أبحاث أكاديمية

تأثير الانسداد على أداء المراوح المحورية

/SUNXFAN Engineering Team · 2026-10-19 · https://en.sunxfan.com/ar/guides/axial-fan-blockage-installation-clearance-selection-guide-ar

تُقاس منحنيات المراوح في الكتالوج بمدخل حر ومخرج حر. أما التركيبات الفعلية فتُسدّ من الجهتين — شبكات الحماية، وحلقات الجدار، والملفات، والغرف الهوائية، والجدران المزوّدة بشفرات توجيه، وألواح الحواجز — والمروحة المحورية المسدودة تفقد تدفق الهواء في المنطقة نفسها التي يَعد فيها التصنيف بأعلى أداء. يقدّم هذا الدليل الآلية، وطريقة حساب في ثلاثة أسطر، وقواعد الخلوص المقيسة، وأرقامًا محسوبة للطراز AS910A-E150A3-01، بحيث يستطيع مصمّم النظام تصحيح منحنى الكتالوج لتركيب فعلي بدلًا من اكتشاف النقص أثناء التشغيل التجريبي.

أبرز النقاط

- يفترض منحنى المروحة في الكتالوج مدخلًا حرًّا ومخرجًا حرًّا (AMCA 210 / ISO 5801، نوع التركيب A). ويؤدي سدّ أي من الجهتين إلى أمرين منفصلين: إضافة مقاومة إلى النظام، وتدهور منحنى المروحة نفسه. ولا يمكن التنبؤ إلا بالأول من أي كتاب مرجعي.
- يُصيب الانسداد الطرف المتوسط إلى العالي من التدفق في المنحنى بأشد ما يكون. ففي بيانات المنصات المنشورة، أدّى لوح انسداد موضوع على مسافة 65-125 mm خلف مروحة محورية قطرها 150 mm إلى تدهور المنحنى بأقصى قدر في منطقة تدفق الهواء نفسها التي صُنّفت المروحة من أجلها.
- تكلّف الدوامة عند المدخل كفاءةً دائمًا. الدوامة المتزامنة مع الدافعة تسحب الضغط وتدفق الهواء والقدرة إلى الأسفل؛ والدوامة المعاكسة تدفع الثلاثة إلى الأعلى. وتنخفض الكفاءة في كلا الاتجاهين.
- حلقة الجدار المدمجة مكوّن أداء لا تفصيل تجميلي. فبوصفها فتحة جرسية تُبقي فقدان المدخل قرب 1/20 من علو سرعة الاقتراب عند المدخل ($K \approx 0.05$)، مقابل $K \approx 0.9$ لمدخل مربّع الحواف داخلي الانعكاس. وعلى الطراز AS910A-E150A3-01 عند 25,000 m^3/h يبلغ ذلك نحو 3 Pa مقابل 62 Pa — أي فرق يقارب 20% من ميزانية الضغط الساكن البالغة 300 Pa.
- يمكن قياس الانسداد بالعلاقة $\Delta p_{se} = K_{se} \times \tfrac{1}{2}\rho V'^2$، حيث $V' = Q / A_{free}$. ومن المثال المنشور: مروحة 150 mm، مساحة حرة 20%، 50 Pa ≈ Δp_{se}، $K_{se} = 2.1$، $V' = 6.65$ m/s → (0.0235 m^3/s) CFM.
- المساحة الحرة لشبكة الحماية متغيّر اختيار من الدرجة الأولى، لا تفصيل ملحق. فالطراز AS910A-E150A3-01 يواجه سرعة 10.7 m/s عند مستوى الحلقة؛ وشبكة بمساحة حرة 70% ترفع السرعة الموضعية إلى 15.3 m/s، وينمو الفقدان مع مربّع تلك السرعة.

إن كتالوج المروحة عقدٌ مبنيٌّ على مجموعة من الافتراضات، وأكثرها انتهاكًا هو أيضًا أقلّها ظهورًا: **مدخل حر ومخرج حر**. فبمجرد أن يدخل أي شبكة حماية أو ملف تبريد أو جدار غرفة هوائية أو لوح حاجز ضمن قطر الدافعة أمام المروحة أو خلفها، يتوقف منحنى P-Q المنشور عن وصف الآلة التي ركّبتها. ولا يهبط التدفق بنسبة ثابتة يمكنك طرحها من التصنيف فحسب — بل يتغيّر شكل المنحنى، ويتغيّر أكثر ما يتغيّر عند طرف تدفق الهواء الذي اخترت المروحة من أجله.

وهذا الأمر أهمّ بالنسبة إلى المراوح المحورية منه إلى المراوح الطردية، لأن الدافعة المحورية حسّاسة لما يفعله الهواء المقترب عند وصوله أصلًا. فالانسداد باللوح والدوامة عند المدخل يهاجمان الآلية نفسها: ترى الريشة زاوية هجوم لم تُصمَّم من أجلها، فيهبط الشغل المبذول في وحدة الهواء، وتحوّل المروحة قسطًا أقلّ من قدرتها الداخلة إلى ضغط ساكن مفيد. وفيما يلي النسخة الهندسية من هذه الحكاية — الآلية، والحساب، وقواعد الخلوص، وأرقام قابلة للاستشهاد لمراوح سلسلة AS المحورية بمحرك EC، باستخدام **AS910A-E150A3-01** (380-480 V AC، 300 Pa، 25,000 m^3/h ثلاثي الأطوار EC) كمنصة محسوبة.

الإجابة السريعة: ما يفعله الانسداد بمنحنى المروحة

يضيف الانسداد **عقوبتين منفصلتين**، والخلط بينهما هو ما يجعل تدفق الهواء بعد التركيب عسير التنبؤ:

1. **مقاومة النظام** — يقلّل العائق المساحة المفتوحة، فيجب أن يتحرك الهواء أسرع عبر الفتحة المتبقية. وهذا يرفع منحنى مقاومة النظام. وهو قابل للحساب، ويغطّيه كل كتاب مرجعي.
2. **تدهور منحنى المروحة** — إن تغيّر حقل التدفق عند المدخل والمخرج (الدوامة، والاقتراب غير المنتظم، والتدفق العكسي عند الصرة) يقلّل الضغط الذي تستطيع المروحة توليده عند تدفق معيّن. وهذا **ليس** في الكتالوج، و**ليس** في الكتاب المرجعي، وهو سبب قصور النظام الذي بدا سليمًا على الورق حين يُركّب في الموقع.

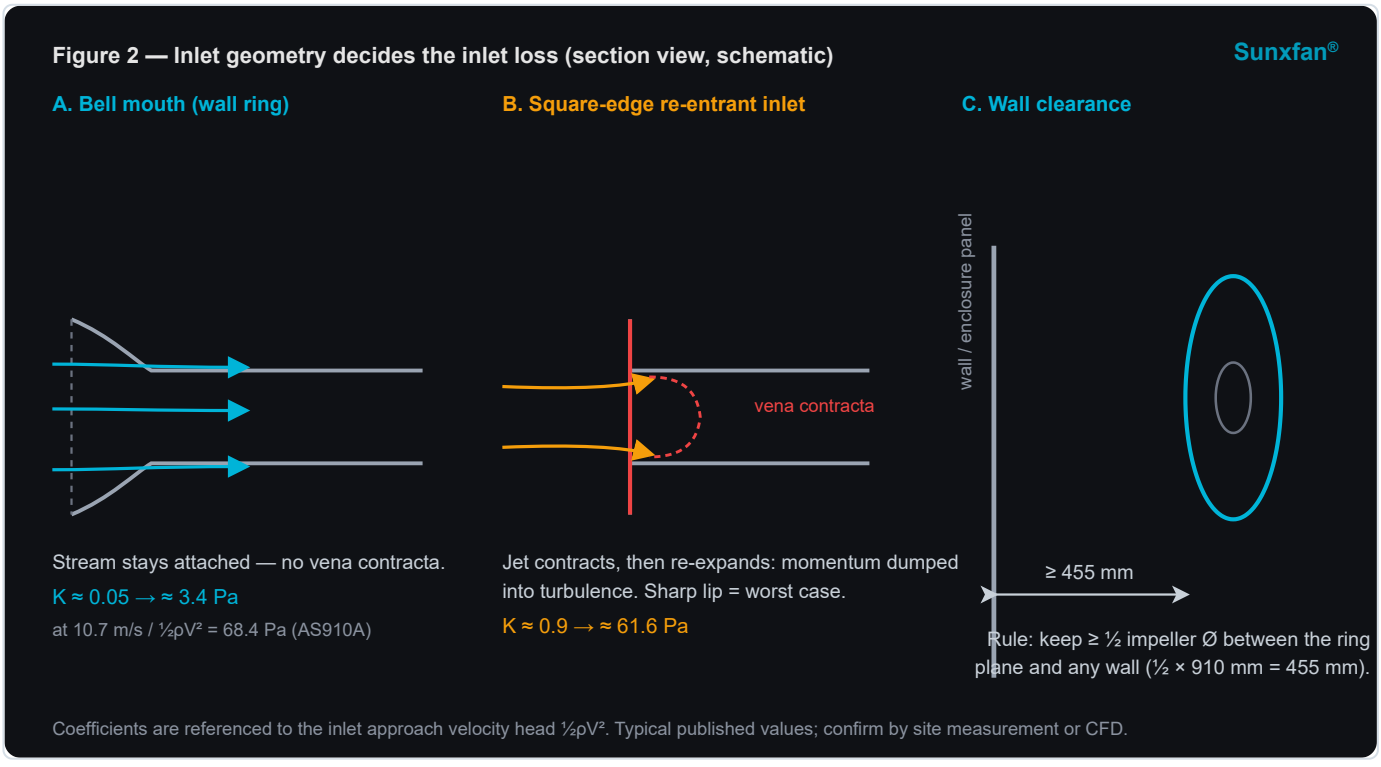
والنتيجة العملية: إن صحّحت منحنى النظام وحده مقابل الانسداد، ستُبالغ في تقدير تدفق الهواء المُسلَّم، لأنك نسبت إلى المروحة علوًّا لم تعد قادرة على إنتاجه. وتُظهر قياسات المنصات المنشورة على مروحة محورية للسيارات أن التدهور يتركّز عند **التدفق المتوسط إلى العالي** — وهي بالضبط المنطقة التي تستحق فيها مروحة من فئة 25,000 m³/h موقعها.

عقوبتان لا واحدة

العقوبة	السبب الفيزيائي	هل يمكن التنبؤ بها من الكتالوج؟	موضع التأثير
مقاومة النظام	تقلّص المساحة المفتوحة ← سرعة موضعية أعلى ← احتكاك وفقدان ديناميكي أكبر	نعم. حساب قياسي لفقدان المجاري والشبكات	جميع معدلات التدفق؛ يتدرّج مع مربّع السرعة
تدهور منحنى المروحة	حقل مدخل/مخرج مشوّه: دوامة، تضييق فينا، ارتجاع عند الصرة، اقتراب غير متماثل	لا. يجب قياسه أو حسابه للهندسة المعنية	التدفق المتوسط إلى العالي — طرف المنحنى المُصنَّف

تتبع الممارسة التصميمية ما يقوله الجدول. قلّل العقوبة الأولى بالهندسة، وتعامل مع الثانية كهامش أمان يجب أن تملك دليلًا ماديًّا عليه.

الآلية 1 — هندسة المدخل: الفتحة الجرسية مقابل الحافة المربعة



الشكل 2 — شفة المدخل تقرّر ما إذا كان تيار الاقتراب يبقى ملتصقًا. والفتحة الجرسية تُبقي الفقدان قرب 1/20 من علو سرعة الاقتراب؛ أما الشفة الداخلية الحادة فتفرغ نحو 0.9 من ذلك العلو في الاضطراب.

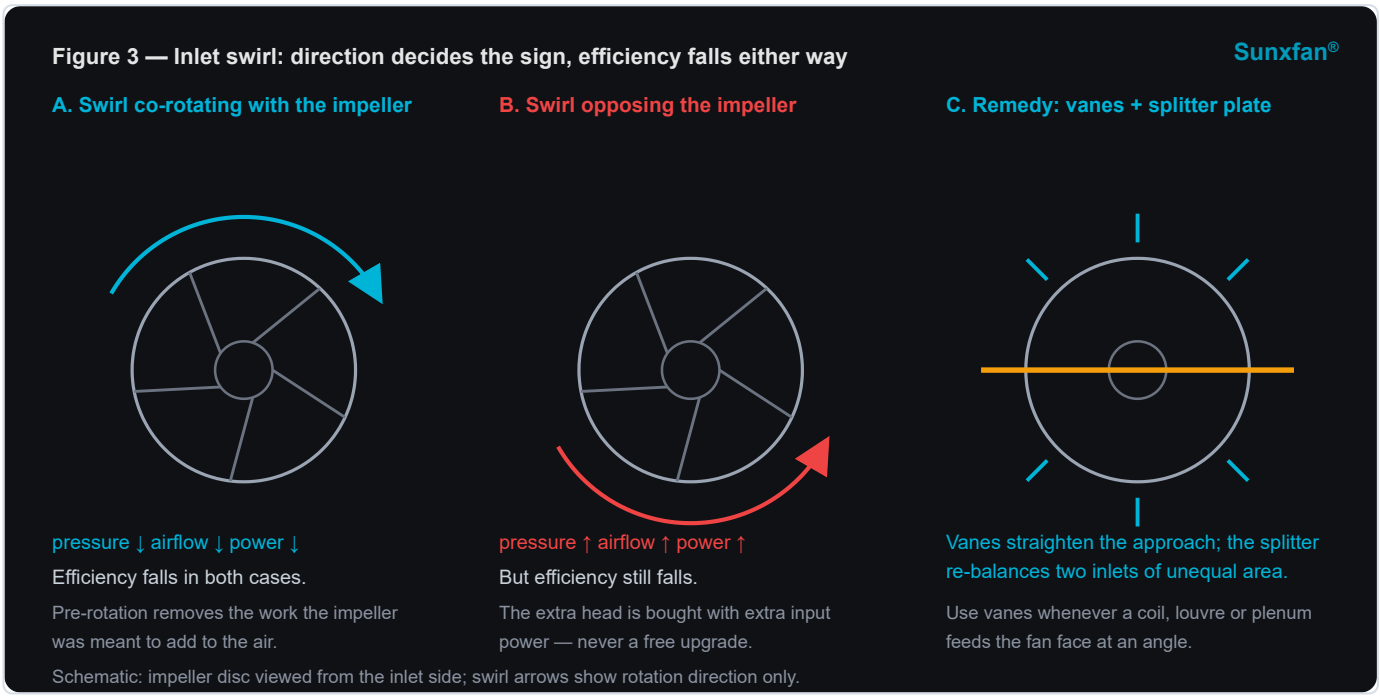
إن مدخلًا بلا شفة اقتراب مستديرة يجبر التيار على الانفصال عند الحافة، والتقلّص إلى **تضييق فينا** أصغر من الفتحة، ثم إعادة التوسّع — مفرغًا الزخم في الاضطراب على الطريق. والقيم القياسية، وكلتاهما منسوبتان إلى علو سرعة الاقتراب عند المدخل $\frac{1}{2}\rho V^2$:

نوع المدخل	معامل الفقدان K	الفقدان عند 10.7 m/s ($\frac{1}{2}\rho V^2$ = 68.4 Pa)
الفتحة الجرسية (حلقة الجدار في سلسلة AS)	≈ 0.05	≈ 3.4 Pa
مدخل مربّع الحواف داخلي الانعكاس	≈ 0.9	≈ 61.6 Pa

عند نقطة تصنيف **AS910A-E150A3-01** تكون سرعة مستوى الحلقة 10.7 m/s، فيكون علو سرعة المدخل 68.4 Pa عند ρ = 1.2 kg/m³. وعليه فإن الفرق بين اختياري الهندسة يبلغ نحو **58 Pa — أي نحو 19% من ميزانية الضغط الساكن كاملة البالغة 300 Pa**، يُنفق على لا شيء غير شكل شفة المدخل. وهذا هو الحجّة الكمّية لشراء حلقة الجدار المدمجة بدل ربط لوح عاديّ على الفتحة.

وقرب الجدار هو النصف الآخر من هندسة المدخل. حافظ على مسافة **نصف قطر دافعة** على الأقل بين مستوى الحلقة وأي جدار أو أرضية أو سقف أو لوح — **455 mm لمروحة AS910A قطرها 910 mm**. وأقرب من ذلك تكون سرعة الاقتراب أعلى على طول أسفل الفتحة منها عند أعلاها، ويتجمّع هذا التدرّج في السرعة ليكوّن دوامة.

الآلية 2 — دوامة المدخل: الاتجاه يحدّد الإشارة، والكفاءة تنخفض في الحالتين



الشكل 3 — اتجاه الدوامة يحدّد إشارة التغيّر في الضغط وتدفق الهواء والقدرة، لكن فقدان الكفاءة مشترك بين الحالتين.

إن الدوامة الواصلة إلى دافعة محورية ليست دائمًا خبرًا سيّئًا للأرقام البارزة:

حالة المدخل	الضغط الساكن	تدفق الهواء	القدرة	الكفاءة
دوامة متزامنة مع الدافعة	↓	↓	↓	↓
دوامة معاكسة للدافعة	↑	↑	↑	↓
اقتراب محوري منتظم	مرجعي	مرجعي	مرجعي	مرجعي

إن حالة الدوامة المعاكسة هي الفخّ. فالضغط وتدفق الهواء والقدرة كلها ترتفع، وهو ما يبدو كترقية مجانية، لكن مقام الكفاءة يرتفع أسرع من المخرج المفيد — فالمروحة الآن تعمل على الهواء بقوة أكبر مقابل كل وحدة داخلة. أما حالة الدوامة المتزامنة فهي الأكثر مصادفةً في الممارسة العملية: فالدوران المسبق الناتج عن حزمة ملفات في اتجاه المنبع، أو شبكة توجيه مائلة، أو غرفة هوائية غير متماثلة، يسلب الدافعة الشغل الذي كان يفترض أن تضيفه.

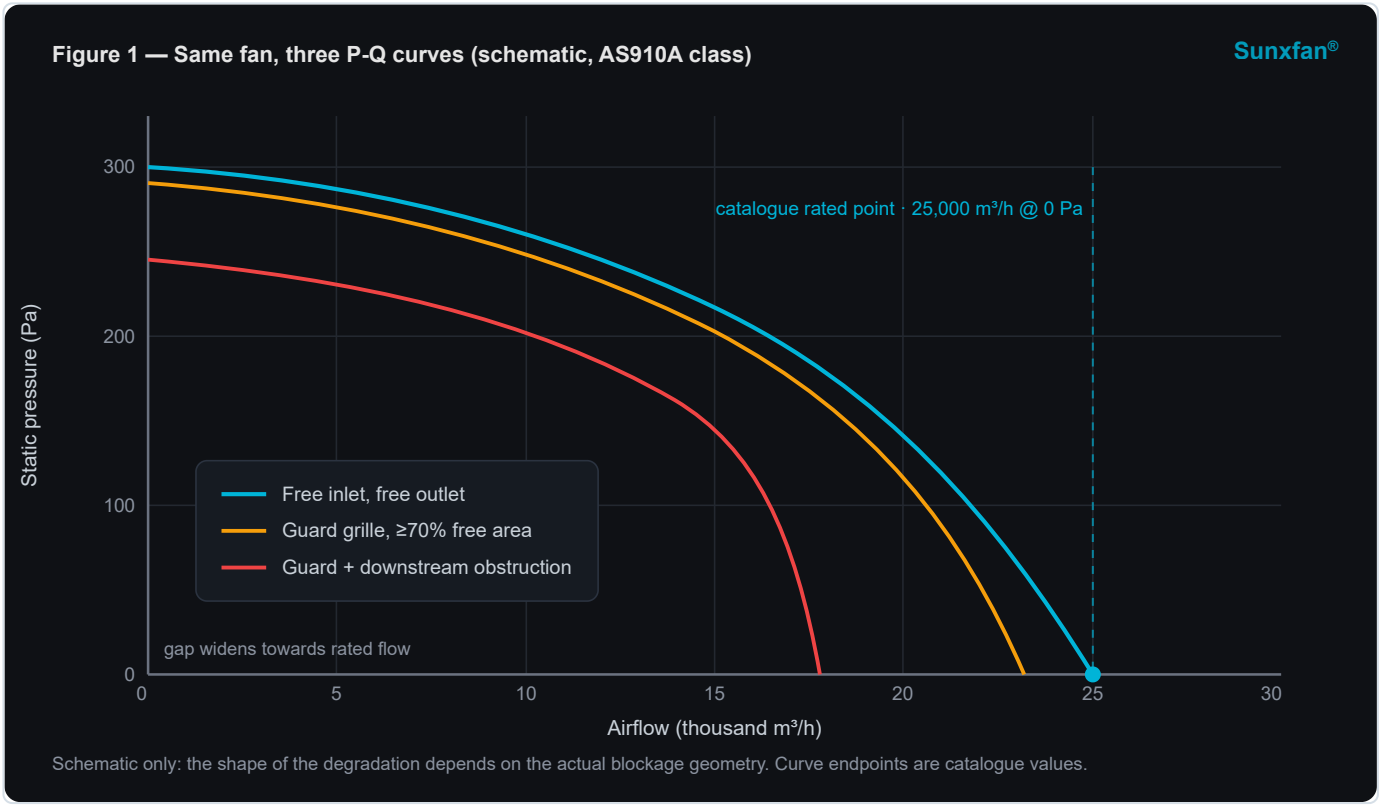
وإصلاحان بنّاءان، وكلاهما من عائلة التصميم نفسها التي تنتمي إليها حلقة الجدار:

- **شفرات التوجيه** في مجرى الاقتراب تُقوّم التيار قبل وصوله إلى الريش. استخدمها كلما غذّى ملف أو شبكة توجيه أو غرفة هوائية وجه المروحة بزاوية.
- **لوح فاصل** يكسر الدوامة التي تتكوّن عندما يغذّي مدخلان غير متساويين في المساحة وجه المروحة نفسه. فالفتحتان غير المتساويتين تخلقان عدم توازن الضغط، وعدم التوازن يخلق الدوران.

الآلية 3 — الانسداد في اتجاه المصب: شبكات الحماية والملفات وجدران الغرف الهوائية

يتصرّف انسداد المخرج بطريقة مختلفة عن انسداد المدخل، ودليل المنصة قاطع. في قياسات مضبوطة على مروحة محورية للسيارات — بمقياس سرعة سلكي ساخن مع قياس سرعة ليزر دوبلر، مع تحريك لوح الانسداد من 65 mm إلى 125 mm خلف الحافة الخلفية ومستوى القياس 3 mm خلفها بتباعد نصف قطري 15 mm — تهمّ ثلاثة نتائج أي اختيار لمروحة محورية:

1. **يتدهور المنحنى، ويتدهور بشكل انتقائي.** وبمقارنة المنحنيات المسدودة بمنحنى المروحة الحرة، يكون الفقدان صغيرًا عند التدفق المنخفض وينمو بحدّة عبر نطاق التدفق المتوسط إلى العالي. فالمروحة المسدودة لا تزال تحافظ على الضغط عند التدفق المنخفض؛ لكنها لا تستطيع الحفاظ على تدفق الهواء عند التدفق العالي.
2. **يظهر التدفق العكسي عند الصرة.** عند الانسداد تصبح السرعة المحورية قرب الصرة سالبة — فيبدأ الجزء الداخلي من الحلقة المحيطية في الارتداد بدل التسليم.
3. **يتحوّل التدفق إلى الخارج.** تزداد السرعة القطرية بينما تنخفض السرعة المحورية، وهذا تعبير آخر عن هبوط التدفق الحجمي رغم أن الدافعة لا تزال تدور بالسرعة نفسها.

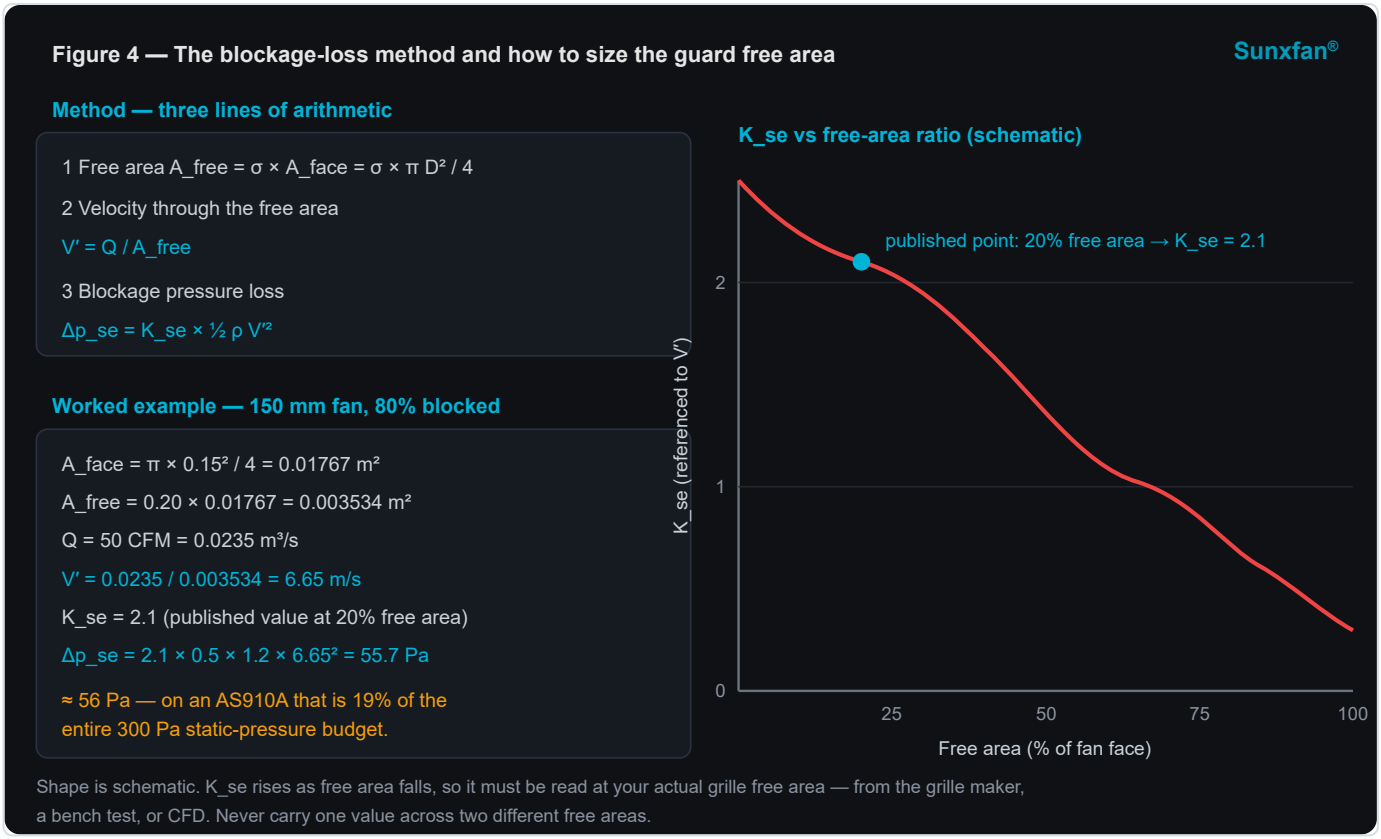


الشكل 1 — المروحة نفسها، ثلاثة منحنيات. منحنى الكتالوج (مدخل حر ومخرج حر)، وشبكة حماية بمساحة حرة عالية، وشبكة حماية خلف عائق في اتجاه المصب. وتتسع الفجوة باتجاه تدفق الهواء المُصنَّف — وهو القطاع الذي حُدّد حجم النظام على أساسه.

والنتيجة الهندسية قاعدة تصميم لا تكلّف شيئًا في اتّباعها: **الصرة هي أول ما يُصاب بالانسداد.** لا تضع رأس حزمة ملفات أو عارضة إنشائية أو درجة غرفة هوائية أو لوح مناولة مقابلًا لصرة الدافعة مباشرة. وإذا تعذّر تغيير الهندسة، وجب اختيار المروحة بهامش صريح، لا برقم الكتالوج.

وفي سلسلة AS، هذا هو السبب الكامل في أن شبكة الحماية **مدمجة في الحلقة** بدل أن تكون متباعدة عنها — أي في أقرب موقع ممكن، في مستوى الحلقة نفسه. وعندما يكون التراجع صفرًا فعليًّا، لم يعد المتغيّر الحاكم مسافةً بل **المساحة الحرة**، ولهذا تُحدَّد الشبكة بالمساحة المفتوحة لا بمسافة التباعد.

قياس الانسداد: طريقة الأسطر الثلاثة



الشكل 4 — الطريقة كاملة في ثلاثة أسطر، والمثال المحسوب القياسي، وتذكير بأن K_se دالة في المساحة الحرة لا ثابت.

يمكن قياس فقدان الانسداد بمعامل واحد، منسوب إلى السرعة عبر المساحة الحرة لا إلى وجه المروحة:

الخطوة 1 — المساحة الحرة $A_{free} = \sigma \times A_{face} = \sigma \times \pi D^2 / 4$، حيث σ نسبة المساحة الحرة للشبكة أو الحماية.

الخطوة 2 — السرعة عبر المساحة الحرة $V' = Q / A_{free}$

الخطوة 3 — فقدان ضغط الانسداد $\Delta p_{se} = K_{se} \times \tfrac{1}{2} \rho V'^2$

مثال محسوب (بيانات منشورة). مروحة 150 mm مسدود منها 80% من فتحتها، أي σ = 0.20، تنقل 50 CFM:

الكمّية	القيمة
مساحة الوجه	$A_{face} = \pi \times 0.15^2 / 4 = 0.01767\ m^2$
المساحة الحرة	$A_{free} = 0.20 \times 0.01767 = 0.003534\ m^2$
التدفق	$Q = 50\ CFM = 0.0235\ m^3/s$
السرعة عبر المساحة الحرة	$V' = 0.0235 / 0.003534 =$ **6.65 m/s**
معامل الفقدان عند مساحة حرة 20%	$K_{se} =$ **2.1**
فقدان الانسداد عند $\rho = 1.2\ kg/m^3$	$\Delta p_{se} = 2.1 \times 0.5 \times 1.2 \times 6.65^2 =$ **55.7 ≈ 56 Pa**

اقرأ هذا الرقم مقابل المروحة. إن 56 Pa ضغط حقيقي يجب أن يخرج من ميزانية المروحة قبل أن يُدفع ثمن أي مجرى أو ملف أو فلتر في النظام. وعلى **AS910A-E150A3-01** بضغط ساكن 300 Pa، تستهلك عقوبة انسداد مقدارها 56 Pa نسبة **19% من الميزانية كاملة**:

فقدان الانسداد	النسبة من ميزانية الضغط الساكن 300 Pa في AS910A
10 Pa	3.3%
30 Pa	10%
56 Pa	18.7%
62 Pa (مدخل مربّع الحواف داخلي الانعكاس)	20.7%

وثمة تحذير واحد يحدّد ما إذا كانت الطريقة جديرة بالثقة. **K_{se} ليس ثابتًا.** فهو يرتفع بانخفاض المساحة الحرة — فالفتحة المسدودة كليًّا فقدان لا نهائي — لذا لا يجوز نقل قيمة مقروءة عند مساحة حرة 20% إلى شبكة بمساحة حرة 70%. احصل على K_{se} للمساحة الحرة الفعلية من صانع الشبكة، أو من اختبار مقعدي، أو من CFD. ثم تحوّلها الطريقة أعلاه إلى ضغط يمكنك وضعه مباشرة على منحنى مقاومة النظام، وبالوحدات نفسها التي تُستخدم لكل فقدان آخر.

النظرة اللابعدية: لماذا تنطبق المنحنيات

لا تكون قياسات المروحة المسدودة قابلة للمقارنة بالكتالوج إلا عندما يُعبَّر عن كليهما بمعاملات لابعدية بدل m^3/h و Pa. باستخدام n لسرعة الدوران (دورة/ث) و D لقطر الدافعة (m):

- معامل التدفق: $\varphi = Q / (n \cdot D^3)$
- معامل الضغط: $\psi = 2\,\Delta p_s / (\rho \cdot n^2 \cdot D^2)$

تضع كتب مختلفة العوامل الثابتة (2، π^2) في مواضع مختلفة، فتتغيّر القيم المطلقة — لكن الشكل لا يتغيّر. وبالنسبة إلى **AS910A-E150A3-01**، مع اتخاذ سرعة الكتالوج 930 r/min (15.5 دورة/ث) و D = 0.91 m كمرجع، تُسقَط نقطتا نهاية الكتالوج على:

نقطة نهاية الكتالوج	φ	ψ
الإغلاق (0 m^3/h عند 300 Pa)	0	≈ 2.51
التسليم الحر (25,000 m^3/h عند 0 Pa)	≈ 0.59	0

ارسم أي قياس لانسداد على هذه المحاور نفسها، فيظهر الانسداد كنقاط تقع **أسفل** منحنى الكتالوج — وكما أظهرت بيانات المنصة، تهبط الأبعد عند φ العالية. وهذا هو التقابل الذي يخبرك إن كنت أمام مشكلة في المروحة أم في النظام.

تحديد حجم سلسلة **AS** لتركيب فعلي



سلسلة AS — مراوح محورية بمحرك EC عالية تدفق الهواء، بحلقة جدار وشبكة حماية مدمجتين في الحلقة، 380-480 V AC ثلاثي الأطوار، IP55، من −40 °C إلى +65 °C.

تتقاسم الطرازات الأربعة السقف الضغطي نفسه وواجهة التحكم نفسها (0-10V/PWM و Modbus RTU عبر RS-485)، لذا يتعلّق خيار الاختيار في أغلبه بـ**الملاءمة والضوضاء وسرعة الوجه** لا بالضغط:

الطراز	فئة الدافعة	تدفق الهواء المُصنَّف	السرعة	القدرة	الضوضاء	سرعة الوجه عند مستوى الحلقة
AS760A-E137A3-01	760 mm	16,500 m³/h	950 r/min	1,100 W	69 dB(A)	10.1 m/s
AS860A-E150A3-01	860 mm	24,000 m³/h	920 r/min	1,800 W	72 dB(A)	11.5 m/s
AS910A-E150A3-01	910 mm	25,000 m³/h	930 r/min	1,800 W	73 dB(A)	**10.7 m/s**
AS960A-E150B3-01	960 mm	29,000 m³/h	915 r/min	3,200 W	75 dB(A)	11.1 m/s

ولأن العائلة تتوزّع في نطاق ضيّق **10-11.5 m/s** عند مستوى الحلقة، تنطبق حسابات الانسداد نفسها عليها جميعًا. وسرعة الوجه هي الرقم الذي يُنقل إلى حساب الشبكة، لأن الشبكة هي الانسداد: فكل نقطة مئوية من المساحة الحرة تتنازل عنها ترفع السرعة الموضعية عند الشبكة بالنسبة نفسها.

مساحة الشبكة الحرة σ	V′ عبر الشبكة، AS910A عند 25,000 m³/h	النتيجة
100% (بلا شبكة)	10.7 m/s	سرعة الوجه المرجعية
90%	11.9 m/s	مهملة على شبكة جيدة التشكيل
80%	13.4 m/s	ما زالت متواضعة — نطاق التصميم المريح
70%	15.3 m/s	الحد الأدنى العملي لشبكة عاملة
50%	21.4 m/s	تُسرّب ضغطًا كبيرًا؛ أعِد فحص النظام كله
20%	53.4 m/s	النقطة المرجعية للمثال المنشور — بعيد جدًّا عن قدرة المروحة بهذا الحجم

إن النطاق من 80% إلى 70% مساحة حرة هو موضع شبكة الحماية المناسب: مفتوح بما يكفي ليبقى الفقدان جزءًا صغيرًا من 300 Pa، ومغلق بما يكفي لأداء مهمة السلامة التي رُكِّبت من أجلها. ودون 70%، لم تعد الشبكة ملحقًا — بل مكوّنًا نظاميًّا يجب أن يُدفع ثمنه من ميزانية ضغط المروحة وأن يُذكر في الاختيار صراحةً.

قواعد الخلوص في التركيب

هذه هي القواعد التي تنتقل مباشرة إلى حزمة الرسومات. وكل قيمة في العمود الأيمن تخصّ **AS910A-E150A3-01** (D = 910 mm).

البند	القاعدة	القيمة لمروحة 910 mm
المدخل إلى أي جدار أو أرضية أو سقف أو لوح	≥ ½ قطر الدافعة	**≥ 455 mm**
المدخل داخل مجرى عند وجه المروحة	الفتحة الجرسية (حلقة الجدار) إلزامية؛ تجنّب مدخلًا مربّع الحواف داخلي الانعكاس	K ≈ 0.05 مقابل 0.9
أول عائق في اتجاه المصب	نحو قطر دافعة واحد حيث يسمح المجرى؛ وما دون نصف Ø خطأ تصميمي	**هدف ~910 mm، وحدّ أدنى 455 mm**
المساحة الحرة لشبكة الحماية	≥ 70% من مساحة الحلقة	V′ ≤ 15.3 m/s عند 25,000 m³/h
مدخل يغذّيه فتحتان غير متساويتين في المساحة	أضِف لوحًا فاصلًا	يمنع الدوامة التي تخلقها المساحات غير المتساوية
أي عائق مقابل الصرة	تجنّبه. فالانسداد يحرّض التدفق العكسي عند الصرة أولًا	أبعد رؤوس الملفات والعوارض وألواح المناولة
مروحتان جنبًا إلى جنب أو متراكبتان	أمّن الخلوص إلى الجدار المشترك للوحدتين	تنطبق القاعدة على كل مروحة، لا على الصف

التشغيل التجريبي: تحقّق من نقطة التشغيل ولا تفترضها

رسم الخلوص يجعل التركيب سليمًا على الورق؛ والتشغيل التجريبي يثبته في المنشأة. وتُغلق ثلاث فحوص الدائرة:

1. **قِس الضغط الساكن عبر المروحة** والسرعة عبر المساحة الحرة للشبكة. فقراءة الضغط التفاضلي عند المروحة، مقارنةً بمنحنى الكتالوج المصحّح، تخبرك فورًا ما إذا كان التركيب يحقّق التصنيف.
2. **إن قصر تدفق الهواء، فطبّق قوانين المروحة قبل رفع السرعة.** يتدرّج Q مع السرعة، والضغط الساكن مع مربّعها، وقدرة العمود مع مكعّبها:

السرعة	تدفق الهواء	الضغط الساكن	قدرة العمود
100%	100%	100%	100%
105%	105%	110%	116%
110%	110%	121%	133%
120%	120%	144%	173%

وبالنسبة إلى **AS910A-E150A3-01** عند 1,800 W، تطلب زيادة السرعة بنسبة 10% نحو **2,396 W** من قدرة العمود. وإذا كان النقص ناتجًا عن انسداد لا عن تحديد حجم ناقص، فإن رفع السرعة يحارب العرَض بتكلفة غير متناسبة في القدرة والضوضاء — ويصل في النهاية إلى الحد الحراري للمحرك بدل استعادة تدفق الهواء.

3. **اقرأ محرك الإدارة عائدًا عبر Modbus RTU.** فالسلكان المزدوجان نفسهما لـ RS-485 الذي يدير المنشأة يحملان نقطة الضبط في اتجاه الخارج، والسرعة والتيار والحالة في اتجاه العودة. ويسجّل التيار مقابل أمر السرعة يجعل تركيبًا مسدودًا أو متّسخًا مرئيًّا قبل أن يصبح حدثًا حراريًّا في المعدّة المبرَّدة: فالمروحة التي تحتاج تيارًا أكبر مما احتاجته عند التشغيل التجريبي، عند نقطة الضبط نفسها، قد فقدت مساحة حرة بفعل الغبار، أو اكتسبت عائقًا في اتجاه المصب. وهذا أيضًا يحوّل الصيانة من قائمة على التقويم إلى قائمة على الحالة.

قائمة التحقق عند الاختيار

1. حدّد الحِمل المطلوب: تدفق الهواء عند مقاومة النظام الفعلية، لا عند 0 Pa.
2. قِس النطاق المتاح للمدخل. فإن كان أقل من نصف قطر دافعة في أي اتجاه، فغيّر الهندسة أو أعِد اختيار مروحة أصغر.
3. تأكّد من أن المدخل له اقتراب جرسي (حلقة جدار). وإلا، فأضِف نحو 58 Pa إلى ميزانية الفقدان في فئة الحجم هذه، أو ركّب حلقة جدار.
4. تأكّد من أن الاقتراب محوري ومنتظم. فحزم الملفات وشبكات التوجيه والمداخل المزدوجة غير المتساوية كلها تحتاج شفرات توجيه أو لوحًا فاصلًا.
5. خُذ المساحة الحرة لشبكة الحماية من الشبكة الفعلية، لا من رمز الرسم. وصمّم على أساس ≤ 70%.
6. احسب $V' = Q / A_{free}$ وضع $\Delta p_{se} = K_{se} \times \tfrac{1}{2}\rho V'^2$ على منحنى مقاومة النظام إلى جانب الفلاتر والملفات وشبكات التوجيه.
7. افحص أول عائق في اتجاه المصب مقابل قطر دافعة واحد؛ وكل ما دون نصف قطر يُعدّ عيبًا يجب تصحيحه في التخطيط.
8. أعِد قراءة منحنى P-Q المصحّح عند مقاومة النظام الناتجة. فإن انحرفت نقطة التشغيل عن التصنيف بأكثر من تفاوت المشروع، فاصعد إلى طراز أعلى داخل سلسلة AS بدل رفع السرعة.
9. حدّد الحجم وفق الانسداد المتوقع عند نهاية العمر (فلاتر محمّلة بالغبار، ملفات متّسخة)، لا وفق تركيب اليوم الأول.
10. حدّد استراتيجية التحكم: نقطة ضبط ثابتة، أو قيادة بالحرارة عبر Modbus، أو حِمل مجدول. فإدارة الأنظمة المسدودة أسهل بكثير عندما تُبلّغ المروحة عن تيارها بنفسها.

الخلاصة

منحنى المروحة المحورية في الكتالوج هو منحنى مدخل حر ومخرج حر، ولا يكون التركيب الفعلي كذلك أبدًا. فيحدث أمران في وقت واحد: ترتفع مقاومة النظام، وتولّد المروحة ضغطًا أقلّ عند التدفق العالي. والثاني غير مرئي في أي كتاب مرجعي، وفيه يتبدّد تدفق الهواء بعد التركيب.

وفي سلسلة AS، تحسم أربعة أرقام معظم الجدال: **نصف قطر دافعة (455 mm) إلى أي جدار عند المدخل، ونحو قطر دافعة واحد (910 mm) إلى أول عائق في اتجاه المصب، ومساحة حرة للشبكة ≥ 70% (V′ ≤ 15.3 m/s عند 25,000 m³/h)، وشفة مدخل تساوي 3.4 Pa مقابل 61.6 Pa للحافة المربعة.** أنفق المبلغ الصغير على الحلقة والشبكة، وضع الفقدان على منحنى النظام بالعلاقة $\Delta p_{se} = K_{se} \times \tfrac{1}{2}\rho V'^2$، وشغّل تجريبيًّا بقراءة ضغط تفاضلي بدل الافتراض.

ولمقارنة وحدة بوحدة عبر العائلة، انظر سلسلة حلقة الحماية المدمجة للمراوح المحورية AS أو صفحة منتج AS910A-E150A3-01. وإن كانت مهمتك يغلب عليها الضغط الساكن لا كتلة تدفق الهواء، فقارنها بـدليل اختيار المروحة الطردية قبل الالتزام بمروحة محورية.

FAQ

هل تختبر الشركات المصنّعة المراوح وبأمامها عائق؟

لا. رُكّبت رموز اختبار المراوح القياسية حول أنواع تركيب محدّدة، والشائع منها للمروحة المحورية داخل مجرى هوائي هو مدخل حر مع مخرج حر (AMCA 210 / ISO 5801، نوع التركيب A). لذلك يصف المنحنى المروحة دون وجود أي شيء ضمن مسافة تقارب قطر دافعة واحدة قبلها أو بعدها. وأي شبكة أو ملف أو شبكة توجيه أو جدار غرفة هوائية أو لوح حاجز داخل هذا النطاق يُبطل جزءًا من المنحنى المنشور.

ما الخلوص الآمن بين مروحة محورية وجدار؟

استخدم نصف قطر الدافعة كحدّ أدنى من مستوى الحلقة إلى أي جدار أو أرضية أو سقف أو لوح. ولمروحة 910 mm يكون ذلك 455 mm. ودون ذلك يصبح تدفق الاقتراب غير متماثل، وتكون سرعة المدخل أعلى عند الأسفل منها عند الأعلى، وتتكوّن دوامة تخفض الضغط وتدفق الهواء معًا. وحيث يسمح المجرى بذلك، يكون قطر دافعة كامل هدفًا أفضل.

كيف أحسب فقدان الضغط الناتج عن شبكة حماية؟

خُذ المساحة الحرة للشبكة كنسبة σ من مساحة وجه المروحة، واحسب السرعة خلال تلك المساحة الحرة وفق $V' = Q / A_{free}$، ثم طبّق $\Delta p_{se} = K_{se} \times \tfrac{1}{2}\rho V'^2$. والمعامل K_{se} ليس ثابتًا — فهو يرتفع بانخفاض المساحة الحرة — لذا اقرأه للمساحة الحرة الفعلية من صانع الشبكة أو من اختبار مقعدي أو من CFD. وعند مساحة حرة 20% تكون القيمة المنشورة $K_{se} = 2.1$.

هل الأفضل استخدام مروحة محورية كبيرة واحدة أم عدة مراوح أصغر؟

في المهمة نفسها، تفوز المروحة الواحدة عادةً من حيث تكلفة التركيب والتوصيلات والصيانة والصوتيات: فعدة مصادر متساوية تضيف نحو 10·log(N) dB، لذا تعمل خمس مراوح تتقاسم مهمة واحدة أعلى بنحو 7 dB(A) من مروحة واحدة بالمخرج الكلي نفسه. وتستحق المراوح الأصغر موقعها حيث تهمّ التكرارية (N+1، فيكون فشل واحد ثمنه جزء من التدفق) أو حيث لا تتسع الفتحة لمروحة دائرية كبيرة واحدة — كما في جدار مأوى منخفض وطويل.

© 2026 Foshan Sunwind Electric Co., Ltd. (SUNXFAN) · https://en.sunxfan.com/ar/guides/axial-fan-blockage-installation-clearance-selection-guide-/ar