VADEN®
ORIGINAL

دليل تقني

صمامات ضاغط الهواء (كمبروسر) والتفريغ: أعراض الأعطال والاستبدال والصيانة

إذا لم يتوقف ضاغط هواء الشاحنة أو سمعت تسربًا يشبه الصفير على السرعة الخاملة، فقد تكون المشكلة في صمامات السحب والطرد أو في آلية التفريغ.

إذا ظل ضغط الهواء منخفضًا في المركبة التجارية الثقيلة، أو ظل ضاغط الهواء يعمل باستمرار دون أن يتوقف، أو سمعت تسربًا يشبه الصفير من منطقة السحب عند نزول المحرك إلى السرعة الخاملة، فإن مجموعة الصمامات والتفريغ في الضاغط من أول ما ينبغي فحصه. ففي الميدان يعزو معظم السائقين والفنيين المشكلة مباشرة إلى الضاغط أو إلى مجفف الهواء؛ في حين أن صمامات السحب والطرد وآلية التفريغ هي العنصر الوسيط الحاسم الذي يحدد متى يضغط الضاغط الهواء ومتى يدور دون تحميل. ويشرح هذا الدليل بلغة عملية تناسب العمل الميداني وظيفة هذه المجموعة وأعطالها النموذجية وطريقة تشخيصها وخطوات استبدالها وفترات صيانتها.

أعد الفريق الفني في VADEN هذا المستند استنادًا إلى الخبرة الميدانية في أنظمة الفرامل الهوائية للمركبات التجارية الثقيلة وإلى وثائق الشركات المصنعة OE. ونطاقات الضغط وعزم الربط ودرجات الحرارة الواردة هنا قيم **مرجعية نموذجية/عامة**؛ ويجب دائمًا اعتماد أحدث دليل خدمة OE الخاص بالمركبة والضاغط للحصول على القيم الدقيقة. آخر تحديث: سبتمبر 2026.

تصمم أنظمة الفرامل الهوائية في المركبات التجارية الثقيلة وفق لائحة ECE R13 (لائحة الفرامل الأممية والأوروبية) ومعيار ISO 611.

ما هي مجموعة صمامات ضاغط الهواء والتفريغ؟ وظيفتها ومبدأ عملها

مجموعة صمامات ضاغط الهواء والتفريغ عنصر وسيط يضم صمامات السحب والطرد في ضاغط الهواء وآلية التفريغ، ويتحكم في ما إذا كان الضاغط سيضخ الهواء أم لا وفقًا لضغط النظام.

في المركبة التجارية الثقيلة يدور ضاغط الهواء باستمرار بحركة يستمدها من المحرك (عبر ترس أو سير أو إدارة مباشرة)، لكنه لا يضخ الهواء إلى النظام في كل الأوقات. فعندما يبلغ ضغط خزان الهواء الحد الأعلى الذي يضبطه منظم الضغط، تعمل آلية التفريغ ويبدأ الضاغط في الدوران دون تحميل. وعندما ينخفض الضغط إلى الحد الأدنى يتوقف التفريغ ويعود الضاغط إلى ضخ الهواء من جديد. وبفضل هذه الدورة يمنع الاستهلاك غير الضروري للطاقة والسخونة الزائدة معًا.

أما صمامات السحب والطرد فتضمن تقدم الهواء في اتجاه واحد في كل شوط: إذ يدخل صمام السحب الهواء إلى الأسطوانة، ويرسل صمام الطرد الهواء المضغوط إلى مجفف الهواء أو الخزان ويمنع ارتداده. ولأن رقائق الصمامات تعمل بتردد عالٍ وبحركات صغيرة جدًا، فهي أكثر القطع عرضة للتآكل والكلال.

- **صمام السحب (رقيقة):** يتحكم في دخول الهواء إلى الأسطوانة.
- **صمام الطرد (رقيقة):** ينقل الهواء المضغوط ويمنع ارتداده.
- **صفيحة الصمامات / سطح ارتكاز الصمامات:** السطح الذي ترتكز عليه الرقائق ويحدد إحكام منع التسرب.
- **مكبس التفريغ ودبابيسه:** يبقي صمام السحب مفتوحًا بإشارة من منظم الضغط فيفرغ الحمل.
- **النوابض وموانع التسرب والحلقات الدائرية:** لإرجاع الصمامات ومنع التسرب.
- **طقم الحشيات:** لمنع التسرب بين رأس الأسطوانة وكتلة الضاغط.

كيف يتم التفريغ؟

يراقب منظم الضغط ضغط الخزان باستمرار. وعند بلوغ ضغط القطع الأعلى (عادة في نطاق 12–13 bar تقريبًا، ويختلف بحسب النظام) يرسل المنظم هواء التحكم إلى مكبس التفريغ. فيثبت المكبس صمام السحب في وضع الفتح، فلا يستطيع الضاغط ضغط الهواء ويدور دون تحميل. وعندما ينخفض الضغط إلى قيمة القطع الدنيا يصرف منظم الضغط الهواء فيعود الضاغط إلى التحميل.

دور صمامات السحب والطرد

إذا لم تكن مجموعة الصمامات سليمة تنخفض كفاءة الضاغط حتى لو كانت آلية التفريغ تعمل على أكمل وجه. فصمام الطرد الذي يسرب يسمح للهواء المضغوط بالارتداد إلى الأسطوانة، فيظل الضاغط يعمل باستمرار. وهذا بدوره يؤدي إلى تمرير الزيت وإلى السخونة الزائدة معًا.

الفروق بحسب نوع الضاغط

يختلف ترتيب الصمامات وآلية التفريغ في الضواغط الأحادية الأسطوانة والثنائية الأسطوانات والمبردة بالماء أو بالهواء. ويقارن الجدول التالي بصورة عامة بين أنواع الضواغط الشائعة وخصائص هذه المجموعة فيها.

نوع الضاغط / التطبيق	طريقة الإدارة النموذجية	التبريد	ترتيب التفريغ	الاستخدام الشائع
أحادي الأسطوانة (تدفق منخفض)	ترس / سير	بالهواء أو بالماء	تفريغ عبر صمام سحب واحد	الشاحنات المتوسطة، والتطبيقات المساعدة في الحافلات
ثنائي الأسطوانات (تدفق مرتفع)	ترس / إدارة مباشرة	مبرد بالماء غالبًا	تفريغ عبر صمامي سحب / عبر المكبس	رؤوس القاطرات، والشاحنات الثقيلة، والحافلات
مبرد بالماء عالي الأداء	ترس	سائل تبريد دائرة المحرك	مكبس بتحكم من منظم الضغط	رؤوس القاطرات للمسافات الطويلة، والرافعات الثقيلة
موفر للطاقة (ESS / تشغيل متقطع)	ترس	بالماء	تفريغ إلكتروني / هوائي	مركبات EURO 6 من الجيل الجديد

التحقق من رقم القطعة: يجب أن تتطابق أطقم صمامات ضاغط الهواء والتفريغ تطابقًا تامًا مع العلامة التجارية للضاغط وطرازه وعدد أسطواناته. وقبل الطلب تحقق من رقم OE الموجود على الضاغط (مثل الضواغط من نوع Knorr-Bremse وWabco وBosch أو المكافئة لها)، ومن رمز الشاسيه أو المحرك إن وجد، بمقارنتها مع عائلة منتجات VADEN. فالتشابه الشكلي لا يكفي؛ إذ إن مقاس الرقيقة وهندسة سطح الارتكاز عاملان حاسمان.

أعراض الأعطال والتشخيص

غالبًا ما تفسر أعطال الصمامات وآلية التفريغ على أنها «تعطل الضاغط»؛ لكن قراءة الأعراض بعناية تسمح بتحديد المجموعة المعطلة. ويربط الجدول التالي بين الأعراض الأكثر شيوعًا في الميدان وأسبابها المحتملة وطرق فحصها.

العرض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
الضاغط يعمل باستمرار ولا يقطع	صمام طرد يسرب أو انحشار آلية التفريغ؛ تسرب في النظام	قس زمن ملء الخزان؛ راقب ضغط القطع لمنظم الضغط بمقياس الضغط؛ ابحث عن تسرب النظام بالماء والصابون
الضغط يرتفع ببطء / الملء متأخر	تآكل رقائق السحب والطرد، وانخفاض كفاءة الضاغط	قس بساعة إيقاف زمن الملء من 0 حتى ضغط التشغيل، وقارنه بقيمة OE
صوت تسرب هواء من منطقة السحب أو رأس الأسطوانة	تلف حشية صفيحة الصمامات أو تسرب من صمام السحب	استمع على السرعة الخاملة إلى محيط رأس الأسطوانة ومدخل السحب؛ وافحص الفقاعات بالماء والصابون
زيت زائد في النظام / فيضان الزيت في مجفف الهواء	انتقال بخار الزيت بسبب السخونة، والعمل المستمر تحت الحمل	افحص آثار الزيت في خرطوشة مجفف الهواء وخط الهواء؛ وراقب درجة حرارة مخرج الضاغط
الضاغط لا ينتقل إلى التشغيل دون تحميل (لا يفرغ الحمل)	انحشار مكبس التفريغ، أو عدم وصول إشارة منظم الضغط	افحص خط مخرج منظم الضغط وهواء التحكم في آلية التفريغ من منفذ الاختبار
الضاغط لا يدخل في التحميل (يعمل دون تحميل دائمًا)	بقاء مكبس التفريغ مفتوحًا، أو إرسال منظم الضغط إشارة مستمرة	افحص ضبط منظم الضغط ومخرجه؛ وتحقق من حرية عودة مكبس التفريغ
صوت طقطقة أو أصوات طرق غير طبيعية	رقيقة مكسورة، أو صفيحة صمامات مرتخية، أو نابض تالف	فك الضاغط وافحص صفيحة الصمامات بالعين

اختبار زمن الملء

يعد من أكثر الاختبارات الميدانية موثوقية. فبعد تفريغ الخزانات وتشغيل المحرك على سرعة دوران ثابتة، يقاس الزمن الذي يستغرقه الضغط للوصول إلى قيمة محددة (مثلًا من الصفر حتى ضغط التشغيل). فإذا كان الزمن أطول بوضوح من مرجع OE، فهذا يعني أن كفاءة الصمامات قد انخفضت. ويتوقف الزمن الدقيق على معدل تدفق الضاغط وسعة الخزان؛ والمرجع في ذلك دليل الخدمة.

فحص ضغط القطع (Cut-out) وضغط إعادة التحميل (Cut-in)

يراقب على مقياس الضغط ضغطا القطع وإعادة التحميل لمنظم الضغط. وعند بلوغ ضغط القطع تحقق من انتقال الضاغط إلى التشغيل دون تحميل (انقطاع صوت السحب). فإذا لم ينتقل إلى التشغيل دون تحميل، فركز على آلية التفريغ أو منظم الضغط.

عزل التسرب

لا يكون التشغيل المستمر ناجمًا عن الصمامات دائمًا؛ فتسربات النظام تعطي العرض نفسه. لذا ضيّق نطاق البحث عن التسرب أولًا بعزل خطوط الهواء ومجفف الهواء والصمامات. ولا تفك مجموعة الضاغط قبل التحقق من مصدر المشكلة.

المعايير ومصادر للاستزادة

يخضع هذا الموضوع لقواعد تجهيز المركبات التجارية المزودة بالفرامل الهوائية. ففي الولايات المتحدة يحدد المعيار الفيدرالي للفرامل الهوائية FMVSS 121 (49 CFR 571.121) خزانات الهواء والحماية والتوقيت التي يجب أن يوفرها النظام المطابق، بينما تطبق أوروبا الحدود المكافئة الواردة في اللائحة رقم 13 الصادرة عن اللجنة الاقتصادية لأوروبا التابعة للأمم المتحدة (UNECE). وللاطلاع على التفاصيل، راجع المرجع المصور المنشور على موقع airbrakecompressor.com. وتحقق دائمًا من القيم الفعلية بالرجوع إلى التشريعات السارية وبيانات الخدمة الصادرة عن الشركة المصنعة للمركبة.

وفي ما يخص المقطورات وأنصاف المقطورات المتصلة بالشاحنة القاطرة، تتضمن اللائحة الفنية للمقطورات ونصف المقطورات في المملكة العربية السعودية اشتراطات تجهيزها بالفرامل تبعًا لحمولتها، وتصدر هيئة التقييس لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية اللوائح الفنية الخليجية للمركبات. وفي مصر تتولى الهيئة المصرية العامة للمواصفات والجودة فحص مطابقة المقطورات وأنصاف المقطورات المصنّعة للرسومات الهندسية المعتمدة والمواصفات المعنية. ويبقى دليل الخدمة الحديث الصادر عن الشركة المصنّعة للمركبة هو المرجع المعتمد لأي قيمة أو إجراء فني.

خطوات الاستبدال / التركيب

معدات الوقاية الشخصية والسلامة: قبل بدء العمل أوقف المحرك، وضع مصدات العجلات لمنع تحرك المركبة، و**فرّغ الضغط من خزانات الهواء تفريغًا كاملًا**. فالنظام الواقع تحت الضغط قد يسبب إصابات خطيرة. وقد يكون الضاغط ساخنًا؛ فانتظر حتى يبرد. واستخدم نظارات واقية وقفازات. وفي الضواغط المبردة بالماء فرّغ خط سائل التبريد أيضًا بطريقة آمنة.

1. **فرّغ الضغط:** صرّف جميع خزانات الهواء عبر صمامات التصريف، وتحقق من الضغط الصفري على مقياس الضغط.
2. **ضع علامات على التوصيلات:** صوّر خطوط الهواء وتحكم منظم الضغط وسائل التبريد والزيت وضع عليها ملصقات قبل فكها؛ فذلك يمنع التركيب الخاطئ.
3. **افصل الخطوط:** افصل بعناية خط الطرد وخط السحب وخط التحكم في التفريغ وخطوط الماء والزيت (إن وجدت)؛ وأغلق الأطراف المفتوحة لمنع دخول الأوساخ.
4. **فك رأس الأسطوانة:** أرخ مسامير رأس الأسطوانة بترتيب متقاطع وعلى مراحل؛ ثم ارفع الرأس دون استخدام القوة.

5. **انزع صفيحة الصمامات:** انزع صفيحة الصمامات والرقائق والحشيات القديمة. وافحص أسطح الارتكاز ومكبس التفريغ بالعين.
6. **نظف الأسطح:** أزل بقايا الحشيات القديمة عن أسطح منع التسرب في كتلة الضاغط ورأس الأسطوانة دون خدش السطح. وافحص استواء السطح.
7. **جدد باستخدام طقم جديد:** ركب رقائق الصمامات الجديدة والصفيحة وعناصر التفريغ وطقم الحشيات مع الانتباه إلى اتجاهاتها. فالرقيقة لا تركّب ولا ترتكز إلا في اتجاه واحد.
8. **ركب الحشيات بشكل صحيح:** ركب طقم الحشيات بالترتيب الذي تحدده الشركة المصنعة؛ ولا تضع معجون منع التسرب على الحشية دون داعٍ (ما لم ينص على ذلك).
9. **اشدد رأس الأسطوانة بعزم الربط الصحيح:** اشدد مسامير الرأس بترتيب متقاطع وعلى مراحل وفق قيمة عزم الربط المحددة من OE. ولا تطبق عزم الربط الكامل دفعة واحدة.
10. **صل الخطوط:** أعد توصيل جميع خطوط الهواء والتحكم والماء والزيت وفق ملصقاتها؛ وافحص إحكام الوصلات.
11. **اختبر:** شغل المحرك واملأ النظام؛ ثم افحص زمن الملء وضغطي القطع وإعادة التحميل والتسربات. واختبر محيط رأس الأسطوانة بالماء والصابون.

نقاط يجب الانتباه إليها (الأخطاء الشائعة)

الخطأ الأخطر: البدء في الفك قبل تفريغ الضغط تفريغًا كاملًا. فالضغط المتبقي في النظام يشكل خطرًا على السلامة ويؤدي أيضًا إلى تطاير القطع. أما الخطأ الحاسم الثاني فهو تركيب رقائق الصمامات **في الاتجاه المعاكس**؛ فالرقيقة المعكوسة تجعل الضاغط عديم الكفاءة تمامًا.

- تركيب طقم الحشيات ناقصًا أو بترتيب خاطئ، مما يؤدي إلى تسرب الهواء أو الزيت.
- شد مسامير رأس الأسطوانة دفعة واحدة، مما يسبب تشوه الصفيحة وانسحاق الحشية؛ فالربط المتقاطع وعلى مراحل ضروري.
- تركيب حشية جديدة دون تنظيف أسطح الارتكاز القديمة، فلا يتحقق منع التسرب.
- تجاهل السبب الحقيقي لانخفاض كفاءة الضاغط (مجفف الهواء، أو منظم الضغط، أو تسرب النظام) والاكتفاء باستبدال الصمامات.
- استخدام طقم برقم قطعة خاطئ أو مخصص لعدد مختلف من الأسطوانات.
- إهمال تنظيف خطي الزيت والسحب، مما ينقل الأوساخ إلى الصمام الجديد.
- استبدال الرقائق فقط دون فحص مكبس التفريغ ودبابيسه، فتتكرر المشكلة.

دوّن درجة حرارة مخرج الضاغط وزمن الملء عند التشغيل الأول بعد الاستبدال. فتسجيل هذه القيم في سجل الخدمة يوفر مرجعًا قيمًا للمقارنة في الصيانة التالية.

القيم الفنية ونقاط الفحص

القيم التالية نطاقات **مرجعية نموذجية/عامة** لضواغط الهواء في المركبات التجارية الثقيلة. وهي تختلف بحسب العلامة التجارية للضاغط وطرازه ونوع المركبة؛ والمرجع في القيم الدقيقة دليل خدمة OE.

المعامل	النطاق المرجعي النموذجي	ملاحظة
ضغط القطع لمنظم الضغط	~12.0–13.0 bar (≈174–189 psi)	يختلف بحسب النظام والمركبة
ضغط إعادة التحميل لمنظم الضغط	~10.0–11.5 bar (≈145–167 psi)	الفرق النموذجي بينه وبين ضغط القطع ~1.5–2 bar
نطاق ضغط التشغيل	~8–12 bar	نطاق تشغيل نظام الفرامل
درجة حرارة مخرج الضاغط (في الوضع الطبيعي)	أقل من ~180 °C عادة	استمرار ارتفاع درجة الحرارة يحمل خطر تمرير الزيت
حالة الفلتر الأولي لهواء السحب	نظيف / غير مسدود	الفلتر المسدود يخفض الكفاءة
زمن الملء (الخزان + النظام)	وفق مرجع OE	الزيادة الواضحة في الزمن = انخفاض كفاءة الصمامات

يختلف عزم ربط مسامير رأس الأسطوانة وصفيحة الصمامات بحسب طراز الضاغط. والجدول التالي مرجع عام فقط؛ ويجب التحقق من قيمة عزم الربط الدقيقة وفق تعليمات الشركة المصنعة للضاغط.

الوصلة	نطاق عزم الربط النموذجي (مرجع عام)	ملاحظة التطبيق
مسامير رأس الأسطوانة	~20–35 Nm	شد متقاطع وعلى مراحل
مسامير صفيحة الصمامات / المسامير الوسيطة	~10–20 Nm	يختلف بحسب الطراز
وصلات الخطوط	قيمة الشركة المصنعة	الشد المفرط يتلف اللولب أو الوصلة

احرص دائمًا على الشد بقيم عزم الربط المحددة باستخدام مفتاح عزم معاير. فالشد «بإحساس اليد» هو الخطأ الأكثر شيوعًا الذي يسبب تشوه الصفيحة وتكرار تسرب الحشية في الضواغط الثنائية الأسطوانات.

نقاط الفحص الميداني:

- تحقق من ضغطي القطع وإعادة التحميل لمنظم الضغط بمقياس الضغط.
- تأكد من صوت السحب أن الضاغط ينتقل إلى التشغيل دون تحميل لحظة القطع.
- افحص محيط رأس الأسطوانة ومدخل السحب بالماء والصابون بحثًا عن أي تسرب.
- قس زمن الملء وقارنه بمرجع OE.
- افحص وجود تمرير للزيت في خرطوشة مجفف الهواء وفي الخطوط.
- في الطرازات المبردة بالماء افحص تدفق خط التبريد وتسرباته.

الصيانة والعمر الافتراضي

يتوقف عمر مجموعة الصمامات والتفريغ على جودة الهواء ودرجة حرارة التشغيل وتمرير الزيت والصيانة العامة للنظام. ولا ينبغي النظر إلى الضاغط بمعزل عن غيره أبدًا، بل يجب التعامل معه كنظام متكامل مع مجفف الهواء ومنظم الضغط وخطوط الهواء. ففي المركبة التي لا يؤدي فيها مجفف الهواء وظيفته تتآكل الصمامات بسرعة أكبر بكثير.

- افحص الفلتر الأولي لهواء السحب دوريًا وحافظ على نظافته؛ فالهواء المتسخ يسرع تآكل الصمامات.
- استبدل خرطوشة مجفف الهواء في الفترة التي توصي بها الشركة المصنعة؛ فانتقال الزيت والرطوبة يتلف الصمامات.
- صرّف الماء بانتظام عبر صمامات تصريف الخزانات؛ فالرطوبة المتراكمة في النظام تسبب التآكل.
- قس زمن الملء دوريًا لاكتشاف انخفاض الكفاءة مبكرًا.
- ابحث عن سبب ارتفاع درجة حرارة الضاغط المفرط والمستمر (العمل المستمر تحت الحمل، أو التسرب).

- فضّل تجديد مجموعة الصمامات كطقم كامل بدلًا من استبدال قطعها منفردة؛ إذ يجب استبدال الرقائق والصفيحة وعناصر التفريغ والحشيات معًا.

في المركبات التي تخضع أنظمة الهواء فيها لصيانة منتظمة تعمل مجموعة الصمامات والتفريغ دون مشكلات لفترة طويلة؛ أما في الأنظمة المهملة فلا مفر من الأعطال المبكرة والضاغط الذي يعمل باستمرار وارتفاع استهلاك الوقود. وعند ظهور الأعراض يكون تجديد المجموعة كاملة أكثر أمانًا وأكثر اقتصادًا من تجربة القطع واحدة تلو الأخرى.

هذه الوثيقة لأغراض إعلامية فقط؛ وفي التطبيق العملي يُعتمد دليل الخدمة الحالي وتعليمات السلامة الصادرة عن الشركة المصنعة للمركبة. القيم الواردة مراجع عامة للأنظمة الشائعة في المركبات التجارية الثقيلة؛ وللقيم الخاصة بكل طراز يُرجى الرجوع إلى وثيقة الخدمة الأصلية (OE) المعنية. © VADEN Otomotiv San. Tic. A.Ş. · vadenoriginal.com