều kiện bảo hành.

Vì sự trao đổi nhiệt chỉ có ảnh hưởng nhỏ đến quá trình nén trong các cấp máy nén không được làm mát cho nên các thay đổi về tính năng tương ứng đối với sự truyền nhiệt chỉ có vai trò trong

trường hợp các sai lệch cực hạn của các điều kiện thử . Không xem xét các bộ phận làm mát trung gian trong trường hợp này.

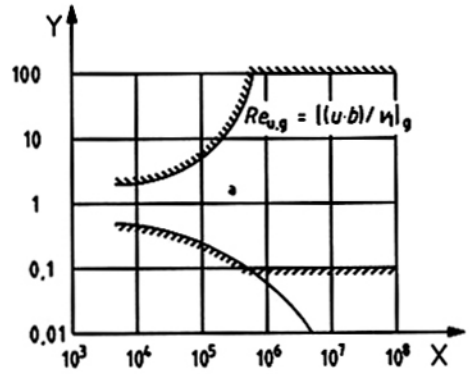
7.2.2.3 Sai lệch cho phép của các thay đổi về tính năng có ảnh hưởng không thể bỏ qua được.

7.2.2.3.1 Điều kiện tiên quyết

Tính tương tự trong toàn bộ máy nén được bảo đảm với điều kiện là ψ_p và φ của mỗi cấp Ma_u, k, ϑ_j và nếu cần thiết cả Re được duy trì đồng nhất.

Các phép tính gần đúng có thể thích hợp trong trường hợp khi chỉ số Mach đỉnh hoặc số mũ đẳng entropi k hoặc cả hai biến số, trong các điều kiện thử không thể được chấp nhận một cách chính xác cho các điều kiện bảo hành trong các máy nén không được làm mát; và trong các máy nén được làm mát nếu ngoài hai điều kiện nêu trên thì các tỷ số nhiệt độ cũng không thể được duy trì.

Các sai lệch của số Reynolds được phép tới một số giới hạn (xem Hình 2), nếu số Reynolds trong thử nghiệm thấp hơn các giới hạn của hình 2 thì chỉ được hiệu chỉnh số Reynolds, phù hợp với Phụ lục C, trong các giới hạn của Hình 2. Phải tính đến ảnh hưởng của số Reynolds đến hiệu suất, công nén riêng và hệ số lưu lượng khi xác định các điều kiện thử (xem 7.2.2.3.2) và chuyển đổi các kết quả thử theo các điều kiện bảo hành (xem 7.2.4.1).



CHÚ DẪN:

X Số Reynolds bảo hành $\mathrm{Re}_{u,g}$

Y Tỷ số của số Reynolds, $\dfrac{\mathrm{Re}_{u,te}}{\mathrm{Re}_{u,g}}$

[a] Thứ hạng được phép áp dụng

Hình 2 – Phạm vi ứng dụng cho phép đối với sự chuyển đổi

Các phương pháp gần đúng bắt đầu từ điều kiện tiên quyết ở đó $\varphi_{te} = \varphi_g$ hoặc $(\dot{V}_1 / N)_{te} = (\dot{V}_1 / N)_g$ các tỷ số tốc độ và do đó các tỷ số lưu lượng thể tích trong máy nén trong quá trình thử có thể sai lệch tới một số phần trăm so với các tỷ số trong các điều kiện bảo hành mà không có ảnh hưởng đáng kể đến hiệu suất và công nén riêng.

7.2.2.3.2 Sai lệch cho phép của tỷ số lưu lượng thể tích ϕ

Các sai lệch lớn nhất về lưu lượng thể tích thường xảy ra đối với $n_{te} = n_g$ tại lúc kết thúc quá trình nén.

Đối với $n_{te} \neq n_g$ điều kiện các tỷ số lưu lượng thể tích đồng nhất trong một quá trình nén chỉ có thể đạt được một cách gần đúng, vì các sai lệch lưu lượng thể tích lớn nhất có thể xảy ra trong máy nén như là kết quả của một kiểu phân nhánh trong thay đổi trạng thái.

Giới hạn dung sai bên trong cho sai lệch của tỷ số giữa các tỷ số lưu lượng thể tích ϕ là $\Delta\phi_{tol} = \pm 0{,}01$. Phải có sự kiểm tra nếu giới hạn này có thể được duy trì bằng sự thay đổi các giá trị thử $N_{te}, R_{te}, Z_{1,te}$ hoặc $T_{1,te}$. Trong những trường hợp này nên thực hiện phép thử mà không sử dụng dung sai bổ sung. Theo cách khác, phải kiểm tra xem phép thử có còn thực hiện được hay không trong giới hạn dung sai bên ngoài $\Delta\phi_{tol}$ = 0,05 (xem 7.2.5). Trong trường hợp này có thể thực hiện được phép thử với tính tương tự gần đúng khi sử dụng dung sai phụ (các Hình 6 và 7).

Tỷ số cho phép của các tốc độ giảm đi $X_{N,tol}$, phương trình (2) , có thể được tính toán khi sử dụng sai lệch cho phép $\Delta\phi_{tol}$ của tỷ số giữa các tỷ số lưu lượng thể tích, ϕ, phương trình (1) ; xem Phụ lục A.

Nếu các giới hạn dung sai bên ngoài không đủ thì phải kiểm tra trên cơ sở từng trường hợp một nếu như vẫn có thể thực hiện được các thử nghiệm theo phương pháp mô tả trong Phụ lục B.

Nếu việc kiểm tra các giá trị thử chỉ ra rằng các giá trị $\eta_{p,te}$ và $(p_2 / p_1)_{te}$ sai lệch so với các giá trị $\eta_{p,pr}$ và $(p_2 / p_1)_{pr}$ được dự tính cho các điều kiện thử thì nên lặp lại phép kiểm tra cho các điều kiện tương tự khi sử dụng các giá trị này.

7.2.2.3.3 Sai lệch cho phép của chỉ số Mach ở đỉnh

Các sai lệch cho phép của tỷ số lưu lượng thể tích tự bao gồm một giới hạn về các sai lệch cho phép của chỉ số Mach ở đỉnh.

$$\frac{Ma_{u,te}}{Ma_{u,g}} = X_N \cdot \sqrt{\frac{k_{1,g}}{k_{1,te}}} \qquad (41)$$

Phải quan tâm đến các ảnh hưởng của chỉ số Mach nếu đạt tới chỉ số Mach tương đối tới hạn (tốc độ âm thanh cục bộ trong cấp) trong điều kiện bảo hành hoặc điều kiện thử đối với điểm thử và điểm chuyển đổi.

7.2.2.3.4 Sai lệch cho phép của số Reynolds

Cần thiết phải kiểm tra sai lệch của số Reynolds thử so với số Reynolds của các điều kiện bảo hành. Nên tính đến ảnh hưởng của sai lệch này đến vận hành của máy nén bằng các biện pháp hiệu chỉnh thích hợp, tuy nhiên chỉ tiến hành hiệu chỉnh trong các trường hợp riêng.

Các trường hợp ứng dụng các phương trình hiệu chỉnh và lựa chọn một số Reynolds thích hợp cho thử nghiệm được xác định bởi hai yếu tố:

- Độ chính xác của phương trình hiệu chỉnh cho các số Reynolds khác nhau;

- Độ chính xác của các kết quả thử đạt được ở các áp suất vào giảm hoặc các tốc độ thấp hơn.

Trong trường hợp các máy nén ly tâm, phải sử dụng phương pháp hiệu chỉnh số Reynolds đơcj chứng minh là tốt (xem Phụ lục C). Các giới hạn áp dụng các phương trình được giới thiệu trên Hình 2.

Trong các trường hợp máy nén hướng trục, phương pháp hiệu chỉnh số Reynolds phụ thuộc vào tính năng cánh do nhà sản xuất máy nén sử dụng. Vì lẽ đó nên có sự thỏa thuận về phương pháp và các phạm vi ứng dụng giữa nhà sản xuất và người tiêu dùng.

7.2.3 Phân loại nhỏ thêm các trường hợp chuyển đổi

7.2.3.1 Các nhóm chuyển đổi

Theo các điều kiện thử có các nhóm sau cho điều chỉnh, thử nghiệm và chuyển đổi:

- Nhóm A: Thử nghiệm, khi duy trì giới hạn dung sai bên trong $\Delta\phi_{tol} = \pm 0,01$. Nếu yêu cầu này không thể được thực hiện;

- Nhóm B: Thử nghiệm, khi duy trì giới hạn dung sai bên trong $\Delta\phi_{tol} = \pm 0,05$. Nếu yêu cầu này không thể được thực hiện;

- Nhóm C: Thử nghiệm ở ngoài giới hạn dung sai bên ngoài.

7.2.3.2 Chuyển đổi theo các nhóm A và B

Các trường hợp này được chỉ dẫn bằng sơ đồ trong các Bảng 2 và 3 và trong Phụ lục A.

7.2.3.3 Chuyển đổi theo nhóm C

Trường hợp này được mô tả trong Phụ lục B.

Bảng 2 – Điều chỉnh thử nghiệm, chuyển đổi đối với máy nén không được làm mát

	$n_{te} = n_g$		$n_{te} \neq n_g$	
Trường hợp	**3a**	**3b**	**3c**	**3d**
Ví dụ			**Phụ lục F, ví dụ 1**	**Phụ lục F, ví dụ 5**
Tỷ số của các tốc độ giảm, xem 7.2.2.3.2	Điều chỉnh máy nén ở $X_{N,tol} = \sqrt{\psi_{p,g} / \psi_{p,te}}$ các sai lệch trong giới hạn dung sai $\Delta\phi_{tol} = \pm 0,01$ như trong Phụ lục A là cho phép. Không có dung sai bổ sung cho chuyển đổi	Nếu không đáp ứng được điều kiện liền kề, điều chỉnh máy nén ở $X_{N,tol}$ trong giới hạn dung sai bên ngoài $\Delta\phi_{tol} = \pm 0,05$ như trong Phụ lục A. Dung sai bổ sung cho chuyển đổi như trong 7.2.5	Điều chỉnh máy nén với X_N ở trong giới hạn dung sai bên trong $\Delta\phi_{tol} = \pm 0,01$ như trong Phụ lục A. Không có dung sai bổ sung cho chuyển đổi	Nếu không thể đáp ứng được điều kiện liền kề, điều chỉnh máy nén với X_N ở trong giới hạn dung sai bên ngoài $\Delta\phi_{tol} = \pm 0,05$ như trong Phụ lục A. Dung sai bổ sung cho chuyển đổi như trong 7.2.5
Chỉ số Mach xem 7.2.2.3.3	Nếu $Ma_{u,te} \neq Ma_{u,g}$, kiểm tra xem các thay đổi gây ra bởi chỉ số Mach có xảy ra hay không trong phạm vi đường cong tính năng có liên quan dùng cho so sánh với bảo hành (chỉ số Mach tới hạn, chỉ số Mach của van tiết lưu)			
Số Reynolds xem 7.2.2.3.4	Kiểm tra xem $\mathrm{Re}_{u,te} / \mathrm{Re}_{u,g}$ có ở trong phạm vi cho phép để chuyển đổi hiệu suất hay không (phù hợp với Hình 2 cho các máy nén ly tâm)			
Đường cong tính năng	Vận hành của một điểm trong vùng lân cận của điểm bảo hành hoặc không ít hơn hai điểm thử chứa đựng giá trị bảo hành đối với công nén riêng hoặc lưu lượng thể tích vào (phụ thuộc vào sự so sánh với bảo hành)			
Chuyển đổi	7.2.4.1, Hình 3			
Giá trị được chuyển đổi	Kiểm tra xem điều kiện về tính tương tự có được đáp ứng trong thử nghiệm hay không			
So sánh với bảo hành	Điều 8			

Bảng 3 – Điều chỉnh, thử nghiệm, chuyển đổi đối với máy nén được làm mát trung gian

	$n_{te} = n_g$ và $\mathrm{Re}_{u,te} \approx \mathrm{Re}_{u,g}$		Các trường hợp ứng dụng khác, ví dụ: a) $n_{te} = n_g$ và $\mathrm{Re}_{u,te} \approx \mathrm{Re}_{u,g}$ b) $n_{te} \neq n_g$ c) dòng chảy bên ở trong hoặc tích ra	
Trường hợp	**4a**	**4b**	**4c**	**4d**
Ví dụ	**Phụ lục F, ví dụ 4**	**Phụ lục F, ví dụ 3**		**Phụ lục F, Ví dụ 2**
Tỷ số của các tốc độ giảm, xem 7.2.2.3.2	Điều chỉnh đoạn thứ nhất ở $X_{N,tol} = 1$ Các sai lệch trong giới hạn dung sai bên trong $\Delta\phi_{tol} = \pm 0,01$ như trong Phụ lục A là cho phép. Không có dung sai bổ sung cho chuyển đổi	Điều chỉnh các đoạn riêng không được làm mát với X_N ở trong giới hạn dung sai bên trong $\Delta\phi_{tol} = \pm 0,01$ như trong Phụ lục A Không có dung sai bổ sung cho chuyển đổi Nếu không thể đáp ứng được điều kiện trên, điều chỉnh đoạn thứ nhất ở X_N trong giới hạn dung sai bên ngoài $\Delta\phi_{tol} = \pm 0,05$ như trong Phụ lục A. Dung sai bổ sung cho đoạn thớ nhất dùng cho chuyển đổi như trong 7.2.5	Điều chỉnh các đoạn riêng không được làm mát với X_N ở trong giới hạn dung sai bên trong $\Delta\phi_{tol} = \pm 0,01$ như trong Phụ lục A.. Không có dung sai bổ sung cho chuyển đổi đối với các đoạn này	Nếu không thể đáp ứng được điều kiện liền kề, cho tất cả các đoạn không được làm mát, điều chỉnh các đoạn có liên quan ở X_N trong giới hạn dung sai bên ngoài $\Delta\phi_{tol} = \pm 0,05$ như trong Phụ lục A. Dung sai bổ sung cho chuyển đổi như trong 7.2.5 đối với các đoạn có liên quan.
RZ_1T_1 tỷ số như đã quy định trong 3.2.8	Điều chỉnh các nhiệt độ vào của cấp sao cho $\frac{\vartheta_{j,te}}{\vartheta_{j,g}} = 1$	Nếu không thể đáp ứng được điều kiện liền kề, phân chia thành đoạn thứ nhất không được làm mát, và đoạn ở cuối dòng được làm mát trung gian tại $\frac{\vartheta_{j,B,te}}{\vartheta_{j,B,g}} = 1$	Khi có thể thực hiện được, điều chỉnh các nhiệt độ vào của cấp sao cho có thể tiến hành phép thử tại một tốc độ đồng nhất cho tất cả các đoạn.	
Chỉ số Mach, xem 7.2.2.3.3	Nếu $Ma_{u,te} \neq Ma_{u,g}$,kiểm tra xem có thay đổi gây ra bởi chỉ số Mach có xảy ra hay không trong phạm vi đường cong tính năng có liên quan dùng cho so sánh với bảo hành (chỉ số Mach tới hạn, chỉ số Mach của van tiết lưu)			
Số Reynolds xem 7.2.2.3.4	Sự thay đổi toàn bộ thông qua cổng nén riêng đẳng nhiệt chỉ có thể thực hiện được nếu $\mathrm{Re}_{u,te} \approx \mathrm{Re}_{u,g}$ (không có thay đổi về hiệu suất đa hướng của tầng)	Kiểm tra để bảo đảm $\mathrm{Re}_{u,te}/\mathrm{Re}_{u,g}$ ở trong phạm vi cho phép để chuyển đổi hiệu suất (phù hợp với Hình 2 đối với các máy nén ly tâm).		

Bảng 3 – Điều chỉnh, thử nghiệm, chuyển đổi đối với máy nén được làm mát trung gian

(tiếp theo)

	$n_{te} = n_g$ và $\mathrm{Re}_{u,te} \approx \mathrm{Re}_{u,g}$		Các trường hợp ứng dụng khác, ví dụ: a) $n_{te} = n_g$ và $\mathrm{Re}_{u,te} \approx \mathrm{Re}_{u,g}$ b) $n_{te} \neq n_g$ c) dòng chảy bên ở trong hoặc tích ra	
Trường hợp	**4a**	**4b**	**4c**	**4d**
Ví dụ	**Phụ lục F, ví dụ 4**	**Phụ lục F, ví dụ 3**		**Phụ lục F, ví dụ 2**
Đường cong tính năng	Như đối với các máy nén được làm mát trong Bảng 2	Đoạn thứ nhất không được làm mát vì đoạn có áp suất cao được làm mát trung gian đã nêu trên Hình 2 với số điểm thích hợp của đường cong tính năng dùng để phối hợp	Đoạn thứ nhất không được làm mát như trong Bảng 2, tất cả các đoạn khác với số điểm thích hợp của đường cong tính năng dùng để phối hợp.	
Sự chuyển đổi	7.2.4.2.1, Hình 4	7.2.4.2.1, Hình 5	Như trong Bảng 2 đối với mỗi đoạn không được làm mát và các tổn thất áp suất, và các tỷ số lưu lượng khối lượng như trong các điều kiện bảo hành nếu cần thiết. Đoạn 7.2.4.2.2	
Các giá trị chuyển đổi	Kiểm tra xem các điều kiện về tính tương tự có được đáp ứng hay không trong thử nghiệm			
So sánh với bảo hành	Điều 8			

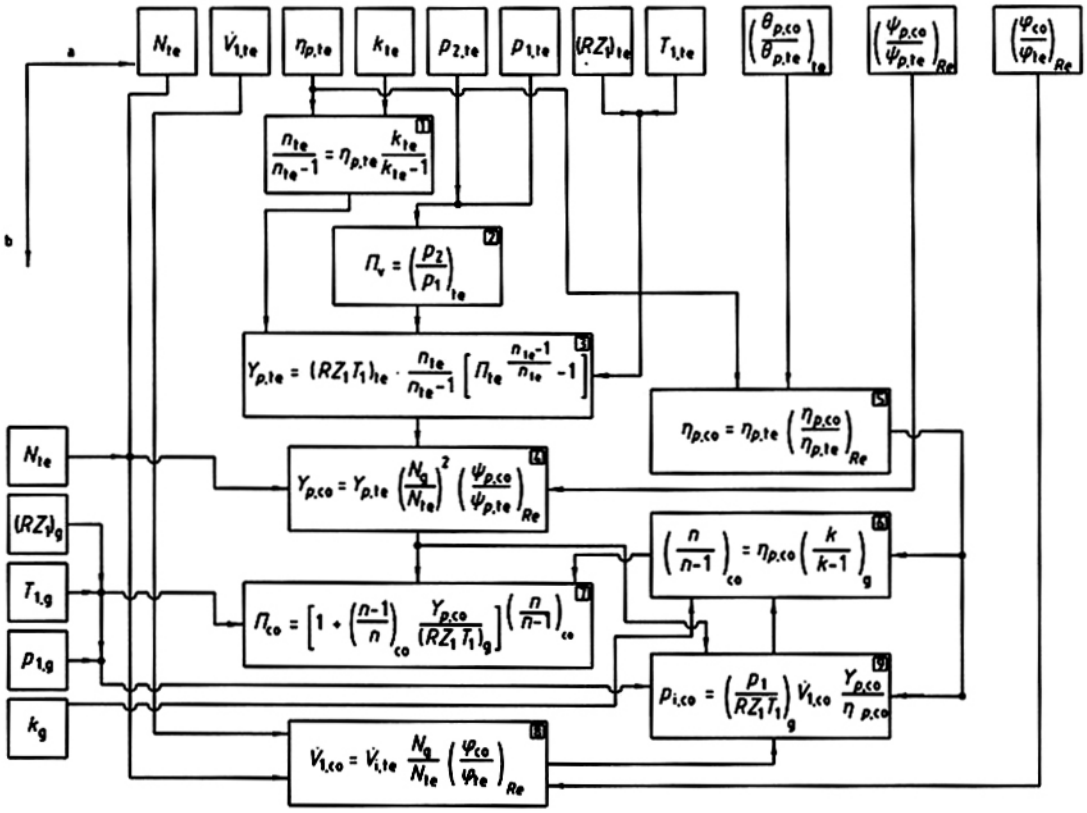
7.2.4 Phương trình chuyển đổi

7.2.4.1 Chuyển đổi đối với các máy nén hoặc các đoạn không được làm mát

Với điều kiện là các điều kiện quy định trong 7.2.1 và 7.2.2 được đáp ứng và khí vận hành gần như hoàn hảo, có thể chuyển đổi các giá trị thử theo các điều kiện bảo hành khi sử dụng qui trình được giới thiệu trên Hình 3.

Đối với trạng thái của khí lý tưởng, nên tính toán các biến số [1] [3] [6] và [7]

trên Hình 3 từ các nhiệt độ và áp suất đo được hoặc sử dụng các hàm số nén; xem các phương trình (E.22) và (E.23) hoặc sử dụng các chương trình về dữ liệu của khí. Ở các tỷ số nén nhỏ, tính toán cũng có thể chịu ảnh hưởng sự thay đổi trạng thái đẳng entropi; xem phương trình (E.74).



[a] Các giá trị thử nghiệm

[b] Các điều kiện bảo hành

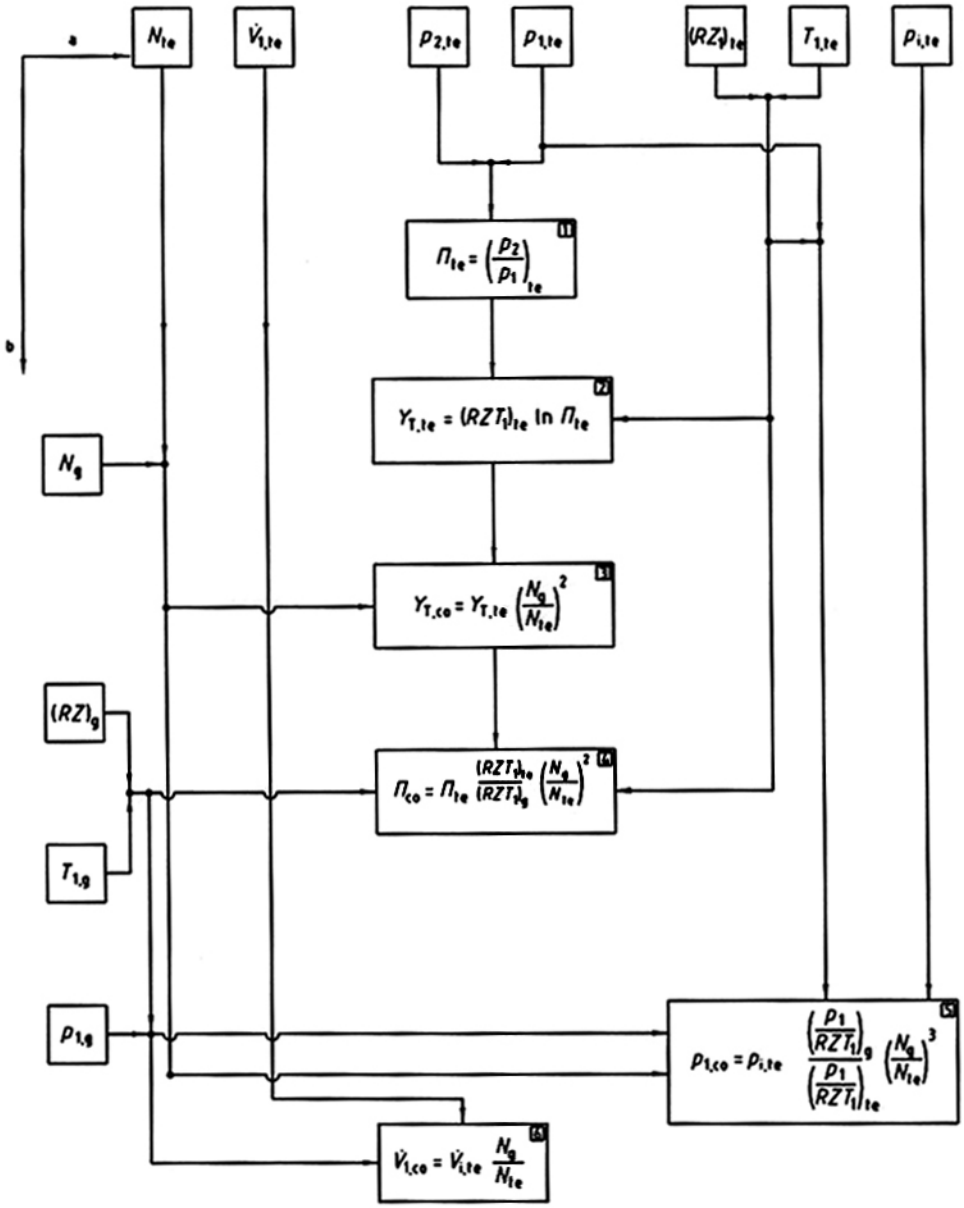
Hình 3 – Tính toán đối với các máy nén hoặc các đoạn không được làm mát với trạng thái khí gần như hoàn hảo

7.2.4.2 Chuyển đổi đối với các máy nén được làm mát

7.2.4.2.1 Chuyển đổi toàn bộ

Với điều kiện là các điều kiện quy định trong 7.2.1 và 7.2.2 được đáp ứng và các điều kiện thử đạt được có nghĩa là không cần thiết phải tính đến ảnh hưởng của số Reynolds, các kết quả thử có thể được chuyển đổi theo các điều kiện bảo hành khi sử dụng qui trình được giới thiệu trên các Hình 4 và 5.

Khi $\vartheta_{j,te} = \vartheta_{j,g}$ có thể thực hiện sự chuyển đổi như đã chỉ dẫn trên Hình 4.



[a] Các giá trị thử nghiệm

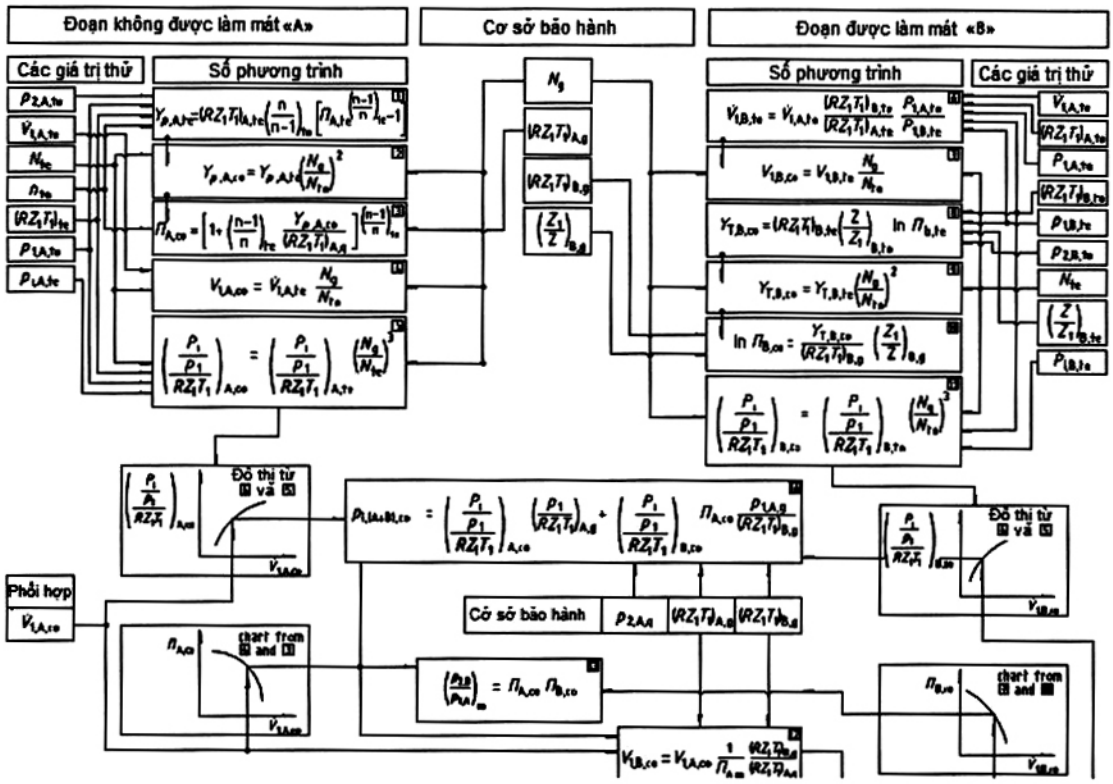
[b] Các điều kiện bảo hành

Hình 4 – Chuyển đổi toàn bộ đối với các máy nén được làm mát khi $\vartheta_{j,1e} = \vartheta_{j,g}$, $n_{1e} = n_g$ và với trạng thái khí gần như hoàn hảo

Khi $\vartheta_{j,1e} \neq \vartheta_{j,g}$, các kết quả thử có thể được chuyển đổi phù hợp với Hình 5. Ở đây chỉ có thể giả định trước rằng khi lắp đặt bộ phận làm mát trung gian có nhiều nhánh thì có tích số RZ_1T_1 ở phía

cuối dòng của các bộ phận làm mát trung gian có cùng một tỷ số như nhau trong điều kiện thử cũng như trong điều kiện bảo hành.

Công suất của khí đo được của máy nén phải được chia nhỏ thêm thành một đoạn A đối với đoạn không được làm mát và một đoạn B đối với đoạn được làm mát. Thông thường, có thể thực hiện được việc chia nhỏ này trong quá trình thử.



Hình 5 – Chuyển đổi đối với các máy nén được làm mát khi $\vartheta_{j,te} \neq \vartheta_{j,g}$, nhưng $\partial_{jB,te} = \partial_{jB,g}$

$n_{te} = n_g$ và với trạng thái khí gần như hoàn hảo

Khi yêu cầu này không thể thực hiện được, việc chia nhỏ thêm có thể được thực hiện tỷ lệ với công nén riêng theo thiết kế.

Các phần chia nhỏ của công suất này phải được chuyển đổi sau đó theo các điều kiện bảo hành khi sử dụng qui trình được giới thiệu trên Hình 5.

7.2.4.2.2 Chuyển đổi bằng các đoạn không được làm mát

Khi các điều kiện cho sự chuyển đổi toàn bộ không được đáp ứng (ví dụ, các sai lệch của số Reynolds lớn, số mũ đẳng entropi khác nhau, các điều kiện vận hành bộ phận làm mát trung gian khác với các điều kiện bảo hành) thì sự chuyển đổi phải được thực hiện bằng sự phối hợp các đường cong tính năng của đoạn được chuyển đổi phù hợp với 7.2.4.1.

7.2.4.3 Điều khoản về các lưu lượng rò rỉ

Phải tính đến trong chuyển đổi các thay đổi của các lưu lượng rò rỉ khi các điều kiện thử trong thử nghiệm khác xa so với các điều kiện bảo hành.

7.2.4.4 Chuyển đổi tổn thất công suất cơ học

Tổn thất công suất cơ học P_{mech} là tổng số của tất cả các tổn thất công suất cơ học riêng các tổn thất này phụ thuộc vào điều kiện thử và điều kiện bảo hành, vào tốc độ, cong suất tiêu thụ, lực chiều trục, và đặc biệt là độ nhớt và nhiệt đọ của chất bôi trơn.

Các tổn thất cơ học riêng xảy ra trong các ổ trục chặn và ổ trục đỡ, các bơm chất bôi trơn, các hợp số của máy nén , các vòng bít kín trục được vận hành bằng chất lỏng và khí và đặc biệt là các vòng bít kín tiếp xúc cơ khí v.v....Các tổn thất thường được đo trên cơ sở độ tăng lên của nhiệt độ dầu và/hoặc được tính toán từ các kích thước thiết kế và các dữ liệu thử nghiệm.

Tổng số của các tổn thất riêng được chuyển đổi là tổn thất công suất cơ học P_{mech}, từ đó có thể tính toán $P_{cou,co}$ như sau:

$$P_{cou,co} = P_{i,co} + P_{mech,co} \tag{42}$$

Tổn thất công suất do ma sát trong ổ trục có thể được xác định đối với các ổ trượt.

Có thể đánh giá ảnh hưởng của tốc độ đến các tổn thất cơ học theo phương trình:

$$P_{mech,co} = P_{mech,te}\left(\frac{N_g}{N_{te}}\right)^b \tag{43}$$

Trong đó b = 1,5 đến 2,0

7.2.4.5 Hiệu chỉnh công suất của khí do bức xạ

Nếu không được cộng trực tiếp vào công suất đo được của khí theo 5.9 thì nhiệt truyền cho không khí xung quanh trong quá trình thử khi có sự cân bằng năng lượng được chuyển đổi theo các điều kiện bảo hành ban đầu bởi phương trình:

$$\dot{Q}_{rad,co} = \dot{Q}_{rad,te} \cdot \frac{P_{i,\Delta t,co}}{P_{i,\Delta t,te}} \tag{44}$$

Và được cộng vào công suất của khí, $P_{i,\Delta t,co}$ được đo theo lưu lượng khối lượng và độ tăng enthalpy và được chuyển đổi theo các điều kiện bảo hành ban đầu.

$$P_{i,co} = P_{i,\Delta t,co} + \dot{Q}_{rad,co} \tag{45}$$

Nhiệt độ xả chuyển đổi $t_{2,co}$ có thể được hiệu chỉnh sau đó bởi

$$t_{2,co} = t_{1,g}(t_{2,co,\Delta t} - t_{1,g})\frac{P_{i,co}}{P_{i,\Delta t,co}} \quad (46)$$

$\dot{Q}_{rad,co}$ không phải là nhiệt truyền cho không khí môi trường xung quanh bởi bức xạ ở các điều kiện bảo hành ban đầu (tiên quyết).

7.2.5 Dung sai bổ sung

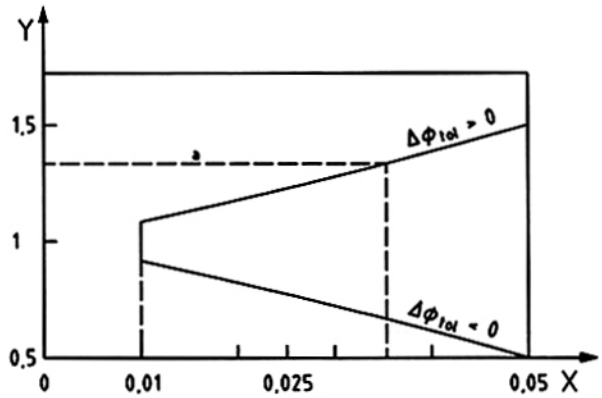
Khi không thể đáp ứng được giới hạn dung sai bên trong trong quá trình thử phải xác định dung sai bổ sung đối với công suất và công nén riêng như sau:

Đối với tỷ số nén, Π và số mũ đa hướng, n_{te} và n_g, các giá trị giới hạn trên và dưới của $X_{N,tol}$ với thông số $\Delta\phi_{tol}$ phải được tính toán theo sơ đồ dòng chảy trong Phụ lục A hoặc

$$X_{N,tol}\sqrt{\frac{\psi_{p,te}}{\psi_{p,g}}} \quad (47)$$

tại giới hạn dung sai bên trong và tại giới hạn dung sai bên ngoài phải được lấy từ các hình có liên quan và $X_{N,tol}$ phải được tính toán với giá trị này.

Hình 6 là một ví dụ về sơ đồ như vậy, nó phải được vẽ mới trong mỗi trường hợp.



CHÚ DẪN:

X Sai lệch $|\Delta\phi|$ của tổng số giữa các tỷ số lưu lượng thể tích

Y X_N

[a] Đạt được trong thử nghiệm

Hình 6 – Qui trình để xác định sai lệch của tỷ số, ϕ của các tỷ số lưu lượng thể tích để xác định dung sai phụ

Hình vẽ này cung cấp giá trị tương ứng đối với $\Delta\phi$ cho giá trị thử X_N.

Dung sai bổ sung τ_{dev} có thể được tính toán:

Nếu $|\Delta\phi| < 0,01$ $\tau_{dev} = 0$

Nếu $0,01 < |\Delta\phi| < 0,05$ $\tau_{dev} = 25(|\Delta\phi| - 0,01)$. Theo %

Nếu $|\Delta\phi| > 0,05$ (Nhóm thử C) $\tau_{dev} = 1,0\%$

7.2.6 Ghi chú đặc biệt

Khi một phần các chất ngưng tụ của khí, ví dụ trong các bộ phận làm mát trung gian trong trường hợp thử và/hoặc bảo hành, lượng chất ngưng tụ phải được tính đến trong công suất phù hợp với công nén cần thiết cho sự ngưng tụ thực tế đến cấp "*j*" của máy nén thường nhỏ hơn lượng được tính toán theo nhiệt động lực học của nó (hiệu suất tách ly <1). Khi cần thiết chuyển đổi từ một trạng thái thử ở hàm lượng ẩm quy định sang trạng thái bảo hành của một hàm lượng ẩm khác, hiệu suất tách ly của các bộ phận làm mát riêng phải được giả thiết là không đổi trong điều kiện thử và điều kiện bảo hành bằng phép tính gần đúng. Lượng nước ngưng tụ đo được trong thử nghiệm phải được chuyển đổi ở tỷ số của các lượng chất ngưng tụ có thể có trong mỗi trường hợp ở hiệu suất tách ly bằng 1. Công suất cho mỗi cấp phải được hiệu chỉnh bởi lượng gây ra sự khác biệt về lưu lượng khối lượng của khí trong điều kiện thử và điều kiện bảo hành do các lượng nước ngưng tụ khác nhau. Mặt khác, sự chuyển đổi chính xác có thể thực hiện được từ thử nghiệm với khí ẩm sang trạng thái bảo hành (khí khô) bằng cách cộng vào công suất cho mỗi cấp năng lượng phụ yêu cầu để nén khí mà trong trường hợp bảo hành, có thể còn lưu lại tại chỗ lưu chất ngưng tụ trong quá trình thử.

Hơn nữa, trong quá trình nén hoặc trong hệ thống nén và các điểm đo của nó, có phản ứng hóa học làm thay hàm lượng của khí, đặc biệt là các thể tích và nhiệt độ của khí có thể xảy ra.

Khi các dòng chảy bên ở trong và /hoặc các dòng chảy tách ra đóng vai trò quan trọng trong máy nén thì các lưu lượng thể tích của dòng chảy bên hoặc dòng chảy tách ra trong điều kiện thử và điều kiện bảo hành phải được hài hòa về tỷ lệ với dòng chảy chính. Ở đây phải thực hiện sự chuyển đổi trên cơ sở các trạng thái hỗn hợp.

Khi máy nén được vận hành trong điều kiện thử và điều kiện bảo hành ở các nước áp suất khác nhau, phải quan tâm tới các tổn thất do rò rỉ . Khi máy nén gồm có nhiều thân hợp hoặc khi thiết kế máy nén khiến cho không thể tháo các bộ phận làm mát trung gian ra được và lắp đặt các đường ống đo vào vị trí của chúng thì có thể chia nhỏ máy nén thành các đơn vị máy nén riêng biệt cho thử nghiệm.

Thử nghiệm thu không cần thiết phải chứng minh rằng các bộ phận làm mát trung gian đáp ứng các điều kiện bảo hành về nhiệt độ làm mát lại, tổn thất áp suất, lưu lượng chất làm mát v.v...

8 So sánh với bảo hành

8.1 Đối tượng

So sánh với bảo hành gồm có:

a) Kiểm tra các giá trị tuyệt đối và/ hoặc có liên quan được bảo hành đối với công suất hoặc lưu chất tiêu thụ và/ hoặc đối với hiệu suất của máy nén trong các điều kiện bảo hành (xem 4.3);

b) Kiểm tra giới hạn trên được bảo hành của phạm vi vận hành của máy nén trong các điều kiện bảo hành và cũng có thể kiểm tra giới hạn dưới của phạm vi vận hành và các hiệu suất tương ứng trong các điều kiện bảo hành.

8.2 Thực hiện bảo hành

8.2.1 Quy định chung

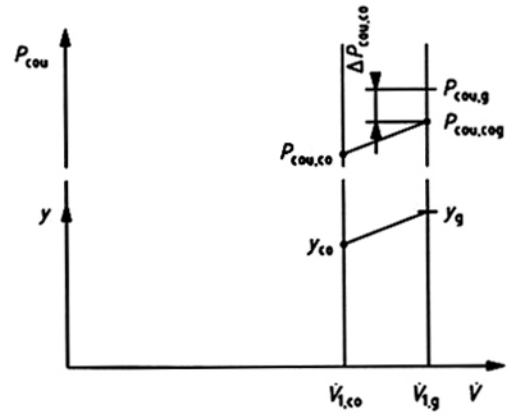
Để kiểm tra sự đáp ứng yêu cầu bảo hành, các giá trị bảo hành được so sánh với các kết quả thử đã được chuyển đổi theo các điều kiện bảo hành. Việc đưa độ không đảm bảo tổng τ_{tot} (6.4.4.1) vào so sánh với bảo hành được xử lý ở bên dưới.

So sánh với bảo hành được thực hiện trong hầu hết các trường hợp bằng trình bày trên đồ thị (biểu đồ). Lưu lượng thể tích vào $\dot{V}$ được biểu thị bằng hoành độ X. Các phương trình về sự không ổn định tương đối của các kết quả đo lại được lấy đạo hàm cho các yếu tố khác được vẽ đồ thị. Biến số được kiểm tra, ví dụ hiệu suất, η_{cou} được biểu thị bằng tung độ Y. Áp dụng các phương pháp so sánh với bảo hành được mô tả dưới đây với điều kiện là không có sự trái ngược với các thỏa thuận theo hợp đồng.

8.2.2 So sánh các điểm thử riêng lẻ với các điểm bảo hành riêng lẻ.

Công suất tại khớp nối trục $P_{cou,co}$ đã chuyển đổi theo các điều kiện bảo hành phù hợp với 6.3 được chuyển đổi tới các giá trị được lấy làm cơ sở cho bảo hành đối với lưu lượng thể tích vào $\dot{V}_{1,g}$ và tỷ số nén $\Pi_g\left[y_g = f(\Pi_g)\right]$; xem Hình 7 khi giả thiết hiệu suất của khí là không đổi.

$$P_{cou,cog} = P_{i,co} \cdot \frac{\dot{V}_{1,g}}{\dot{V}_{1,co}} \cdot \frac{y_g}{y_{co}} + P_{mech,cog} \qquad (48)$$



Hình 7 – So sánh với bảo hành đối với các điểm thử riêng lẻ

Khả năng áp dụng qui trình bày bị hạn chế bởi cho phép thừa nhận một hiệu suất không đổi.

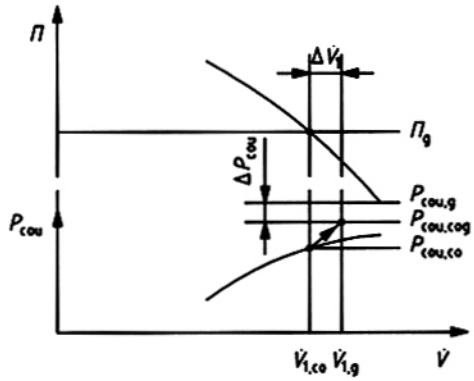
Không thể so sánh với bảo hành về dạng của đường cong tính năng. Tuy trường hợp này, độ không đảm bảo đo đối với $P_{cou,co}$ phải được tính toán khi sử dụng phương trình cho công suất có liên quan tại khớp nối trục trong 6.4.4.2.4.

8.2.3 So sánh các đường cong tính năng đo được với các điểm bảo hành.

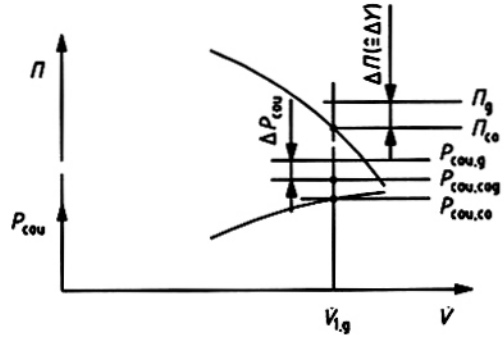
8.2.3.1 Máy nén có thông số hình học và tốc độ cố định

Khi dung sai chế tạo được thỏa thuận đối với lưu lượng thể tích vào và/ hoặc áp suất xả (tỷ số nén) của một máy nén do không có phương tiện kiểm tra để thay đổi đường cong tính năng thì việc so sánh với bảo hành đối với công suất phải được thực hiện phù hợp với phương trình (48). Điểm sau đây của đường cong tính năng được lấy làm cơ sở cho so sánh theo loại dung sai chế tạo đã được thỏa thuận.

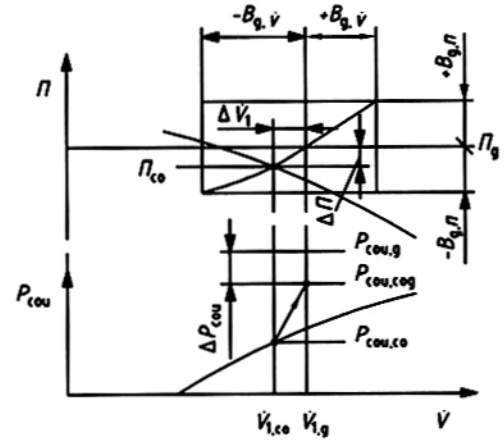
- Dung sai chế tạo cho lưu lượng thể tích vào;
- Điểm của đường cong tính năng tại áp suất xả được bảo hành (tỷ số nén), xem Hình 8;
- Dung sai chế tạo về phía áp suất xả (tỷ số nén): điểm của đường cong tính năng ở lưu lượng thể tích vào được bảo hành; xem Hình 9;
- Dung sai chế tạo về phía lưu lượng thể tích vào và áp suất xả (tỷ số nén): giao điểm của đường cong tính năng với đường thẳng từ điểm bảo hành tới điểm nhỏ nhất hoặc lớn nhất của niềm dung sai; xem Hình 10.



Hình 8 - So sánh với bảo hành cho một máy nén ở tỷ số nén được bảo hành



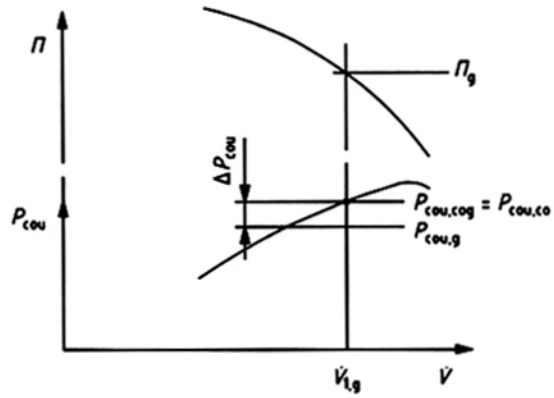
Hình 9 - So sánh với bảo hành cho một máy nén có lưu lượng thể tích vào được bảo hành



Hình 10 - So sánh với bảo hành đối với tỷ số nén điều chỉnh được và lưu lượng thể tích vào điều chỉnh được (ví dụ, khi dung sai chế tạo áp dụng cho tỷ số nén và lưu lượng thể tích vào)

8.2.3.2 Máy nén có thông số hình học thay đổi hoặc tốc độ thay đổi

Ở đây, có thể so sánh trực tiếp với bảo hành phù hợp với Hình 11 khi sử dụng đường cong tính năng đi qua điểm bảo hành ($\dot{V}_{1,g}, \Pi_g$)



Hình 11 - So sánh với bảo hành cho một máy nén có thông số hình học thay đổi hoặc tốc độ thay đổi

Đường cong tính năng này có thể được vận hành trực tiếp, hoặc có thể được tạo ra từ các đường cong tính năng liền kề cùng với các điều kiện về tính tương tự hoặc bằng cách nội suy.

8.2.3.3 Trường hợp đặc biệt: điều khiển bằng tiết lưu ở đầu vào

Khi đường cong tính năng chuyển đổi đối với lưu lượng thể tích vào của điểm vận hành có tỷ số nén lớn hơn so với tỷ số nén được bảo hành và có thể tiết lưu được ở đầu vào tại vị trí lắp đặt máy nén thì có thể thực hiện việc so sánh với bảo hành khi có tính đến các tổn thất do tiết lưu ở đầu vào. Ở trạng thái hoàn hảo của khí và không có làm mát trung gian (Hình 12):

$$P_{cou,cog} = (P_{cou,co} - P_{mech,co}) \frac{p_{2,g}}{p_{2,co}} + P_{mech,co} \tag{49}$$

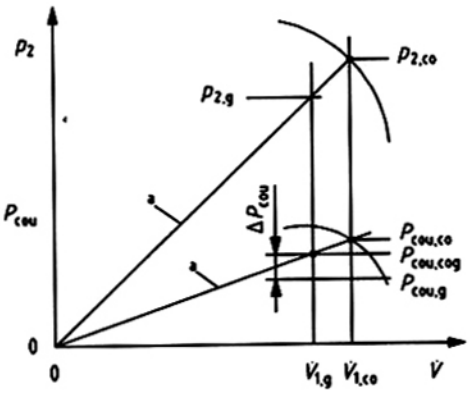
Khi p_2 / p_1 là không đổi

$$\frac{\dot{V}_{1,g}}{\dot{V}_{1,co}} = \frac{p_{2,g}}{p_{2,co}} \tag{50}$$

Áp suất vào khi có tiết lưu là

$$p_{1,cog} = \frac{p_{2,g}}{p_{2,co} / p_{1,g}} \tag{51}$$

Áp suất này phải ở trong phạm vi cho phép



[a] Đường thẳng

Hình 12 - So sánh với bảo hành có điều khiển bằng tiết lưu ở đường hút

8.2.4 Vì bảo hành đối với độ không đảm bảo đo và dung sai chế tạo

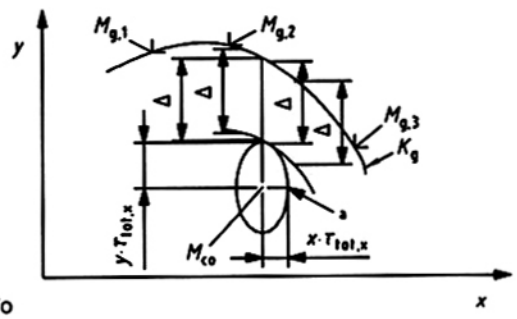
8.2.4.1 Quy định chung

Trong các giá trị sau đây, các độ không đảm bảo tổng (chung), τ_{rcs}, xem 6.4.4.1 của các giá trị hoành độ và tung độ được vẽ đồ thị xung quanh các điểm đo được chuyển đổi, M_{co} dưới dạng các bán trục nằm ngang và thẳng đứng của hình elip. Các elip độ không đảm bảo đo dự phòng được đưa vào sử dụng. Ví dụ như để so sánh với bảo hành hiệu suất của một máy nén, độ không đảm bảo tổng τ_{res}, $\dot{V}$ đối với lưu lượng thể tích vào $\dot{V}_1$ được đưa vào bán trục ngang, và độ không đảm bảo tổng, τ_{res},η_{cou}, đối với hiệu suất η_{cou} được đưa vào bán trục thẳng đứng.

Các elip độ không đảm bảo đo này chỉ được vẽ đồ thị nếu chúng có ý nghĩa cho so sánh với bảo hành. Chẳng hạn như không phải là trường hợp mà sai lệch tại điểm bảo hành nhỏ hơn độ lớn của bán trục tương ứng.

8.2.4.2 Cho: Một điểm thử và một đường cong bảo hành

Khi cho nhiều điểm bảo hành, M_g mà đường thẳng nối các điểm này tạo ra một đường tính năng (đường cong bảo hành , K_g) và chỉ một điểm thử, M_{co}, nên sử dụng qui trình được chỉ dẫn trên Hình 18.



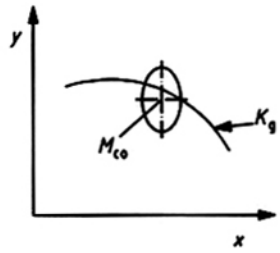
[a] elip độ không đảm bảo đo

Hình 13 - So sánh một điểm thử với đường cong bảo hành khi bảo hành không được đáp ứng

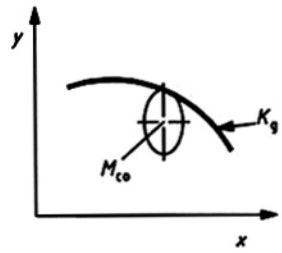
Sai lệch so với bảo hành được đưa ra trong trường hợp được minh họa bởi độ chênh lệch theo phương thẳng đứng Δ giữa đường cong bảo hành và đường cong bảo hành đã dịch chuyển thẳng đứng để tiếp xúc với elip độ không đảm bảo đo. Trong trường hợp đã được minh họa, bảo hành không được đáp ứng.

Bảo hành được xem là đã đáp ứng nếu elip độ không đảm bảo đo được cắt bởi đường cong bảo hành như trên Hình 14.

Bảo hành cũng được xem là đã đáp ứng nếu elip độ không đảm bảo đo tiếp xúc với đường cong bảo hành, K_g như trên Hình 15.



Hình 14 - Minh họa một điểm thử với một đường cong bảo hành đã cho, trong đó bảo hành được đáp ứng khi tính đến một phần độ không đảm bảo đo

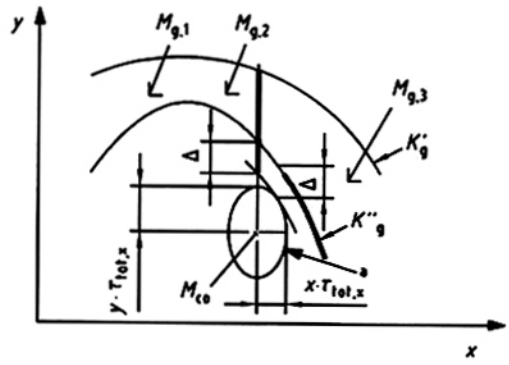


Hình 15 - So sánh một điểm thử với một dải bảo hành, trong đó bảo hành không được đáp ứng khi tính đến toàn bộ độ không đảm bảo đo

8.2.4.3 Cho: Một điểm thử và một dải phạm vi bảo hành

Khi đã có sự thỏa thuận về dung sai chế tạo (xem 4.5), đường cong bảo hành được chuyển đổi thành một dải bảo hành (ví dụ, xem tài liệu tham khảo [7)].

Trong các trường hợp này, cho một dải bảo hành, B_g (ví dụ, xem tài liệu tham khảo [7)], dải bảo hành này, chẳng hạn như trên Hình 16, được giới hạn bởi các đường cong K'_g và K''_g. Áp dụng các nhận xét trong 8.2.4.1 về cấu trúc của các điểm đo, M_{co} và các elip độ không đảm bảo đo.



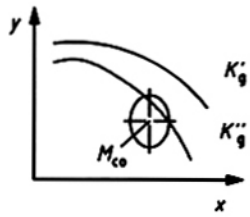
[a] Elip độ không đảm bảo đo

Hình 16 - So sánh nhiều điểm thử với một đường cong bảo hành

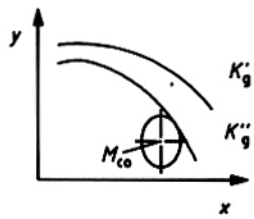
Sai lệch so với bảo hành trong trường hợp đã minh họa là độ chênh lệch theo phương thẳng đứng, Δ giữa giới hạn dưới của dải bảo hành, K''_g và đường cong giới hạn dưới của dải bảo hành, K''_g đã định dạng chuyển thẳng đứng để tiếp xúc với elip độ không đảm bảo đo. Trong trường hợp đã được minh họa, bảo hành không được đáp ứng.

Bảo hành được xem là đã đáp ứng nếu đường cong K''_g cắt elip độ không đảm bảo đo như trên Hình 17.

Bảo hành cũng được xem là đã đáp ứng nếu elip độ không đảm bảo đo tiếp xúc với đường cong K''_g như trên Hình 18.



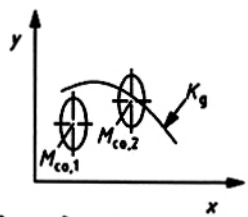
Hình 17 - Minh họa một điểm thử có dải bảo hành đã cho, trong đó bảo hành được đáp ứng khi tính đến một phần độ không đảm bảo đo



Hình 18 - Minh họa một điểm thử có dải bảo hành đã cho, trong đó bảo hành được đáp ứng khi tính đến toàn bộ độ không đảm bảo đo

8.2.4.4 Cho: Nhiều điểm thử và một đường cong bảo hành

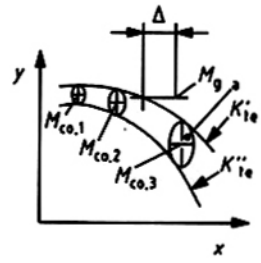
Khi nhiều điểm thử mà đường thẳng nói các điểm này tạo ra một đường tính năng và khi đo nhiều điểm, nên sử dụng qui trình được mô tả trong 8.2.4.1 cho mỗi điểm thử có giá trị. Hình 19 giới thiệu một ví dụ có hai điểm thử có giá trị. Kết quả đo được đối với điểm thử $M_{co,1}$ sai khác với bảo hành lớn hơn độ không đảm bảo đo, bởi vì elip độ không đảm bảo đo không tiếp xúc với đường cong bảo hành K_g. Bảo hành được đáp ứng tại điểm thử $M_{co,2}$.



Hình 19 - So sánh nhiều điểm thử với một đường cong bảo hành

8.2.4.5 Cho: Các điểm bảo hành riêng lẻ và một dải kết quả thử

Khi chỉ cho một điểm bảo hành hoặc các điểm bảo hành riêng lẻ và một số lượng đủ lớn các điểm thử được chuyển đổi theo các điều kiện bảo hành thì đường nối các điểm này có thể được xem như một đường tính năng và nên sử dụng qui trình được giới thiệu trên Hình 20. Nên vẽ đồ thị cho điểm bảo hành M_g. Nếu vẽ đồ thị cho các điểm thử đã chuyển đổi M_{co} và đưa elip độ không đảm bảo đo vào đồ thị như mô tả trong 8.2.4.1. Sau đó các đường cong bao K'_{te} và K''_{te} được đặt trên các elip độ không đảm bảo đo. Các đường cong bao giới hạn dải kết quả. Trong trường hợp đã minh hoạ, khoảng cách nằm ngang Δ giữa điểm bảo hành và đường cong bao trên, K'_{te} của dải là kết là số đo của sai lệch so với bảo hành. Trong trường hợp đã minh hoạ, bảo hành được xem là không được đáp ứng.

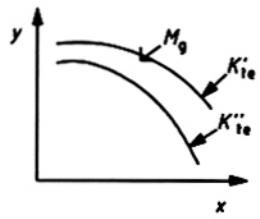


[a] Elip độ không đảm bảo đo

Hình 20 - So sánh một điểm bảo hành với một dải kết quả thử khi bảo hành không được đáp ứng

Khi điểm bảo hành ở trong dải kết quả thử, xem Hình 21, bảo hành được xem là đã được đáp ứng.

Khi dải kết quả thử tiếp xúc với điểm bảo hành, xem Hình 22, điểm bảo hành được định vị trên đường cong K''_{te}, bảo hành cũng được xem là đã được đáp ứng.

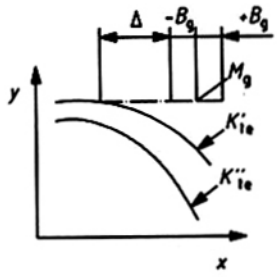


Hình 21 - Minh họa một dải kết quả thử với điểm bảo hành đã cho, trong đó bảo hành được đáp ứng khi tính đến một phần độ không đảm bảo đo

Hình 22 - Minh họa một dải kết quả thử với điểm bảo hành đã cho, trong đó bảo hành được đáp ứng khi tính đến toàn bộ độ không đảm bảo đo

8.2.4.6 Cho: Các điểm bảo hành riêng lẻ với dung sai chế tạo và một dải kết quả thử

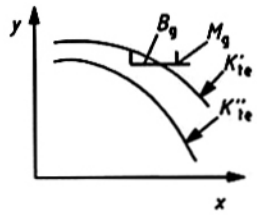
Dung sai chế tạo được vẽ đồ thị theo quy định trong hợp đồng cung cấp xung quanh điểm bảo hành M_g, khi kéo dài điểm này tới phạm vi bảo hành, B_g. Hình 23 giới thiệu một ví dụ trong đó dung sai chế tạo dương và âm có độ lớn bằng nhau được vẽ đồ thị song song với trục hoành.



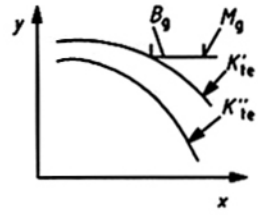
Hình 23 - So sánh một dải kết quả thử với một điểm bảo hành và dung sai chế tạo theo một trục đã thoả thuận theo chiều x trong đó bảo hành không được đáp ứng

Trong trường hợp đã được minh hoạ, khoảng cách nhỏ nhất, Δ giữa phạm vi bảo hành, B_g và dải kết quả theo chiều dung sai chế tạo là số đo của sai lệch so với bảo hành. Bảo hành được xem là đã được đáp ứng nếu dải kết quả thử bao gồm một phần của phạm vi bảo hành như Hình 24.

Khi phạm vi bảo hành, B_g tiếp xúc với dải kết quả thử, như trên Hình 25, bảo hành cũng được xem là đã được đáp ứng.



Hình 24 - Minh họa một dải kết quả thử với điểm bảo hành đã cho, có dung sai chế tạo theo một trục đã thoả thuận theo chiều x, trong đó bảo hành được đáp ứng khi tính đến một phần độ không đảm bảo đo và dung sai chế tạo



Hình 25 - Minh họa một dải kết quả thử với điểm bảo hành đã cho có dung sai chế tạo theo một trục đã thoả thuận theo chiều x, trong đó bảo hành được đáp ứng khi tính đến toàn bộ độ không đảm bảo đo và dung sai chế tạo

8.3 Ghi chú đặc biệt

8.3.1 Liên kết của các dung sai chế tạo

Khi một dung sai chế tạo đối với lưu lượng thể tích vào hoặc tỷ số nén đã được thoả thuận cho một điểm bảo hành thì dung sai chế tạo này cũng áp dụng cho tất cả các điểm bảo hành khác, trừ khi có sự thoả thuận ngược lại trong hợp đồng.

8.3.2 Liên kết của các điểm bảo hành

Các sai lệch tính theo phần trăm Δ^* so với các giá trị bảo hành được tính toán trừ các sai lệch tuyệt đối Δ như đã quy định trong 8.2.4 và sai lệch trung bình có trọg lượng được tạo thành phù hợp với.

$$\Delta_m^* = \frac{\sum\left(\Delta_i^* c_i\right)}{\sum c_i} \tag{52}$$

Các giá trị khác nhau của c_i là các số tính năng đánh giá (trong sổ) được dùng cho các điểm bảo hành. Chúng phải được giả thiết bằng 1 khi chưa được thoả thuận trong hợp đồng.

Khi không thể thực hiện được vì lý do ngoài sự kiểm soát của nhà cung cấp, để kiểm tra các điểm bảo hành, sự bảo hành đối với các điểm không kiểm tra được sẽ ở trong tất cả các trường hợp được xem là đã được đáp ứng.

Trong các trường hợp khi nhà cung cấp không thể chứng minh được về toàn bộư so sánh với bảo hành thì phải có các thoả thuận riêng biệt.

8.3.3 Giá trị giới hạn trên của phạm vi vận hành trên các máy nén có bản đồ tính năng

Bảo hành đối với già trị giới hạn trên của phạm vi vận hành được xem là đã được đáp ứng khi giá trị của lưu lượng thể tích vào hoặc tỷ số nén đo được và được chuyển đổi ở điều chỉnh các cánh hướng dòng lớn nhất về phía trên hoặc ở tốc độ lớn nhất cho phép giảm xuống dưới giá trị giới hạn được bảo hành có liên quan một lượng nhỏ hơn độ không đảm bảo đo tổng.

Khi bảo hành không được đáp ứng ở tốc độ lớn nhất cho phép (được quy định trong hợp đồng cung cấp) phải tính toán tốc độ cần thiết để đáp ứng cho bảo hành. Việc tăng tốc độ không được gây nguy hiểm cho hệ thống hoặc các bộ phận của hệ thống (do các tải trọng cơ học, rung, phát sinh nhiệt). Nhà cung cáp phải công bố rõ tốc độ vượt quá được phép cho chế độ làm việc liên tục. Khi máy dẫn động không do nhà cung cấp máy nén chế tạo, nhà cung cấp máy nén bắt buộc phải nhận được sự thoả thuận của nhà cung cấp máy dẫn động về sự cần thiết phải tăng tốc độ này.

8.3.4 Giá trị giới hạn của phạm vi vận hành

Giới hạn dưới của phạm vi vận hành được xác định bằng được kiểm tra chống tăng vọt cộng với dung sai đã được thoả thuận trong hợp đồng. Nếu thực hiện việc so sánh với hợp đồng về công suất đối với một điểm bảo hành ở dưới đường chống tăng vọt thực tế đo được thì công suất của

điểm đo ở lưu lượng thể tích vào vẫn còn ổn định phải được xem là lưu lượng thể tích vào cho điểm bảo hành về công suất có liên quan đối với điểm bảo hành này.

9 Báo cáo thử

Phải viết báo cáo thử về kết quả của thử nghiệm thu với các nội dung sau:

a) Các dữ liệu kỹ thuật về máy nén: khách hàng/ người vận hành, vị trí lắp đặt, ứng dụng, kiểu, số máy, năm sản xuất, mô tả ngắn về kỹ thuật, công suất danh định, tốc độ danh định, các đặc điểm riêng khác có liên quan của máy /hệ thống;

b) Các dữ liệu kỹ thuật của máy dẫn động: các dữ liệu cần thiết cho so sánh với bảo hành;

c) Các điều kiện bảo hành (xem 4.2) và đối tượng bảo hành (xem 4.3);

d) ngày, địa điểm, người chịu trách nhiệm và các bên chứng kiến;

e) qui trình thử (xem 6.1.2) và lưu hành với các điểm đo;

f) báo cáo về thực hiện phép thử nghiệm thu có kèm theo bảng các giá trị trung bình của các số đọc riêng có nghĩa để đánh giá trạng thái của các lần đo; hồ sơ được lập phải bao gồm tài liệu phân tích khí nén, các dữ liệu về dụng cụ đo được dùng để đo, các chứng chỉ hiệu chuẩn nếu có yêu cầu v.v...;

g) tài liệu về chuyển đổi theo các tài liệu bảo hành: các bảng và biểu đồ đã sử dụng phải được công bố; các sai lệch so với các tính năng kỹ thuật tiêu chuẩn dùng cho các qui trình đo và chuyển đổi phải được trình bày;

h) phương pháp hiệu chuẩn cho các tính chất của khí, nếu có liên quan, phải được công bố khi có thoả thuận của các bên;

i) tài liệu về bằng chứng bảo hành: tài liệu này nên nói rõ cách mà bảo hành đã được đáp ứng. Phải quan tâm đến các độ không đảm bảo tổng phù hợp với 6.4 và có thể phù hợp với 8.2.4.

Phụ lục A

(Quy định)

Sơ đồ qui trình tính toán và các con số đối với tỷ số lưu lượng thể tích

Sơ đồ quy định tính toán trong phạm vi các điều kiện về tính tương tự của dòng chảy tính toán các điều kiện điều chỉnh thử nghiệm cho một đoạn không được làm mát.

	Bắt đầu	Kết quả	Bước tiếp sau
	Các điều kiện bảo hành: Dữ liệu khí: Vào -> xả $\psi_{p,g},\ \eta_{p,g},\ N_g$ Hình học của cấp thứ nhất Các điều kiện thử: Dữ liệu khí: Vào $\psi_{p,te,an} = \psi_{p,g}\ \eta_{p,te,an} = \eta_{p,g}$ $\eta_{te,an} = \dfrac{1}{1 - \dfrac{k_{1,te} - 1}{k_{1,te} \cdot \eta_{p,g}}}$ $\lvert\Delta\phi_{tol}\rvert = 0 \div 0{,}05^a$		
A	$\left\lvert \dfrac{n_{te}}{n_g} - 1 \right\rvert \le 0{,}001$	có không	tiếp tục B
	$X_{N,tol} = \sqrt{\dfrac{\psi_{p,g}}{\psi_{p,te}} \cdot \dfrac{(1+\Delta\phi_{tol})^{n_w - 1} \cdot \left(\dfrac{p_2}{p_1}\right)_g^{\frac{n_g - 1}{n_g}} - 1}{\left(\dfrac{p_2}{p_1}\right)_g^{\frac{n_g - 1}{n_g}} - 1}}$		C
C	$N_{te} = X_{N,tol} \sqrt{\dfrac{R_{te} Z_{1te} T_{1te}}{R_g Z_{1g} T_{1ge}}} \cdot N_g$ Hiệu chỉnh số Reynolds[b] $\mathrm{Re}_{u,te} = f(N_{te}, \ldots)$ $\eta_{p,te} = f(\mathrm{Re}_{u,te}, \ldots)$ $\psi_{p,te} = f(\eta_{p,te}, \ldots)$ $\Delta h_{te} = \dfrac{\psi_{p,te}}{\eta_{p,te}} \cdot \dfrac{\eta_{2,te}^2}{2}$ Tính toán khí thực $n_{te} = f\left(p_{1,te}, T_{1,te}, \Delta h_{te}, \eta_{p,te}\right)$		

	Bắt đầu	Kết quả	Bước tiếp sau
	$\left\lvert \frac{\eta_{p,te}}{\eta_{p,te,an}} - 1 \right\rvert < 0,001$ và $\left\lvert \frac{\eta_{te}}{\eta_{te,an}} - 1 \right\rvert < 0,001$	có không	kết thúc tiếp tục
	$\eta_{te,an} = \eta_{te}$ $\eta_{p,te,an} = \eta_{p,te}$ $\psi_{p,te,an} = \psi_{p,te}$		A
B	$\phi_2 = 1 + \Delta\phi_{tol}$		D
D	$F = \left\{ \frac{n_{te} - 1}{n_{te} - n_g} \left[1 - \frac{\left(\frac{p_2}{p_1}\right)_g^{\frac{n_g - 1}{n_g}}}{\phi_2^{n_{te}-1} \left(\frac{p_2}{p_1}\right)_g^{\frac{n_{te}-1}{n_g}} - 1} \right] \right\}$		
	$F < 0$	có không	E F
E	$X_{N,tol} = \left\{ \frac{\psi_{p,g}}{\psi_{p,te}} \cdot \frac{\frac{n_{te}}{n_{te} - 1} \phi_2^{n_{te}-1} \left(\frac{p_2}{p_1}\right)_g^{\frac{n_{te}-1}{n_g}} - 1}{\frac{n_g}{n_g - 1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)_g^{\frac{n_g - 1}{n_g}} - 1 \right]} \right\}$		C
F	$\left(\frac{p_x}{p_1}\right)_{Ex} = F^{\frac{n_g - 1}{n_g}}$		
	$1 < \left(\frac{p_x}{p_1}\right)_{Ex} < \left(\frac{p_2}{p_1}\right)_g$	có không	tiếp tục E
	$\phi_{Ex} = \frac{1}{\left(\frac{p_X}{p_1}\right)_{Ex}^{1/n_g}} \left\{ 1 + \frac{\left(\frac{p_X}{p_1}\right)_{Ex}^{\frac{n_g - 1}{n_g}} - 1}{\left(\frac{p_2}{p_1}\right)_g^{\frac{n_g - 1}{n_g}} - 1} \left[\phi_2^{n_{te}-1} \left(\frac{p_2}{p_1}\right)_g^{\frac{n_{te}-1}{n_g}} - 1 \right] \right\}^{\frac{1}{n_{te}-1}}$		

	Bắt đầu	Kết quả	Bước tiếp sau
	$\phi_{Ex} > 1 + \lvert\Delta\phi_{tol}\rvert$	có Không	tiếp tục G
	$\phi_2 = \phi_2 - 0,001$	có Không	
	$\phi_2 < 1 - \lvert\Delta\phi_{tol}\rvert$	có không	H D
G	$\phi_2 < 1 - \lvert\Delta\phi_{tol}\rvert$	có không	H tiếp tục
	$\phi_{Ex} < 1 - \lvert\Delta\phi_{tol}\rvert$	có không	tiếp tục I
	$\phi_2 = \phi_2 + 0,001$		
	$\phi_2 > 1 + \lvert\Delta\phi_{tol}\rvert$	có không	H D
I	$\phi_2 > 1 + \lvert\Delta\phi_{tol}\rvert$	có không	H E
H	Có thể sử dụng khí thử khác hoặc đoạn được chia nhỏ hơn cho mục đích đo không?	có không	J tiếp tục
	Không thể có thử nghiệm trong $\lvert\Delta\phi_{tol}\rvert$		Kết thúc
J	Tiếp tục sử dụng khí thử khác hoặc hoặc đoạn được chia nhỏ thêm nữa		A

[a] Tốc độ quay cho thử nghiệm, được tính toán với

$\Delta\phi_{tol} = \pm 0,01$ giới hạn dung sai trong

$\Delta\phi_{tol} = \pm 0,05$ giới hạn dung sai ngoài

[b] Để hiệu chỉnh số Reynolds, xem Phụ lục C.

Phụ lục B

(Quy định)

Thử nghiệm đối với tỷ số lưu lượng thể tích vượt quá tính tương tự của dòng chảy

B.1 Quy định chung

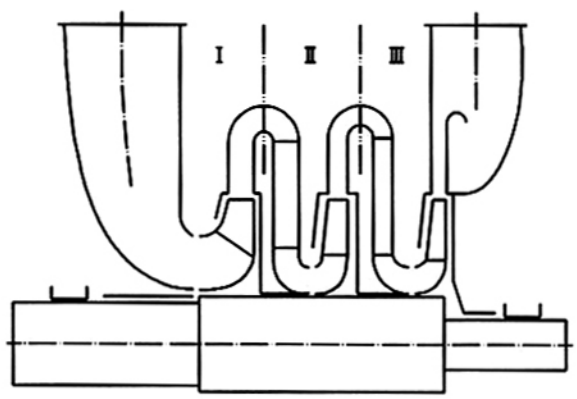
Trong trường hợp không thể xác định được các điều kiện điều chỉnh cho phép thử trong đó không thể đáp ứng tính tương tự của dòng chảy phù hợp với các giới hạn của 7.2 và Phụ lục A thì có thể sử dụng phương pháp sau:

Đối với các điều kiện điều chỉnh càng gần với tính tương tự càng tốt, nhà sản xuất phải dự đoán đường cong tính năng cho thử nghiệm.

Mỗi điểm của đường cong tính năng bảo hành có một điểm chuẩn (tham chiếu) trên đường cong tính năng thử nghiệm được dự đoán.

Do có sai lệch của các tỷ số thể tích trong điều kiện bảo hành và thử nghiệm tại cùng một hệ số lưu lượng của cấp thứ nhất, các hệ số lưu lượng của các cấp theo sau khác nhau trong các điều kiện bảo hành và thử nghiệm.

Trong trường hợp một máy nén có 3 cấp như trong ví dụ (xem Hình B.1), cấp cuối cùng có sai lệch $\Delta\varphi$ lớn nhất so với các điều kiện bảo hành (xem Hình B.2). Các sai lệch nhỏ nhất của tất cả các cấp trong quá trình thử so với các điều kiện bảo hành có điểm tham khảo R trên đường cong thử dự đoán "pr" có cùng một hệ số lưu lượng trung bình phù hợp với Hình B.3.



Hình B.1 - Máy nén có ba cấp

Hệ số lưu lượng trung bình

$$\varphi_{av} = \varphi_1 . \frac{v_{av}}{v_{1,I}} \quad \text{(B.1)}$$

với hệ số lưu lượng vào của cấp thứ nhất

$$\varphi_1 = \frac{V_{1,I}}{D_{2,I}^2 . \frac{\pi}{4} u_{2,I}} \quad \text{(B.2)}$$

và tỷ số giữa các thể tích riêng trung bình và thể tích riêng vào với

$$v_{av} = \frac{\int v.dp}{\Delta p} = \frac{yp}{\Delta p} \quad \text{(B.3)}$$

$$\frac{v_{av}}{v_{1,I}} = \frac{y_p}{R.Z_{1,I}.T_{1,I}} . \frac{1}{\frac{p_{2,z}}{p_{1,I}} - 1} = \frac{y_p}{p_{2,z} - p_{1,I}} . \frac{\dot{m}}{\dot{V}_{1,I}} \quad \text{(B.4)}$$

trong đó

$D_{2,I}$	đường kích ngoài của bộ cánh cấp I, m	M
$u_{2,I}$	tốc độ theo chu vi của bộ cánh cấp I, m/s	m/s
$\dot{V}_{1,I}$	lưu lượng thể tích vào của cấp I của nhóm các cấp	m^3/s
$v_{1,I}$	thể tích riêng vào	m^3/kg
$p_{1,I}$	áp suất vào	MPa(bar)
$Z_{1,I}$	hệ số nén vào	-
$T_{1,I}$	nhiệt độ vào	K
v_{av}	thể tích riêng trung bình	m^3/kg
$p_{2,z}$	áp suất xả của nhóm cấp cuối cùng	MPa(bar)
$v_{2,z}$	thể tích riêng xả	m^3/kg
R	hằng số khí	J/kg/K
y_p	công nén riêng đa hướng	J/kg
$\dot{m}$	lưu lượng khối lượng	kg/s

Mỗi điểm thử được chuyển đổi theo các điều kiện bảo hành ở hệ số lưu lượng trung bình không đổi $\varphi_{av,T} = \varphi_{av,R} = \varphi_{av,G}$ (xem Hình B.3)

$$\left[\frac{v_{2,z}}{v_{1,l}}\right]_{pr} = \left[\frac{v_{2,z}}{v_{1,l}}\right]_{g} \quad (B.5)$$

Các đường cong "pr" và "g" có thể là đồng nhất (tính tươngtự hoàn toàn của dòng chảy) với

$$\varphi_{I,R} = \varphi_{I,G} \text{ và } \varphi_{av,R} = \varphi_{av,G} \quad (B.6)$$

B.2 Chuyển đổi các điểm thử (xem Hình B.3)

Các sai lệch của mỗi điểm T trên đường cong thử đo so với điểm thử R được dự đoán sẽ được chuyển cho điểm G trên đường cong bảo hành với cùng một tỷ lệ phần trăm khi dẫn đến điểm thử được hiệu chỉnh C theo quan hệ sau:

Hệ số lưu lượng vào

$$\varphi_{l,C} = \frac{\varphi_{l,T}}{\varphi_{l,R}} \cdot \varphi_{l,G} \quad (B.7)$$

Hệ số cột áp

$$\psi_{p,C} = \frac{\psi_{p,T}}{\psi_{p,R}} \cdot \psi_{p,G} \quad (B.8)$$

Quan hệ tương tự có giá trị đối với các số đường tính năng khác như hệ số enthanpi và hiệu suất của nhóm cấp.

B.3 Hiệu chỉnh lưu lượng thể tích tăng vọt và lưu lượng thể tích tiết lưu (xem Hình B.3)

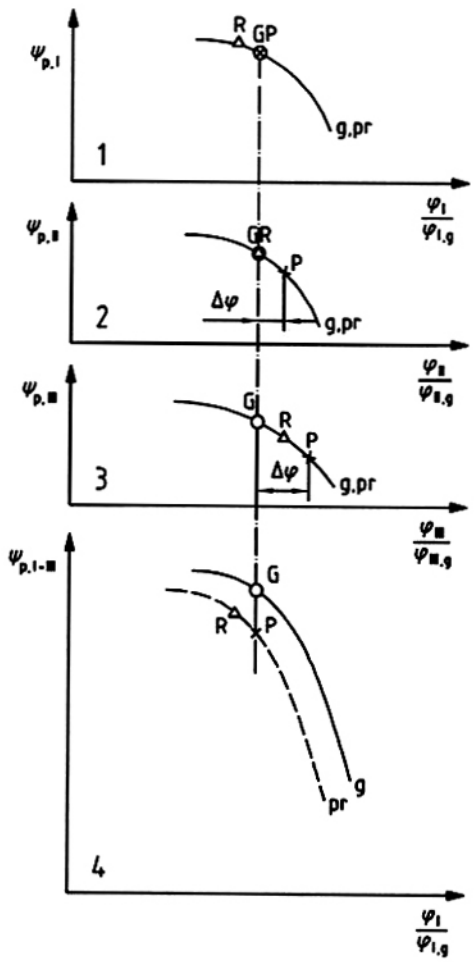
Lưu lượng thể tích tăng vọt và lưu lượng thể tích tiết lưu có thể được so sánh trực tiếp giữa đường cong thử đo (được) "te" và đường cong thử dự đoán "pr" và được chuyển đổi cho đường cong thử chuyển đổi *co* và đường cong bảo hành g, bởi vì chúng không bị ảnh hưởng bởi giá trị trung bình của tất cả các cấp mà thường chỉ bởi một cấp.

Hiệu chỉnh hệ số lưu lượng tăng vọt, $\varphi_{l,S,co}$:

$$\varphi_{l,S,co} = \varphi_{l,S,g} + \left(\varphi_{l,S,te} - \varphi_{l,S,pr}\right) \quad (B.9)$$

Hiệu chỉnh hệ số lưu lượng tăng vọt, $\varphi_{l,CH,co}$

$$\varphi_{l,CH,co} = \frac{\varphi_{l,CH,te}}{\varphi_{l,CH,pr}} \quad (B.10)$$



CHÚ DẪN:

1 Cấp I

2 Cấp II

3 Cấp III

4 Cấp I + II +III

g Đường cong bảo hành

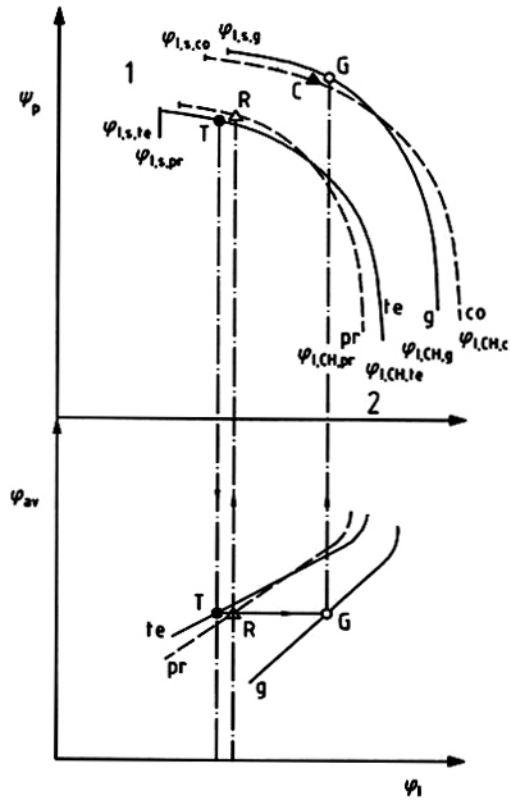
pr Đường cong dự đoán

G Các điều kiện bảo hành

P Các điều kiện thử dự đoán khi giả thiết $\varphi_{I,G} = \varphi_{I,R}$

R Các điều kiện thử dự đoán $\varphi_{va,G} = \varphi_{va,R}$

Hình B.2 - Hệ số cột áp đa hướng của các cấp riêng lẻ và toàn bộ máy nén



CHÚ DẪN:

1 Lưu lượng tăng vọt

2 Lưu lượng tiết lưu

T Điểm trên đường cong thử đo "te"

R Điểm tham chiếu cho T trên đường cong thử dự đoán "pr"

G Điểm tham chiếu cho T trên đường cong bảo hành "g"

C Điểm hiệu chỉnh đối với đường cong chuyển đổi "co"

Hình B.3 – Xác định các điểm tham chiếu

Phụ lục C

(Quy định)

Phương pháp hiệu chỉnh đối với ảnh hưởng của số Reynolds đến tính năng của máy nén ly tâm

C.1 Tóm tắt chung

Phương pháp này (tài liệu tham khảo [11]) quy định các phương trình cần thiết trong trường hợp các số Reynolds khác nhau trong điều kiện thử và điều kiện bảo hành dùng cho hiệu chỉnh hiệu suất, công nén riêng và lưu lượng thể tích. Các tổn thất tổng được được chia nhỏ thành các tổn thất không phân biệt của số Reynolds, được bao hàm bởi hệ số 0,3, và các tổn thất do ma sát được xem là phụ thuộc vào một giá trị tiêu biểu số ma sát λ. Giá trị tiêu biểu λ phụ thuộc vào một số Reynolds chuẩn và một giá trị chuẩn cho độ nhám trung bình tương đối của máy nén. Có thể áp dụng các hiệu chỉnh này trong phạm vi cho phép như đã chỉ dẫn trên Hình C.2.

C.2 Định nghĩa

Giá trị tiêu biểu của số Reynolds đối với cấp thứ nhất của một đoạn được bởi

$$\mathrm{Re}_u = \frac{u.b}{\nu_1} \qquad \text{(C.1)}$$

trong đó:

u là tốc độ ở đỉnh của bộ cánh thứ nhất của đoạn, được biểu thị bằng mét trên giây;

b là chiều rộng đầu ra của bộ cánh thứ nhất của đoạn, được biểu thị bằng mét;

ν_1 là độ nhớt động cho trạng thái chung ở đầu vào, được biểu thị bằng mét vuông trên giây.

Độ nhám trung bình Ra, nghĩa là độ nhám trung bình bắt đầu từ đường tâm của các đỉnh độ nhám của bộ cánh và miệng loe của nó, Ra có thể đợc đo hoặc đọc từ bản vẽ của nhà sản xuất (khi giả thiết có sự thoả thuận về qui trình này giữa nhà sản xuất và khách hàng). Độ nhám tương đối đại diện của một cấp đợc biểu thị bằng Ra/b

Trong các máy nén có nhiều cấp lấy các giá trị chuẩn của số Reynolds và độ nhám tương đối của cấp thứ nhất của mỗi đoạn.

Phương pháp hiệu chỉnh chỉ liên quan đến các tổn thất bên trong của lưu lượng.

Do đó phải có sự quan tâm riênng đến các lưu lượng khối lượng rò rỉ và các tổn thất cơ học.

C.3 Phương trình hiệu chỉnh đối với hiệu suất

Phương trình để hiệu chỉnh hiệu suất trong phạm vi hiệu suất tối ưu được cho bởi phương trình:

$$\frac{1-\eta_{p,co}}{1-\eta_{p,te}} = \frac{0,3+0,7.\frac{\lambda_g}{\lambda_\infty}}{0,3+0,7.\frac{\lambda_g}{\lambda_\infty}} \qquad (C.2)$$

trong đó

η_p là hiệu suất đa hướng của đoạn;

λ là hệ số ma sát của ống;

với các chỉ số dưới dòng

co được chuyển đổi từ điều kiện thử đến điều kiện bảo hành hoặc giá trị bảo hành trong quá trình xác định các điều kiện điều chỉnh cho thử nghiệm;

g điều kiện bảo hành;

te điều kiện thử;

∞ ở số Reynolds lớn vô hạn

Các phương trình để tính toán các giá trị λ:

(von Karman):

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_\infty}} = 1,74 - 2.\log_{10}\left(2.\frac{Ra}{b}\right) \qquad (C.3)$$

(Colebrook)

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,74 - 2.\log_{10}\left(2.\frac{Ra}{b} + \frac{18,7}{\mathrm{Re}_u.\sqrt{\lambda}}\right) \qquad (C.4)$$

có thể lấy các giá trị của λ và λ_∞ từ Hình C.3

C.4 Các phương trình hiệu chỉnh cho công nén riêng, độ chênh lệch enthanpi và lưu lượng thể tích

Hiệu chỉnh công nén riêng:

$$\frac{\psi_{p,co}}{\psi_{p,te}} = 0,5 + 0,5.\frac{\eta_{p,co}}{\eta_{p,te}} \qquad (C.5)$$

Hiệu chỉnh độ chênh lệch enthanpi:

$$\frac{\psi_{i,co}}{\psi_{i,te}} = 0,5 + 0,5.\frac{\eta_{p,co}}{\eta_{p,te}} \quad (C.6)$$

Hiệu chỉnh lưu lượng thể tích:

$$\frac{\varphi_{co}}{\varphi_{te}} = \sqrt{\frac{\psi_{p,co}}{\psi_{p,te}}} \quad (C.7)$$

trong đó

ψ_p là quá trình chuẩn đa hướng

$= 2y_p / u^2$;

ψ_i là hệ số enthanpi

$= 2\Delta h / u^2$;

φ là hệ số lưu lượng thể tích của đoạn

$= 4\dot{V}_1 / (D^2 \pi u)$;

y_p là công nén riêng đa hướng của đoạn, được biểu thị bằng jun trên kilogam;

Δh là độ chênh lệch enthanpi của đoạn, được biểu thị bằng jun trên kilogam;

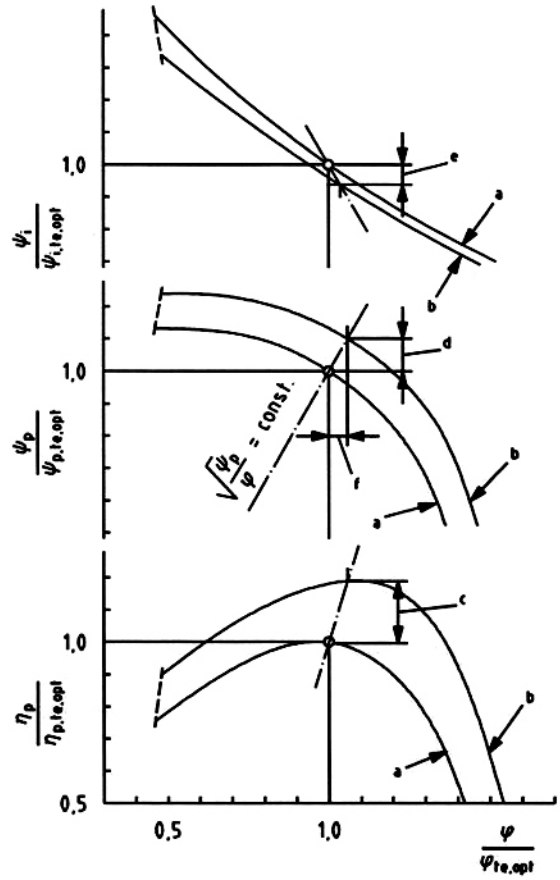
$\dot{V}_1$ là lưu lượng thể tích vào của đoạn trong trạng thái vào chung, được biểu thị bằng mét khối trên giây;

D là đường kính ngoài của bộ cánh thứ nhất của đoạn, được biểu thị bằng mét.

Các phương trình trên quy định sự thay đổi của điểm đường cong tính năng ở hiệu suất tối ưu (xem Hình C.1). Các điểm khác của đường tính năng được chuyển đổi ở cùng một tỷ số như điểm tối ưu với kết quả sao cho dạng đường cong tính năng không bị thay đổi.

C.5 Phạm vi ứng dụng cho phép

Phạm vi ứng dụng cho phép đối với các phương trình hiệu chỉnh được giới thiệu trên Hình C.2 (xem 7.2.2.3.1).



a Thử nghiệm

b Được chuyển đổi

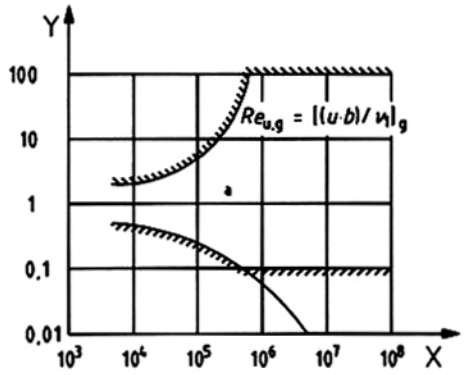
c Phương trình (C.2)

d Phương trình (C.5)

e Phương trình (C.6)

f Phương trình (C.7)

Hình C.1 - Hiệu chỉnh số Reynolds, các đồ thị chuyển đổi



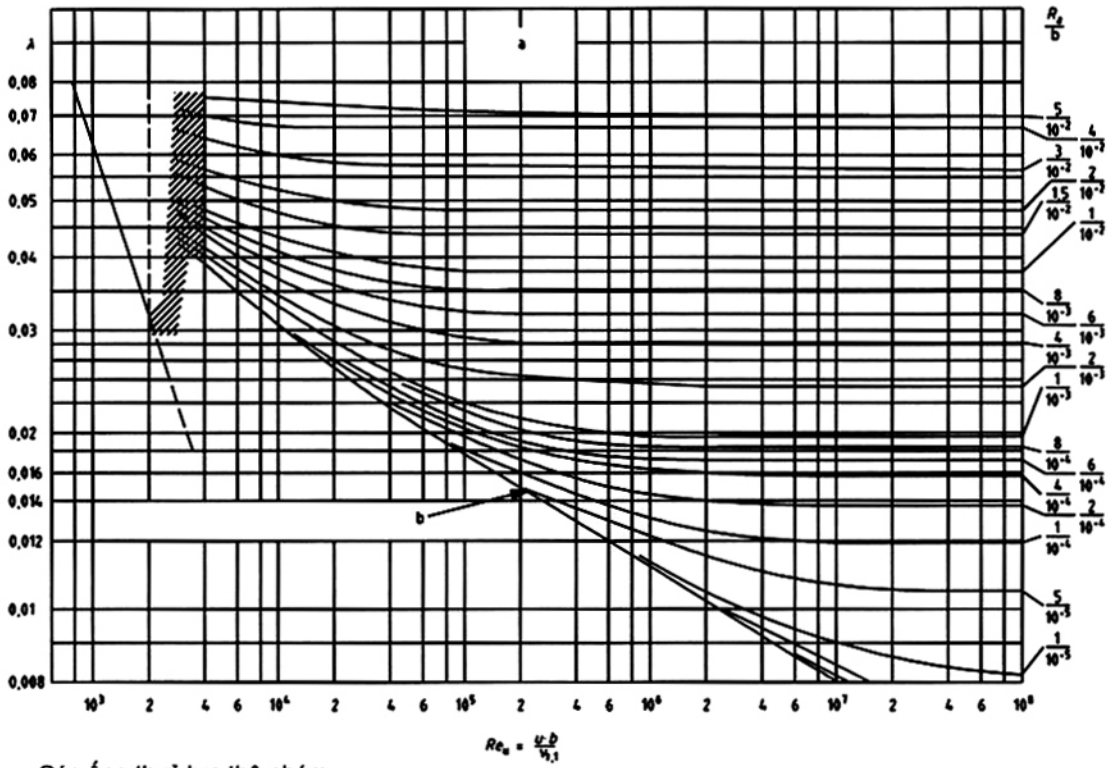
CHÚ DẪN:

X Số Reynolds bảo hành , $\mathrm{Re}_{u,g}$

Y Tỷ số số Reynolds $\dfrac{\mathrm{Re}_{u,te}}{\mathrm{Re}_{u,g}}$

a Phạm vi ứng dụng cho phép

Hình C.2 - Phạm vi ứng dụng cho phép đối với chuyển đổi



a Các ống thuỷ lực thô nhám

b Các ống thuỷ lực trơn nhẵn

Hình C.3 - Hệ số ma sát dòng chảy nối trong các ống thô nhám

Phụ lục D

(Tham khảo)

Nguồn gốc của phương trình tính toán độ không đảm bảo của các kết quả đo

Độ không đảm bảo của kết quả đo, $\tau_{res,W}$, được hiển thị bằng tỷ lệ phần trăm, của một hàm kết quả W (ví dụ, công nén rieng đa hướng) có thể được xác định như sau, đặc biệt là trong trường hợp các tương tác đơn giản về chức năng mà nguồn gốc của nó có thể là các lời giải toán học được thu gọn:

$$\tau_{res,W} = \frac{V_W}{W}.100 = \pm\sqrt{\sum\left(\frac{\partial W}{\partial x_i}.\frac{V_{xi}}{W}\right)^2}.100 \quad \text{(D.1)}$$

VÍ DỤ

Phương trình cơ bản đối với công nén riêng đa hướng:

$$y_p = \Delta h.\eta_p = \frac{k}{k-1}.R.Z_m.(T_2 - T_1).\frac{k-1}{k}.\frac{\ln\frac{p_2}{p_1}}{\ln\frac{T_2}{T_1}} \quad \text{(D.2)}$$

$$y_p = R.Z_m.(T_2 - T_1).\frac{\ln\frac{p_2}{p_1}}{\ln\frac{T_2}{T_1}} \quad \text{(D.3)}$$

Độ không đảm bảo tương đối của công suất nén riêng đa hướng

$$\tau_{res,y,p} = \frac{V_{y,p}}{y_p}.100 = \pm\sqrt{\sum\left(\frac{\partial y_p}{\partial x_i}.\frac{V_{xi}}{y_p}\right)^2}.100 \quad \text{(D.4)}$$

Thu được từ phương trình (D.2)

$$\frac{\partial_{yp}}{\partial_{p2}} = \frac{R.Z_m.(T_2 - T_1)}{\ln\frac{T_2}{T_1}}.\frac{1}{\frac{p_2}{p_1}}.\frac{1}{p_1} = \frac{R.Z_m.(T_2 - T_1)}{\ln\frac{T_2}{T_1}}.\frac{1}{p_2} \quad \text{(D.5)}$$

$$\frac{\partial_{yp}}{\partial_{p2}}.\frac{V_{p2}}{y_p}=\frac{1}{\ln\frac{p_2}{p_1}}.\frac{V_{p2}}{p_2} \quad \text{(D.6)}$$

$$\frac{\partial_{yp}}{\partial_{p1}}=\frac{R.Z_m.(T_2-T_1)}{\ln\frac{T_2}{T_1}}.\frac{1}{\frac{p_2}{p_1}}.\frac{p_2}{p_1^2}=-\frac{R.Z_m.(T_2-T_1)}{\ln\frac{T_2}{T_1}}.\frac{1}{p_1} \quad \text{(D.7)}$$

$$\frac{\partial_{yp}}{\partial_{p1}}.\frac{V_{p1}}{y_p}=-\frac{1}{\ln\frac{p_2}{p_1}}.\frac{V_{p1}}{p_1} \quad \text{(D.8)}$$

$$\frac{\partial y_p}{\partial T_2}=R.Z_m.\ln\frac{p_2}{p_1}.\frac{\ln\frac{T_2}{T_1}-(T_2-T_1).\frac{1}{\frac{T_2}{T_1}}.\frac{1}{T_1}}{\left(\ln\frac{T_2}{T_1}\right)^2}=R.Z_m.\ln\frac{p_2}{p_1}.\frac{\ln\frac{T_2}{T_1}-(T_2-T_1).\frac{1}{T_2}}{\left(\ln\frac{T_2}{T_1}\right)^2} \quad \text{(D.9)}$$

$$\frac{\partial y_p}{\partial T_2}.\frac{V_{T2}}{y_p}=\left(\frac{T_2}{T_2-T_1}-\frac{1}{\ln\frac{T_2}{T_1}}\right).\frac{V_{T2}}{T_2} \quad \text{(D.10)}$$

$$\frac{\partial y_p}{\partial T_1}=R.Z_m.\ln\frac{p_2}{p_1}.\frac{-\ln\frac{T_2}{T_1}+(T_2-T_1).\frac{1}{\frac{T_2}{T_1}}.\frac{T_2}{T_1^2}}{\left(\ln\frac{T_2}{T_1}\right)^2}=R.Z_m.\ln\frac{p_2}{p_1}.\frac{-\ln\frac{T_2}{T_1}+(T_2-T_1).\frac{1}{T_1}}{\left(\ln\frac{T_2}{T_1}\right)^2} \quad \text{(D.11)}$$

$$\frac{\partial y_p}{\partial T_1}.\frac{V_{T1}}{y_p}=-\left(\frac{T_1}{T_2-T_1}-\frac{1}{\ln\frac{T_2}{T_1}}\right).\frac{V_{T1}}{T_1} \quad \text{(D.12)}$$

$$\frac{\partial y_p}{\partial R} = Z_m.(T_2 - T_1).\frac{\ln\frac{p_2}{p_1}}{\ln\frac{T_2}{T_1}} \quad \text{(D13)}$$

$$\frac{\partial y_p}{\partial R}.\frac{V_R}{y_p} = \frac{V_R}{R} \quad \text{(D.14)}$$

$$\frac{\partial y_p}{\partial Z_m} = \frac{V_{Zm}}{Z_m} \quad \text{(D.15)}$$

$$\tau_{res,y,p} = \frac{V_{yp}}{y_p} = \pm\sqrt{\left(\frac{1}{\ln\frac{p_2}{p_1}}\right)^2.\left(\tau_{p1}^2 - \tau_{p2}^2\right) + \left(\frac{T_2}{T_2 - T_1}\frac{1}{\ln\frac{T_2}{T_1}}\right)^2.\tau_{T2}^2 + \left(\frac{T_1}{T_2 - T_1}\frac{1}{\ln\frac{T_2}{T_1}}\right)^2.\tau_{T1}^2 + \tau_R^2 + \tau_{Zm}^2} \quad \text{(D.16)}$$

Các phương trình thu được thêm nữa được cho trong 6.4.4.2. Đối với các tương tác về chức năng phức tạp, xem 6.4.4.3.

Phụ lục E

(Tham khảo)

Các thuật ngữ chuyên dùng cho máy nén

Chức năng cơ bản của một máy nén là chuyển năng lượng cho lưu lượng khối lượng của một khí, hỗn hợp khí hoặc hơi để tăng áp suất của nó; thông thường các lưu chất này cũng chịu sự biến đổi trạng thái nhiệt động lực học của chúng.

E.1 Trạng thái nhiệt độ lực

Trạng thái nhiệt động lực của một hệ thống đơn giản trong đó thành phần hóa học của lưu chất là không đổi, không có từ tính, hiệu ứng điện và hiệu ứng mao dẫn và thường trọng lực không đáng kể (thường được đáp ứng trong các máy nén hiện nay) được giả thiết là xác định được bởi hai biến đổi trạng thái độc lập của nhiệt hoặc nhiệt lượng. Trạng thái nhiệt động lực này của hệ thống có liên quan đến trạng thái cân bằng khi nó không thay đổi nữa mặc dù được cách ly khỏi các ảnh hưởng của môi trường của nó.

E.1.1 Biến đổi nhiệt của trạng thái

Trạng thái của một hệ thống đồng nhất đơn giản được ấn định bởi hai hoặc ba biến số nhiệt của trạng thái:

- Áp suất tuyệt đối p;
- Thể tích riêng v hoặc số nghịch đảo $\rho = 1/v$ (mật độ);
- Nhiệt độ nhiệt động lực (tuyệt đối) T.

E.1.1.1

Áp suất

Thương số giữa lực vuông góc F_n tác dụng trên một bề mặt A và diện tích của bề mặt này.

CHÚ THÍCH: Thuật ngữ "áp suất" và các đơn vị đo được sử dụng cùng với thuật ngữ này được định nghĩa trong TCVN 6398-3 (ISO 31-3) [14].

E.1.1.1.1

Áp suất tuyệt đối, p

Áp suất gồm có áp suất chuẩn, p_0 và độ chênh áp Δp (dương hoặc âm) được xác định so với áp suất chuẩn này khi sử dụng dụng cụ đo áp suất.

$$p = p_0 + \Delta p \qquad \text{(E.1)}$$

Trong đó p_0 là áp suất khí quyển trong hầu hết các trường hợp.

E.1.1.1.2

Áp suất tĩnh

Áp suất (của lưu chất trong chuyển động) có thể được chỉ thị bằng dụng cụ đo áp suất được đặt trong dòng lưu chất và di chuyển cùng với lưu chất tại cùng một tốc độ.

CHÚ THÍCH: Trong trường hợp lưu chất chảy trong một đường ống thẳng thì áp suất tĩnh này cũng là áp suất mà lưu chất gây ra trên thành ống được bố trí song song với chiều của dòng chảy. Áp suất này được hiển thị dưới dạng áp suất tĩnh tuyệt đối, p.

E.1.1.1.3

Áp suất động lực Δp_d

Áp suất khí tĩnh

Đại lượng trong đó áp suất tĩnh của lưu chất chảy ở tốc độ c có thể tăng lên nếu động năng của nó đã chuyển đổi sang công nén mà không có các tổn thất (thuận nghịch) và không có trao đổi nhiệt với các hạt khí lân cận, nghĩa là đẳng entropi và đoạn nhiệt.

CHÚ THÍCH: Áp suất động lực sau áp suất với sai số nhỏ hơn 0,5 % đối với $\Delta p_d / p \le 0{,}01$.

$$\Delta p_d \approx \frac{c^2}{2}.\rho \qquad \text{(E.2)}$$

Khi $\Delta p_d / p > 0{,}01$, mối quan hệ chính xác giữa Δp_d và c nên được xác định để tránh sai số quá lớn.

$$\frac{c^2}{2} = \frac{k}{k-1}.R.Z.T.\left[\left(1+\frac{\Delta p_d}{p}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1\right] \qquad \text{(E.3)}$$

E.1.1.1.4

Áp suất tổng, p_{tot}

Áp suất tổng tuyệt đối là tổng số của áp suất tĩnh tuyệt đối và áp suất động lực bằng

$$p_{tot} = p + \Delta p_d \qquad \text{(E.4)}$$

E.1.1.2

Nhiệt độ

CHÚ THÍCH: Đơn vị của nhiệt độ nhiệt động lực là kelvin (ký hiệu của đơn vị: K). Khi biểu thị nhiệt độ Celsius, sử dụng tên đơn vị "độ Celsius" (ký hiệu của đơn vị ^{0}C). Nhiệt độ T = 273,15+t, với T tính bằng K và t tính bằng ^{0}C.

E.1.1.2.1

Nhiệt độ tĩnh

Nhiệt độ tĩnh (ở trạng thái cân bằng nhiệt độ hoàn toàn) phổ biến trong một lưu chất không chuyển động.

CHÚ THÍCH: Nhiệt độ tĩnh cũng tồn tại trong một lưu chất chuyển động. Đây là nhiệt độ mà một nhiệt kế được đặt trong dòng chảy của lưu chất và chuyển động cùng với lưu chất ở cùng một tốc độ có thể chỉ thị.

E.1.1.2.2

Nhiệt độ động lực

Nhiệt độ khí tĩnh

Độ tăng nhiệt độ (của khí lý tưởng) (nhiệt độ động lực hoặc nhiệt độ khí tĩnh) do sự chuyển đổi đoạn nhiệt đẳng entropi của tổng động năng thành công nên như sau:

$$\Delta t_d = \frac{c^2}{2.c_p} \qquad \text{(E.5)}$$

Trong đó c_p là nhiệt dung riêng trung bình đẳng áp giữa t và $t + \Delta t_d$

CHÚ THÍCH: Cho trạng thái của khí lý tưởng, phương trình trị số sau áp dụng gần đúng cho không khí.

$$\Delta t_d \approx \frac{c^2}{2\,000} \qquad \text{(E.6)}$$

Trong đó c được biểu thị bằng mét trên giây

E.1.1.2.3

Nhiệt độ tổng

$$t_{tot} = t + \Delta t_d$$

Hoặc

nhiệt độ nhiệt động lực tổng

$$T_{tot} = T + \Delta t_d \qquad \text{(E.7)}$$

CHÚ THÍCH: Cùng với áp suất tuyệt đối tổng, p_{tot} như đã định nghĩa trong E.1.1.1.4, nhiệt độ này cấu thành "trạng thái khí tĩnh" của khí trước khi tăng tốc đẳng entropi hoặc, giảm tốc đẳng entropi theo sau. Xét đến trạng thái khí lý tưởng, mối quan hệ sau tồn tại giữa các trạng thái biến đổi tổng và tĩnh.

$$\frac{T_{tot}}{T} = \left(\frac{p_{tot}}{p}\right)^{\frac{k-1}{k}} \qquad \text{(E.8)}$$

E.1.1.3

Thể tích riêng, v

Thể tích của một đơn vị khối lượng

CHÚ THÍCH 1: Đơn vị thông thường là mét khối trên kilogam

CHÚ THÍCH 2: Số nghịch đảo $\rho = 1/v$ được xem là "mật độ" nghĩa là đơn vị của thể tích, được biểu thị bằng kilogam trên mét khối.

E.1.2 Biến đổi nhiệt lượng của trạng thái

E1.2.1

Entanpi

Entanpi tổng được cho bởi phương trình

$$h_{tot} = h + \frac{c^2}{2} + gz \qquad \text{(E.9)}$$

Là tổng số của entanpi tĩnh, h, động năng $c^2/2$ và thế năng, gz, thu được từ gia tốc do trọng lực và độ cao trắc địa z có thể bỏ qua số hạng gz trong tổng hợp có sự khác nhau của entanpi trong điều kiện đang được xem xét đến trạng thái của khí lý tưởng, entanpi h chỉ phụ thuộc vào T. Trong các điều kiện khí thực, entanpi còn phụ thuộc vào áp suất, một trường hợp cần tính đến, chẳng hạn như trong các biểu đồ h,s đối với các khí khác nhau.

Trong trường hợp các khí do áp suất và nhiệt độ có liên quan với nhau trên đường cong bão hòa thì chỉ một trong hai biến số trạng thái này là đủ để xác định. Trong phạm vi hai pha, phải cung cấp hai biến số trạng thái độc lập cho các khí nguyên chất. Có thể sử dụng hàm lượng hơi x là một trong các biến số này.

E.1.2.2

Entropi

Mỗi hệ thấp có một biến số trạng thái, s được xem như entropi riêng và sự khác biệt của nó được định nghĩa là

$$\mathrm{d}s = \frac{\mathrm{d}h - v\mathrm{d}p}{T} \qquad \text{(E10)}$$

Entropi của một hệ thống đoạn nhiệt không bao giờ giảm đi. Trong tất cả các quá trình tự n hiên (không thuận nghịch), entropi của hệ thống đoạn nhiệt tăng lên; trong tất cả các quá trình thuận nghịch cấu thành trường hợp có giới hạn của các quá trình không thuận ngịch, entropi giữ không đổi.

E.1.3 Phương trình và nhiệt lượng của trạng thái

Các biến nhiệt của trạng thái có mối quan hệ cố định với các biến đổi nhiệt lượng trạng thái. Do đó, một trạng thái nhiệt động lực cũng có thể được mô tả khi sử dụng sự phối hợp thích hợp của các biến đổi nhiệt và nhiệt lượng của trạng thái.

Khối lượng phân tử gam, M (ký hiệu của đơn vị kg/kmol) có mối quan hệ sau với hằng số khí riêng R:

$$R = \frac{R_{mol}}{M} \tag{E.11}$$

$R_{mol} = 8\,314,4$ J/(kmol K) là hằng số khí thông dụng

ở áp suất không đổi, nhiệt dung riêng là

$$c_p = \left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_p \tag{E.12}$$

và ở thể tích không đổi

$$c_v = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_v \tag{E.13}$$

trong đó u là nội năng riêng

E.1.3.1 Trạng thái của khí lý tưởng

Ở các áp suất thấp $(p \to 0)$, tất cả các khí đều có trạng thái cực kỳ đơn giản: các phương trình nhiệt và nhiệt lượng của trạng thái tuân theo luật ranh giới đơn giản. Phạm vi trạng thái này được xem là phạm vi trạng thái khí lý tưởng. Trong các thuật ngữ nhiệt động lực, trạng thái khí lý tưởng được định nghĩa bởi phương trình nhiệt của trạng thái.

$$p.v = R.T \tag{E.14}$$

và phương trình nhiệt lượng của trạng thái

$$u = u(T) \tag{E.15}$$

Xét đến trạng thái của khí lý tưởng, số mũ đẳng entropi

$$k = -\frac{v}{p}.\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_s \tag{E.16}$$

bằng tỷ số của các nhiệt dung riêng $c_p lc_v$:

$$k = \kappa = \frac{c_p}{c_v} \quad \text{(E.17)}$$

Xét đến trạng thái của khí lý tưởng, k là không đổi hoặc chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ.

E.1.3.2 Trạng thái của khí thực

ở các áp suất cao và nhiệt độ thấp, các sai lệch so với trạng thái của khí lý tưởng đã xảy ra. Phương trình nhiệt của trạng thái là:

$$p.v = R.Z.T \quad \text{(E.18)}$$

và phương trình nhiệt của trạng thái có nội năng riêng

$$u = u(v,T) \quad \text{(E.19)}$$

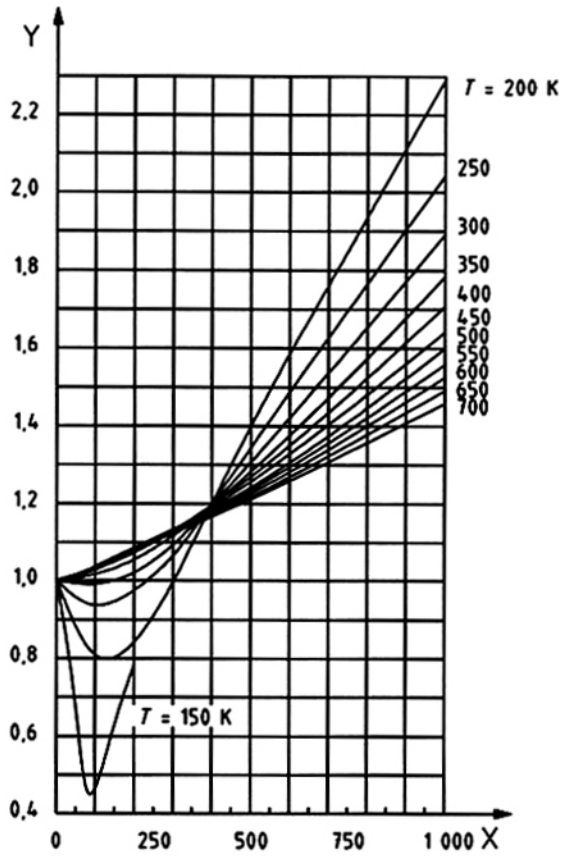
Hệ số nén

$$Z = \frac{p.v}{R.T} \quad \text{(E.20)}$$

được sử dụng để tính đến các sai lệch so với định luật về khí lý tưởng. Hệ số Z phụ thuộc vào p và T

Các khí có nhiệt độ tới hạn dưới 0 ^{0}C như oxy, nitơ, hyđro, không khí v.v... có các hệ số nén chỉ sai khác chút ít so với một trong phạm vi nhiệt độ từ 0 ^{0}C đến 200 ^{0}C và phạm vi áp suất xấp xỉ 2 MPa (20 bar) có ý nghĩa quan trọng đối với các máy nén. Tốc độ thay đổi của Z tăng lên vì có sự tiếp cận tới điểm tới hạn (p_{crit}, t_{crit})

Các hệ số nén và các biến đổi trạng thái được xác định từ các phương trình dữ liệu khí. Hình E.1 cho biểu đồ của hệ số nén Z có thể tăng lên tuỳ thuộc vào phương trình của dữ liệu khí được sử dụng. Đặc biệt là trong trường hợp trạng thái thực đã được công bố, nghĩa là trong vùng lân cận của điểm tời hạn. Nên có sự thoả thuận trước về những phương trình dữ liệu khí được sử dụng trong đánh giá thử nghiệm trong các trường hợp như đã nêu trên.



CHÚ DẪN:

X Áp suất p, bar

Y Hệ số nén Z

Hình E.1 - Hệ số nén của không khí khô

Trạng thái khí lý tưởng được đặc trưng bởi các phương trình về khả năng nén sau:

$$X = \frac{T}{v}.\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p - 1 = \frac{T}{Z}.\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p \quad \text{(E.21)}$$

$$Y = \frac{p}{v}.\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T = 1 - \frac{p}{Z}.\left(\frac{\partial Z}{\partial p}\right)_T \quad \text{(E.22)}$$

Khi xét đến trạng thái của khí thực, áp suất các phương trình sau cho các thay đổi đẳng entropi của trạng thái:

$$\frac{v_1}{v_{2,s}} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{1}{k_s}} \quad \text{(E.23)}$$

và

$$\frac{T_{2,s}}{T_1}=\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k_T-1}{k_T}}=\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{m_s}=\frac{Z_1}{Z_{2,s}}\cdot\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k_v-1}{k_v}} \quad \text{(E.24)}$$

trong đó

$$k_v=-\frac{v}{p}\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_s=\frac{K}{Y} \quad \text{(E.25)}$$

và

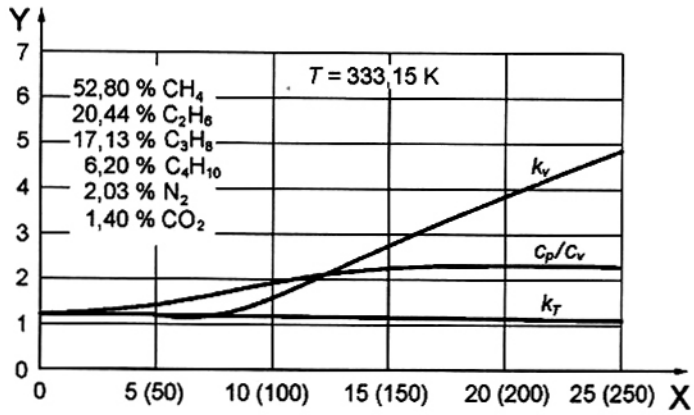
$$m_s=\frac{k_T-1}{k_T}=\frac{\kappa-1}{\kappa}\cdot\frac{Y}{1+X} \quad \text{(E.26)}$$

và

$$k_T=\frac{1}{1-\frac{p}{T}\cdot\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_{s\,s}}=\frac{1}{1-\frac{\kappa-1}{\kappa}\cdot\frac{Y}{1+X}} \quad \text{(E.27)}$$

Trong trường hợp không khí, $k=1,4\pm0,03$ trong các phạm vi p = 0 MPa đến 1 MPa (0 bar đến 10 bar) và t = 0 °C đến 200 °C, có nghĩa là có thể sử dụng $k=k=c_p lc_v=k_v=k_T=const$ cho tính toán trong phạm vi này với độ chính xác thích hợp cho khí đã quy định. Hình 2 giới thiệu một ví dụ của các giá trị có sai khác lớn đối với $c_p/c_v, k_v$ và k_T cho một hỗn hợp khí tự nhiên.

Có thể thực hiện việc tính toán hàm số khả năng nén Y khi sử dụng mối quan hệ thu được đối với khí lý tưởng và được biến đổi bằng cách đưa vào hệ số nén, Z và một số mũ trung bình đẳng entropi k có đủ độ chính xác trong các giới hạn quy định trong Bảng E.1 cho các hàm số khả năng nén ở mỗi điểm thay đổi trạng thái và cho tỷ số giữa các số mũ đẳng entropi lớn nhất và số mũ đẳng entropi nhỏ nhất, k_{max}/k_{min} xảy ra trong quá trình thay đổi trạng thái. Ngoài các giới hạn này, việc đánh giá thử nghiệm và/ hoặc chuyển đổi theo các điều kiện bảo hành phải được thực hiện với độ chính xác cao hơn, có tính đến trạng thái của khí thực.



CHÚ DẪN :

X Áp suất được biểu thị bằng MPa (bar)

Y Tỷ số giữa các nhiệt dung riêng, c_p / c_v và các số mũ đẳng entropi k_v và k_T

Hình E.2 - Tỷ số giữa các nhiệt dung riêng và các số mũ đẳng entropi cho một số khí thực như là một hàm số của áp suất

Bảng E.1 - sai lệch cho phép đối với tính toán đơn giản hoá các thay đổi của trạng thái

Tỷ số nén	Tỷ số lớn nhất của $\frac{k_{max}}{k_{min}}$	Hàm số khả năng nén lớn nhất		Hàm số có khả năng nén nhỏ nhất	
		X	Y	X	Y
1,4	1,12	0,279	1,071	-0,344	0,925
2	1,10	0,167	1,034	-0,175	0,964
4	1,09	0,071	1,017	-0,073	0,982
8	1,08	0,050	1,011	-0,041	0,988
16	1,07	0,033	1,008	-0,031	0,991
32	1,06	0,028	1,006	-0,025	0,993

Các cơ sở của bảng này là các phương trình trạng thái, các biểu đồ trạng thái và các bảng dữ liệu khí. Khi không có các tài liệu về dữ liệu của khí, có thể thực hiện tính toán bằng phép tính gần đúng khi sử dụng các hàm số về khả năng nén thu được với sự trợ giúp của áp suất và nhiệt độ được giảm đi.

E.2 Xác định các tính chất của khí trong trường hợp các hỗn hợp

E.1.2 Hỗn hợp của các khí

Một hỗn hợp của n khí có thể được mô tả theo ba cách bằng trình bày mỗi khí thành phần, $i(i=1,2,...,n)$ hoặc

- Phân số mol (bằng phân số thể tích cho trạng thái khí lý tưởng), r_i;

- Hoặc phân số khối lượng, w_i;

- Hoặc áp suất riêng phần, p_i

Định luật Dalton công bố: mỗi khí hoạt động trong một hỗn hợp các khí lý tưởng chỉ khi nó xuất hiện một mình ở các áp suất riêng phần của nó. Trong các hỗn hợp khí /hơi, hơi cũng có thể được xem xét với độ chính xác thích hợp như một khí lý tưởng vì phân số hơi thường tương đối nhỏ. Điều này đặc biệt đúng trong trường hợp hơi trong không khí ở phạm vi từ 0^0C đến 50^0C trong các điều kiện khí quyển.

E.2.1.1 Sự chuyển đổi

Với sự trợ giúp của các khối lượng phân tử (mol) M_i của tất cả các loại khí riêng biệt, phân số (tỷ lệ) mol r_i có thể được chuyển đổi thành phân số (tỷ lệ) khối lượng và ngược lại bằng Bảng E.2 và khi đã biết áp suất p của hỗn hợp cũng có thể được chuyển đổi thành các áp suất riêng phần p_i và ngược lại.

Khối lượng phân tử (mol) tương đương đối với một hỗn hợp khí là

$$M = \sum(r_i M_i) = \frac{1}{\sum\left(\frac{w_i}{M_i}\right)} = \sum\left(\frac{p_i}{p} M_i\right) \quad \text{(E.28)}$$

và hằng số khí R của hỗn hợp phù hợp với phương trình (E.11) hoặc

$$R = \sum(w_i R_i) \quad \text{(E29)}$$

Trong không khí của khí quyển khô, phân số (tỷ lệ) của thể tích và khối lợng của oxy và nitơ xấp xỉ như sau:

	Oxy	Nitơ
r_i	0,210	0,790
w_i	0,233	0,767
M_i	32	28,2

Bảng E.2 – Quan hệ tính toán giữa phân số khối lượng áp suất riêng phần và phân số mol

Chưa biết: / Cho	Phân số (tỷ lệ) khối lượng	Áp suất riêng phần	Phân số (tỷ lệ) mol (đối với các khí lý tưởng đồng nhất có phân số (tỷ lệ) thể tích)
Phân số (tỷ lệ) khối lượng $w_1; \sum w_i = 1$	-	$p_i = \frac{w_i M_i}{\sum(w_i M_i)} p$	$r_i = \frac{w_i M_i}{\sum(w_i M_i)} = w_i \frac{R_i}{R}$
áp suất riêng phần $p_1; \sum p_i = p$	$w_i = \frac{p_i M_i}{\sum(p_i M_i)}$	-	$r_i = \frac{p_i}{p}$
Phân số (tỷ lệ) mol (đối với các khí lý tưởng đồng nhất có phân số (tỷ lệ) thể tích) $r_1; \sum r_i = 1$	$w_i = \frac{r_i M_i}{\sum(r_i M_i)} = \frac{r_i R}{R_i}$	$p_i = r_i p$	-

Số mol của các thành phần trên kilogam của hỗn hợp (mol/kg) là

$$m_i = \frac{w_i}{M_i} \tag{E.30}$$

Do đó số mol trên kilogam của hỗn hợp là

$$m_i = \sum m_i \tag{E.31}$$

với M, m và R

$$r_i = \frac{m_i}{m} \tag{E.32}$$

$$m_i = \frac{p_i}{p} \cdot \frac{M_i}{M} = \frac{p_i}{p} \cdot \frac{R}{R_i} \tag{E.33}$$

Nhiệt dung riêng đẳng áp

$$c_p = \frac{\sum(r_i . M_i . c_{p,i})}{\sum(r_i . M_i)} = \sum(w_i . c_{p,i}) \tag{E.34}$$

$$= \frac{\sum\left(\frac{p_i}{p} . M_i . c_{p,i}\right)}{\left(\frac{p_i}{p} . M_i\right)}$$

Chỉ trong các điều kiện tiên quyết là tất cả các khí và hơi riêng tuân theo phương trình trạng thái lý tưởng thì số mũ đẳng entropi bằng tỷ số của các nhiệt dung riêng của hỗn hợp:

a) từ các nhiệt dung riêng, $c_{p,i}$ ở áp suất không đổi của các khí riêng:

$$k = \kappa = \frac{1}{1 - \frac{R_{mol}}{\sum (r_i . M_i . c_{p,i})}} \quad \text{(E.35)}$$

b) từ các tỷ số, κ_i của các nhiệt dung riêng của các khí riêng:

$$k = \kappa = \frac{1}{1 - \frac{1}{\sum \left(r_i . \frac{\kappa_i}{\kappa_i - 1} \right)}} \quad \text{(E.36)}$$

Thông thường, không thể tính toán hệ số nén của một hỗn hợp khí khi sử dụng các quy tắc hỗn hợp đơn giản từ các phần của các khí riêng và các hệ số nén của chúng. Để thay thế, phải sử dụng các hệ số ảnh hưởng thu được bằng thực nghiệm được kết hợp trong các phương trình dữ liệu của khí. Khi không sẵn có các chương trình dữ liệu của khí thích hợp, có thể thực hiện tính toán bằng sử dụng "quy tắc hỗn hợp" như là một điểm định hướng đối với sai lệch so với định luật về khí:

$$Z = \frac{\sum (\mathrm{w}_i . R_i . Z_i)}{\sum (\mathrm{w}_i . R_i)} = \sum (r_i . Z_i) = \frac{\sum (m_i . Z_i)}{m} \quad \text{(E.37)}$$

ở đây w_i và r_i biểu thị các phân số khối lượng và phân số mol, m_i là số lượng các mol (phân tử gam) của khí lý tưởng riêng trong hỗn hợp và R_i là hằng số khí, Z_i biểu thị các hệ số nén của các khí riêng ở nhiệt độ của hỗn hợp T và áp suất của hỗn hợp p.

E.2.2 Hỗn hợp gồm khí và hơi

E.2.2.1 Mối quan hệ chung

Phân số hơi nên được xem là đủ nhỏ với kết quả là chỉ riêng thành phần của hơi tuân theo đúng định luật về khí lý tưởng và do đó hệ số nén của hơi có thể được lấy bằng 1. Tuy nhiên, Z được đưa vào đối với khí khô. Trong tính toán bằng số nên sử dụng Z tương ứng với nhiệt độ của hỗn hợp và áp suất riêng phần của khí khô.

Có thể hoà trộn khí với hơi mà không tạo thành chất ngưng tụ chỉ với điều kiện là áp suất riêng phần của hơi p_{vap} ở dưới áp suất bão hoà $p_{vap,sat}$ có liên quan đến nhiệt của hỗn hợp. Độ ẩm tương đối của hỗn hợp được mô tả là

$$\varphi = \frac{p_{vap}}{p_{vap,sat}} \quad \text{(E.38)}$$

Giá trị $\varphi = 1$ xác định áp suất hơi lớn nhất có thể đạt được và đồng thời xác định phân số hơi lớn nhất trong một thể tích của hỗn hợp.

Ngay khi giá trị $p_{vap} / p_{vap,sat}$ lớn hơn 1- bất kể là điều này xảy ra do làm mát tại cùng một áp suất hoặc do giảm thể tích hoặc tăng áp suất tại cùng một nhiệt độ - một phần của hơi sẽ ngưng tụ (đường sương). "Điểm sương" này là nhiệt độ tại đó đạt được đường sương do làm mát trong khi phân số áp suất và phân số hơi là như nhau.

Theo cách tương tự trong trường hợp các hỗn hợp khí có thể thu được các phương trình sau khi p_{gas} là áp suất riêng phần của khí và p_{vap} là áp suất sương phần của hơi.

Đối với áp suất của hỗn hợp.

$$p = p_{vap} + p_{gas} = \varphi . p_{vap,sat} + p_{gas} \quad \text{(E.39)}$$

Đối với phân số thể tích mol của hơi trong hỗn hợp:

$$r_{vap} = \frac{p_{vap}}{p} = \frac{\varphi . p_{vap,sat}}{p} \quad \text{(E.40)}$$

Đối với phân số khối lượng của hơi trong hỗn hợp:

$$w_{vap} = \frac{p_{vap}}{p} . \frac{R}{R_{vap}} = \varphi . \frac{p_{vap,sat}}{p} . \frac{R}{R_{vap}} \quad \text{(E.41)}$$

Khi trạng thái của khí (không có hơi) và/hoặc của hơi sai lệch đáng kể so với trạng thái của một hỗn hợp hai khí lý tưởng có các hằng số khí R_{gas} và R_{vap} trong một trường hợp thực tế thì không thể tính toán sơ bộ một cách chính xác khi không biết hệ số nén, Z áp dụng cho hỗn hợp (chẳng hạn, từ các chương trình về dữ liệu của khí hoặc các phép đo riêng). Mỗi khí riêng có thể được xr lý khi sử dụng hệ số nén có liên quan Z_{gas} trong mỗi trường hợp đối với áp suất riêng phần p_{gas} và Z_{vap} đối với các áp suất riêng phần p_{vap} ở nhiệt độ của mỗi hỗn hợp T chỉ với điều kiện các phân tử của các khí riêng trong hỗn hợp không được sử dụng quá mức tương tác lẫn nhau đã công bố (đủ nhỏ so với khả năng hóa lỏng).

Áp dụng phương trình sau khi khối lượng của hơi có liên quan đến không chỉ khối lượng của hỗn hợp mà còn liên quan đến khối lượng của khí khô và là phân số hơi được xác định, x:

$$x = \frac{w_{vap}}{1 - w_{vap}} = \frac{\varphi . p_{vap,sat}}{p - \varphi . p_{vap,sat}} . \frac{R_{gas}}{R_{vap}} = \frac{r_{vap}}{1 - r_{vap}} . \frac{R_{gas}}{R_{vap}} \quad \text{(E.42)}$$

Với

$$w_{vap} = \frac{x}{x+1} \tag{E.43}$$

$$r_{vap} = \frac{\varphi . p_{vap,sat}}{p} = \frac{x}{x + \frac{R_{gas}}{R_{vap}}} \tag{E.44}$$

Hằng số khí của hỗn hợp, được biểu thị bằng độ bão hòa tương đối của hơi φ là

$$R = R_{gas} = \frac{1}{1 - \frac{\varphi . p_{vap,sat}}{p} . \left(1 - \frac{R_{gas}}{R_{vap}}\right)} \tag{E.45}$$

Hoặc được biểu thị bằng phân số mol hoặc phên sô thể tích, r_v của hơi

$$R = R_{gas} = \left| \frac{1}{1 - r_{vap} . \left(1 - \frac{R_{gas}}{R_{vap}}\right)} \right| \tag{E.46}$$

Hoặc được biểu thị bằng phân số x của thành phần của hơi

$$R = R_{gas} = \left| 1 + \frac{x}{x+1} \left(\frac{R_{vap}}{R_{gas}} - 1 \right) \right| \tag{E.47}$$

Đối với các giá trị đồng nhất của x, hằng số khí của hỗn hợp

Đối với các giá trị đồng nhất của x, hằng số khí của hỗn hợp, R, theo phương trình (E.47), không bị ảnh hưởng bởi áp suất và nhiệt độ với điều kiện là chưa đạt tới điểm sương.

E.2.2.2 Hỗn hợp của không khí và hơi nước (không khí ẩm)

Các phương trình (E.42) đến (E.47) tiếp tục cho quan hệ bằng số sau tại

R_{vap} = 461,52J/(kg.K) đối với hơi nước;

R_{air} = 287,1J/(kg.K) đối với không khí khô.

Hàm lượng hơi nước (độ ẩm tuyệt đối) có liên quan đến khối lượng không khí khô

$$x_{air} = 0,622.\frac{\varphi.p_{vap,sat}}{p - \varphi.p_{vap,sat}} \quad \text{(E48)}$$

Hằng số khí của không khí ẩm là

$$R_{wet} = R_{air}.\frac{1}{1 - \frac{\varphi.p_{vap,sat}}{p}.0,378} \quad \text{(E49)}$$

Hoặc

$$R_{wet} = R_{air}.\left(1 + \frac{x_{air}}{x_{air} + 1}.0,608\right) \quad \text{(E50)}$$

Độ ẩm tương đối của không khí là

$$\varphi = \frac{p}{p_{vap,sat}}.\frac{x_{air}}{x_{air} + 0,622} \quad \text{(E51)}$$

Đường sương đạt được tại $\varphi = 1$

Số mũ đẳng entropi (xem E.1.3) đối với không khí ẩm là

$$k_{wet} \approx k_{dry}(1 - 0,11x_{ari}) \quad \text{(E52)}$$

Ảnh hưởng của x_{air} đến k_{wet} thường có thể được bỏ qua. Tuy nhiên, đôi khi ảnh hưởng này đáng kể hơn đối với số mũ có liên quan đến sự chuyển đổi của tỷ số đo được giữa nhiệt độ tuyệt đối và tỷ số nén có liên quan.

$$\frac{k_{wet}}{k_{wet} - 1} \approx \frac{k_{dry}}{k_{dry} - (1 + 0,11.x_{air})} \quad \text{(E53)}$$

E.3 Ranh giới chuẩn của máy nén

E.3.1 Định nghĩa

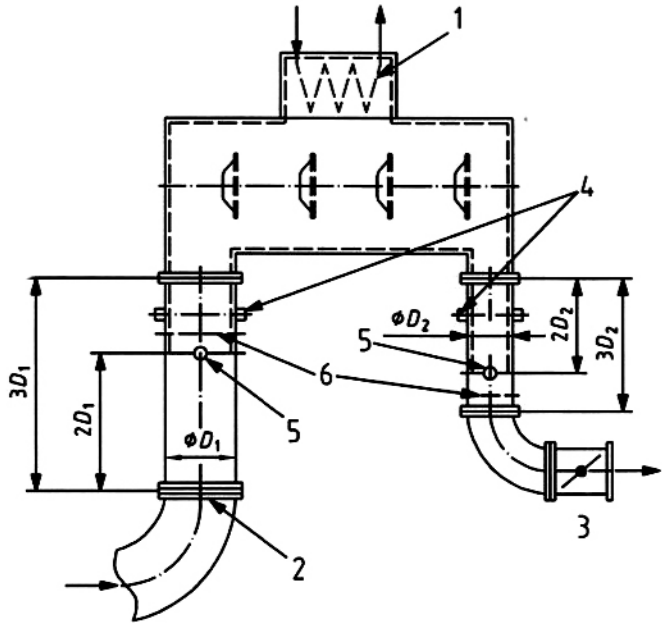
Ranh giới chuyển nhiệt động lực của máy nén được tạo thành bởi diện tích bề mặt beeb trong của máy nén tiếp xúc với lưu chất được nén, và nếu thích hợp, được tạo thành bởi diện tích bề mặt của bộ phận làm mát trung gian được nhưng vào lưu chất được nén và bởi các mặt phẳng của các vùng đầu vào và đầu ra của ống hút và ống xả. Diện tích bề mặt bên trong của thân (vó) máy của các ranh giới này thường có thể được xem là không thẩm nhiệt trên các bề mặt bên ngoài của thân máy như đã nêu chi tiết trong 5.9.

Diện tích bề mặt của bộ phận làm mát tiếp xúc với lưu chất được nén phải được xem là thấm nhiệt (không đoạn nhiệt).

Ngoài các diện tích bề mặt kể trên, cũng phải định nghĩa các mặt phẳng đo đối với trạng thái ở đầu vào và đầu ra, các mặt phẳng này có thể trùng với các diện tíchbề mặt ở đầu vào và đầu ra, các Hình E.3 và E.4 giới thiệu các ranh giới chuẩn nhiệt động lực cho các kiểu máy nén khác nhau và sự bố trí thích hợp của các điểm đo. Các giá trị bằng số được công bố cho vị trí của các mặt phẳng đo và chiều dài của các ống nối để đo nên được xem là các trị số có tính hướng dẫn.

Các bộ phậm làm mát trung gian được nhận biết bởi số của cấp đứng trước và của cấp đứng sau (chữ số la mã)

Cũng có thể đo nhiệt độ trong khoảng thông gió phía hút và phía xả. Áp suất được đo qua các lỗ trên thành (vách), đây là áp suất tĩnh được đo. Số trạm đo trên mặt phẳng đo được phụ thuộc vào đường kính D của đường ống hút và đường ống có áp . Khi $D \leq 150$ mm cần có một trạm đo áp suất và một trạm đo nhiệt độ; Khi $D > 150$ mm cần có hai trạm đo áp suất và hai trạm đo nhiệt độ. Khi $D > 150$ mm các trạm đo áp suất phải được lắp ở các khoảng cách 90 ^{o}, và các trạm đo nhiệt độ phải được lắp đặt ở các khoảng cách 180 ^{o}.



CHÚ DẪN:

1 Bộ phận làm mát trung gian được tích hợp trong thân máy

2 Tấm đục lỗ, nếu cần

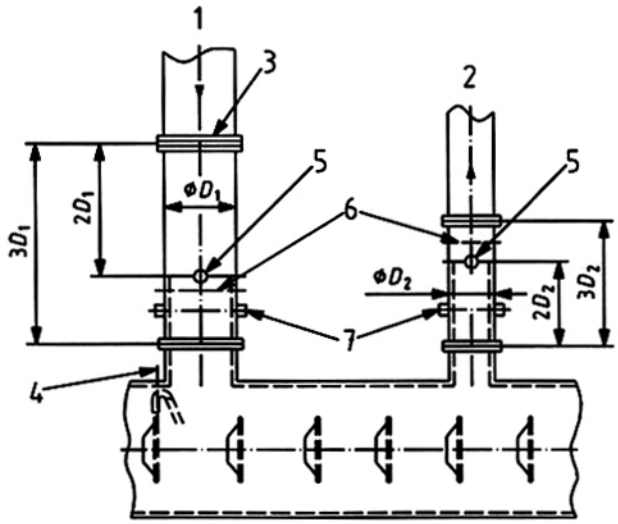
3 Điều chỉnh lưu lượng bằng tiết lưu

4 Các trạm đo nhiệt độ, ít nhất là hai trạm cách nhau một góc 180^0

5 Các trạm đo áp suất tĩnh, ít nhất là hai trạm cách nhau một góc 180^0

6 Các trạm đo áp suất động lực hoặc áp suất tổng, ít nhất là hai trạm cách nhau một góc 90^0, nếu có liên quan.

Hình E.3 – Các ranh giới chuẩn nhiệt động lực cho một máy nén, với sự bố trí thích hợp của các trạm đo trong các ống phun ở đầu vào và đầu ra – Ranh giới chuẩn nhiệt động lực



CHÚ DẪN:

1 Cấp vào

2 Tách ra

3 Tấm đục lỗ, nếu cần

4 Các trạm đo nhiệt độ, ít nhất là hai trạm trên chu vi của vật đúc

5 Các trạm đo áp suất tĩnh, ít nhất là hai trạm cách nhau một góc 180^0

6 Các trạm đo áp suất động lực hoặc áp suất tổng, ít nhất là hai trạm cách nhau một góc 90^0, nếu có liên quan.

7 Các trạm đo nhiệt độ, ít nhất là hai trạm cách nhau một góc 180^0

Hình E.4 – Các trạm đo bổ sung cho các dòng chảy bên (ví dụ, dẫn vào, tách ra) - Ranh giới chuẩn nhiệt động lực

E.3.2 Cửa vào

Mặt cắt ngang không bị cản trở trong mặt phẳng của mặt bích hút được xem là cửa vào của máy nén.

Khi lắp đặt trực tiếp một bộ phận điều chỉnh tiết lưu đường hút như một phần của máy nén ở phía đầu dòng của mặt bích hút, mặt cắt ngang không bị cản trở ở phía đầu dòng của bộ phận tiết lưu này áp dụng như mặt phẳng cửa vào.

Tất cả các biến đổi liên quan đến mặt phẳng cửa vào này được nhận biết bằng chỉ số dưới dòng 1.

Khi máy nén được chia nhỏ cho mục đích chuyển đổi thành nhiều đoạn (công đoạn) hoặc các cấp riêng thì diện tích cửa vào cho mỗi một trong các đoạn này phải được quy định như nhau theo các lựa chọn về đo.

Cửa vào có liên quan phải được nhận biết bằng chỉ số dưới dòng 1, và thêm vào đó là các số La mã tiếp sau áp dụng cho đoạn có liên quan.

E.3.3 Cửa ra

Tương tự như trường hợp cửa vào, mặt cắt ngang không bị cản trở trong mặt phẳng của mặt bích xả của ống phun đầu ra áp dụng như cửa ra.

Tất cả các biến đổi liên quan đến mặt phẳng cửa ra này được nhận biết bằng chỉ số dưới dòng 2. Khi máy nén được chia nhỏ thành nhiều đoạn hoặc nhiều cấp cho mục đích chuyển đổi thì diện tích cửa ra cho mỗi một trong các đoạn này phải được quy định như nhau theo các lựa chọn về đo.

Trong trường hợp này cửa ra có liên quan được nhận biết bằng chỉ số dưới dòng 2, và thêm vào đó là các số La mã tiếp sau áp dụng cho đoạn có liên quan.

E.4 Lưu lượng của lưu chất

Lưu lượng của lưu chất có thể được biểu thị dưới dạng lưu lượng khối lượng hoặc lưu lượng thể tích.

E.4.1 Lưu lượng khối lượng

Lưu lượng khối lượng tại cửa ra khỏi máy nén là

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_1 + \sum \dot{m}_{L,in} - \sum \dot{m}_{L,out} + \sum \dot{m}_{cond,in} - \sum \dot{m}_{cond,out} + \sum \dot{m}_{side,in} - \sum \dot{m}_{side,out} \qquad \text{(E54)}$$

Trong đó

$\dot{m}_1$ là lưu lượng khối lượng tại cửa vào (ống hút) máy nén;

$\dot{m}_2$ là lưu lượng khối lượng tại cửa ra (ống xả) máy nén;

$\sum \dot{m}_L$ là lưu lượng khối lượng rò rỉ;

$\sum \dot{m}_{cond}$ là lưu lượng khối lượng của chất ngưng tụ được kết tủa hoặc của chất lỏng được phun;

$\sum \dot{m}_{side}$ là lưu lượng khối lượng phụ (dòng bên cạnh và dòng tách ra).

Phải sử dụng lưu lượng khối lượng của quá trình để đánh giá máy nén. Phía xác định sẽ là cửa vào (chẳng hạn trong trường hợp máy nén hút) hoặc cửa ra, tuỳ thuộc vào chức năng của máy nén. Trong trường hợp có nghi ngờ thì phía xác định nên được quy định trong hợp đồng.

Lưu lượng khối lượng do máy nén vận hành phải được đo trên phía gia công mỗi khi có thể thực hiện được. Để xác định lưu lượng khối lượng của quá trình $\dot{m}_{us}$ phải tính toán theo lý thuyết các rò rỉ bên ngoài $\sum \dot{m}_L$ qua các vòng bít kín của trục hoặc tiến hành phép đo riêng biệt. Việc xác định tương tự áp dụng cho chất lỏng đi vào hoặc đi ra (ví dụ, chất ngưng tụ được kết tủa trong các bộ phận làm mát trung gian)

E.4.2 Lưu lượng thể tích

Lưu lượng thể tích có liên quan đến lưu lượng khối lượng thông qua phương trình trạng thái của nhiệt:

$$\dot{V} = \dot{m}\frac{R.Z.T}{p} \quad \text{(E.55)}$$

Lưu lượng thể tích vào $\dot{V}_1$ là lưu lượng thể tích của khí ở trạng thái vào. Lưu lượng thể tích vào gia công $\dot{V}_{1,us}$ là lưu lượng vào được hiệu chỉnh bởi các tổn thất do rò rỉ bên ngoài và lượng chất ngưng tụ. Khi không có rò rỉ bên ngoài và không có chất ngưng tụ kết tủa thì $\dot{V}_{1,us} = \dot{V}_1$.

Hàm lượng hơi, x được đưa vào tính toán đối với lưu lượng thể tích của các hỗn hợp khí/ hơi nước.

Lưu lượng thể tích vào gia công và lưu lượng khối lượng vào được đo $\dot{m}_1$.

$$\dot{V}_{1,us,wet} = \frac{(R.Z)_{wet,1}.T_1}{p_1}.\left(\dot{m}_1 - \sum \dot{m}_{L,out} + \sum \dot{m}_{L,in} - \sum \dot{m}_{side,out} + \sum \dot{m}_{side,in}\right) \quad \text{(E.56)}$$

Mặt khác, nếu lưu lượng khối lượng $\dot{m}_2$ được đo trên phía cửa ra

$$\dot{V}_{1,us,wet} = \frac{(1+x_1)(R.Z)_{wet,1}.T_1}{(1+x_2).p_1}.\dot{m}_2 \quad \text{(E.57)}$$

Khi phía hút là phía gia công và $\dot{m}_1$ được đo

$$\dot{V}_{1,us,wet} = \frac{(R.Z)_{wet,1}.T_1}{p_1}.\dot{m}_1 \quad \text{(E.58)}$$

Mặt khác, nếu $\dot{m}_2$ được đo

$$\dot{V}_{1,us,wet} = \frac{(R.Z)_{wet,1}.T_1}{p_1}.(\dot{m}_2 + \sum \dot{m}_{L,out} - \sum \dot{m}_{L,in} - \sum \dot{m}_{cond,in} + \sum \dot{m}_{cond,out} + \sum \dot{m}_{side,out} - \sum \dot{m}_{side,in}) \quad \text{(E.59)}$$

Lưu lượng thể tích tiêu chuẩn

Mối quan hệ sau tồn tại giữa lưu lượng khối lượng và lưu lượng thể tích tiêu chuẩn, $\dot{V}_n$ với điều kiện là không có sự kết tủa.

$$\dot{m} = \frac{p_n}{R.Z_n.T_n}.\dot{V}_n \quad \text{(E.60)}$$

Trạng thái tiêu chuẩn (chỉ số dưới dòng n) được cấu thành bởi áp suất $p_n = 0,101325\text{MPa}\,(1,01325\text{bar})$ và nhiệt độ $T_n = 273,15K(t = 0^0C)$.

Nên ưu tiên công bố dưới dạng lưu lượng khối lượng.

Việc công bố lưu lượng thể tích khô tiêu chuẩn trong đó thành phần ngưng tụ được không chứa trong Z_n và R trong phương trình (60) cũng là theo thường lệ khi có sự hiện diện của các thành phần có thể ngưng tụ được (ví dụ, nước trong không khí). Các thành phần có thể ngưng tụ được

ở các ranh giới chuẩn (xem E.2.2) phải được cộng vào lưu lượng khối lượng khô tính toán theo phương pháp này.

E.5 Sự thay đổi trạng thái nhiệt động lực và công nén riêng

E.5.1 Quy định chung

Công nén riêng và hiệu suất thường được tính toán bằng các chương trình máy tính. Các chương trình này dựa trên các phương trình trạng thái đã được thừa nhận, bao hàm trạng thái của khí dọc theo đường nén thích hợp từ trạng thái khí lý tưởng đến trạng thái khí thực.

Trong phạm vi của bảng E.1, có thể sử dụng trạng thái gần đúng với trạng thái khí lý tưởng (xem E.1.3.1).

có thể sử dụng các phương trình được cải tiến này (bởi Schultz[12]) cho một phạm vi nhất định ngoài các giới hạn của Bảng E.1.

E.5.2 Lựa chọn quá trình chuẩn

Trong quá trình di qua máy nén, lưu chất thay đổi trạng thái của nó phù hợp với năng lượng được bổ sung, các tổn thất về lưu lượng, quá trình chuyển đổi giữa năng lượng tĩnh và động năng và sự trao đổi nhiệt cới môi trường. Vì gặp phải khó khăn rất lớn trong việc xác định sự thay đổi thực của trạng thái cho nên cần lấy quá trình nhiệt động lực chuẩn làm cơ sở. Quá trình chuẩn (thường có chỉ số dưới dòng "Pr") cho nén được lựa chọn sao cho càng gần đúng với sự thay đổi thực của trạng thái càng tốt hoặc tạo ra được một quá trình nén lý tưởng dùng làm chuẩn (đẳng nhiệt, đẳng entropi).

Ở đây, với cùng một trạng thái ở đầu vào p_1, T_1 như đối với máy nén thực avf cùng một áp suất xả p_2 và trong trường hợp của một quá trình chuẩn đa hướng cũng phải sử dụng cùng một nhiệt độ xả T_2. Vì các tốc độ ở đầu vào và đầu ra của máy nén thường thấp và gần như có cùng một độ lớn cho nên có thể thực hiện việc tính toán thay đổi trạng thái để đạt được tính đơn giản khi sử dụng toàn bộ các biến đổi trạng thái.

Để so sánh một cách hợp lý các kết quả thử nghiệm thu với các dữ liệu bảo hành, phải liên kết các biến đổi được xác định bằng thử nghiệm với các biến đổi của quá trình chuẩn tương ứng. Quá trình chuẩn cũng được sử dụng làm cơ sở cho so sánh các máy nén có kiểu và cỡ kích thước chế tạo khác nhau làm việc trong các điều kiện vận hành tương tự.

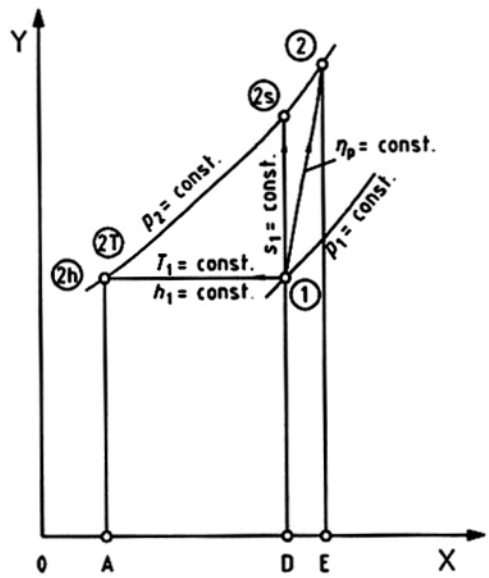
Không thể quy định các quy tắc cứng nhắc cho việc lựa chọn quá trình chuẩn, Tuy nhiên các quá trình chuẩn sau thường được áp dụng cho các máy nén khí và các hỗn hợp khí/ hơi.

a) Đẳng nhiệt (T = constant, chỉ số dưới dòng T) cho các máy nén một cấp, được làm mát và các máy nén nhiều cấp được làm mát;

b) Đẳng entropi (s = constant, chỉ số dưới dòng s) cho các máy nén một cấp, và nhiều cấp, không được làm mát, đặc biệt là có tỷ số nén vừa phải;

c) Đa hướng (tỷ số đa hướng $v = 1/\eta_p$ = constant chỉ số dưới dòng p) cho các máy nén không được làm mát, đặc biệt là có tỷ số nén cao và trong trường hợp trạng thái khí thực.

Các thay đổi trạng thái được chỉ thị trong đồ thị T, s trong đó có một khí có trạng thái hoàn hảo (Hình E.5) và thực (Hình E.6) khi được nén với các quá trình chuẩn. Trạng thái 1 tại lối vào máy nén được ấn định bởi hai biến số trạng thái p_1, T_1.



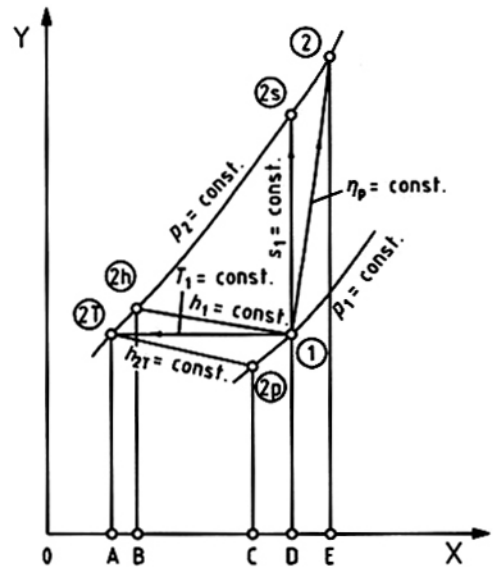
CHÚ DẪN :

X Entropi, s

Y Nhiệt độ, t

Hình E.5 – Các quá trình chuẩn trong đồ thị T, s đối với trạng thái khí lý tưởng các đường có nhiệt đô không đổi trùng với các đường có entenpi không đổi, vì $c_p = f(T)$

Quá trình nén	Mô tả quá trình	Thay đổi trạng thái	Công nén riêng bằng diện tích trong đồ thị T,s
Đẳng entropi	Đoạn nhiệt thuận nghịch	$1 \rightarrow 2s$	$y_s = A-D-2s-2T-A$
Quá trình chuẩn đa hướng	Đoạn nhiệt thuận nghịch	$1 \rightarrow 2$	$y_p = A-D-1-2-2T-A$
Đẳng nhiệt	Đoạn nhiệt thuận nghịch	$1 \rightarrow 2T = 2h$	$y_T = A-D-1-2T-A$
Thực	Không thuận nghịch	$1 \rightarrow 2$	$\Delta h = A-E-2-2T-A$



CHÚ DẪN :

X Entropi, s

Y Nhiệt độ, t

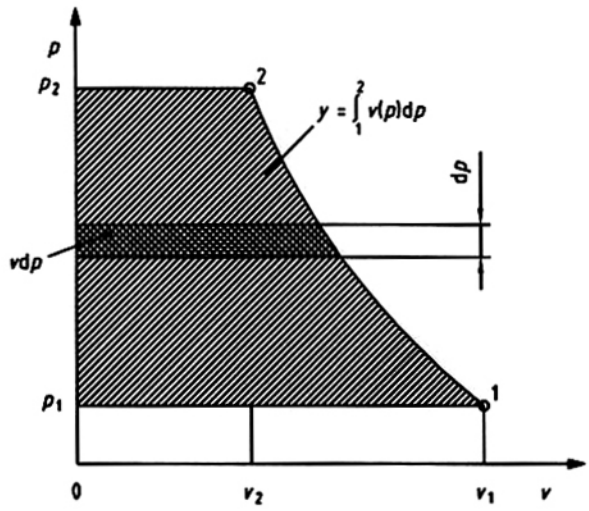
Hình E.6 – Các quá trình chuẩn trong đồ thị T, s đối với trạng thái khí thực các đường có entropi không đổi được nghiêng đi so với các đường có nhiệt độ không đổi, vì $c_p = f(T, p)$

Quá trình nén	Mô tả quá trình	Thay đổi trạng thái	Công nén riêng bằng diện tích trong đồ thị T,s
Đẳng entropi	Đoạn nhiệt thuận nghịch	$1 \to 2s$	$y_s = B-D-2s-2h-B$
Quá trình chuẩn đa hướng	Đoạn nhiệt không thuận nghịch	$1 \to 2$	$y_p = B-D-1-2-2h-B$
Đẳng nhiệt	Không đoạn nhiệt thuận nghịch	$1 \to 2T$	$y_T = A-C-2p-1-2T-A$
Thực	Không thuận nghịch	$1 \to 2$	$\Delta h = B-E-2-2h-B$

Đường cong đẳng áp đạt được theo các quá trình chuẩn đã lựa chọn (tại điểm 2 trong trường hợp nén đa hướng, tại điểm 2s trong trường hợp nén đẳng entropi, và tại điểm 2T trong trường hợp nén đẳng nhiệt). Các cong nén riêng có liên quan có thể được vẽ đồ thị như các diện tích trong đồ thị T,s

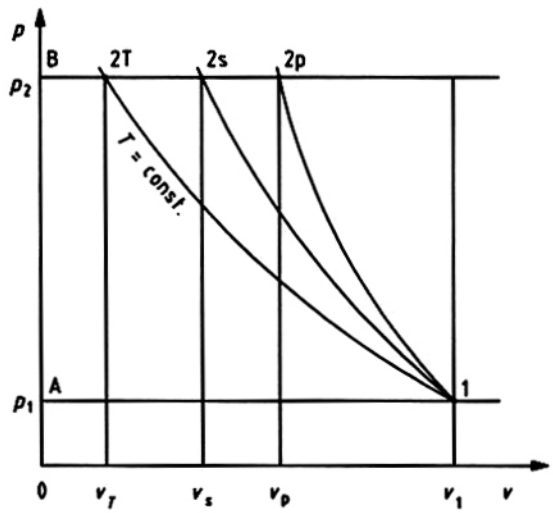
Thông thường, trong mỗi quá trình chuẩn công nén riêng thuận nghịch là:

$$y_{\mathrm{Pr}} = \int_{p_1}^{p_2} v_{\mathrm{Pr}} dp \qquad \text{(E.61)}$$



Hình E.7 – Công nén riêng, diện tích trong đồ thị p,v

y_{Pr} phụ thuộc vào đường nén $v_{Pr} = f(p)$ nghĩa là phụ thuộc vào đường và do đó phụ thuộc quá trình chuẩn được lựa chọn. Công nén riêng y_T, y_s và y_p được mô tả trong các đoạn sau:



Hình E.8 – Các quá trình chuẩn trong đồ thị p,v có hiệu lực đối với trạng thái khí lý tưởng và khí thực

Quá trình nén	Mô tả quá trình	Thay đổi trạng thái	Công nén riêng bằng diện tích trong đồ thị p,v, Hình E.7	Đường thể tích riêng
Quá trình chuẩn:				
Đẳng entropi	Đoạn nhiệt thuận nghịch	$1 \rightarrow 2s$	$y_s = A-1-2s-B-A$	$v(p)_s = v_1\left[\frac{p_1}{p}\right]^{\left[\frac{1}{k_a}\right]}$
Đa hướng	Đoạn nhiệt không thuận nghịch	$1 \rightarrow 2p$	$y_p = A-1-2p-B-A$	$v(p)_p = v_1\left[\frac{p_1}{p}\right]^{\left[\frac{1}{n}\right]}$
Đẳng nhiệt	Không đoạn nhiệt không thuận nghịch	$1 \rightarrow 2T$	$y_T = A-1-2T-B-A$	$v(p)_T = \frac{Z(p)}{Z_1}\frac{p_1}{p}$

E.5.3 Nén đẳng nhiệt

Nén đẳng nhiệt đối với trạng thái khí lý tưởng tuân theo định luật:

$$p.v = p_1.v_1 = R.T_1 = \text{constant} \qquad \text{(E.62)}$$

Trong trạng thái khí thực, công nén riêng đẳng nhiệt là

$$y_T = R..Z.T_1.\ln\frac{p_2}{p_1} \qquad \text{(E.63)}$$

Nên sử dụng các giá trị trung bình thích hợp trong suốt quá trình chuẩn đối với hệ số nén Z và hằng số khí R, ví dụ

$$Z = \frac{Z_1 + Z_2}{2} \qquad \text{(E.64)}$$

Nén đẳng nhiệt thích hợp cho so sánh các máy nén được làm mát với bất cứ kiểu làm mát trung gian gắn liền nào hoặc kiểu làm mát bằng áo nước nào.

Để hợp nhất gần đúng ảnh hưởng của các nhiệt độ làm mát lại đến hàm số kết quả (xem 6.4.4.3), có thể định nghĩa công nén đẳng nhiệt của cấp (máy nén) có tính đến số cấp được làm mát vf không được làm mát:

$$y_{T,z} = \left(\frac{1}{z} + \frac{z-1}{z}.\frac{T_{1,j,av}}{T_{1,l}}\right).R.Z.T_{1,l}.\ln\frac{p_{2,z}}{p_{2,l}} \qquad \text{(E.65)}$$

E.5.4 Nén đẳng entrropi

Nén đẳng entropi đối với trạng thái khí lý tưởng tuân theo định luật:

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_{2s}}\right)^k = \left(\frac{T_{2,s}}{T_1}\right)^{\frac{k}{k-1}} \qquad \text{(E.66)}$$

Trong đó k là số mũ đẳng entropi

Nên sử dụng giá trị trung bình thích hợp trong phạm vi thay đổi trạng thái, ví dụ.

$$k = \frac{k_1 + k_2}{2} \quad \text{(E.67)}$$

Đối với trạng thái khí trong phạm vi các giới hạn của Bảng E.1, công nén riêng đẳng entropi là

$$y_s = \frac{k}{k-1}.p_1.v_1.\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1\right] \quad \text{(E.68)}$$

Hoặc

$$y_s = \frac{k}{k-1}.R_1.Z_1.T_1.\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} - 1\right] \quad \text{(E.69)}$$

Công nén riêng đẳng entropi, y_s tương đương với độ chênh lệch đẳng entropi của entanpi:

$$y_s \equiv \Delta h_s = h_{2s} - h_1 \quad \text{(E.70)}$$

Công nén riêng đẳng entropi này có hiệu lực đối với trạng thái khí lý tưởng và trạng thái khí thực.

Độ chênh lệch (hiệu) entanpi ở entropi không đổi (Hình E.9) phải được xác định từ các nguồn dưc liệu đã biết của khí.

Sự thay đổi của entanpi đẳng entropi xảy ra trên đường entropi không đổi, s_1, từ điểm 1 của trạng thái đầu vào máy nén $h_1, s_1(p_1, T_1)$ đến điểm 2s của trạng thái xả của máy nén $h_{2s}, s_1(p_2, T_{2s})$.

T_{2s} được xác định ở điểm giao nhau của đường entropi không đổi s_1 và đường cong đẳng áp p_2

Quá trình thực không thuận nghịch vận hành từ điểm 1 đến điểm 2 của trạng thái xả thực của máy nén $h_2, s_2(p_2, T_2)$. Các dự liệu này luôn hoàn toàn biết được bằng qui trình đo.

Sự thay đổi entropi Δh của quá trình thực không thuận nghịch thu được từ:

$$y_s = h_{2,s} - h_1 \quad \text{(E.71)}$$

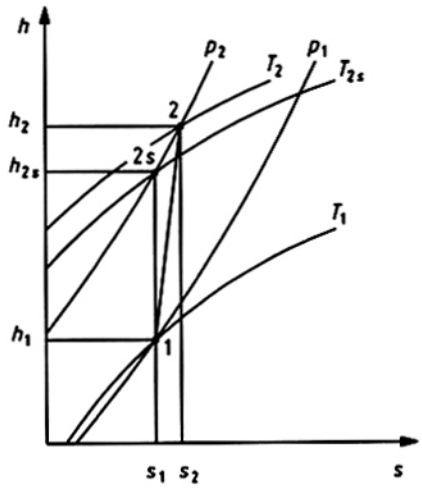
$$\Delta h = h_2 - h_1 \quad \text{(E.72)}$$

Mỗi cấp không được làm mát trung gian ở cuối dòng kéo theo một lưu lượng thể tích lớn hơn ở nhiệt độ cao hơn so với trường hợp nén đẳng entropi ở các cấp phía đầu dòng và có công suất

lớn hơn. Các sự khác biệt này trong các nhiệt độ xả sẽ lớn hơn, tỷ số nén p_2/p_1 càng cao thì hiệu suất của cấp phía trước càng thấp.

Khi giả thiết hiệu suất đẳng entropi của cấp là không đổi thì hiệu suất đẳng entropi của máy nén sẽ càng kém đi khi p_2/p_1 càng cao.

Trong các máy nén tuabin, tiêu thụ năng lượng cực hạn do các tổn thất lưu lượng gây ra được chuyển đổi trực tiếp thành nhiệt. Vì vậy, đối với các cấp không có sự truyền nhiệt bên ngoài thì nhiệt độ xả vượt quá nhiệt độ đẳng entropi, $T_{2,s}$ở cùng một áp suất.



Hình E.9 – Quá trình chuẩn đẳng entropi và quá trình thực trong đồ thị h_s

E.5.5 Nén đa hướng

Nén đa hướng là một quá trình chuẩn thích hợp so với chuyển đổi các kết quả thử theo các điều kiện bảo hành đối với các đoạn trong máy nén không được làm mát có tỷ số nén cao và đặc biệt là trong trường hợp trạng thái khí thực. Đối với các đoạn này, tỷ số giữa entanpi vi phân (thường bắt nguồn từ ma sát bên trong) và công nén vi phân trong toàn bộ quá trình nén là koong đổi. vì vậy, tỷ số đa hướng

$$v = \frac{\mathrm{d}h}{v\mathrm{d}p} \qquad \text{(E.73)}$$

là như nhau đối với tất cả các phần nhỏ (phân số) của tỷ số nén. Vì lẽ đó, toàn bộ thay đổi của entanpi và toàn bộ công nén riêng có cùng một tỷ số với nhau. Các trạng thái ở đầu vào và đầu ra của quá trình chuẩn phù hợp với các trạng thái thự. Trong trường hợp nén đoạn nhiệt (không có sự truyền nhiệt bên ngoài), tỷ số đa hướng là:

$$v = \frac{1}{\eta_p} \qquad \text{(E.74)}$$

Công nén riêng đa hướng

$$y_p = \int_{p_1}^{p_2} v dp \tag{E.75}$$

Với

$$p.v^n = \text{constant} \tag{E.76}$$

đối với trạng thái khí trong phạm vi các giới hạn của Bảng E.1 và ở số mũ đa hướng không đổi, n

$$y_p = p_1 v_1 \frac{n}{n-1} \cdot \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \tag{E.77}$$

$$y_p = R.Z_1.T_1 \frac{n}{n-1} \cdot \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \tag{E.78}$$

$$y_p = R.Z_m.(T_2 - T_1) \frac{ln \frac{p_2}{p_1}}{ln \frac{T_2}{T_1}} = (h_2 - h_1).\eta_p \tag{E.79}$$

Nhiệt độ xả đa hướng, T_{2p} là đồng nhất với nhiệt độ xả T_2 được đo thực tế cho quá trình nén.

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{T_{2p}}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \tag{E.80}$$

Số mũ đa hướng, n thu được phù hợp với định luật về khí lý tưởng từ các áp suất p_1 và p_2 và các nhiệt độ T_1 và T_2:

$$n = \frac{\ln \frac{p_2}{p_1}}{\ln \frac{p_2}{p_1} - \ln \frac{T_2}{T_1}} \tag{E.81}$$

Hoặc thông qua hiệu suất đa hướng η_p

$$\frac{n}{n-1}=\frac{\frac{k-1}{k}}{\eta_p} \tag{E.82}$$

Hoặc

$$n=\frac{1}{1-\frac{k-1}{k.\eta_p}} \tag{E.83}$$

Các phương trình (E.81) và (E.82) đối với các trạng thái khí lý tưởng có thể được áp dụng các máy nén không được làm mát và các máy nén được làm mát ở bất cứ cấp nào để xác định số mũ đa hướng, n.

Quan hệ giữa hiệu suất đa hướng và hiệu suất đẳng entropi là

$$\frac{\eta_p}{\eta_s}=\frac{k-1}{k.\eta_s}.\frac{\ln\frac{p_2}{p_1}}{\ln\left\{\frac{1}{\eta_s}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}-1\right]+1\right\}} \tag{E.84}$$

Xét đến trạng thái khí thực, việc xác định số mũ đa hướng phải tính đến sự thay đổi của hệ số nén trong quá trình nén.

$$n=\frac{\ln\frac{p_2}{p_1}}{\ln\frac{v_1}{v_2}}=\frac{\ln\frac{p_2}{p_1}}{\ln\frac{p_2}{p_1}-\ln\left[\frac{Z_2}{Z_1}.\frac{T_2}{T_1}\right]} \tag{E.85}$$

Tỷ số nhiệt độ thu được từ

$$\frac{T_2}{T_1}=\frac{Z_2}{Z_1}\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} \tag{E.86}$$

Với các hàm số nén phù hợp với tài liệu tham khảo [9]

$$n=\frac{1+X}{\frac{1}{k_V}.\left(\frac{1}{\eta_p}+X\right)-Y.\left(\frac{1}{\eta_p}-1\right)} \tag{E.87}$$

Với

$$\eta_p = \frac{1}{\frac{k_V.(1+X)^2}{k_V.Y-1}.\frac{\ln\frac{T_2}{T_1}}{\ln\frac{p_2}{p_1}} - X} \quad \text{(E.88)}$$

Và

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^m \quad \text{(E.89)}$$

Với

$$m = \frac{\left(\frac{k_V.Y-1}{k_V}\right).\left(\frac{1}{\eta_p}+X\right)}{(1+X)^2} \quad \text{(E.90)}$$

Nên sử dụng các giá trị trung bình thích hợp trong suốt quá trình nén từ p_1 đến p_2 đối với các hàm số nén X và Y trong phương trình (E.87), ví dụ

$$X = (X_1 + X_2)/2 \text{ và } Y = (Y_1 + Y_2)/2$$

Với số mũ đa hướng trung bình, công đa hướng là

$$y_p = f.R.Z_1.T_1\frac{n}{n-1}.\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1\right] \quad \text{(E.91)}$$

Với hệ số hiệu chỉnh Schultz [12]

$$f = \frac{h_{2s} - h_1}{\frac{k_V}{k_V - 1}.(p_2.v_{2s} - p_1.v_1)} \quad \text{(E.92)}$$

Và

$$k_V = \frac{\ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right)}{\ln\left(\frac{v_1}{v_{2s}}\right)} \quad \text{(E.93)}$$

Trong trạng thái khí thực, phải biết công nén riêng $y_s = h_{2s} - h_1$ từ các nguồn dữ liệu như các bảng hoặc các biểu đồ.

Trong trạng thái khí thực được công bố (f khác biệt khá lớn so với 1,0), các sai lệch đáng kể so với nén đa hướng ở $v = \text{constant}$ phải được đáp ứng vì lý do tính tương tự (khi giả định trước các tổn thất lưu lượng là đồng nhất trong mỗi cấp đối với thử nghiệm và sự chuyển đổi), các sai lệch này vẫn còn xảy ra khi sử dụng phương pháp tính toán này.

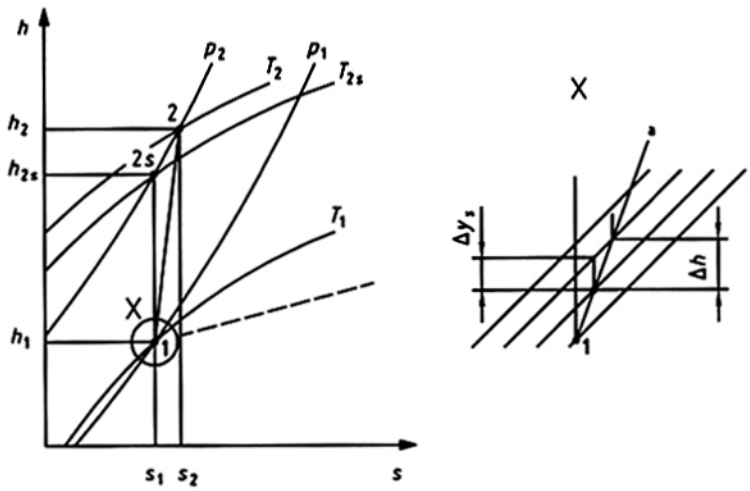
Có thể tính gần đúng quá trình nén đa hướng này bằng cách nén đẳng entropi từng bước một với một số lượng lớn các bước nhỏ sao cho

$$y_p = \sum_1^2 \Delta y_s = \eta_p \sum \Delta h \qquad \text{(E.94)}$$

Với $\Delta y_s \to \mathrm{d}y_s, \Delta h \to \mathrm{d}h$.

Phương pháp gần đúng R.A Huntington's [13] cung cấp phép tính gần đúng đáp ứng yêu cầu của "nén đa hướng chuẩn" này (xem Hình E.10), mặc dù trong trạng thái thực đã được công bố.

Phải sử dụng các phương pháp tính toán đa hướng cung cấp các hiệu suất đa hướng như nhau và công nén riêng đa hướng như nhau đối với cùng một quá trình nén để đánh giá các kết quả thử và chuyển đổi của chúng.



[a] Đường đa hướng

Hình E.10 – Phép tính gần đúng cho nén chuẩn đa hướng

E.6 Công suất và hiệu suất

E.6.1 Các thuật ngữ công suất

Các thuật ngữ công suất sau được định nghĩa

a) Đối với máy nén

1) Công suất nén của quá trình chuẩn, P_{pr}

2) Công suất của khí, P_i

3) Tổn thất công suất cơ học, P_{mech}

4) Công suất tại khớp nối trục, P_{cou}

b) Đối với máy dẫn động

1) Công suất của máy dẫn động tại khớp nối trục, $P_{cou,dr} = P_{cou}$

2) Công suất vào, $P_{in,dr}$

3) Tổn thất công suất, $P_{loss,dr}$

E.6.2 Công suất nén của quá trình chuẩn

Công suất nén

$$P_{Pr} = \dot{m}_{us} \cdot y_{Pr} \qquad \text{(E.95)}$$

Ở đây, sử dụng toàn bộ các điều kiện ở đầu vào và đầu ra (xem E.5.2).

E.6.3 Công suất của khí

Trên cơ sở các định nghĩa trong E.4, công suất của khí trong một đoạn (công đoạn) của máy nén thu được như sau:

$$P_i = \dot{m}_2.(h_2 - h_1) + \sum(\dot{m}_L \Delta h_L) + \sum(\dot{m}_{cond} \Delta h_{cond}) + \dot{Q}_{amb} \qquad \text{(E.96)}$$

Trong đó:

Δh_L và Δh_{cond} là các thay đổi của entanpi đối với các thành phần lưu lượng khối lượng tương ứng

$\dot{Q}_{amb}$ là thành phần công suất do dẫn nhiệt, $\dot{Q}_w$ đối lưu và bức xạ, $\dot{Q}_{rad}$ được truyền qua ranh giới đã định nghĩa trong E.3.1: là dương trong trường hợp công suất ra, âm trong trường hợp công suất vào.

E.6.4 Tổn thất công suất cơ học

Các tổn thất cơ học xảy ra trong các ổ trục, các vòng bít kín trục và trong các hợp số, các bơm bôi trơn v.v... thuộc vào máy nén. Chúng không có ảnh hưởng đến quá trình nén.

E.6.5 Công suất tại khớp nối trục

Công suất tại khớp nối trục, P_{cou} là công suất vào máy nén được đo ở khớp nối trục của máy nén.

Khi có một hộp số giữa máy dẫn động và máy nén, mối nối giữa hộp số và máy nén hoặc mối nối giữa hộp số và máy dẫn động có thể được quy định là khớp nối trục của máy nén theo thoả thuận trong hợp đồng. Công suất tại khớp nối trục là tổng số của công suất khí trong máy nén, P_i và các tổn thất công suất cơ học, P_{mech}.

Công suất này có thể được đo như sau:

a) Trực tiếp, khi sử dụng momen xoắn và tốc độ góc tại khớp nối trục:

$$P_{cou} = M_t \omega \qquad \text{(E.97)}$$

b) khi sử dụng công suất được hấp thụ bởi máy dẫn động, có tính đến các tổn thất của máy dẫn động và bất cứ hộp số trung gian nào:

$$P_{cou} = P_{in,dr} - P_{loss,dr} \qquad \text{(E.98)}$$

c) khi sử dụng cân bằng năng lượng

$$P_{cou} = P_i - P_{mech} \qquad \text{(E.99)}$$

E.7 Hiệu suất của máy nén

Hiệu suất η_{pr} được tính toán cho qui trình chuẩn được lựa chọn và công suất thực. Có thể sử dụng các quá trình được nêu trong E.5.2 là quá trình chuẩn .

Công suất của quá trình chuẩn được lựa chọn ở trỉ số của thương số thường có liên quan đến công suất của khí P_i ,hoặc công suất tại khớp nối trục P_{cou} đã nêu trong E.6.3. Mỗi một trong các công suất này được tính toán trỉ các qui trình chuẩn đã nêu trên có thể liên quan đến công suất của khí hoặc công suất ở khớp nối trục.

Hiệu suất của khí

$$\eta_{Pr,i} = \frac{P_{Pr}}{P_i} \qquad \text{(E.100)}$$

Đối với quá trình đẳng entropi

$$\eta_{s,i} = \frac{P_s}{P_i} = \frac{y_s}{h_2 - h_1} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1} \qquad \text{(E.101)}$$

Đối với quá trình đa hướng

$$\eta_{p,i} = \frac{P_P}{P_i} = \frac{y_p}{h_2 - h_1} \qquad \text{(E.102)}$$

Đối với quá trình đẳng nhiệt

$$\eta_{T,i} = \frac{P_T}{P_i} = \frac{y_T}{h_2 - h_1 + q_{out}} = \frac{\ln \frac{p_{2,z}}{p_{1,l}}}{\sum_{j=1}^{z} \frac{(R.Z_1.T_1)_j}{(R.Z_1.T_1)_l} \cdot \frac{k}{k-1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)_j^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \cdot \frac{1}{\eta_{s,j}}} \quad \text{(E.103)}$$

Hiệu suất tại khớp nối trục

$$\eta_{Pr,cou} = \frac{P_{Pr}}{P_{cou}} = \frac{P_{Pr}}{P_i} \cdot \frac{P_i}{P_{cou}} = \eta_{Pr,i}.\eta_{mech} \quad \text{(E.104)}$$

Tỷ số giữa công suất của khí và công suất tại khớp nối trục được xem là hiệu suất cơ học.

$$\eta_{mech} = \frac{P_i}{P_i + P_{mech}} = \frac{P_i}{P_{cou}} \quad \text{(E.105)}$$

E.8 Số (chỉ số) tính năng

E.8.1 Ý nghĩa của các số (chỉ số) tính năng

Các số tính năng không có thứ nguyên được sử dụng làm các chuẩn (mức chuẩn) cho tính tương tự. Chúng bao gồm các hệ số ảnh hưởng có tính quyết định với các giá trị chuẩn thích hợp không có thứ nguyên. Ở đây hình chiếu chiều trục của bề mặt bộ cánh có đường kính ngoài D được định nghĩa là diện tích mặt cắt ngang của bộ cánh và tốc độc ở đường kính ngoài của bộ cánh D là tốc độ ở đỉnh, u. Các số (chỉ số) tính năng sau có tầm quan trọng đặc biệt trong kỹ thuật máy nén.

E.8.2 Các số (chỉ số) tính năng

E.8.2.1 Hệ số lưu lượng, φ

Hệ số lưu lượng là tốc độ của dòng chảy được hình thành từ lưu lượng thể tích vào và diện tích mặt cắt ngang của bộ cánh và được đưa về dạng không có thử nghiệm bởi tốc độ ở đỉnh của bộ cánh.

$$\varphi = \frac{\dot{V}_1}{\frac{\pi}{4} D^2 u} \quad \text{(E.106)}$$

E.8.2.2 Hệ số cột áp, ψ_{Pr}

Hệ số cột áp là công nén riêng, y_{Pr} của quá trình chuẩn được đưa về dạng không có thứ nguyên bởi động năng của tốc độ ở đỉnh, u. Do đó

$$\psi_{Pr} = \frac{y_{Pr}}{\frac{u^2}{2}} \quad \text{(E.107)}$$

Trong các máy nhiều cấp và trong các đoạn công nén riêng của quá trình chuẩn đối với toàn bộ máy nhiều cấp hoặc đoạn có thể có liên quan tới động năng của tốc độ ở đỉnh của cấp thứ nhất, nghĩa là

$$\psi_{\mathrm{Pr},l-j} = \frac{y_{\mathrm{Pr},l-j}}{\frac{u_l^{\,2}}{2}} \qquad \text{(E.108)}$$

E.8.2.3 Hệ số entanpi, ψ_i

Hệ số entanpi là độ tăng entanpi được đưa về dạng không có thử nguyên bởi động năng của tốc độ ở đỉnh, u

$$\psi_i = \frac{\Delta h}{\frac{u^2}{2}} \qquad \text{(E.109)}$$

E.8.2.4 Chỉ số Mach của tốc độ ở đỉnh, Ma_u

Tương tự như chỉ số Mach là tỷ số giữa tốc độ dòng chảy và tốc độ âm thanh của khí được xem xét có liên quan đến một trạng thái quy định, chỉ số Mach của tốc độ ở đỉnh được hình thành bởi tỷ số giữa tốc độ của chi tiết bằng kim loại, trong trường hợp này là tốc độ ở đỉnh u và tốc độ âm thanh của trạng thái lưu chất vào, nghĩa là

$$Ma_u = \frac{u}{a_1} = \frac{u}{\sqrt{k_1.R.Z_1.T_1}} \qquad \text{(E.110)}$$

Nếu tỷ số giữa các chỉ số Mach của tốc độ ở đỉnh được hình thành đối với thử nghiệm (có chỉ số dưới dòng "te") và đối với bảo hành (có chỉ số dưới dòng "g") thì có thể thay u bằng tốc độ quay N do các thông số hình học không thay đổi của cùng một máy nén.

$$\frac{Ma_{u,te}}{Ma_{u,g}} = \frac{\left(\frac{u}{\sqrt{k_1.R.Z_1.T_1}}\right)_{te}}{\left(\frac{u}{\sqrt{k_1.R.Z_1.T_1}}\right)_{g}} \qquad \text{(E.111)}$$

Đối với trạng thái khí thực, $k_{v,1}$ được thay thế bằng k_1

E.8.2.5 Tỷ số tốc độ giảm, X_N

Định nghĩa của "tỷ số tốc độ giảm" đã được chứng minh là có lợi (xem tài liệu tham khảo [10] cho chuyển đổi các kết quả thử theo các điều kiện bảo hành được biểu thị như sau:

$$X_N = \frac{N_{red,te}}{N_{red,g}} = \frac{\left(\frac{N}{\sqrt{R.Z_1.T_1}}\right)_{te}}{\left(\frac{N}{\sqrt{R.Z_1.T_1}}\right)_g} \quad \text{(E.112)}$$

Khi số mũ đẳng entropi $k_V = k_g$, định nghĩa chính xác của tỷ số tốc độ giãn là

$$X_N = \frac{N_{red,te}}{N_{red,g}} = \frac{Ma_{u,te}}{Ma_{u,g}} \quad \text{(E.113)}$$

E.8.2.6 Số Reynolds ở đỉnh, Re_u

Số Reynolds là tỷ số giữa các lực quán tính và các lực nhớt trong dòng chảy, một tốc độ đặc trưng của dòng chảy và một kích thước hình học đặc trưng của vật thể tiếp xúc với dòng chảy xuất hiện ở tử số. Tương tự như số Reynolds, tốc độ ở đỉnh u được sử dụng thay cho tốc độ dòng chảy trong việc hình thành số Reynolds ở đỉnh và chiều rộng đầu ra của bộ cánh b dùng cho các kích thước hình học trong một máy nén ly tâm. Độ nhớt động ν ở mẫu số được xem là trạng thái đầu vào của cấp, nghĩa là số Reynolds ở đỉnh là:

$$\mathrm{Re}_u = \frac{u.b}{\nu_1} \quad \text{(E.114)}$$

Độ nhớt động ν có thể được tính toán từ độ nhớt động lực η và mật độ ρ.

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad \text{(E.115)}$$

Cần tính đến ảnh hưởng của số Reynolds ở đỉnh đối với thử nghiệm và bảo hành cho một máy nén đã cho để xác định các điều kiện bảo hành (xem 7.2.2.3; 7.2.4.1 và Phụ lục F)

E.9 Đường cong tính năng và bản đồ tính năng

Trạng thái của một máy nén về mặt các điều kiện vận hành không đổi và thông số hình học không đổi của máy nén có thể được biểu thị thuận tiện dưới dạng đường cong tính năng.

Các đồ thị đặc trưng cho các giá trị tuyệt đối thường được ưu tiên sử dụng cho so sánh với bảo hành. Lưu lượng thể tích vào hiệu dụng $\dot{V}_{1,us}$ được sử dụng như hoành độ.

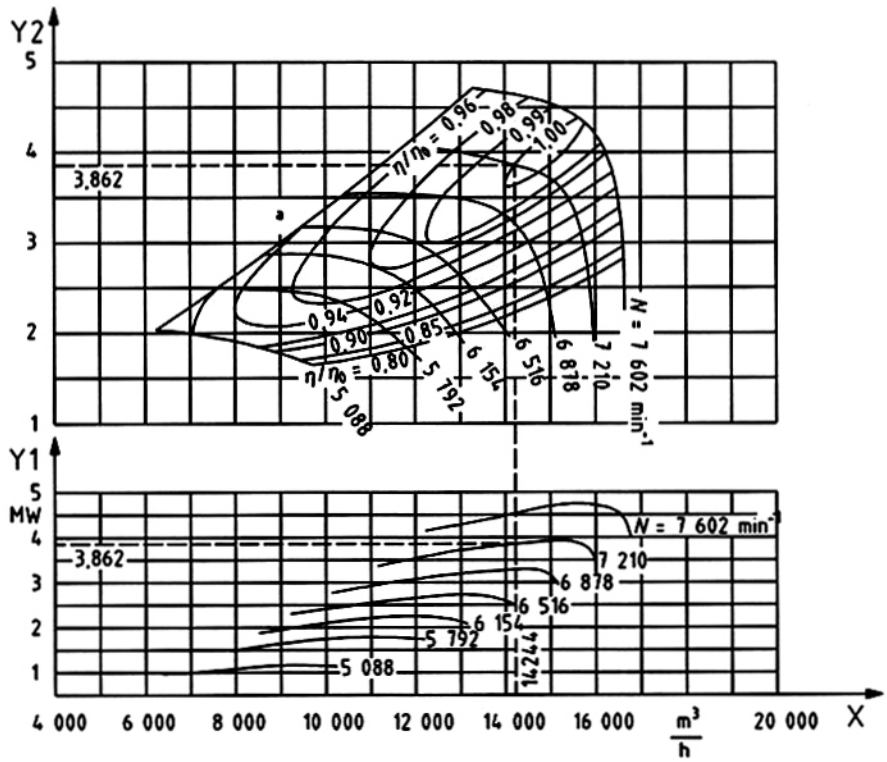
Các biến số phụ thuộc, ví dụ, tỷ số nén $\Pi = p_2/p_1$, công nén riêng y_{Pr}, hiệu suất η_{Pr}, công suất P_{cou}, v.v... được vẽ theo tung độ. Thường phải quan tâm đến ảnh hưởng của biến số thứ ba như là một thông số dẫn đến việc hình thành một bản đồ tính năng. Các điều kiện vận hành cần thiết để giải thích rõ nên được trình bày dưới dạng các trị số cho tất cả các đường cong tính năng trên

bản thân đồ thị hoặc trong chú dẫn có liên quan. Có thể lựa chọn các yếu tố chủ yếu sau làm các thông số cho các đường cong tính năng:

a) Tốc độ quay, N;

b) Vị trí, ô của các cánh hướng dòng trên phía đầu vào của bộ cánh (các cánh hướng dòng điều chỉnh được ở đầu vào) hoặc ở phía xả (miệng phun điều chỉnh được) chẳng hạn, đối với các máy nén ly tâm.

Phần phía trên của Hình E.11 giới thiệu bản đồ tính năng của một máy nén có tốc độ quay, N là thông số, tỷ số nén được vẽ thành đồ thị đối với lưu lượng thể tích hiệu dụng ở đầu vào. Các đường có hiệu suất không đổi cũng được vẽ trên đồ thị. Công suất được vẽ thành đồ thị đối với lưu lượng thể tích ở các tốc độ như nhau trong phần phía dưới của Hình E.11.



CHÚ DẪN:

X Lưu lượng thể tích vào, $\dot{V}_{1,us}$

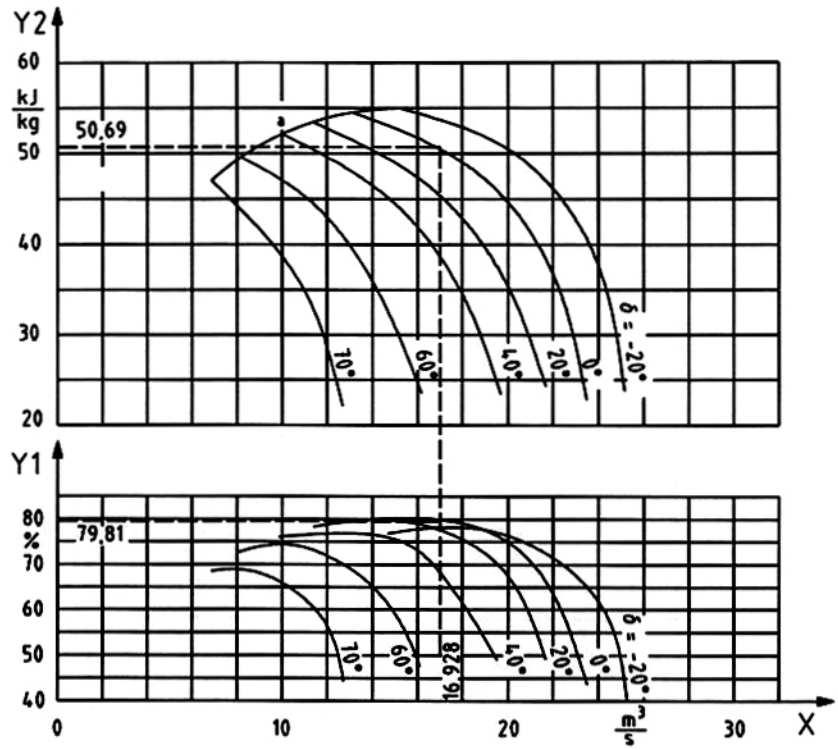
Y1 Công suất tại khớp nối trục P_{cou}

Y2 Tỷ số nén $\frac{P_2}{P_1}$

[a] Giới hạn tăng vọt.

Hình E.11 – Bản đồ tính năng của một máy nén có tốc độ thay đổi

Phần phía trên của Hình E.12 giới thiệu bản đồ tính năng của một máy nén có sử dụng góc cánh hướng dòng ở đầu vào làm thông số; công nén riêng đa hướng của quá trình chuẩn y_p được vẽ thành đồ thị đối với lưu lượng thể tích vào. Các hiệu suất có liên quan được vẽ thành đồ thị trong phần phía dưới của Hình E.12.



CHÚ DẪN:

X Lưu lượng thể tích vào, $\dot{V}_{1,us}$

Y1 Hiệu suất đa hướng của khí, η_p

Y2 Công nén riêng đa hướng, y_p

Hình E.12 – Bản đồ tính năng của đoạn máy có cánh hướng dày điều chỉnh được ở đầu vào

Trong các máy nén, tỷ số nén Π tăng lê so với điểm thiết kế do lưu lượng thể tích, $\dot{V}_{1,us}$ giảm xuống. Tuy nhiên, tỷ số nén Π lại bắt đầu giảm xuống khi lưu lượng thể tích giảm xuống dưới giá trị nhỏ nhất được xác định. Cùng với dung lượng tồn chứa trong các ống, các kết quả này trong dòng chảy không ổn định được đặc trưng bởi các dao động có chu kỳ của áp suất và lưu lượng. Khi đó máy nén đang vận hành trong phạm vi không ổn định và phạm vi này được tách ly ra trên đường cong tính năng từ phạm vi ổn định bởi điểm được gọi là điểm tăng vọt.

Giới hạn tăng vọt được xác định bởi đường nối các điểm tăng vọt đối với các đường cong tính năng khác nhau. Bản đồ tính năng được giới hạn bởi đường tăng vọt trên phía lưu lượng thể tích

vào thấp. Phạm vi làm việc ổn định của máy nén được giới hạn bởi một đường được đặt ở phía bên phải của giới hạn tăng vọt và được xác định bởi độ mở cho điều chỉnh tăng vọt.

Có thể đạt được sự vận hành ổn định bằng cách thổi đi hoặc xả ra một phần lưu lượng tương ứng ngay cả trong trường hợp khi lưu lượng thể tích yêu cầu ở trong phạm vi không ổn định bên dưới giới hạn tăng vọt.

Trong các điều kiện vận hành đã cho $(R, T_1, t_w, \dot{m}_w)$các giới hạn khác của bản đồ tính năng phụ thuộc vào, ví dụ

a) Công suất dẫn động lớn nhất,

b) Tốc độ lớn nhất cho phép,

c) Đường ống tiết lưu, khi thích hợp,

d) Tải trọng cho phép của ổ trục chặn,

e) Nhiệt độ lớn nhất cho phép,

f) Áp suất đặt của van an toàn.

Phụ lục F

(Tham khảo)

Các ví dụ của báo cáo thử nghiệm thu

F.1 Quy định chung

Các ví dụ sau minh họa cách thức để so sánh các biến đổi thu được trong một phép thử nghiệm thu với bảo hành mà nhà cung cấp đã bảo đảm trong hợp đồng. Để tiến hành so sánh với bảo hành một cách chính xác, chương trình cho các phép thử nghiệm thu, các biến đổi được đo và các phương pháp đo được sử dụng và có thể là các phương trình dữ liệu của khí và các hệ thống, phương pháp đánh giá nên được thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp và/ hoặc bất cứ bên thứ ba nào cũng đòi hỏi phải có đầy đủ ở giai đoạn đầu (nếu có thể, trong quá trình thương lượng thực tế cho ký hợp đồng) trên cơ sở các tiêu chuẩn áp dụng và các hướng dẫn (cũng xem 5.1)

F.2 Các ví dụ thử nghiệm

Phần mô tả ngắn gọn

Thử: Ví dụ thử số	Loại khí	Tốc độ điều chỉnh được	Số các đoạn	Làm mát	Số mũ, đa hướng	Lưu lượng thể tích và hiệu dụng m^3/h	Áp suất tuyệt đối Vào MPa (bar)	Áp suất tuyệt đối Xả MPa (bar)
1	Hỗn hợp khí	có	1	-	$n_{te} \neq n_g$	4 002	15,75 (157,5)	18,7 (187)
2	Propane	có	2	Cung cấp	$n_{te} \neq n_g$	15 862	0,137 (1,373)	1,51 (15,1)
3	Không khí	không	4	Nước	$n_{te} = n_g$	25 949	0,098 (0,98)	0,686 (6,86)
4	Không khí	không	3	Nước	$n_{te} = n_g$	24 490	0,099 4 (0,994)	0,65 (6,5)
5	Khí tự nhiên	có	1	-	$n_{te} \neq n_g$	4 930	4,9 (49)	7,5 (75)

F.2.1 Ví dụ thử 1

Máy nén không được làm mát, số mũ đa hướng $n_{te} \neq n_g$, tốc độ điều chỉnh được (xem 7.2.3, Bảng 2, trường hợp 3c).

F.2.1.1 Mục đích của thử nghiệm

Kiểm tra công suất bảo hành cho một điểm bảo hành

F.2.1.2 Cấu hình của hệ thống

Máy nén bốn cấp dùng cho khí quay vòng lại, được dẫn động bằng tuabin hơi.

F.2.1.3 Các điều kiện bảo hành

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị	Ghi chú
Áp suất vào	$p_{1,g}$	15,75 (157,5)	MPa (bar)	-
Nhiệt độ vào	$t_{1,g}$	40	^{0}C	-
Thành phần của khí:				
Hyđro	H_2	92,911 2	mol %	-
Hơi nước	H_2O	0,04	mol %	-
Hyđro sunfua	H_2S	0,880 1	mol %	-
Nitơ	N_2	1,926 2	mol %	-
Metan	CH_4	2,630 3	mol %	-
Etan	C_2H_6	0,220 0	mol %	-
Propan	C_3H_8	0,544 1	mol %	-
Iso-butan	C_4H_{10}	0,454 1	mol %	-
n-butan	C_4H_{10}	0,184 0	mol %	-
n-hexan	C_6H_{14}	0,210 0	mol %	-
Khối lượng mol	M_g	4,000	kg/mol	-
Hằng số khí	R_g	2,078 8	kJ/(kg.K)	-

F.2.1.4 Đối tượng bảo hành

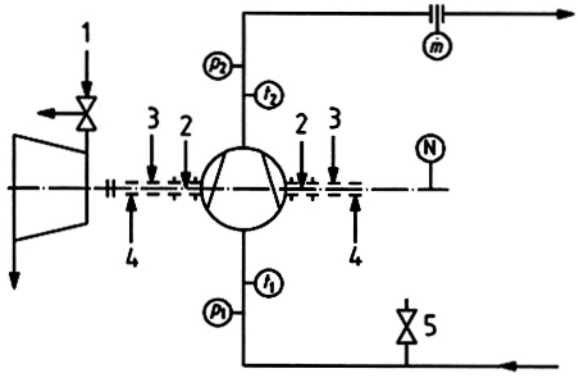
	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị	Ghi chú
Lưu lượng thể tích vào	$\dot{V}_{1,us,g}$	1,111 8 4 002	m^3/s m^3/h	-
Áp suất xả	$p_{2,g}$	18,7 (187)	MPa (bar)	-
Công suất tại khớp nối trục	$P_{cou,g}$	3 930	kW	-

F.2.1.5 Các dữ liệu thiết kế khác

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị	Ghi chú
Đường kính ngoài bộ cánh cấp thứ nhất	D	336	mm	-
Chiều rộng đầu ra bộ cánh thứ nhất	b	16,1	mm	-
Tốc độ quay	N_g	13 850	1/min	-
Công nén riêng đa hướng	$y_{p,g}$	127,299	kJ/kg	Phương trình (E.92)
Nhiệt độ xả	$t_{2,g}$	58,7	^{0}C	-
Mật độ	$\rho_{1,g}$	22,039 5	kg/m^3	-
Mật độ	$\rho_{2,g}$	24,387 9	kg/m^3	-
Số mũ đẳng entropi, thể tích	$k_{V,g}$	1,541 9	-	Phương trình (E.94)
Entanpi riêng đẳng entropi	$h_{2s,g}$	2 200,07	kJ/kg	Theo phương trình trạng thái RKS
Số mũ đa hướng	n_g	1,695 7	-	Phương trình (E.86)
Hiệu suất đa hướng	$\eta_{p,g}$	0,821 5	-	Theo phương trình (E.104) $\eta_p = y_p/(h_2 - h_1)$

F.2.1.6 Bố trí thử nghiệm

Vì không thể thực hiện được phép thử ở xưởng khi sử dụng khí có các điều kiện bảo hành và với toàn bộ công suất của khí, tiến hành thử theo vòng khép kín ở áp suất giảm và do đó công suất của khí cũng được giảm đi. Các điều kiện điều chỉnh được tính toán như chỉ dẫn trong Phụ lục A.



CHÚ DẪN:

1 Tuabin của băng thử
2 Khí bít kín
3 Dầu bít kín
4 Dầu của ổ trục
5 Mẫu khí thử

Hình F.1 - Bố trí thử và các trạm đo

F.2.1.7 Điều kiện chỉnh đặt

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị	Ghi chú
Áp suất vào	$p_{1,pr}$	1,3 (13,0)	MPa (bar)	Dữ liệu riêng của thiết bị thử
Nhiệt độ vào	$t_{1,pr}$	25	^{0}C	Các phương trình 4 và 7 trên Hình 3 được áp dụng tương tự như phương trình (E.87).
Áp suất xả	$p_{2,pr}$	1,545 (15,45)	MPa (bar)	$p_{2,pr}$; $t_{2,pr}$ được xác định lặp lại
Nhiệt độ xả	$t_{2,pr}$	43,7	^{0}C	
Khối lượng mol	M_{pr}	28,016	kg/mol	Dữ liệu của khí được tính toán khi sử dụng phương trình trạng thái đối với các khí thực do Lee - Kesler -Plöcker (LKP) cung cấp.
Hệ số nén	$Z_{1,pr}$	0,997 4	-	
Hệ số nén	$Z_{2,pr}$	0,999 0	-	Phương trình này thích hợp cho N_2
Số mũ đẳng entropi, thể tích	$k_{V,1,pr}$	1,417 9	-	
Số mũ đẳng entropi, thể tích	$k_{V,2,pr}$	1,420 8	-	
Hàm số nén	$X_{1,pr}$	0,031 137	-	Theo phương trình (E.22)
Hàm số nén	$X_{2,pr}$	0,030 010	-	Theo phương trình (E.22)
Hàm số nén	$Y_{1,pr}$	1,002 186	-	Theo phương trình (E.23)
Hàm số nén	Y_{2pr}	1,000 422	-	Theo phương trình (E.23)
Hiệu suất đa hướng (được hiệu chỉnh lại)	$\eta_{p,pr}$	0,813 3	-	Theo phương trình (C.2)
Số mũ đa hướng	n_{pr}	1,566 3	-	Theo phương trình (E.88)
Dung sai của tỷ số thể tích	$\Delta\phi_{tol}$	0,008 8	-	Đã cho :> 0 để N càng cao càng tốt :< 0,01 để đáp ứng giới hạn dung sai bên trong trong thử nghiệm.
-Tỷ số của các tốc độ quay giảm	$X_{N,tol}$	1,002 1	-	Từ Phụ lục A
Ảnh hưởng của số Reynolds				
đến lưu lượng thể tích	φ_g/φ_{pr}	1,002 5	-	Theo phương trình (C.7)
đến lưu lượng thể tích	$\psi_{p,g}/\psi_{p,pr}$	1,005 0	-	Theo phương trình (C.5)
Tốc độ tương hợp	N_{pr}	4 878	1/min	Từ Phụ lục A

F.2.1.8 Điều kiện thử

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị	Ghi chú
Tốc độ	N_{te}	4 872,1	1/min	-
Áp suất vào	$p_{1,te}$	1,325 (13,25)	MPa (bar)	-
Nhiệt độ vào	$t_{1,te}$	24,6	°C	-
Khối lượng mol	M_{te}	28,016	kg/mol	-
Hệ số nén	$Z_{1,te}$	0,997 3	-	-
Hệ số nén	$Z_{2,te}$	0,998 9	-	-
Số mũ đẳng entropi, thể tích	$k_{V,1,te}$	1,418 3	-	Dữ liệu của khí như đối với phương trình LKP
Số mũ đẳng entropi, thể tích	$k_{V,2,te}$	1,421 4	-	

F.2.1.9 Thử nghiệm tỷ số lưu lượng thể tích trong quá trình thử

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị	Ghi chú
Hiệu suất đa hướng	$\eta_{p,te}$	0,839 4	-	-
Hiệu suất được hiệu chỉnh theo số Reynolds	$\eta_{p,co}$	0,846 3	-	Theo phương trình (C.2)
Số mũ đa hướng	n_g	1,695 7	-	Theo phương trình (E.86)
Số mũ đa hướng	n_{te}	1,540 2	-	Theo phương trình (E.86)
Hiệu chỉnh theo số Reynolds cho công nén riêng đa hướng	$\psi_{p,g}/\psi_{p,te}$	1,004 1	-	Theo phương trình (C.5)
Tỷ số của các tốc độ quay giảm	X_N	1,001 7	-	Phương trình (C2)
Sai lệch của tỷ số thể tích	$\Delta\phi$	0,010 8	-	Theo Hình 6

F.2.1.10 Kết quả thử

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị	Ghi chú
Hằng số khí	R_{te}	296,77	J/(kg.K)	-
Tốc độ quay	N_{te}	4 872	1/min	-
Lưu lượng khối lượng phía xả	$\dot{m}_{2,te}$	6,006	kg/s	Đo được theo TCVN 8113 (ISO 5167); lưu lượng khối lượng hiệu dụng
Lưu lượng khối lượng, rò rỉ	$\sum \dot{m}_{L,te}$	0,126	kg/s	Pit tông cân bằng và các vòng bít kín khí

F.2.1.11 Trạng thái ở đầu vào và xả

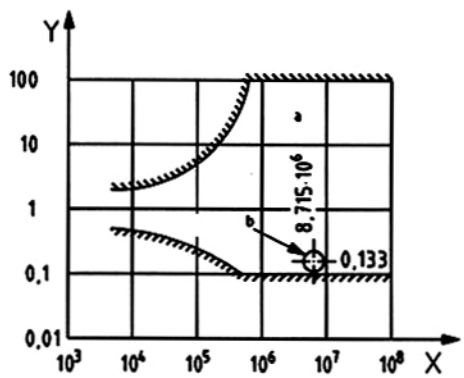
	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị	Ghi chú
Áp suất vào	$p_{1,te}$	1,325 (13,25)	MPa (bar)	-
Nhiệt độ vào	$t_{1,te}$	24,6	^{0}C	-
Mật độ ở đầu vào	$\rho_{1,te}$	15,035	kg/m^3	-
Entanpi riêng ở đầu vào	$h_{1,te}$	306,209	kJ/kg	Từ phương trình LKP
Áp suất xả	$p_{2,te}$	1,575 (15,75)	MPa (bar)	-
Nhiệt độ xả	$t_{2,te}$	42,7	^{0}C	-
Mật độ phía xả	$\rho_{2,te}$	16,821	kg/m^3	-
Entanpi riêng phía xả	$h_{2,te}$	324,915	kJ/kg	Từ phương trình LKP

F.2.1.12 Kết quả tính toán

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị	Ghi chú
Lưu lượng thể tích vào	$\dot{V}_{1,us,te}$	0,399 5	m^3/s	-
Tỷ số nén	Π_{te}	1,188 7	-	-
Hiệu suất đa hướng	$\eta_{p,te}$	0,839 4	-	Theo phương trình (E.104) $\eta_p = y_p/(h_2 - h_1)$
Công nén riêng đa hướng	$y_{p,te}$	15,702 6	kJ/kg	Phương trình (E.92)
Hệ số hiệu chỉnh	f_{te}	0,999 9	-	Phương trình (E.93)
Công suất của khí	$P_{i,te}$	114,71	kW	Theo phương trình (E.97) $P_i = \left(\dot{m}_2 + \sum \dot{m}_L\right) y_p/\eta_p$
Tổn thất do bức xạ	$\dot{Q}_{rad,te}$	0,71	kW	Phương trình (13)
Tổn thất trong ổ trục	$P_{bearing,te}$	0,66	kW	Từ phép đo lưu lượng khối
Tổn thất trong vòng bít kín dầu	$P_{seal,te}$	7,74	kW	lượng dầu và Δt_{oil}
Công suất tại khớp nối trục	$P_{cou,te}$	129,82	kW	-
Số mũ đẳng entropi, thể tích	$k_{V,te}$	1,420 8	-	Phương trình (E.94)

F.2.1.13 Tính toán ảnh hưởng của số Reynolds (Hình F.2)

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị	Ghi chú
Tốc độ quay	N_g	13 850	1/min	-
Tốc độ quay	N_{te}	4 872	1/min	-
Đường kính bộ cánh cấp thứ 1	D	336	mm	-
Chiều rộng bộ cánh ở đầu ra cấp thứ 1	b	16,1	mm	-
Độ nhám trung bình	Ra	2,5	µm	-
Độ nhớt động	v_g	$4{,}5.10^{-7}$	m^2/s	Từ tính toán dữ liệu của khí
Độ nhớt động	v_{te}	$1{,}195.10^{-6}$	m^2/s	-
Số Reynolds	$Re_{u,g}$	$8{,}715.10^{6}$	-	-
Số Reynolds	$Re_{u,te}$	$1{,}115.10^{6}$	-	-
Tỷ số của số Reynolds	$Re_{u,te}/Re_{u,g}$	0,133	-	-
Ảnh hưởng của số Reynolds đến hiệu suất đa hướng	$\eta_{p,co}/\eta_{p,te}$	1,008 2	-	Phương trình (C.2)
Hiệu suất đa hướng	$\eta_{p,co}$	0,846 3	-	-
Hiệu suất đa hướng	$\eta_{p,te}$	0,839 4	-	-
Ảnh hưởng của số Reynolds đến công nén riêng	$\psi_{p,co}/\psi_{p,te}$	1,004 1	-	Phương trình (C.5)
Ảnh hưởng của số Reynolds đến lưu lượng thể tích	$\varphi_{co}/\varphi_{te}$	1,002 1	-	Phương trình (C.7)



CHÚ DẪN:

X Số Reynolds trong điều kiện bảo hành, $Re_{u,g}$

Y Tỷ số của số Reynolds $Re_{u,te}/Re_{u,g}$

[a] Phạm vi cho phép

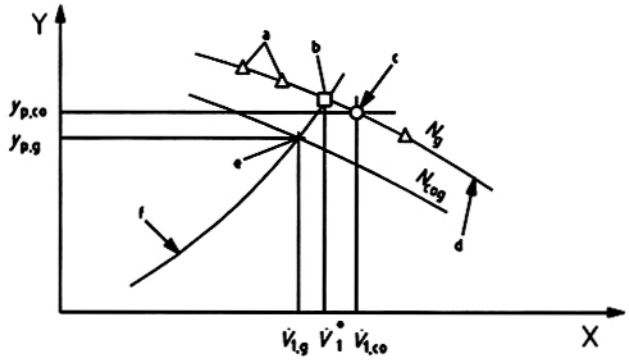
[b] Điểm đo

Hình F.2 – Kiểm tra khả năng cho phép hiệu chỉnh số Reynolds

F.2.1.14 Chuyển đổi theo điều kiện bảo hành

Chuyển đổi theo các điều kiện bảo hành ở một hiệu suất $\eta_{p,co}$ không đổi được thực hiện ở đây bằng một phương pháp lặp. Trước tiên, thừa nhận $p_{2,co}$ và $t_{2,co}$ và các dữ liệu của khí được tính toán từ phương trình trạng thái tương ứng (trong trường hợp này RKS). Các giá trị được cải thiện của $p_{2,co}$ và $t_{2,co}$ thu được thông qua $y_{p,co}$. Quy trình tính toán được lặp lại tới khi đạt được đủ mức chính xác phù hợp. Mỗi phép tính bao gồm việc xác định các dữ liệu mới của khí.

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị	Ghi chú
Tốc độ quay	N_g	13 850	1/min	-
Lưu lượng thể tích	$\dot{V}_{1,us,co}$	1,138 0	m^3/s	Hình 3
Lưu lượng khối lượng	$\dot{m}_{2,co}$	25,081	kg/s	-
Lưu lượng rò rỉ	$\sum \dot{m}_{L,co}$	0,460	kg/s	Chuyển đổi khi sử dụng phương trình dòng zic zắc ở hệ số lưu lượng không đổi
Hiệu suất đa hướng	$\eta_{p,co}$	0,846 3	-	Phương trình (C2)
Công nén riêng đa hướng	$y_{p,co}$	127,42	kJ/kg	Hình 3
Tỷ số nén	Π_{co}	1,187 7	-	Hình 3
Áp suất xả	$p_{2,co}$	18,705 (187,05)	MPa (bar)	-
Nhiệt độ xả từ phép đo nhiệt độ	$t_{2,\Delta t,co}$	58,07	^0C	Phương trình (E.90)
Số mũ đa hướng	n_{co}	1,668 4	-	Phương trình (E.86)
Số mũ nhiệt độ	m_{co}	0,326 8	-	Phương trình (E.91)
Số mũ đẳng entropi, thể tích	$k_{V,co}$	1,542 8	-	Phương trình (E.94)
Hệ số nén	$Z_{2,co}$	1,111 9	-	Từ phương trình RKS
Công suất của khí từ phép đo nhiệt độ	$P_{i,\Delta t,co}$	3 845,5	kW	Phương trình (E97)
Tổn thất do bức xạ	$\dot{Q}_{rad,co}$	23,8	kW	Phương trình (45)
Công suất của khí được hiệu chỉnh	$P_{i,co}$	3 869,3	kW	Phương trình (46)
Nhiệt độ xả được hiệu chỉnh	$t_{2,co}$	58,18	^0C	Phương trình (47)
Tổn thất trong ổ trục	$P_{bearing,co}$	34,9	kW	Theo thực nghiệm
Tổn thất trong vòng bít kín dầu	$P_{seal,co}$	22,0	kW	-
Công suất tại khớp nối trục	$P_{cou,co}$	3 926,2	kW	Phương trình (E.100)



CHÚ DẪN:

X Lưu lượng thể tích hút, $\dot{V}_1$

Y Công nén riêng đa hướng, y_p

a Điểm của đường cong tính năng

b Điểm phụ

c Điểm của đường cong tính năng dùng cho so sánh với bảo hành

d Đường cong tính năng được chuyển đổi phù hợp với các điều kiện bảo hành

e Điểm bảo hành

f Đường parabon $y_p = c\dot{V}_1^2$

Hình F.3 – So sánh với bảo hành

$\dot{V}_1^*$ (điểm phụ) được xác định bằng cách vẽ đồ thị từ điểm giao nhau của đường cong tính năng đã được chuyển đổi với đường parabon đi qua điểm bảo hành. Tốc độ N_{cog} của đường cong tính năng đi qua điểm bảo hành dẫn đến

$$N_{cog} = N_g.\dot{V}_{1g}/\dot{V}_1^* \qquad \text{(F.1)}$$

F.2.1.15 So sánh với bảo hành (Hình F.3)

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị	Ghi chú
Công nén riêng đa hướng	$y_{p,g}$	127,299	kJ/kg	Phương trình (34)
Lưu lượng thể tích vào	$\dot{V}_{1,us,g}$	1,111 8 4 002	m^3/s m^3/h	
Công suất tại khớp nối	$P_{cou,g}$	3 930	kW	
Công suất tại khớp nối trục cần thiết	$P_{cou,cog}$	3 832	kW	
Công suất tại khớp nối trục, sai lệch	ΔP_{cou}	-2,5	%	
Tốc độ quay, cần thiết	N_{cog}	1 377 4	1/min	
Tốc độ quay, sai lệch	ΔN_g	-0,5	%	

F.2.2 Ví dụ thử 2

F.2.2.1 Máy nén không được làm mát, có thu nhận dòng bên bên, số mũ đa hướng $n_{te} \neq n_g$, tốc độ điều chỉnh được (xem 7.2.3, Bảng 3, trường hợp 4d)

Các điều kiện thử sai lệch so với các điều kiện bảo hành. Có thể làm cho máy đạt được các tỷ số lưu lượng thể tích giống như các tỷ số lưu lượng thể tích của điều kiện bảo hành bằng cách thay đổi tốc độ. Cần xác minh xem có thể thực hiện được tại cùng một tốc độ thử cho cả hai đoạn (công đoạn) hay không.

F.2.2.2 Mục đích của thử nghiệm

Kiểm tra công suất bảo hành tại khớp nối trục ở điểm bảo hành và việc được áp suất trung gian quy định trong phạm vi dung sai từ 0 % đến 4 %.

F.2.2.3 Cấu hình của hệ thống

Máy nén bốn cấp có dòng chảy bên ở phía cuối dòng của cấp thứ hai dùng cho thử propan, được dẫn động bằng một tuabin hơi.

F.2.2.4 Các điều kiện bảo hành

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị
Áp suất vào	$p_{1,g}$	0,137 3 (1,373) .	MPa (bar)
Nhiệt độ vào	$t_{1,g}$	- 32,3	^{0}C
Loại khí	C_3H_8	-	-
Hằng số khí	R_g	188,6	J/(kg.K)
Nhật độ dòng chảy bên	$t_{side,g}$	- 3	^{0}C
Lưu lượng khối lượng dòng chảy bên	$\dot{m}_{side,g}$	10,131	kg/s

Trong ví dụ này nhiệt độ vào $t_{1,g}$ không phải là nhiệt độ trong ống phun đầu vào của máy nén; tất nhiên đây là nhiệt độ xác định cho chuyển đổi, nghĩa là tại đầu vào bộ cánh thứ nhất. Độ chênh lệch thu được từ độ tăng nhiệt độ do lưu lượng khối lượng rò rỉ gây ra sẽ được đưa trở về phía hút của máy nén thông qua pit tông cân bằng.

Lưu lượng thể tích của đoạn I và đoạn II cũng bao gồm lượng rò rỉ của lưu lượng khối lượng túi tuần hoàn thông qua đường ống cân bằng.

F.2.2.5 Đối tượng của bảo hành

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị
Lưu lượng thể tích vào	$\dot{V}_{1,g}$	4,406	m^3/s
Áp suất của dòng chảy bên	$p_{side,g}$	0,426 7 (4,267)	MPa (bar)
Áp suất xả	$p_{2,g}$	1,51 (15,1)	MPa (bar)
Công suất tại khớp nối trục của máy nén	P_{cou}	2 909	kW

F.2.2.6 Các dữ liệu thiết kế khác

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị
Tốc độ quay của máy nén [a]	N_g	8 261	1/min
Đường kính của bộ cánh thứ 1	D_I D_{II}	500 575	mm mm
Chiều rộng ở đầu ra của bộ cánh thứ 1	b_I b_{II}	34 14	mm mm
Độ nhám bề mặt trung bình	Ra_I Ra_{II}	2,8 3,0	µm µm
Nhiệt độ từ ống phun đầu vào [b]	$t_{nozzle,g}$	- 34,7	^{0}C
Lưu lượng khối lượng tuần hoàn qua ống cân bằng	$\dot{m}_{L,g}$	0,431	kg/s
Nhiệt độ xả [b]	$t_{2,g}$	68,4	^{0}C

[a] Khi máy dẫn động có tốc độ điều chỉnh được thì tốc độ không phải là đối tượng bảo hành, tốc độ thiết kế được chỉ thị với chỉ số dưới dòng "g".

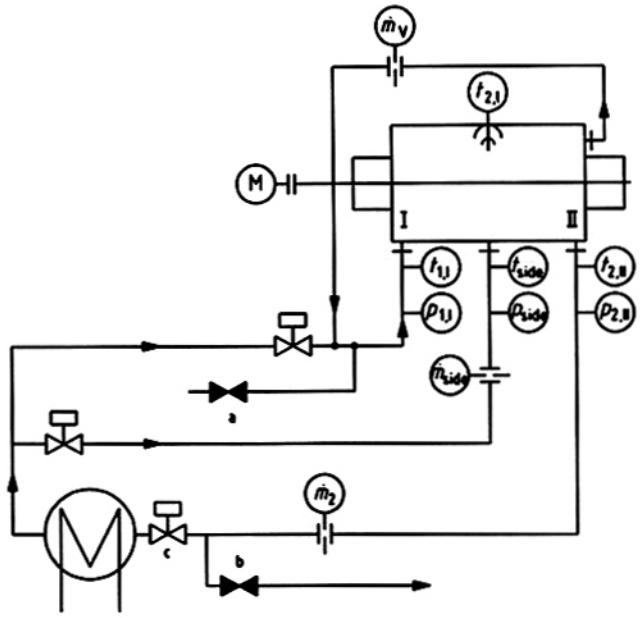
[b] Các dữ liệu này cần thiết cho chuyển đổi các kết quả thử để phù hợp với các điều kiện bảo hành.

F.2.2.7 Bố trí thử nghiệm

Vì không thể kiểm tra máy nén trên thiết bị thử của nhà cung cấp khi sử dụng khí ban đầu cho nên các phép thử được thực hiện khi sử dụng một khí thay thế trong vòng khép kín.

Điều quan trọng – Ví dụ này đã được tính toán với khí thử nghiệm R12 được sử dụng trong quá khứ. Tuy nhiên, vì lý do về môi trường, khí này không còn được sử dụng nữa. ví dụ có ý định dùng để chỉ ra qui trình thử nghiệm cho một máy nén có dòng chảy bên.

Có thể xem bố trí thử nghiệm và bố trí các điểm đo trên Hình F.4.



[a] Cung cấp khí

[b] Phân tích khí

[c] Van tiết lưu

Hình F.4 – Bố trí thử nghiệm

F.2.2.8 Điều kiện chỉnh đặt

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị
Loại khí	CF_2Cl_2 (R12)	-	-
Hằng số khí	R_{pr}	68,8	J/(kg.K)
Đoạn I			
Áp suất vào	$t_{1,I,pr}$	0,08 (0,8)	MPa (bar)
Nhiệt độ vào	$t_{1,I,pr}$	40,0	^{0}C
Nhiệt độ xả	$t_{2,I,pr}$	91,2	^{0}C
Đoạn II [a]			
Áp suất vào [a]	$p_{1,II,pr}$	0,25 (2,5)	MPa (bar)
Nhiệt độ vào [a]	$t_{1,II,pr}$	68,5	^{0}C
Áp suất xả	$p_{2,II,pr}$	0,915 5 (9,155)	MPa (bar)
Nhiệt độ xả	$t_{2,II,pr}$	133,5	^{0}C
Tốc độ quay	N_{pr}	5 795	1/min

[a] Việc xác định các điều kiện thử cho đoạn II và tốc độ thử được thực hiện lặp lại, vì nhiệt độ xả từ đoạn I đặc biệt có ảnh hưởng đến nhiệt độ vào của đoạn II.

F.2.2.9 Điều kiện chỉnh đặt

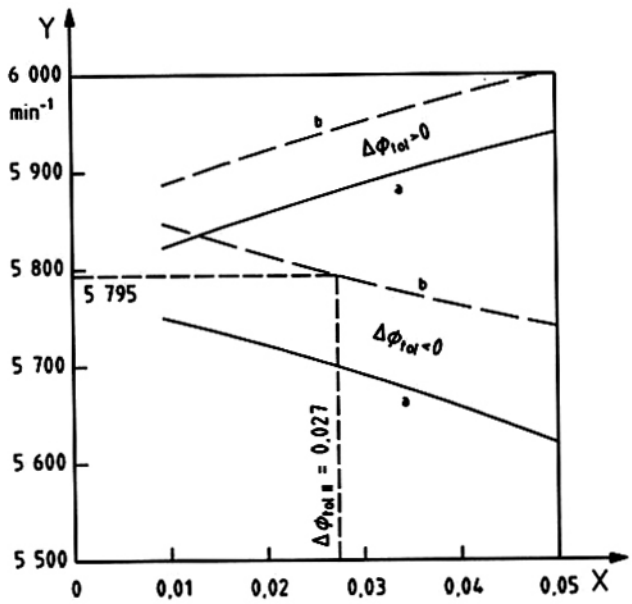
Tính toán các điều kiện chỉnh đặt đã được thực hiện khi sử dụng Phụ lục A. Các tốc độ chỉnh đặt có liên quan cho cả hai đoạn đã được xác định đối với các giá trị $|\Delta\phi|_{tol} = 0,01, 0,025$ và $0,05$.

Các biến số tính toán, trong một số trường hợp chỉ thu được như là một kết quả của phép tính lặp, được cho như sau:

	Các đoạn	
	I	II
$\left(\frac{p_2}{p_1}\right)_g$	3,107 8	3,539 3
n_g	1,146 2	1,074 6
n_{pr}	1,140 3	1,116 5
$\psi_{p,te}/\psi_{p,g}$	0,996 32	0,998 75
$\sqrt{\frac{(RZ_1T_1)_{pr}}{(RZ_1T_1)_g}}$	0,701 6	0,688 1

Hình F.5 chỉ ra rằng không thể giữ vững được giới hạn dung sai bên trong đối với cả hai đoạn $N_{te} = 5795$ rev/min đã được lựa chọn làm tốc độ thử. Điều này đã được dùng để bảo đảm cho phép thử có thể được thực hiện trong giới hạn dung sai bên trong, ít nhất là đối với đoạn thứ nhất mặc dù còn có các sai lệch nhỏ trong các điều kiện thử.

Sai lệch $\Delta\phi_{tol}$ đối với đoạn II là – 2,7 %



CHÚ DẪN:

X Tỷ số của các tỷ số lưu lượng thể tích $|\Delta\phi|_{tol}$

Y Tốc độ N_{te}

a Đoạn I

b Đoạn II

Hình F.5 – Xác định tốc độ thử

Có thể đạt được một phép tính gần đúng của các phạm vi trong đó giới hạn dung sai bên trong được giữ vững cho mỗi đoạn bằng cách tăng nhiệt độ vào của đoạn thứ nhất và / hoặc giảm nhiệt độ vào của đoạn thứ hai. Tuy nhiên, thiết bị thử được mô tả ở trên không cho phép thực hiện việc lựa chọn này, vì không thể điều chỉnh nhiệt độ vào một cách riêng biệt được.

F.2.2.10 Tính toán

Tính toán các tính chất của khí đã được hoàn thành bằng sử dụng phương trình BWRS.

Khí ban đầu, đoạn I $p_{1,g} = 0{,}137\,3\text{MPa}\ (1{,}373\text{bar})$ $p_{2,g} = 0{,}4267\ \text{MPa}\ (4{,}267\ \text{bar})$

$t_{1,g} = -32{,}3\ ^{0}\text{C}$ $t_{2,g} = 15{,}8\,^{0}\text{C}$

Xác định số Reynolds cho đoạn I:

$$\text{Re}_u = \frac{u.b}{v_1}$$

Khí ban đầu: $u_g = 216\,\text{m/s}$ $v_{1,g} = 2{,}113.10^{-6}\,\text{m/s}$ $Re_{u,g} = 3{,}476.10^{6}$

Khí thử: $u_{pr} = 151,7\ \text{m/s}$ $v_{1,pr} = 3,213.10^{-6}\ \text{m/s}$ $Re_{u,pr} = 1,605.10^{6}$

Tính toán thêm về hiệu chỉnh số Reynolds đã được thực hiện như đã nêu chi tiết trong Phụ lục C:

$$\frac{1-\eta_{p,g}}{1-\eta_{p,pr}} = \frac{0,3.\lambda_{\infty} + 0,7.\lambda_g}{0,3.\lambda_{\infty} + 0,7.\lambda_{pr}} \quad \text{(F.2)}$$

Với

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_{\infty}}} = 1,74 - 2.\log_{10}\left[2.\frac{Ra}{b}\right] \quad \text{(F.3)}$$

$$\lambda_{\infty} = 1,115.10^{-2}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_g}} = 1,74 - 2.\log_{10}\left[2.\frac{Ra}{b} + \frac{18,7}{\mathrm{Re}_{u,g}.\sqrt{\lambda_g}}\right] \quad \text{(F.4)}$$

$$\lambda_g = 1,212.10^{-2}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_{pr}}} = 1,74 - 2.\log_{10}\left[2.\frac{Ra}{b} + \frac{18,7}{\mathrm{Re}_{u,pr}.\sqrt{\lambda_{pr}}}\right] \quad \text{(F.5)}$$

$$\lambda_{pr} = 1,268.10^{-2}$$

$$\frac{1-\eta_{p,g}}{1-\eta_{p,pr}} = 0,9682 \quad \text{(F.6)}$$

Với $\eta_{p,g} = 0,8170$, kết quả là $\frac{\eta_{p,pr}}{\eta_{p,g}} = 0,99264$

$$\frac{\psi_{p,pr}}{\psi_{p,g}} = 0,5 + 0,5\frac{\eta_{p,pr}}{\eta_{p,g}} = 0,996\,32 \quad \text{(F.7)}$$

Đoạn II:

$$\mathrm{Re}_{u,g} = 3,915.10^{6}$$

$$\mathrm{Re}_{u,pr} = 2,178.10^{6}$$

$$\lambda_{\infty} = 1,374.10^{-2}$$

$$\lambda_g = 1,401.10^{-2}$$

$$\lambda_{pr} = 1,421.10^{-2}$$

$$\frac{1-\eta_{p,g}}{1-\eta_{p,pr}} = 0,9902 \quad \text{với} \quad \eta_{p,g} = 0,792 \tag{F.8}$$

$$\frac{\eta_{p,pr}}{\eta_{p,g}} = 0,9975 \tag{F.9}$$

$$\frac{\psi_{p,pr}}{\psi_{p,g}} = 0,99875 \tag{F.10}$$

F.2.2.11 Kết quả thử

	Ký hiệu	Trị số			Đơn vị
Thử nghiệm số		1	2	3	
Thời gian thử	-	xx.xx.xx x.xx	xx.xx.xx x.xx	xx.xx.xx x.xx	-
Tốc độ quay	N_{te}	5 795	5 795	5 795	1/min
Áp suất:					
Áp suất vào, đoạn I	$p_{1,I,te}$	0,080 66 (0,806 6)	0,080 69 (0,806 9)	0,079 54 (0,795 4)	MPa (bar)
Áp suất vào, đoạn II	$p_{side} = p_{2,I,te} p_{1,II,te}$	0,225 99 (2,259 9)	0,248 91 (2,489 1)	0,259 37 (2,593 7)	MPa (bar)
Áp suất xả đoạn II	$p_{2,II,te}$	0,710 08 (7,100 8)	0,876 58 (8,765 8)	0,924 14 (9,241 4)	MPa (bar)
Nhiệt độ:					
Nhiệt độ vào, đoạn I	$t_{1,I,te}$	38,9	39,1	39,4	^{0}C
Nhiệt độ xả, đoạn I	$t_{2,I,te}$	86,9	89,6	91,6	^{0}C
Nhiệt độ dòng bên, đoạn II	$t_{side,te}$	43,0	43,3	43,9	^{0}C
Nhiệt độ xả, đoạn II	$t_{2,II,te}$	130,2	134,2	133,9	^{0}C
Lưu lượng khối lượng:					
Đầu ra, đoạn II	$\dot{m}_{2,te}$	19,838	20,440	21,165	kg/s
Dòng bên	$\dot{m}_{side,te}$	7,261	8,456	9,916	kg/s
Đường ống cân bằng	$\dot{m}_{L,te}$	0,161	0,204	0,217	kg/s

F.2.2.12 Kết quả tính toán

	Ký hiệu	Trị số			Đơn vị	Ghi chú
Thử nghiệm số		1	2	3		
Lưu lượng khối lượng tại đầu vào bộ cánh thứ nhất, đoạn I	$\dot{m}_{1,I,te}$	12,738	12,188	11,466	kg/s	Phương trình (F.2)
Lưu lượng thể tích	$\dot{V}_{1,I,te}$	3,363	3,220	3,076	m^3/s	Phương trình (E.55) [a]
Công nén riêng đa hướng	$y_{p,I,te}$	23,50	25,79	27,15	kJ/kg	Phương trình (E.91) [a]
Hiệu suất đa hướng	$\eta_{p,I,te}$	0,7864	0,8235	0,8390	-	Phương trình (E.100)
Nhiệt độ hòa trộn ở đầu vào đến đoạn II	$t_{1,II,te}$	71,0	70,6	69,5	^0C	Phương trình (F.12)[a]
Lưu lượng khối lượng tại đầu vào bộ cánh thứ 1, đoạn II	$\dot{m}_{1,II,te}$	19,999	20,664	21,382	kg/s	Phương trình (F.13)
Lưu lượng thể tích	$\dot{V}_{1,II,te}$	2,048	1,912	1,890	m^3/s	Phương trình (E.55) [a]
Công nén riêng đa hướng	$y_{p,II,te}$	28,42	31,19	31,33	kJ/kg	Phương trình (E.91) [a]
Hiệu suất đa hướng	$\eta_{p,II,te}$	0,7674	0,7958	0,7926	-	Phương trình (E.100)
a Xác định các giá trị của hệ số nén, Z, hệ số hiệu chỉnh, f và entapi, f, và entapi bằng phương pháp BWRS.						

$$\dot{m}_{1,I,te} = \dot{m}_{2,te} - \dot{m}_{side,te} + \dot{m}_{L,te} \quad \text{(F.11)}$$

$$h\left(t_{1,\text{II,te}}, p_{1,\text{II,te}}\right) = \frac{\dot{m}_{1,\text{I,te}} h\left(t_{2,\text{I,te}}, p_{2,\text{I,te}}\right) + \dot{m}_{\text{side}} h\left(t_{\text{side}}, p_{1,\text{II,te}}\right)}{\dot{m}_{1,\text{I,te}} + \dot{m}_{\text{side,te}}} \quad \text{(F.12)}$$

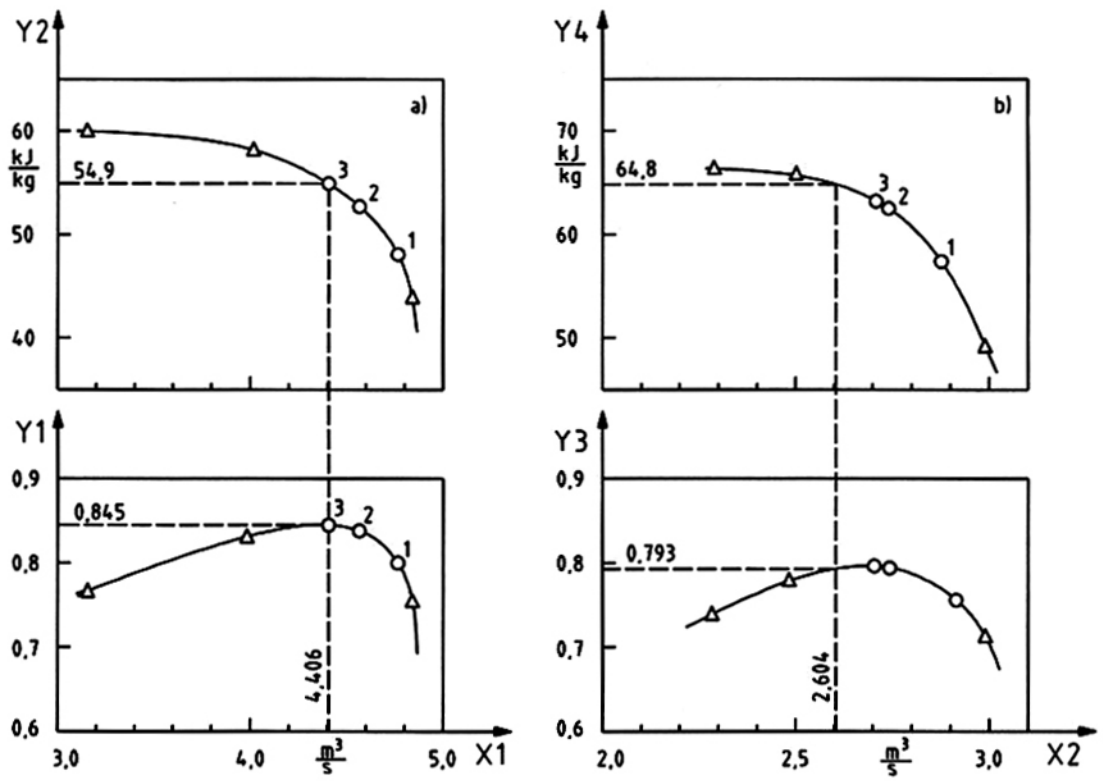
Từ đó có thể xác định được nhiệt độ, $t_{1,II,te}$ với BWRS

$$\dot{m}_{1,II,te} = \dot{m}_{1,I,te} + \dot{m}_{side,te} \quad \text{(F.13)}$$

F.2.2.13 Chuyển đổi theo điều kiện bào hành phù hợp với 7.2.4.1

	Ký hiệu	Trị số			Đơn vị
Thử nghiệm số		1	2	3	
Lưu lượng thể tích vào, đoạn I	$\dot{V}_{1,I,co}$	4,802	4,598	4,392	m^3/s
Công nén riêng đa hướng	$y_{p,I,co}$	47,92	52,59	55,36	kJ/kg
Hiệu suất đa hướng	$\eta_{p,I,co}$	0,7918	0,8292	0,8448	-
Lưu lượng thể tích vào, đoạn II	$\dot{V}_{1,II,co}$	2,921	2,727	2,696	m^3/s
Công nén riêng đa hướng	$y_{p,II,co}$	57,83	63,46	63,75	kJ/kg
Hiệu suất đa hướng	$\eta_{p,II,co}$	0,7693	0,7978	0,7946	-

Có thể vẽ đồ thị các đường cong tính năng của các đoạn chuyển đổi bằng các dữ liệu này như đã chỉ dẫn trên Hình F.6.



CHÚ DẪN:

X1 Lưu lượng thể tích hút , $\dot{V}_{1,I,co}$

X2 Lưu lượng thể tích hút , $\dot{V}_{1,II,co}$

Y1 Hiệu suất đa hướng của khí, $\eta_{p,I,co}$

Y2 Công nén riêng đa hướng, $y_{p,I,co}$

Y3 Hiệu suất đa hướng của khí, $\eta_{p,II,co}$

Y4 Công nén riêng đa hướng, $y_{p,II,co}$

Hình F.6 - Các điểm thử bổ sung, Δ,cho các đường cong tính năng đối với các đoạn I và II

Để vận hành thử, cần xác định về mặt lý thuyết lưu lượng khối lượng rò rỉ tái tuần hoàn do tính đến các áp suất, nhiệt độ, hằng số khí và các khe hở đã được sửa đổi. Giá trị này đã được xác nhận với mức chính xác thích hợp bằng các phép đo. Vì lẽ đó, đã sử dụng các thay đổi tính toán đối với lưu lượng khối lượng và độ tăng nhiệt độ - cơ sở cho thiết kế, để chuyển đổi các đường cong tính năng do được có liên quan đến đầu vào bộ cánh theo đường cong tính năng quy định có liên quan đến các cấp.

Chỉ có thể chứng minh việc đạt được các giá trị bảo hành một khi các đường cong tính năng của hai đoạn đã chồng lên nhau.

Ở một tốc độ đã cho, toàn bộ tính toán của máy đối với lưu lượng khối lượng.quy định được thực hiện theo qui trình sau:

$$\dot{m}_{us} = 13,585 \frac{kg}{s} \qquad \text{(F.14)}$$

$$\dot{m}_{1,I,g} = \dot{m}_{us} + \dot{m}_{L,ge} = (13,585 + 0,431)\frac{kg}{s} = 14,016\frac{kg}{s} \qquad \text{(F.13)}$$

$$\dot{V}_{1,I,g} = \frac{\dot{m}_{1,I,g}}{\rho_{1,I,g}} = 4,406\frac{m^3}{s} \qquad \text{(F.16)}$$

$y_{p,I,co} = 54,90\frac{kJ}{kg}$ từ đường cong tính năng, Hình (F.6 a) (F.17)

$\eta_{p,I,co} = 0,845$ từ đường cong tính năng, Hình (F.6 a)

$$P_{1,I,g} = \dot{m}_{1,I,g}\frac{y_{p,I,co}}{\eta_{p,I,co}} = 911\text{kW}$$

$p_{side,co} = 0,445MPa \quad (4,454b\text{ar})$ từ phương trình trạng thái

$t_{2,I,co} = 16,35\,^0\text{C}$ từ phương trình trạng thái

$t_{side} = 1,8\,^0C = t_{sat}$ ở $p_{side} = 0,445MPa \quad (4,454b\text{ar})$

$\dot{m}_{side} = 10,131\frac{kg}{s}$

$$m_{1,II,g} = \dot{m}_{1,I,g} + \dot{m}_{side} = (14,016 + 10,131)\frac{\text{kg}}{\text{s}} = 24,147\frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$t_{1,II,co} = 8,9\,^0\text{C}$ tính toán của hỗn hợp đối với các khí thực theo phương trình (F.12)

$$V_{1,II,co} = \frac{\dot{m}_{1,II,g}}{p_{1,II,g}} = 2,604\frac{m^3}{s}$$

$p_{2,co} = 1,600MPa \quad (16,00b\text{ar})$ từ phương trình trạng thái

$t_{2,co} = 70,5\ \ ^0\text{C}$ từ phương trình trạng thái

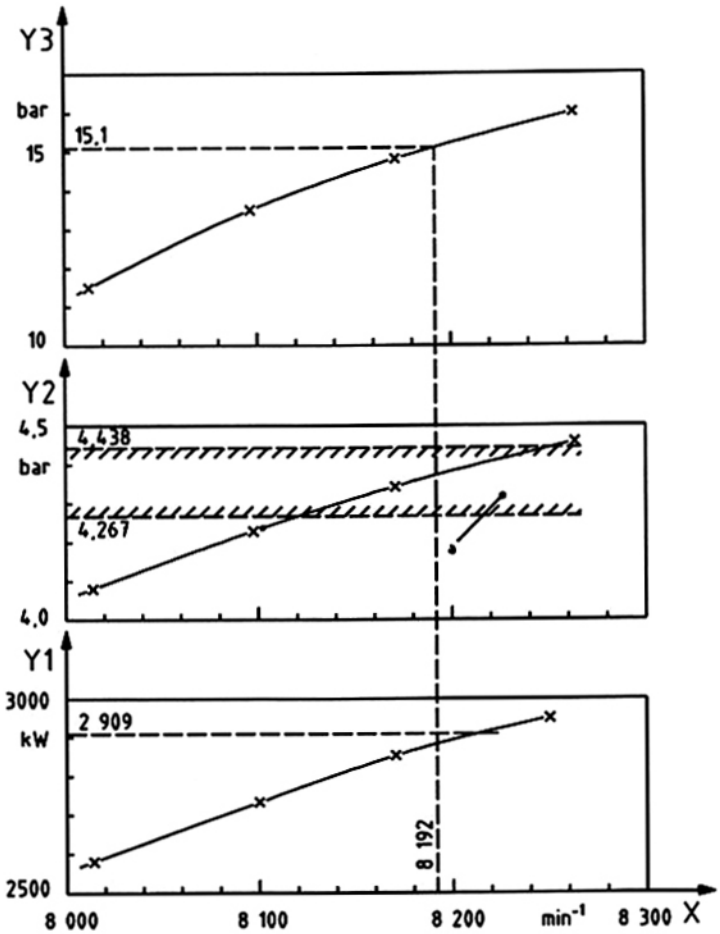
Các tổn thất cơ học tính toán P_{mech}= 64 kW đã được cộng vào các công suất đã chuyển đổi của khí $P_{i,co}$ để xác định công suất tại khớp nối trục.

Áp suất xả được tạo thành của máy nén không phù hợp với áp suất xả quy định ở tốc độ thiết kế. Vấn đề này có thể được điều chỉnh phù hợp với 8.2.3.2 bằng các điều chỉnh tốc độ; khi bắt đầu từ tốc độ thử giả thiết rằng có các thay đổi nhỏ về tốc độ, bố trí cho hệ số lưu lượng và hệ số cột

áp giữ không đổi đối với mỗi điểm của đường cong tính năng. Các mối quan hệ sau có thể được vẽ thành đồ thị một khi đã thực hiện tính toán nêu trên cho nhiều tốc độ:

$$\dot{m}_{us,g} = 13{,}585 \frac{kg}{s} = \text{constant} \qquad \dot{m}_{side,g} = 10{,}131 \frac{kg}{s} = \text{constant}$$

x có giá trị được tính toán để xếp chồng các đừng cong tính năng của đoạn (máy nén)



CHÚ DẪN:

X Tốc độ, N_g

Y1 Công suất tại khớp nối trục $P_{cou,co}$

Y2 Áp suất của dòng bên $P_{side,co}$

Y3 Áp suất xả $P_{2,co}$

[a] Phạm vi dung sai đối với áp suất trung gian đợc bảo hành

Hình F.7 – So sánh với bảo hành có sự thay đổi tốc độ tính toán; điều kiện giới hạn trong các điều kiện bảo hành

F.2.2.14 So sánh với bảo hành

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị
Lưu lượng thể tích vào	$\dot{V}_{1,g}$	4,406	m^3/s
Áp suất xả	$p_{2,g}$	1,51 (15,1)	MPA (bar)
Công suất được bảo hành tại khớp nối trục của máy nén	$P_{co,g}$	2909	kW
Công suất được chuyển đổi tại khớp nối trục của máy nén	$P_{cou,co}$	2860	kW
Sai lệch	-	- 17	%
Áp suất của dòng bên được bảo hành	$p_{side,g}$	0,4267 (4,267)	MPa (bar)
Áp suất của dòng bên được chuyển đổi tại áp suất xả được bảo hành	$p_{side,co}$	0,4336 (4,336)	MPa (bar)
Sai lệch	-	+ 1,6	%
Dung sai được thoả thuận	-	+ 4 0	%

So sánh với bảo hành phải chứng minh các giá trị được bảo hành đạt được trong phạm vi dung sai đã thoả thuận. Vì lý do đó có thể bỏ qua tính toán độ không đảm bảo đo.

F.2.3 Ví dụ thử 3

Máy nén được làm mát, số mũ đa hướng $n_{te} = n_g$, tốc độ không điều chỉnh được, tỷ số $R.Z_1$. T_1 **của đoạn được làm mát điều chỉnh được** (xem 7.2.3, Bảng 3, trường hợp 4b)

Tốc độ không thể điều chỉnh được nhưng có thể điều chỉnh nhiệt độ trong đoạn được làm mát bằng cách điều khiển lưu lượng nước làm mát bằng tay.

Việc chuyển đổi được thực hiện riêng biệt đối với các đoạn không được làm mát và được làm mát của máy nén.

F.2.3.1 Mục đích của thử nghiệm

Kiểm tra tính năng được bảo hành ở ba điểm bảo hành với áp suất xả không đổi.

F.2.3.2 Cấu hình của hệ thống

Máy nén không khí bốn cấp, hợp nhất ba bộ phận làm mát trung gian và bọ phận điều chỉnh cánh hướng dòng điều chỉnh được ở đầu vào dùng cho cấp thứ 1, được dẫn động bằng động cơ điện và có bánh răng trung gian.

F.2.3.3 Điều kiện bảo hành

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị
Áp suất vào	$p_{1,g}$	0,098 (0,98)	MPa (bar)
Nhiệt độ vào	$t_{1,g}$	20	^{0}C
Độ ẩm tương đối của không khí	φ_g	70	%
Hằng số khí	R_g	288,9	J/(kg.K)
Số mũ đẳng entropi	k_g	1,4	-
Lưu lượng nước làm mát, tổng	$\dot{V}_{W,g}$	0,0569	m^3/s
Nhiệt độ của nước làm mát vào	$t_{W,1,g}$	27	^{0}C
Tốc độ động cơ	$N_{M,g}$	1490	1/min

F.2.3.4 Đối tượng bảo hành

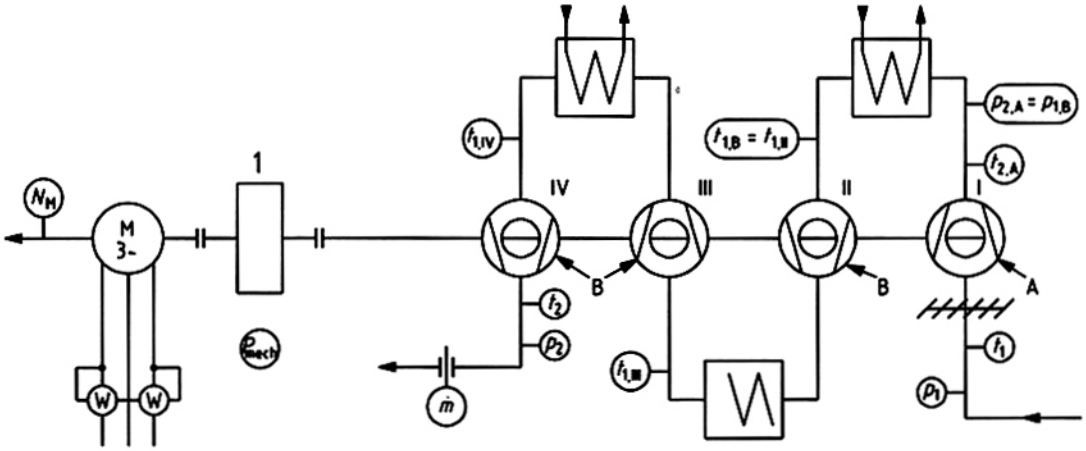
	Ký hiệu	Trị số			Đơn vị
Điểm bảo hành		a	b	c	
Lưu lượng thể tích vào	$\dot{V}_{1,g}$	7,208	5,763	4,680	m^3/s
Áp suất xả	$p_{2,g}$	0,686 (6,86)	0,686 (6,86)	0,686 (6,86)	MPa (bar)
Công suất tại khớp nối trục	$P_{cou,g}$	1960	1610	1392	kW

F.2.3.5 Các dữ liệu thiết kế khác

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị
Nhiệt độ vào:			
Cấp II	$T_{1,II,g}$	310,2	K
Cấp III	$T_{1,III,g}$	312,2	K
Cấp IV	$T_{1,IV,g}$	315,2	K

F.2.3.6 Bố trí thử nghiệm

Thử nghiệm được thực hiện tại hiện trường trong điều kiện khí quyển. Không cần thiết phải đánh giá các bộ phận làm mát trung gian trong phép thử này, vì chúng sẽ được cấp một lưu lượng nước làm mát khác với lưu lượng được quy định trong bảo hành do các nhiệt độ nước làm mát ở đầu vào khác nhau.



CHÚ DẪN:

1 Hộp số có ổ trục máy nén

Hình F.8 - Bố trí thử nghiệm và các trạm đo

F.2.3.7 Điều kiện thử

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị
Tốc độ của động cơ	$N_{M,tc}$	1490	1/min
Số mũ đẳng entropi	k_{tc}	1,4	-
Nhiệt độ trung bình ở đầu vào	$t_{1,tc}$	12,7	^{0}C
Áp suất trung bình ở đầu vào	$p_{1,tc}$	0,098 (0,98)	MPa (bar)
Nhiệt độ nước làm mát	$t_{W,1,tc}$	19	^{0}C
Hằng số khí	R_{tc}	287,8	J/(kg.K)
Tỷ số giữa các tốc độ quay giảm của đoạn không được làm mát A; Phương trình (2)	X_N	1,0146	-

F.2.3.8 Điều kiện chỉnh đặt

Vì điều kiện thử khác so với điều kiện bảo hành, máy được phân chia thành một đoạn không được làm mát (A) phù hợp với 7.2.3, Bảng 3, trường hợp 3a và một đoạn được làm mát (B).

Việc kiểm tra điều kiện chỉnh đặt đối với đoạn không được làm mát A theo Phụ lục A cho thấy $\Delta\phi$ gần với giới hạn dung sai bên trong $\Delta\phi_{tol} = 0,001$. Do đó, không tính đến dung sai bổ sung theo 7.2.5.

Vì hằng số khí trong các điều kiện thử, R_{tc}, khác so với hằng số khí trong các điều kiện bảo hành, R_g, các nhiệt độ tái làm mát, $T_{1,II,tc}$, $T_{1,III,tc}$ và $T_{1,IV,tc}$ được lựa chọn sao cho đáp ứng được

điều kiện $(RZT_1)_{i,te} = (RZT_1)_{i,g}$. Do chỉ có ảnh hưởng nhẹ của các nhiệt độ này cho nên không cần tính đến các độ chênh lệch của lượng chất ngưng tụ do các hàm lượng nước khác nhau $x_g = 0,0106,\ x_{te} = 0,004)$. Việc chuyển đổi theo các điều kiện bảo hành thông qua các cấp riêng có thể là cần thiết.

Không thực hiện hiệu chỉnh đối với các số Reynolds vì các điều kiện thử chỉ sai lệch không đáng kể so với các điều kiện bảo hành.

Phép thử đã được thực hiện trong các điều kiện thử nêu trên.

F.2.3.9 Kết quả thử

	Ký hiệu	Trị số			Đơn vị
Thử nghiệm số		1	2	3	
Ngày thử		*xx.xx.xxxx*	*xx.xx.xxxx*	*xx.xx.xxxx*	
Hằng số khí	R_{te}	287,8	287,8	287,8	J/(kg.K)
Tốc độ động cơ	$N_{M,te}$	1 488	1 490	1492	1/min
Vị trí của các cánh hướng dòng vào điều chỉnh được	-	$+10^0$	$+ 54^0$	$+ 64^0$	-
Lưu lượng khối lượng [a]	$\dot{m}$	8,586	6,738	5,650	kg/s
Áp suất vào	$p_{1,te}$	0,096 6 (0,996)	0,098 0 (0,980)	0,098 5 (0,985)	MPa (bar)
Nhiệt độ vào	$t_{1,te}$	12,1	12,9	13,0	^{0}C
	$T_{1,te}$	285,25	286,05	286,15	K
Mật độ	$\rho_{1,te}$	1,177	1,190	1,196	kg/m^3
Áp suất xả	$\rho_{2,te}$	0,7451 (7,451)	0,743 7 (7,437)	0,703 0 (7,030)	MPa (bar)
Công suất tại cánh đầu cực động cơ	$P_{tem,te}$	2 127	1 792	1 536	kW
Hiệu suất của động cơ	$\eta_{M,te}$	95	95	95	%
Công suất tại khớp nối trục	$P_{cou,te}$	2 062	1 702	1 459	kW
Tổn thất cơ học	$P_{mech,te}$	70	70	70	kW
Công suất của khí	$P_{i,te}$	1 992	1 632	1 389	kW

[a] Tương tự như lưu lượng khối lượng thường dùng, như trong E.4.2, vì được đo trên phía xả theo TCVN 8113 (ISO 5167).

F.2.3.10 Chuyển đổi theo điều kiện bảo hành

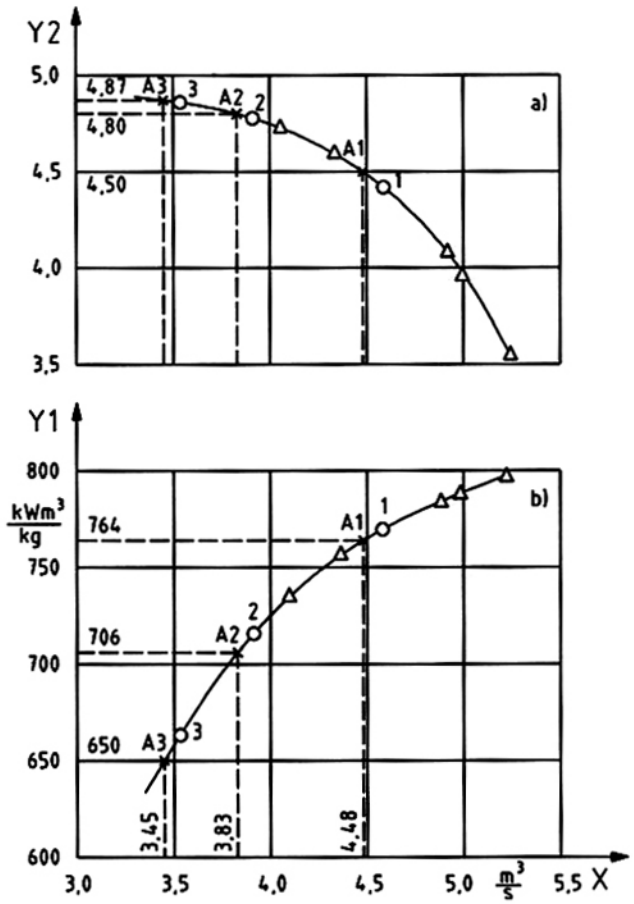
Phù hợp với 7.2.4.2.2, Hình 5, trong đó $\partial_{j,te} \neq \partial_{j,g}$ nhưng $\partial_{j,B,te} = \partial_{j,B,g}$

a) Đoạn A: cấp I không được làm mát.

	Ký hiệu	Trị số			Đơn vị
Thử nghiệm số		1	2	3	
Lưu lượng thể tích vào (giống như lưu lượng thể tích vào thường dùng)	$\dot{V}_{1,A,te}$	7,295	5,662	4,724	m^3/s
Áp suất vào	$p_{1,A,te}$	0,096 6 (0,966)	0,098 0 (0,980)	0,098 5 (0,985)	MPa (bar)
Nhiệt độ vào	$t_{1,A,te}$	12,1	12,9	13,0	^0C
Áp suất xả	$p_{2,A,te}$	0,169 (1,69)	0,155 (1,55)	0,144 (1,44)	MPa (bar)
Nhiệt độ xả	$t_{2,A,te}$	74,6	71,8	70,1	^0C
Tỷ số nén	$\Pi_{A,te}$	1,75	1,582	1,462	-
Số mũ đa hướng	$n_{A,te}$	1,548	1,690	1,920	-
Hiệu suất đa hướng	$\eta_{1,A,te}$	0,807	0,700	0,569	-
Công nén riêng đa hướng	$y_{p,A,te}$	50,809	41,528	34,305	kJ/kW
Công suất của khí	$P_{i,A,te}$	542	401	326	kW
Lưu lượng thể tích vào được chuyển đổi	$\dot{V}_{1,A,co}$	7,305	5,662	4,718	m^3/s
Công nén riêng đa hướng được chuyển đổi	$y_{p,A,co}$	50,945	41,528	34,213	kJ/kg
Tỷ số nén được chuyển đổi	$\Pi_{A,co}$	1,725	1,563	1,447	-
Công suất của khí được chuyển đổi	$P_{i,A,co}$	534	389	313	kW

b) Đoạn B – Các cấp được làm mát II tới IV

	Ký hiệu	Trị số			Đơn vị	Ghi chú
Thử nghiệm số		1	2	3		
Nhiệt độ vào	$t_{1,B,te}$	38,5	38,0	38,1	°C	-
Áp suất vào	$p_{1,B,te}$	0,169 (1,69)	0,155 (1,55)	0,144 (1,44)	MPa (bar)	-
Mật độ	$\rho_{1,B,te}$	1,885	1,731	1,608	kg/m^3	-
Lưu lượng thể tích vào	$\dot{V}_{1,B,te}$	4,554	3,893	3,514	m^3/s	-
Lưu lượng thể tích vào được chuyển đổi	$\dot{V}_{1,B,co}$	4,560	3,893	3,509	m^3/s	theo Hình 5 [7] xem Hình F.9
Áp suất xả toàn bộ của máy nén	$p_{2,te}$	0,745 1 (7,451)	0,743 7 (7,437)	0,703 0 (7,030)	MPa (bar)	-
Tỷ số nén	$\Pi_{B,te}$	4,409	4,798	4,882	-	-
Công nén riêng đẳng nhiệt	$y_{T,B,te}$	133,076	140,441	142,038	kJ/kg	-
Công nén riêng đẳng nhiệt được chuyển đổi	$y_{T,B,co}$	133,439	140,441	141,657	kJ/kg	-
Tỷ số nén được chuyển đổi	$\Pi_{B,co}$	4,43	4,79	4,86	-	theo Hình 5 [11] xem Hình F.9
Công suất của khí	$P_{i,B,te}$	1 450	1 231	1 063	kW	$P_{i,B,te} = P_{i,te} - P_{i,A,te}$
Công suất được chuyển đổi có liên quan đến mật độ	$P_{i,B,\rho}$	769	711	661	kWm^3/ kg	$P_{i,B,\rho} = \left(\frac{P_i}{\rho_1}\right)_{B,co}$



CHÚ DẪN:

X Lưu lượng thể tích hút, $\dot{V}_{1,B,co}$ của đoạn được làm mát

Y1 Công suất có liên quan đến mật độ, $P_{i,B,\rho}$

Y2 Tỷ số nén, $\Pi_{B,co}$

O Điểm thử (được tính toán trong ví dụ này)

Δ Điểm thử phụ

X Các điểm tại lưu lượng thể tích vào, $\dot{V}_{1,A,co}$ của đoạn không được làm mát

Hình F.9 – Các giá trị được chuyển đổi đối với tỷ số nén và mật độ có liên quan đến công suất của đoạn B máy nén được làm mát

Tỷ số nén được chuyển đổi

$\Pi_{B,co}$ (xem Hình F.9)

Và

$$P_{i,B,\rho} = \left(\frac{P_i}{\rho_1}\right)_{B,co}$$ [xem Hình F.9.b)]

Được vẽ đồ thị đối với lưu lượng thể tích vào được chuyển đổi, $\dot{V}_{1,B,co}$ của đoạn B.

c) Các giá trị cho toàn bộ máy nén (phần A+B)

Kết quả sau đổi với các điểm thử riêng của các lưu lượng thể tích vào cho đoạn B được làm mát (xem Hình F.10) được bố trí khi tính đến tỷ số nén được chuyển đổi cho đoạn A không được làm mát.

	Ký hiệu	Trị số			Đơn vị	Ghi chú
Thử nghiệm số		1	2	3		
Lưu lượng thể tích vào	$\dot{V}_{1,B,co}$	4,48	3,83	3,45	m^3/s	theo Hình 5, [12]
Mật độ ở trạng thái vào của đoạn B	$P_{i,B,co}$	1,886	1,709	1,581	kg/m^3	-
Tỷ số nén của đoạn B	$\Pi_{B,co}$	4,50	4,80	4,87	-	theo Hình 5
Công suất có liên quan đến mật độ của đoạn B	$P_{i,B,p,co}$	764	706	650	kWm^3/kg	-
Công suất của khí được chuyển đổi của đoạn B	$P_{i,B,co}$	1441	1 206	1 028	kW	-

	Ký hiệu	Trị số			Đơn vị	Ghi chú
Thử nghiệm số		1	2	3		
Lưu lượng thể tích vào	$\dot{V}_{1,co}$	7,035	5,66	4,718	m^3/s	xem Hình F.10 a) và b)
Tỷ số nén được chuyển đổi của đoạn A	$\Pi_{A,co}$	1,725	1,563	1,446	-	-
Tỷ số nén được chuyển đổi của đoạn B	$\Pi_{B,co}$	4,50	4,80	4,87	-	-
Tỷ số nén tổng được chuyển đổi	Π_{co}	7,763	7,502	7,042	-	xem Hình F.10 b); theo Hình 5
Công suất của khí được chuyển đổi của đoạn A	$P_{i,A,co}$	534	389	313	kW	-
Công suất của khí được chuyển đổi của đoạn B	$P_{i,B,co}$	1 441	1 206	1 028	kW	-
Tổn thất cơ học lúc thử	$P_{mech,to}$	70	70	70	kW	-
Tổn thất cơ học được chuyển đổi	$P_{mech,co}$	70	70	70	kW	-
Công suất tại khớp nối trục được chuyển đổi	$P_{cou,co}$	2 045	1 665	1 411	kW	xem Hình F.10 a)
Công nén riêng đẳng nhiệt được chuyển đổi	$y_{T,co}$	173,571	170,680	165,310	kJ/kg	-
Công suất đẳng nhiệt của máy nén được chuyển đổi	$P_{T,co}$	1 467	1 118	902,5	kW	-
Hiệu suất đẳng nhiệt tại khớp nối được chuyển đổi	$\eta_{T,cou,co}$	71,7	67,2	63,6	%	-

F.2.3.11 Độ không đảm bảo đo

Độ không đảm bảo đo của các kết quả cho điểm thử I

Các độ không đảm bảo đo của các kết quả đã được tính toán phù hợp với 6.4:

Đối với lưu lượng thể tích vào

	Giá trị %	Ghi chú	Viện dẫn cho đoạn
$\tau_{\dot{m}}$	1,1	theo TCVN 8113-1 (ISO 5167-1)	-
τ_N	0,07	dụng cụ đo số, 1 vòng quay liên quan đến giá trị cuối cùng	6.4.2.4 phương trình (18)
τ_{p1}	0,14	133 Pa (1,33 mbar) cho áp suất tuyệt đối	6.4.2.1.2 phương trình (17)
τ_{T1}	0,35	1K cho nhiệt độ truyệt đối	6.4.2.2.2 và Bảng 1
$\tau_{res,\dot{V}}$	1,165	-	6.4.4.2.1 phương trình (24)

đối với tỷ số nén

	Giá trị %	Ghi chú	Viện dẫn cho đoạn
τ_{p2}	0,9	Cấp chính xác 0,6, giá trị cuối cùng 0,1MPa (10bar)	6.4.2.1.1 phương trình (15)
$\tau_{res,\Pi}$	1,160	với X=1,014 và $\ln\Pi = 2,051$	6.4.4.2.2 phương trình (25) 4.2 phương trình (2)

đối với công suất tại khớp nối trục

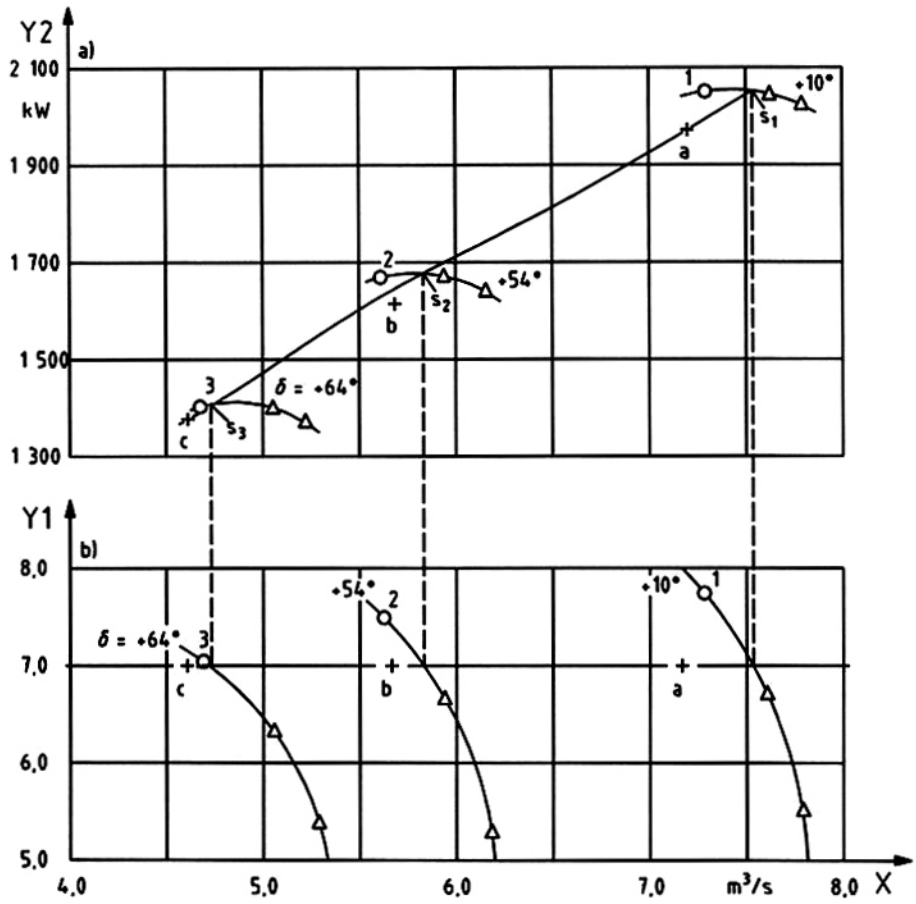
	Giá trị %	Ghi chú	Viện dẫn cho đoạn
		với $\varepsilon_2 = 2\,954$	6.4.4.2.4 phương trình (28)
$\tau_{P,cou}$	0,87	Loại chất lượng: máy biến dòng, 0,5; máy biến áp, 0,5; watt kế, 0,5	6.4.2.4 phương trình (21)
$\tau_{P,mech}$	2,86	-	-
$\tau_{T,I,B}$	0,323	1K cho nhiệt độ tuyệt đối	6.4.2.2.2
$\tau_{T,I,j}$	0,32	1K cho nhiệt độ tuyệt đối	-
$\tau_{res,P,cou}$	1,045	với $\varepsilon_3 = 0,73$ và $\ln\Pi_{A,co} = 0,545$	6.4.4.2.4 Bảng 1 $\vartheta_{j,te} \neq \vartheta_{j,g}$ trường hợp 2

Nên tính toán độ không đảm bảo đo của các kết quả tương tự như đối với các điểm thử 2 và 3 để có thể thực hiện được sự so sánh với bảo hành cho các điểm bảo hành (b) và (c) (xem Hình F.11).

Giải thiết rằng độ không đảm bảo đo của các kết quả cho các điểm 1,2 và 3 có thể được truyền cho các điểm S_1, S_2 và S_3.

So sánh với bảo hành

Ngoài các giá trị thử nghiệm được tập hợp ở đây [được đánh dấu "O" trên Hình F.10a) và b)], các điểm thử bổ sung thêm đã được vận hành [trên Hình F.10a) và b)] tại mỗi một trong các vị trí của cánh hướng dòng; các điểm thử nghiệm này đã được đánh giá và chuyển đổi theo cùng một cách (được chỉ thị bằng Δ trên Hình F.10).



CHÚ DẪN:

X Lưu lượng thể tích hút, $\dot{V}_{1,co}$

Y1 Tỷ số nén, Π_{co}

Y2 Công suất tại khớp nối trục ,$P_{COU,CO}$

\+ Các điểm bảo hành

O Điểm thử (được tính toán trong ví dụ này)

Δ Các điểm thử bổ sung thêm

Hình F.10 – Các giá trị điểm chuyển đổi đối với công suất tại khớp nối trục và tỷ số nén tổng

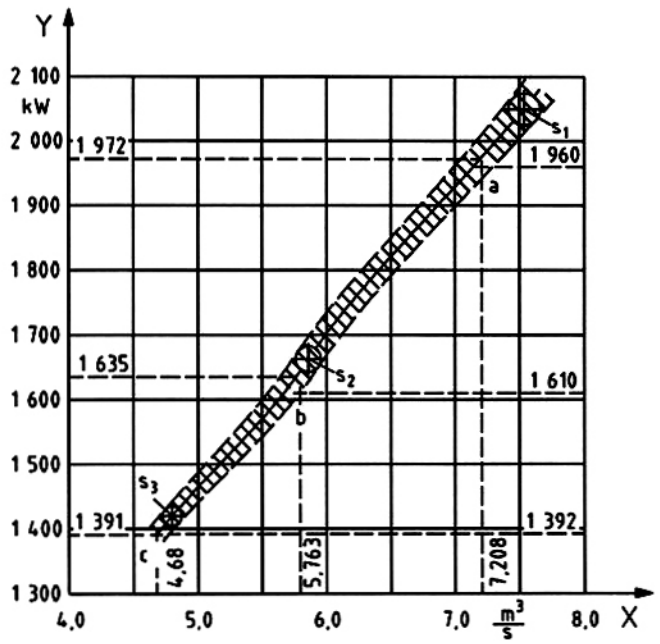
Tất cả các điểm được tập hợp trên Hình F.10 a) và b); các công suất tại tỷ số nén bảo hành $\Pi_g = 7,0$ đã được lấy từ đồ thị trên Hình F.10 a). Khi các điểm bảo hành tạo thành một đường

tính năng khác, có thể thực hiện việc so sánh dọc theo các điểm của đường cong này với các đường cong tính năng đo được của máy nén.

So sánh với bảo hành sau được giới thiệu dưới dạng biểu đồ trên Hình F.11, các kết quả:

	Ký hiệu	Trị số			Đơn vị
Điểm bảo hành $\Pi_g = 7,0$		a	b	c	
Lưu lượng thể tích vào	$\dot{V}_{1,g}$	7,208	5,763	4,680	m^3/s
Công suất tại khớp nối trục được bảo hành	$P_{COU,g}$	1960	1610	1392	kW
Công suất tại khớp nối trục được chuyển đổi	$P_{COU,CO}$	1972	1635	1391	kW
Sai lệch	-	+ 0,6	+ 1,55	- 0,1	%
Độ không đảm bảo đo áp dụng cho công suất quá mức	-	-	+ 0,3	-	%

Sự so sánh này chỉ ra rằng sự bảo hành được đáp ứng cho hai điểm bảo hành, trong khi, trong trường hợp điểm ở giữa thì mặc dù đã đáp ứng độ không đảm bảo đo vẫn tồn tại sự hơi vượt quá mức cho phép.



CHÚ DẪN:

X Lưu lượng thể tích hút, $\dot{V}_{1,CO}$

Y Công suất tại khớp nối trục $P_{COU,CO}$

\+ Các điểm bảo hành

Vùng gạch chéo áp dụng như là phạm vi không ổn định đo đối với $P_{COU,CO}$ tại $\Pi_g = 7,0$

Hình F.11 – So sánh với bảo hành đối với $P_{COU,CO}$

F.2.4 *Ví dụ thử 4*

Máy nén được làm mát, số mũ đa hướng $n_{te} = n_g$, tốc độ không điều chỉnh được (xem 7.2.3, Bảng 3, trường hợp 4 a)

Tốc độ không điều chỉnh được theo các điều kiện bảo hành, nhiệt độ vào và nhiệt độ tái làm mát điều chỉnh được, với kết quả $\partial_{j,te} = \partial_{j,g}$ và các tỷ số lưu lượng thể tích có thể được đáp ứng (chuyển đổi phù hợp với Bảng 3).

F.2.4.1 Mục đích của thử nghiệm

Kiểm tra công suất liên quan đến bảo hành ở bốn điểm bảo hành tại hai tỷ số nén khác nhau.

F.2.4.2 Cấu hình của hệ số

Máy nén không khí ly tâm ba cấp, có làm mát trung gian sau mỗi cấp, được dẫn động bằng động cơ điện.

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị
Áp suất vào	$p_{1,g}$	0,099 4 (0,994)	MPa (bar)
Nhiệt độ vào	$t_{1,g}$	20	^{0}C
Độ ẩm tương đối của không khí	φ_g	70	%
Hằng số khí	R_g	288,887	J/(kg.K)
Số mũ đẳng entropi	k_g	1,4	-
Lưu lượng thể tích nước làm mát	$\dot{V}_{W,g}$	60	m^3/h
Nhật độ nước làm mát vào	$t_{W,g}$	23	^{0}C

F.2.4.3 Đối tượng bảo hành

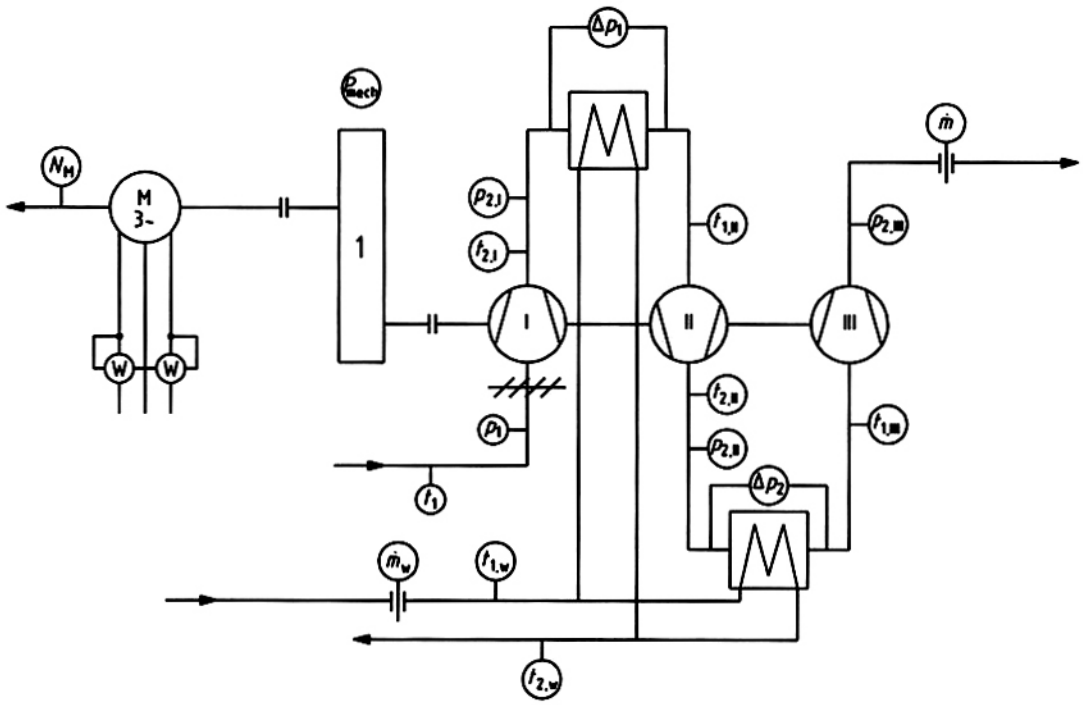
	Ký hiệu	Trị số				Đơn vị
Điểm bảo hành		a	b	c	d	
Lưu lượng thể tích vào	$\dot{V}_{1,g}$	24 490	24 490	17 140	14 910	m^3/h
Áp suất xả	$p_{2,g}$	0,65 (6,5)	0,55 (5,5)	0,65 (6,5)	0,55 (5,5)	MPa (bar)
Công suất tại khớp nối trục	P_{cou}	1 830	1 730	1 420	1 200	kWh
Công suất có liên quan tại khớp nối trục	$\left(\frac{p_{cou}}{\dot{V}_1}\right)_g$	0,074 72	0,070 64	0,082 85	0,080 48	$\frac{kWh}{m^3}$

F.2.4.4 Các dữ liệu thiết kế khác

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị
Tốc độ quay của động cơ dẫn động	$N_{M,g}$	1 480	1/min
Nhiệt độ không khí vào			
Cấp II	$t_{1,II,g}$	29	^{0}C
Cấp III	$t_{1,III,g}$	29	^{0}C

F.2.4.5 Bố trí thử nghiệm

Các phép thử nghiệm thu được trên băng thử của nhà sản xuất. Đo công suất của động cơ điện tại các đầu cực bằng phương pháp hai Watt kế. Công suất tại khớp nối trục được tính toán từ công suất tại các đầu cực nối khi sử dụng phương pháp tổn thất riêng.



CHÚ DẪN:

1 Hộp số

Hình F.12 - Bố trí thử nghiệm và các trạm đo

Các nhiệt độ tái làm mát được điều chỉnh bằng chỉnh dặt lưu lượng và nhiệt độ nước làm mát và đồng thời đánh giá chất lượng của các bộ phận làm mát.

Thiết bị thử được giới thiệu trên hình 12. Máy nén được trang bị hệ thống điều chỉnh cánh hướng dòng được lắp đặt phía đầu dòng của cấp thứ nhất.

Chỉ có các bộ chuyển đổi dữ liệu được cùng với hệ thống thu thập dữ liệu và một bộ phận kiểm tra được sử dụng cho các mục đích đo. Các dụng cụ đo đã được hiệu chuẩn trước khi thử trong phòng thử nghiệm hiệu chuẩn đã được chứng nhận.

Điều kiện thử

Để kiểm tra công suất có liên quan tại bốn điểm bảo hành, tổng năm đoạn đường cong tính năng cho các vị trí khác nhau của cánh hướng dòng trong phạm vi làm mát của máy nén được vận hành trong mỗi trường hợp sao cho hai đường tính năng của thiết bị $\Pi_{g1} = \text{constant}$ và $\Pi_{g2} = \text{constant}$ giao nhau với các đoạn đường cong tính năng của máy nén.

Chỉ có các điểm thử của đường cong tính năng có chuyển động quay sơ bộ âm $\delta_1 = const$ được chỉ dẫn trong ví dụ này.

Thực hiện việc so sánh với bảo hành bằng các phương pháp biểu đồ và tính toán các độ không đảm bảo đo cho so sánh với bảo hành tới với tất cả các điểm bảo hành.

F.2.4.6 Điều kiện chỉnh đặt

Có thể điều chỉnh các nhiệ độ tái làm mát ở phía đầu dòng của cấp thứ hai và thứ ba của máy nén bằng cách thay đổi lưu lượng nước làm mát sao cho các tỷ số nhiệ độ ∂_j phù hợp với các tỷ số nhiệt độ của thiết kế.

Nếu có thể giữ vững được các điều kiện về tính tương tự trong tất cả các thử nghiệm mà không tính đến dung sai bổ sung (các điều kiện chỉnh đặt của các cấp ở trong phạm vi của dung sai bên trong $\Delta\phi_{tol} \pm 0,01$. Do tính năng của thử nghiệm sử dụng khí ban đầu và chỉ có các sai lệch nhỏ trong các điều kiện thử so với các điều kiện bảo hành cho nên không cần thiết phải chuyển đổi hiệu suất như là kết quả của các số Reynolds khác nhau.

	Ký hiệu	Trị số			Đơn vị
Thử nghiệm số		1	2	3	
Tốc độ của động cơ	$N_{M,te}$	1487	1488	1487	1/min
Lưu lượng khối lượng [a]	$\dot{m}_{te}$	23389	30157	30695	kg/h
Áp suất vào	$p_{1,te}$	0,0961 (0,901)	0,0959 (0,959)	0,0956 (0,956)	MPa (bar)
Nhiệt độ vào	$t_{1,te}$	21,75	22,03	22,99	°C
Độ ẩm của không khí	φ_{te}	50	45	41	%
Hằng số khí	R_{te}	288,567	288,444	288,402	J/(kg.K)
Nhiệt độ nước làm mát vào	$t_{W,1,te}$	23,3	23,1	23,7	°C
Nhiệt độ					
xả của cấp I	$t_{2,I,te}$	115,1	115,1	116,2	°C
vào của cấp II	$t_{1,II,te}$	30,5	31,0	32,0	°C

	Ký hiệu	Trị số			Đơn vị
xả của cấp II	$t_{2,II,te}$	95,9	92,9	91,6	^{0}C
vào của cấp III	$t_{1,III,te}$	30,6	31,0	32,1	^{0}C
xả của cấp III	$t_{2,III,te}$	91,1	87,5	86,5	^{0}C
Áp suất					
xả của cấp I	$p_{2,I,te}$	0,2100 (2,100)	0,2024 (2,024)	0,1972 (1,972)	MPa (bar)
vào của cấp II	$p_{1,II,te}$	0,2044 (2,044)	0,1957 (1,957)	0,1900 (1,900)	MPa (bar)
xả của cấp II	$p_{2,II,te}$	0,3745 (3,745)	0,3234 (3,234)	0,3331 (3,331)	MPa (bar)
vào của cấp III	$p_{1,III,te}$	0,3711 (3,711)	0,3161 (3,161)	0,3281 (3,281)	MPa (bar)
xả của cấp III	$p_{2,III,te}$	0,6496 (6,496)	0,5343 (5,343)	0,5209 (5,209)	MPa (bar)
Công suất tại khớp nối trục từ cân bằng năng lượng					
Độ chênh lệch của entropi riêng					
cấp I	$\Delta h_{I,te}$	94,47	93,84	94,00	kJ/kg
cấp II	$\Delta h_{II,te}$	65,83	62,33	59,99	kJ/kg
cấp III	$\Delta h_{III,te}$	60,93	59,89	54,76	kJ/kg
Công suất khí của cấp					
cấp I	$P_{i,I,te}$	744,99	786,12	801,47	kW
cấp II	$P_{i,II,te}$	519,15	522,12	511,50	kW
cấp III	$P_{i,III,te}$	480,48	476,56	466,93	kW
Tổng	$P_{i,te}$	1744,60	1784,80	1779,90	kW
Tổn thất công suất cơ học	$P_{mech,te}$	42	44	44	kW
Tổn thất dẫn nhiệt và bức xạ [b]	$P_{rad,te}$	5	5	5	kW
Công suất tại khớp nối trục	$P_{cou,te}$	1791,6	1833,8	1826,9	kW

[a] Được đo theo TCVN 8113-1 (ISO 5167-1) trên phía xả; tương tự như lưu lượng khối lượng trong sử dụng; vì không có sự ngưng tụ của nước trong các bộ phận làm mát.

[b] Các tổn thất được đánh giá.

	Ký hiệu	Trị số			Đơn vị	Ghi chú
Thử nghiệm số		1	2	3		
Tỷ số nén	Π_{te}	6,758	6,166	5,447	-	-
Công nén riêng đẳng nhiệt	$y_{T,te}$	162,51	154,81	144,67	kJ/kg	Phương trình (E.63)
Mật độ ở đầu vào	$\rho_{1,te}$	1,1300	1,1261	1,1202	kg/m^3	-
Lưu lượng thể tích vào	$\dot{V}_{1,te}$	25124	26780	27400	m^3/s	-

F.2.4.7 Công suất tại khớp nối trục từ công suất điện đo được

	Ký hiệu	Trị số			Đơn vị
Thử nghiệm số		1	2	3	
Công suất tại các đầu cực nối	$P_{term,te}$	1890	1942	1927	kW
Tốc độ quay của động cơ điện	$N_{M,te}$	1487	1488	1487	1/min
Tổn thất công suất của động cơ điện	$P_{V,te}$	75,6	77,7	77,1	kW
Công suất tại khớp nối trục	$P_{cou,te}$	1814,4	1864,3	1849,9	kW

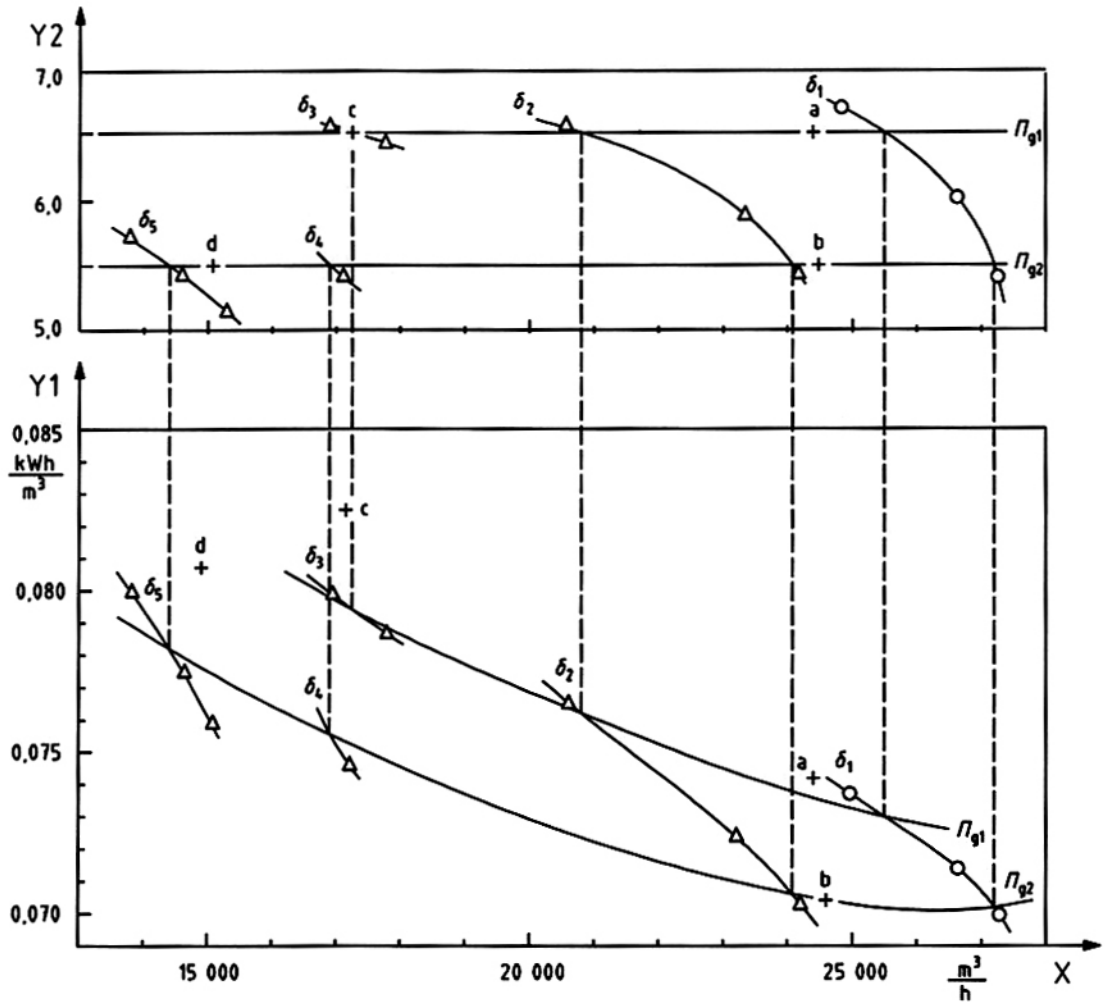
Theo thoả thuận, công suất điện đo được được sử dụng để đánh giá thêm cho các thử nghiệm.

F.2.4.8 Công suất có liên quan

	Ký hiệu	Trị số			Đơn vị
Công suất có liên quan tại khớp nối trục	$\left(\frac{P_{cou}}{\dot{V}_1}\right)_{te}$	0,07222	0,06962	0,06751	$\frac{kWh}{m^3}$
Công suất nén đẳng nhiệt	P_T	1281,6	1296,9	1233,5	kW
Hiệu suất đẳng nhiệt tại khớp nối trục	$\eta_{T,cou,te}$	0,706	0,696	0,667	-

F.2.4.9 Chuyển đổi theo điều kiện bảo hành

	Ký hiệu	Trị số			Đơn vị	Ghi chú
Thử nghiệm số		1	2	3		
Tốc độ thử nghiệm	$N_{M,te}$	1487	1488	1487	1/min	-
Tốc độ thiết kế	$N_{M,g}$	1480	1480	1480	1/min	-
Lưu lượng thể tích vào được chuyển đổi	$\dot{V}_{1,co}$	25,006	26629	27264	m^3/h	Hình 4
Công nén đẳng nhiệt được chuyển đổi	$y_{T,co}$	161,59	153,15	143,31	kJ/kg	Hình 4
Tỷ số nén được chuyển đổi	Π_{co}	6,7666	6,0977	5,4290	-	Hình 4
Công suất tại khớp nối trục được chuyển đổi	$P_{cou,co}$	1868,1	1910,6	1909,6	kW	Hình 4
Công suất có liên quan được chuyển đổi	$\left(\frac{P_{cou}}{\dot{V}_1}\right)_{\infty}$	0,07471	0,07175	0,07004	$\frac{kWh}{m^3}$	-



CHÚ DẪN:

X Lưu lượng thể tích hút, $\dot{V}_{1,co}$

Y1 Công suất có liên quan tại khớp nối trục $\left(\frac{P_{cou}}{\dot{V}_1}\right)_{\infty}$

Y2 Tỷ số nén, Π_{co}

\+ Các điểm bảo hành

O Các điểm thử (được tính toán trong ví dụ này)

Δ Các điểm thử bổ sung tại các giá trị chỉnh đặt, cánh hướng dòng khác nhau, θ

Hình F.13 – Công suất có liên quan tại khớp nối trục và tỷ số nén là một hàm số của lưu lượng thể tích vào

Độ không đảm bảo đo

Các độ không đảm bảo đo tương đối đã được tính toán cho điểm đo 1 khi sử dụng phương pháp sai phân từ phần 6.4.4.3 để chứng minh. Cũnyg có thể áp dụng phương pháp từ 6.4.4.2.4 trong trường hợp này.

Phương trình bắt đầu cho độ không đảm bảo đo tương đối đối với công suất có liên quan tại khớp nối trục là

$$W(x_i) = \frac{P_{cou,cog}}{\dot{V}_{1,g}} = \frac{P_{i,cog}}{\dot{V}_{1,g}} + \frac{P_{mech,cog}}{\dot{V}_{1,g}} \quad \text{(F.18)}$$

Trong đó

$$P_{i,cog} = P_{i,co} \frac{y_{T,g}}{y_{T,co}} . \frac{\dot{V}_{1,g}}{\dot{V}_{1,co}} \quad \text{(F.19)}$$

Trong đó công nén đẳng nhiệt của cấp cho sự hợp nhất gần đúng ảnh hưởng của nhiệt độ tái làm mát là

$$y_{T,z} = \left(\frac{1}{z} + \frac{z-1}{z} . \frac{T_{1,j,av}}{T_{1,j}} \right) . R.Z.T_{1,j} . \ln \frac{p_{2,z}}{p_{1,j}} \quad \text{(F.20)}$$

$$W(x_i) = K_c . \frac{P_{cou,te} - P_{mech,te}}{\dot{m}_{te} . \left(\frac{1}{z} + \frac{z-1}{z} . \frac{T_{1,II,te}}{T_{1,I,te}} \right) \left(R.Z.T_{1,I} . \ln \frac{p_{2,III}}{p_{1,I}} \right)_{re}} + \frac{P_{mech,cog}}{\dot{V}_{1,g}} \quad \text{(F.21)}$$

trong đó

$$K_c = 10^5 . p_{1,I,g} \left(\frac{1}{z} + \frac{z-1}{z} . \frac{T_{1,II,g}}{T_{1,I,g}} \right) . \ln \left(\frac{p_{2,III}}{p_{1,I}} \right)_g \quad \text{(F.22)}$$

trong đó

$p_{1,I,g}$ = 99,4 kPa (0,994 bar)

$p_{2,III,g}$ = 650 kPa (6,5 bar)

$T_{1,I,g}$ = 293,15 K

$T_{1,II,g}$ = 302,15 K

$\dot{V}_{1,g}$ = 24 490 m^3/h

$P_{mech,co} = P_{mech,te}$

dẫn đến $W(x_i) = 0,0734233 kWh/m^3$

Trong dẫn suất của các phương trình trong 6.4.4.2, p_1, p_2 và áp suất tuyệt đối chứa trong phương trình lưu lượng khối lượng được xem xét ở đây theo cách đơn giản hóa như là các biến số được đo độc lập đối với nhau, mặc dù chúng chứa sai số đo thông thường của áp suất môi trường xung quanh p_{amb} thông qua phương trình (17).

Biến số được đo	Ký hiệu	Đơn vị	x_1	τ_{xi} %	V_{xi}	$W(x_i+V_{xi})$ kW/m³	$W(x_i-V_{xi})$ kW/m³	f_{xi}	$f_{xi}2$
Công suất tại khớp nối trục	$P_{câu,te}$	kW	1814,4	0,5	9,027	0,073795	0,073050	$5,0733.10^{-3}$	$2,5738.10^{-5}$
Tổn thất công suất cơ học	$P_{mech,te}$	kW	42	10	4,2	0,073424	0,073421	$2,1974.10^{-5}$	$4,8287.10^{-10}$
Lưu lượng khối lượng	$\dot{m}_{te}$	kg/h	28389	1,2	340,668	0,072573	0,074294	$1,1721.10^{-2}$	$1,3739.10^{-4}$
Nhiệt độ vào cấp I	$T_{1,I,te}$	K	294,9	0,3	1	0,073343	0,073502	$1,0825.10^{-3}$	$1,1718.10^{-6}$
Nhiệt độ vào cấp II	$T_{1,II,te}$	K	303,65	0,3	1	0,073264	0,073582	$2,1650.10^{-3}$	$4,6873.10^{-6}$
Hằng số khí	R_{te}	J/(kg.K)	288,567	0	0	0,073423	0,073423	0	0
Hệ số nén	Z_{te}	-	1	0	0	0,073423	0,073423	0	0
Áp suất vào	$p_{1,I,te}$	kPa (bar)	96,12 (0,9612)	10,7 (0,107)	0,1028 (0,001028)	7,346 3 (0,073 463)	0,073383	$5,4646.10^{-4}$	$2,9862.10^{-7}$
Áp suất xả	$p_{2,III,te}$	kPa (bar)	649,6 (6,496)	25,4 (0,254)	1,65 (0,0165)	7,332 8 (0,073 328)	0,073518	$1,2979.10^{-3}$	$1,6845.10^{-6}$
								$\sum f_{xi}^2$ = $1,7097.10^{-4}$	

$$\tau_{res} = \pm\sqrt{\sum f_x^2}$$

Độ không đảm bảo đo tương đối của các kết quả đối với công suất có liên quan được chuyển đổi.

$$\tau_{res} = 1,31\,\%$$

Độ không đảm bảo đo tương đối của các kết quả cho các điểm thử khác nên được tính toán một cách tương tự.

So sánh với bảo hành

Tất cả các điểm thử được vẽ đồ thị như trên Hình F.13. So sánh với bảo hành đã được thực hiện khi sử dụng phương pháp biểu đồ. Để so sánh, các chỗ giao nhau của các đường cong của máy nén với các đường tính năng của thiết bị ($\Pi_{g1} = constant; \Pi_{g2} = cons\cdot$) được chiếu thẳng đứng lên các đường cong tính năng đối với công suất giảm. Các đường nối các điểm thu được theo cách này cho công suất có liên quan chỉ ra các sai lệch so với công suất có liên quan được bảo hành tại các lưu lượng thể tích vào.

Vì các công suất có liên quan được chuyển đổi theo cách này đều ở dưới các giá trị bảo hành tại tất cả các điểm bảo hành cho nên có thể bỏ qua việc vẽ đồ thị phạm vi của độ không đảm bảo đo.

	Ký hiệu	Trị số				Đơn vị
Điểm bảo hành		a	b	c	d	
Lưu lượng thể tích vào	$\dot{V}_{1,g}$	24490	24490	17140	14910	$\frac{kWh}{m^3}$
Công suất có liên quan theo bảo hành	$\Delta\left(\frac{P_{cou}}{\dot{V}_1}\right)_g$	0,07472	0,07064	0,08285	0,08048	$\frac{kWh}{m^3}$
Công suất có liên quan lúc thử được chuyển đổi theo điều kiện bảo hành	$\Delta\left(\frac{P_{cou}}{\dot{V}_1}\right)_\infty$	0,07410	0,07040	0,07980	0,07750	$\frac{kWh}{m^3}$
Sai lệch	$\Delta\left(\frac{P_{cou}}{\dot{V}_1}\right)$	- 0,00062	-0,00024	-0,00305	-0,00298	$\frac{kWh}{m^3}$
Sai lệch	$\Delta\left(\frac{P_{cou}}{\dot{V}_1}\right)$	- 0,83	- 0,34	- 3,68	- 3,70	%
Giá trị trung bình (hệ số trọng lượng $c_1 = 1$)	$\Delta\left(\frac{P_{cou}}{\dot{V}_1}\right)$	-2,14				%

F.2.5 Ví dụ thử 5

Máy nén đường ống không được làm mát, số mũ đa hướng $n_{te} \neq n_g$, tốc độ điều chỉnh được bằng dẫn động tuabin khí (xem 7.2.3, Bảng 2, trường hợp 3d)

Các điều kiện thử sai lệch so với các điều kiện bảo hành. Sự thay đổi tốc độ làm cho máy có thể vận hành các phép thử tính năng trong phạm vi sai lệch cho phép của tỷ số ϕ của các tỷ số lưu lượng thể tích. Các ví dụ có tính đến việc tính toán độ không ổn định đo.

F.2.5.1 Mục đích của thử nghiệm

Kiểm tra công suất được bảo hành tại khớp nối trục ở một điểm bảo hành và kiểm tra công suất tiêu thụ nhiệt có liên quan đến công suất đẳng entropi của máy nén được thực hiện tại hiện trường. Trong ví dụ này chỉ xử lý sự so sánh với bảo hành về công suất của khớp nối trục máy nén.

F.2.5.2 Cấu hình của hệ thống

Máy nén ly tâm một cấp dùng để truyền khí tự nhiên trong đường ống. Máy nén được dẫn động bằng tuabin khí có hai trục.

F.2.5.3 Điều kiện bảo hành

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị
Áp suất vào	$p_{1,g}$	4,9 (49)	MPa (bạr)
Nhiệt độ vào	$t_{1,g}$	10	^{0}C
Mật độ ở đầu vào	$\rho_{1,g}$	38,219	kg/m^3
Loại khí		Khí tự nhiên	
Khối lượng mol	M_g	16,460	kg/mol
Hằng số khí	R_g	0,5051	kJ/(kg.K)
Tốc độ quay	N_g	15930	1/min

Thành phần của khí	% thể tích
Cacbon đioxit	0,17
Nitơ	0,92
Metan	97,68
Metan	0,84
Propan	0,26
Butan	0,09
Pentan	0,03
Hexan	0,01
Heptan	0,01
Octan	0,01
Benzon	0,01

F.2.5.4 Đối tượng bảo hành

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị
Lưu lượng thể tích vào	$\dot{V}_{1,g}$	1,3694	m^3/s
Áp suất xả	$p_{2,g}$	0,75(75)	MPa (bar)
Công suất tại khớp trục nối	$P_{cou,g}$	3850	kW

F.2.5.5 Các dữ liệu thiết kế khác

	Ký hiệu	Trị số	Đơn vị
công nén riêng đa hướng	$y_{p,g}$	58,4	kJ/kg
Công nén riêng đẳng entropi	$y_{s,g}$	57,7	kJ/kg
Số mũ đa hướng	n_g	1,4704	-
Hiệu suất đa hướng	$\eta_{p,g}$	81,34	%
Số mũ đẳng entropi	$k_{V,g}$	1,3583	-
Hiệu suất đẳng entropi	$\eta_{s,g}$	80,36	%

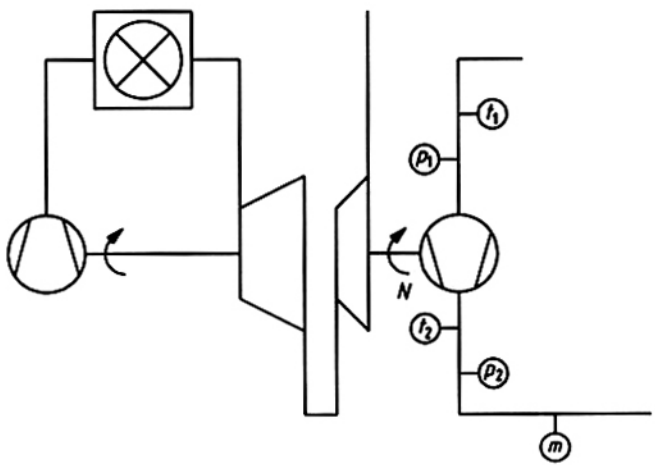
F.2.5.6 Bố trí thử nghiệm

Các phép thử bảo hành đã được thực hiện ở hiện trường với khí gần với khí ban đầu. Các điểm thử riêng lẻ đã được điều chỉnh bằng các van tiết lưu sẵn có tại đầu vào và đầu ra của máy nén và điều chỉnh tốc độ công suất của tuabin.

Thực hiện bốn điểm thử nghiệm trên một đường tốc độ không đổi gần với tốc độ được dự đoán để đáp ứng các tọa độ của điểm bảo hành (lưu lượng thể tích vào và công nén đa hướng).

Thiết bị thử được giới thiệu trên Hình F.14. Công suất của khớp nối trục đã được đo trực tiếp bằng dụng cụ đo momen xoắn đã được hiệu chỉnh (đo momen xoắn và tốc độ) và được tính toán bổ sung từ công suất của khí và các tổn thất cơ học được lấy từ các kết quả thử nghiệm ở xưởng.

Chỉ sử dụng các bộ chuyển đổi dữ liệu điện cùng với một hệ thống thu thập dữ liệu cho các mục đích đo. Các dụng cụ đo đã được hiệu chuẩn trước khi thử trong phòng thử nghiệm đã được chứng nhận.



Hình F.14 – Bố trí thử nghiệm và các trạm đo

Các điều kiện chỉnh đặt tương đối như các điều kiện bảo hành

F.2.5.7 Điều kiện thử

Thành phần của khí	% thể tích
Cacbon đioxit	0,1675
Nitơ	0,8339
Metan	97,9897
Etan	0,6659
Propan	0,2274
Butan	0,0835
Pentan	0,0196
Hexan và cao hơn	0,0125

	Ký hiệu	Trị số				Đơn vị
Thử nghiệm số		1	2	3	4	
Tốc độ	N_{te}	16002	15987	16004	16002	min^{-1}
Áp suất vào	$p_{1,te}$	4,913 (49,13)	4,925 (49,25)	4,9073 (49,073)	4,8301 (48,301)	MPa (bar)
Nhiệt độ vào	$t_{1,te}$	8,24	8,4	8,4	8,11	^0C
Khối lượng mol	M_{te}	16,164	16,164	16,164	16,164	kg/mol
Hệ số nén ở đầu vào	$Z_{1,te}$	0,8955	0,8955	0,8959	0,8970	-

F.2.5.8 Kết quả thử

	Ký hiệu	Trị số				Đơn vị	Ghi chú
Thử nghiệm số		1	2	3	4		
Lưu lượng khối lượng	$\dot{m}_{te}$	60,47	56,11	52,39	47,21	kg/s	-
Mật độ ở đầu vào	$\rho_{1,te}$	37,826	37,906	37,766	37,171	kg/m^3	-
Lưu lượng thể tích vào	$\dot{V}_{1,te}$	1,5986	1,4800	1,3872	1,2700	m^3/s	-
Áp suất xả	$p_{2,te}$	7,066 (70,66)	7,353 (73,53)	7,523 (75,23)	7,62 (76,2)	MPa (bar)	-
Nhiệt độ xả	$t_{2,te}$	41,66	48,16	48,0	47,24	^0C	-
Hệ số nén xả	$Z_{2,te}$	0,9071	0,9075	0,9084	0,9099	-	-
Số mũ đẳng entropi	$k_{V,te}$	1,3498	1,3537	1,3557	1,3565	-	Phương trình (E.67)
Số mũ đa hướng	n_{te}	1,5246	1,5016	1,4927	1,4839	-	Phương trình (E.81)
Độ chênh lệch của entropi đa hướng	$\Delta h_{s,te}$	49,432	54,845	58,697	62,869	kJ/kg	BWR

	Ký hiệu	Trị số				Đơn vị	Ghi chú
Công nén riêng đẳng entropi	$y_{s,te}$	49,496	54,911	58,762	62,932	kJ/kg	Phương trình (E.68)
Công nén riêng đa hướng	$y_{p,te}$	50,108	55,565	59,476	63,719	kJ/kg	Phương trình (E.77)
Hệ số hiệu chỉnh	f	0,9987	0,9988	0,9989	0,9990		-
Hiệu suất đa hướng	$\eta_{p,te}$	75,81	78,35	78,33	80,27	%	-
Hiệu suất đẳng entropi	$\eta_{s,te}$	74,79	77,33	79,37	79,20	%	-
công suất của khí	$P_{i,te}$	3997	3979	3926	3748	kW	-
Tổn thất cơ học	$P_{mech,te}$	30	30	30	30	kW	-
Tổn thất do bức xạ	$Q_{rad,te}$	0	0	0	0	kW	-
Công suất tại khớp nối trục dựa trên phép đo nhiệt độ	$P_{cou,te,1}$	4027	4009	3956	3778	kW	-
Công suất tại khớp nối trục dựa trên phép đo momen xoắn	$P_{cou,te,2}$	4031	4015	3972	3790	kW	-
Công suất có trọng lượng tại khớp nối trục	$\overline{P}_{cou,te}$	4030	4014	3969	3788	kW	-
Tỷ số của các tốc độ giảm	X_N	0,9936	0,9926	0,9936	0,9934		Phương trình (E.112)

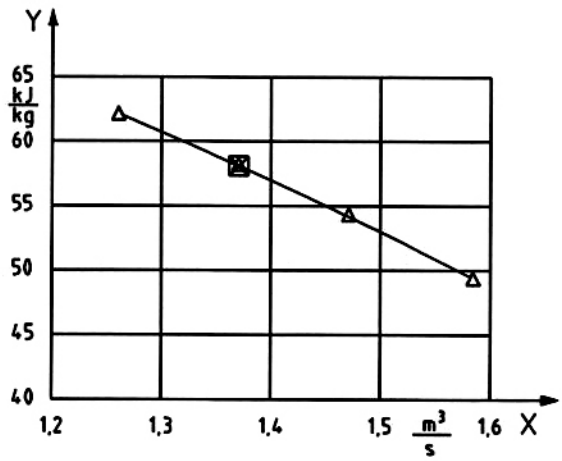
F.2.5.9 Chuyển đổi theo điều kiện bảo hành

Trong bước thứ nhất, việc chuyển đổi theo điều kiện bảo hành đã được thực hiện đối với mật độ ở đầu vào và tốc độ chuẩn của bốn lần chạy thử.

Trong bước thứ hai, việc chuyển đổi đã được thực hiện theo các con số bảo hành của công nén riêng đa hướng, và lưu lượng thể tích trên cơ sở các giá trị đợc chuyển đổi ở trên của lưu lượng thể tích vào, công nén đa hướng, công suất của khí và các tổn thất cơ học bằng cách nhân các giá trị này với tỷ số bình phươnglà lập phương của tốc độ đáp ứng các con số bảo hành và tốc độ thử chuẩn.

Trước khi thực hiện yêu cầu này, công suất của khí đã được chuyển đổi do giá trị trung bình có trọng lượng của công suất tại khớp nối trục được đo bằng các phương pháp độc lập khác nhau.

	Ký hiệu	Trị số				Đơn vị	Ghi chú
Thử nghiệm số		1	2	3	4		
Tốc độ chuẩn	$N_{te,ref}$	16000	16000	16000	16000	min^{-1}	-
Lưu lượng vào được chuyển đổi	$\dot{V}_{1,co}$	1,5984	1,4788	1,3869	1,2698	m^3/s	-
Công nén riêng đa hướng được chuyển đổi	$y_{p,co}$	50,095	55,655	59,446	63,703	kJ/kg	-
Công suất có trọng lượng tại khớp nối trục được chuyển đổi	$p_{cou,co}$	4070,5	4056,9	4013,7	3892,6	kW	xem 6.4.4.5 Phương trình (38)
Tốc độ đáp ứng các con số bảo hành	$N_{co,g}$	15840	15840	15840	15840	min^{-1}	-
Lưu lượng vào được chuyển đổi, g	$\dot{V}_{1,co,g}$	1,5824	1,4640	1,3730	1,2571	m^3/s	-
Công nén riêng đa hướng được chuyển đổi, g	$y_{p,co,g}$	49,10	54,55	58,26	62,43	kJ/kg	-
Công suất tại khớp nối trục được chuyển đổi	$P_{cou,co,g}$	3950	3936	3894	3777	kW	xem 8.2.2 Phương trình (48)



CHÚ DẪN:

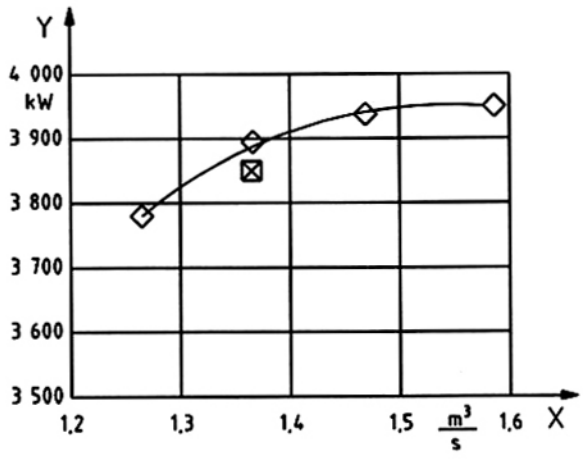
X Lưu lượng thể tích vào được chuyển đổi $\dot{V}_{1,co,g}$

Y Công nén riêng đa hướng được chuyển đổi, $y_{p,co,g}$

⊠ Bảo hành

Δ Thử nghiệm

Hình F.15 – Công nén riêng đa hướng được chuyển đổi theo các điều kiện bảo hành đối với lưu lượng thể tích vào



CHÚ DẪN:

X Lưu lượng thể tích vào được chuyển đổi $\dot{V}_{1,co,g}$

Y Công suất tại khớp nối trục được chuyển đổi, $P_{cou,co,g}$

⊠ Bảo hành

◇ Thử nghiệm

Hình F.16 – Công suất tại khớp nối trục được chuyển đổi theo các điều kiện bảo hành đối với lưu lượng thể tích vào

Độ không đảm bảo

Các độ không đảm bảo đo đã được tính toán theo điểm đo 3 khi sử dụng phương pháp vi sai (xem 6.4.4.3) áp dụng cho chương trình máy tính để tính toán các kết quả thử.

Để so sánh bảo hành với con số bảo hành chính, công suất tại khớp nối trục khi thử đã được xác định bằng hai phương pháp đo khác nhau độc lập đối với nhau, độ không đảm bảo của kết quả đo phải được tính toán như một giá trị có trọng lượng phụ thuộc vào các giá trị đo và độ không đảm bảo đo của chúng.

Phương trình để tính toán công suất tại khớp nối trục có trọng lượng là

$$\overline{P}_{cou,co} = \frac{\sum\left[\left(\frac{1}{V_{p,cou,co,i}}\right).P_{cou,co,i}\right]}{\sum\left(\frac{1}{V_{p,cou,co,i}}\right)^2} \qquad \text{(F.23)}$$

trong đó $P_{cou,co,i}$ là hai kết quả của công suất tại khớp nối trục được chuyển đổi đo được bằng hai phương pháp độc lập đối với nhau và $P_{cou,co,i}$, độ không đảm bảo đo của cả hai giá trị kết quả.

Giá trị trung bình có trọng lượng của độ không đảm bảo đo được cho bởi phương trình.

$$V_{\overline{P}cou,co} = \frac{1}{\sqrt{\sum\left(\frac{1}{V_{p,cou,co,i}}\right)^2}} \qquad (F.24)$$

Bảng sau đây có chứa các độ không đảm bảo đo của các phép đo riêng lẻ cũng như có độ không đảm bảo của các kết quả được tính toán.

Biến số đo	Ký hiệu	Đơn vị	x_i	τ_{xi} %	$f_{xi}(P_{cou,co})^2$ bởi nhiệt độ	$f_{xi}(P_{cou,co})^2$ bởi momen xoắn	$f_{xi}(\dot{V}_{1,co})^2$
Áp suất khí áp suất kế	b_0	MPa (bar)	0,101 (1010)	0,1	3,70076.E-10	5,1984.E-10	5,2441.E-10
Áp suất vào	p_1	MPa (bar, áp kế)	4,908 (48,07)	0,1	3,83189.E-07	1,16964.E-06	1,18745.E-06
Áp suất xả	p_2	MPa (bar, áp kế)	7,523 (74,22)	0,1	2,16123.E-07	0	0
Nhiệt độ vào	T_1	K	281,55	0,25	1,30521.E-04	1,29456.E-05	1,31461.E-06
Nhiệt độ xả	T_2	K	321,15	0,25	7,49729.E-04	3,81564.E-11	0
Công suất khớp nối trục do momen xoắn	P_{cou}	kW	3927	1,32	0	1,742749.E-04	0
Tổn thất cơ học	P_{mech}	kW	30	10	2,28981.E-07	1,000000.E-10	0
Tốc độ quay	N	min^{-1}	16004	0,1	8,87855.E-06	8,82744.E-06	9,98001.E-07
Lưu lượng khối lượng	$\dot{m}$	kg/h	188604	1,2	1,42626.E-04	0	1,44000.E-04
Độ không đảm bảo đo của kết quả	$\tau_{res} = \sqrt{\sum(f_{xi})^2}$	%	-	-	3,15	1,40	1,26

Theo [6] các giá trị của công suất tại khớp nối trục được chuyển đổi và các độ không đảm bảo đo kết quả của chúng đã được lấy để tính toán công suất tại khớp trục nối có trong lượng điện chuyển đổi:

Công suất tại khớp nói trục có trọng lượng được chuyển đổi	$P_{cou,c}$	kW	3889
Công suất tại khớp nối trục bảo hành	$P_{cou,g}$	kW	3850
Sai lệch	ΔP_{cou}	kW	39
Sai lệch	$\frac{\Delta P_{cou}}{P_{cou,g}}$	%	1,01
Độ không đảm bảo đo	τ_{rcs}	%	±1,28

F.2.5.10 So sánh với bảo hành

Tất cả các điểm thử có liên quan đến so sánh với bảo hành được vẽ đồ thị trên các Hình F.15 và F.16.

So sánh với bảo hành đã được thực hiện bằng biểu đồ bằng cách lấy giá trị của công suất tại khớp nối trục được chuyển đổi ở lưu lượng thể tích vào được bảo hành từ đồ thị trên Hình F.16.

Mặc dù công suất tại khớp nối trục được chuyển đổi cao hơn giá trị bảo hành, bảo hành vẫn được đáp ứng một phần tự độ không đảm bảo đo được tính toán.

Thư mục tài liệu tham khảo

[1] TCVN 6398 [ISO 31 (parts 0 to 13)], Quantities, units and symbols (Các đại lượng, đơn vị và ký hiệu).

[2] ASME PTC 10, *Power test Code – Compressors and Exhausters (Quy tắc thử công suất – Máy nén và máy hút).*

[3] VDI 2045-1, *Acceptance and Performance Tests on Turbo Compressors and Displacement Compressors(1993) – Part 1: Test Procedure and CoMParison with Guaranteed Values (Thử nghiệm thu và thử tính năng cho các máy nén tuabin và máy nén thể tích (1993) - Phần 1: Qui trình thử và so sánh với các giá trị được bảo hành).*

[4] VDI 2045-2, *Acceptance and Performance Tests on Turbo Compressors and Displacement Compressors(1993) – Part 2: Theory and Examples (Thử nghiệm thu và thử tính năng cho các máy nén tuabin và máy nén thể tích (1993) - Phần 2: Lý thuyết và ví dụ).*

[5] VDI/VDE 2040 *Part 1:Calculation principles for the measurement of fluid flow; using orifice plates, nozzles and venturi tubes; deviations ans supplements to DIN 1952-01.91 (Nguyên lý tính toán cho phép đo dòng lưu chất khi sử dụng các tấm có lỗ phun, vòi phun và ống Venturi; các sai lệch và bổ sung cho DIN 1952-01.91).*

[6] VDI/VDE 2041, *Measurement of fluid flow primary devices; orifice plates and nozzles for special applications – 04.91 (Đo dòng lưu chất với các dụng cụ đo sơ cấp; tấm có lỗ phun và vòi phun cho các ứng dụng chuyên dòng -04.91).*

[7] VDI/VDE 2040, *Bl.3, Measurement of gas flow in circular; annular or rectangular sections of conduits veloccity area method -11.83 (Đo dòng khí trong các tiết diện tròn, hình vành hoặc hình chữ nhật của các ống dẫn bằng phương pháp diện tích có tốc độ - 11.83).*

[8] VDI 2048, Inaccuracies at acceptance test measurements; fundamental principles – 06.78.

(Độ không chính xác của các phép đo trong thử nghiệm thu; nguyên tắc cơ bản – 06.78)

[9] MITTELBACH,G., Die Berechnung von Ergebnismesspiele bei Abnahmeversuchen am Beispiel des Verdichters, BWK24 (1972) Nr.3.S.99.u.104.

[10] NEL Fluid Rep.No.85 (Nov.1959).

[11] FISTER,W., and KOTZUR, J., Ungekühlte Turboverdichter bei geänderten Betriebsbedingungen, Chem.-ling.-Techn., 37 (1965).

[12] STRUB, R. A., BONCIANI, L., BORER, C.J., CASEY, M. V., COLE, S.L., COOK, B.B., KOTZUR, J., SIMON, H., and STRITE, M.A., Influence of the Renynolds number on the performance of centrifugal compressors. Transactions of the ASME, Journal of

Turbomachinery, 109 (1987) pp.541-544.

[13] SCHULTZ, J.M., The Polytropic Analysis of Centrifugal Compressors, Transactions of the ASME, Series A. Journal of Engineering for Power, Vol.84 (Jan.4962), pp. 69-82.

[14] HUNTINGTON, r.a., Evaluation of Polytropic Calculation Methods for Turbomachinery Performance, ASME Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, Vol.107 (Oct.1985), pp.872-879.