VADEN®
ORIGINAL

دليل تقني

وحدة معالجة الهواء: أعراض الأعطال والاستبدال والصيانة

إذا لم يتوقف ضاغط هواء الفرامل في الشاحنة لدقائق صباحًا أو خرج ماء الخزان متسخًا بالزيت، فالعلة غالبًا في وحدة معالجة الهواء التي تجفف الهواء وتوزعه.

vadenoriginal.com · **vaden.com.tr** · الإصدار: أكتوبر 2026 · مركبة تجارية ثقيلة (شاحنة · رأس قاطرة · حافلة)

إذا ظل ضاغط هواء الفرامل يعمل دون توقف لدقائق عند إدارة مفتاح التشغيل صباحًا، أو كان يصدر من فتحة التنفيس في الوحدة صوت «بسس بسس» لا ينقطع، أو كان يخرج سائل متسخ مختلط بالزيت عند تصريف ماء الخزان، فالمشكلة في أغلب الأحيان ليست في ضاغط الهواء بل في وحدة معالجة الهواء في المركبة. تبدو هذه الوحدة صغيرة، لكنها البوابة الوحيدة التي تغذي دوائر الفرامل والركن والتعليق وناقل الحركة جميعها. فإذا انسدت هذه البوابة تراجع أداء الفرامل، وتجمدت الخطوط في الشتاء، وانتهى بك الأمر متوقفًا على جانب الطريق. يشرح هذا الدليل بلغة الورشة وظيفة وحدة معالجة الهواء (APU/EAC)، ودلالة كل عرض من الأعراض، وطريقة تشخيصها واستبدالها، وكيفية إطالة عمرها.

ملاحظة E-E-A-T: أعد هذه الوثيقة الفريق الفني في VADEN العامل في مجال أنظمة الهواء والفرامل في المركبات التجارية الثقيلة. وقيم الضغط وعزم الربط والفترات الدورية الواردة في النص ذات طابع مرجعي عام؛ أما القيم الدقيقة مثل ضغط القطع وقيم فتح الدوائر وعزم الربط فيجب الرجوع فيها دائمًا إلى أحدث دليل خدمة OE صادر عن الشركة المصنعة للمركبة. **آخر تحديث: سبتمبر 2026.**

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

ما هي وحدة معالجة الهواء (APU/EAC)؟ وظيفتها ومبدأ عملها

وحدة معالجة الهواء (APU / EAC) وحدة متكاملة تجمع في جسم واحد مجفف الهواء ومنظم الضغط وصمام الحماية المتعدد الدوائر؛ فهي تجفف الهواء الساخن الرطب المحمل ببخار الزيت القادم من ضاغط الهواء وتنقيه، وتحد من ضغط النظام، ثم توزع الهواء النظيف على دوائر الفرامل والدوائر المساعدة وفق ترتيب الأولوية.

يقوم مبدأ العمل على مرحلتين. **ففي مرحلة الملء** يدخل الهواء الذي يضخه ضاغط الهواء إلى الوحدة، فتحتجز الحبيبات الماصة للرطوبة (المادة المجففة) الموجودة في خرطوشة المجفف بخار الماء الموجود في الهواء، وتلتقط طبقة فصل الزيت قطيرات الزيت. ثم يوجه الهواء الجاف عبر صمام الحماية أولًا إلى دوائر الفرامل (الدائرتان 1 و2)، وبعد امتلائهما إلى دائرتي الركن والتجهيزات المساعدة (الدائرتان 3 و4). وعندما يبلغ ضغط النظام قيمة القطع ينقل منظم الضغط ضاغط الهواء إلى وضع التشغيل دون تحميل. **أما في مرحلة التجديد** فتمرر الوحدة جزءًا من الهواء الجاف المخزن في خزان التجديد عبر الخرطوشة في الاتجاه المعاكس لتطرد الرطوبة إلى الخارج؛ وهذا هو صوت «بسس» القصير الذي تسمعه من فتحة التنفيس، وهو أمر طبيعي.

تضم الوحدة عادة المكونات التالية:

- **خرطوشة المجفف (المادة المجففة/فاصل الزيت):** قطعة استهلاكية ملولبة يمكن فكها، تحتجز الرطوبة والزيت الموجودين في الهواء. وهي «الفلتر» الحقيقي الوحيد في نظام الهواء بالمركبة.
- **منظم الضغط (حاكم الهواء):** مجموعة صمامات تحدد ضغط القطع وضغط إعادة التشغيل، وتنقل ضاغط الهواء إلى وضع التشغيل دون تحميل.
- **صمام الحماية المتعدد الدوائر:** حزمة صمامات تحمي الدوائر الأخرى عند حدوث تسرب في إحدى الدوائر، وتضع ترتيب الأولوية من خلال ضغوط الفتح والإغلاق.
- **صمام التجديد ومخرج التفريغ:** المسار الذي ينظف الخرطوشة بالهواء المعاكس ويطرد الماء المتكاثف إلى الخارج.
- **صمام الأمان:** عنصر حماية ميكانيكي يقي النظام من الضغط الزائد إذا تعطل منظم الضغط.
- **مقاومة التسخين ومنظم الحرارة (ثرموستات):** عنصر كهربائي يعمل عادة بجهد 24 فولت، ويمنع تجمد مخرج التفريغ في الشتاء.
- **التحكم الإلكتروني (في وحدات EAC ووحدات APU الإلكترونية فقط):** لوحة إلكترونية تضم حساسات الضغط والصمامات الملفية (سولينويد)، وتتصل بوحدة ECU في المركبة عبر شبكة CAN.

الفرق بين وحدة APU الميكانيكية ووحدة EAC الإلكترونية

في الوحدات الميكانيكية يقوم منطق القرار كله على النوابض والمكابس: فعندما يبلغ الضغط قيمة معينة ينتقل ضاغط الهواء إلى وضع التشغيل دون تحميل، وعندما ينخفض إلى قيمة أخرى يعود إلى الضخ. أما في الوحدات الإلكترونية (من نوع

EAC لدى Knorr-Bremse أو من نوع APU الإلكتروني لدى Wabco/ZF) فتتخذ القرار وحدة ECU تقرأ حساسات الضغط. وبذلك يمكن تشغيل ضاغط الهواء وفق حالة حمل المحرك (الملء أثناء النزول على المنحدرات، والتشغيل دون تحميل أثناء التسارع)، فيتحقق توفير في الوقود وتظهر الأعطال في صورة رموز أعطال. في المقابل يحتاج التشخيص في الوحدة الإلكترونية إلى جهاز تشخيص بقدر حاجته إلى مقياس الضغط وجهاز القياس المتعدد (ملتيميتر)؛ وفي بعض المركبات تكون كتابة المعاملات (البارامترات) بعد الاستبدال أمرًا لازمًا.

موقعها في النظام: لماذا هي «البوابة الوحيدة»؟

لا يدخل الهواء الخارج من ضاغط الهواء إلى النظام إلا عبر هذه الوحدة. فإذا انسدت الوحدة لم تتأثر الفرامل وحدها، بل كل ما يستخدم الهواء: نظام التعليق بالمنافيخ الهوائية، ومشغلات ناقل الحركة، وتعليق الكابينة، وخط نصف المقطورة، وPTO. وإذا لم تجفف الهواء بالقدر الكافي انتشرت الرطوبة والزيت في جميع الصمامات والمنافيخ ووحدات تعديل الضغط في نظام EBS. ولهذا فإن منطق «لنؤجل خرطوشة المجفف وننظر فيها لاحقًا» هو بذرة أعطال الصمامات الأغلى بكثير في المستقبل.

وقد تناولنا في مقالتنا مجفف الهواء (درايِر): البطل الخفي لنظام الهواء في المركبات الثقيلة بصورة مستقلة سبب كون مرحلة التجفيف هذه حاسمة إلى هذا الحد للنظام بأكمله.

ما النوع المستخدم في كل فئة من المركبات؟

الاتجاه العام كما يلي: في رؤوس القاطرات من الأجيال القديمة وفي كثير من تطبيقات الشاحنات والحافلات ينتشر التصميم المنفصل (مجفف مستقل + منظم ضغط مستقل + صمام حماية مستقل)، أما في رؤوس القاطرات من الجيل الجديد فوحدة APU/EAC المتكاملة هي المعيار. والتحقق من النوع الموجود في مركبتك عبر رقم OE المدون على الجسم وعدد أطراف الموصل أكثر أمانًا دائمًا من التخمين اعتمادًا على الكتالوج.

الخاصية	التصميم المنفصل (التقليدي)	وحدة APU متكاملة ميكانيكية	وحدة APU إلكترونية / EAC
منطق التحكم	منظم ضغط ميكانيكي	منظم ضغط ميكانيكي (مدمج في الجسم)	ECU + حساس ضغط + صمام سولينويد
التوصيل الكهربائي	لا يوجد عادة (إلا لمقاومة التسخين إن وجدت)	تغذية مقاومة التسخين	موصل متعدد الأطراف + CAN
هل تولد رموز أعطال؟	لا	لا	نعم (يمكن قراءة رموز DTC)
طريقة التشخيص	مقياس ضغط + الاستماع + اختبار التسرب	مقياس ضغط + اختبار التسرب	مقياس ضغط + جهاز تشخيص + بيانات حية
الترميز بعد الاستبدال	غير لازم	غير لازم	لازم في بعض المركبات
مرونة الإصلاح	يمكن استبدال كل قطعة على حدة	الخرطوشة + طقم الإصلاح	الخرطوشة + طقم الإصلاح؛ واللوحة الإلكترونية تستبدل عادة كاملة
السياق النموذجي لقطع OE	مجموعات منفصلة من نوع Knorr / Wabco	جسم متكامل من نوع APU لدى Wabco	Knorr EAC / وحدة APU إلكترونية من نوع ZF-Wabco

التحقق من رقم القطعة: تتشابه وحدات معالجة الهواء كثيرًا في مظهرها الخارجي، لكن ضغط القطع وقيم فتح الدوائر وأسنان المنافذ وترتيب أطراف الموصل ومستوى البرمجيات قد تختلف. لذا تحقق قبل الطلب من **رقم OE المدون على جسم الوحدة ورقم شاسيه المركبة ونوع الموصل** معًا. فمعلومة «تركب على المركبة نفسها» لا تكفي وحدها؛ إذ إن وحدة مضبوطة على ضغط خاطئ تعرض نظام الفرامل للخطر بصمت.

أعراض الأعطال والتشخيص

نادرًا ما «تنفجر» أعطال وحدة معالجة الهواء دفعة واحدة؛ بل تظهر عادة في صورة أعراض صغيرة تتفاقم على مدى أسابيع. ويربط الجدول التالي الأعراض الأكثر شيوعًا في الميدان بأسبابها المحتملة.

العرض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
ضاغط الهواء لا يتوقف أبدًا، والضغط لا يبلغ قيمة القطع	انسداد الخرطوشة، أو عطل منظم الضغط، أو تسرب كبير في النظام، أو ضعف ضاغط الهواء	قس زمن الملء بمقياس الضغط؛ وقارن ضغط مدخل الوحدة بضغط الخزان؛ وابحث عن التسرب بماء الصابون
الهواء يخرج باستمرار من فتحة التنفيس/مخرج التفريغ	تسرب من صمام التجديد، أو كلال الحلقة الدائرية، أو تسرب من حشية الخرطوشة	استمع إلى منفذ التفريغ والمحرك متوقف؛ واستخدم رغوة الصابون؛ وفك الخرطوشة وأعد تركيبها ثم أعد التجربة
خروج خليط من الماء والزيت عند تصريف ماء الخزان	تشبع الخرطوشة أو انتهاء عمرها، أو قذف ضاغط الهواء للزيت	تحقق من تاريخ استبدال الخرطوشة؛ وافحص تراكم الزيت في خط خروج ضاغط الهواء
انخفاض الضغط، ونفاد الهواء من المركبة بعد ركنها ليلًا	تسرب من صمامات عدم الرجوع في صمام الحماية، أو تسرب داخلي في الوحدة، أو ارتخاء وصلة الخط	اترك الخزانات ممتلئة وسجل انخفاض الضغط طوال الليل؛ واعزل الدوائر واحدة تلو الأخرى
ضغط الفرامل يصل، لكن دائرة الركن/التعليق تمتلئ متأخرة أو لا تمتلئ إطلاقًا	عدم تحقق ضغط فتح الدائرتين 3/4، أو عطل صمام الحماية	قس الضغط بمقياس الضغط من منافذ اختبار كل دائرة على حدة؛ وراقب ترتيب الفتح
الضغط لا يرتفع صباحًا في الشتاء ثم يعود طبيعيًا قرب الظهيرة	تجمد خط التفريغ، أو عطل مقاومة التسخين أو منظم الحرارة	قس قيمة مقاومة عنصر التسخين وجهد التغذية؛ وافحص المصهر/المقبس
خروج الهواء من صمام الأمان، والضغط مرتفع جدًا	منظم الضغط لا يستطيع نقل ضاغط الهواء إلى وضع التشغيل دون تحميل، أو انسداد خط صمام التفريغ	اقرأ ضغط القطع بمقياس الضغط؛ وافحص خط التحكم عند مخرج منظم الضغط
تحذير نظام الهواء/EAC أو رمز عطل على لوحة العدادات	عطل حساس الضغط أو صمام السولينويد أو وحدة ECU؛ أو مشكلة في التغذية/شبكة CAN	اقرأ رموز DTC بجهاز التشخيص؛ وقارن ضغط الحساس في البيانات الحية بقراءة مقياس ضغط حقيقي

قياس الضغط: العمود الفقري للتشخيص

الدليل الوحيد المعتبر في تشخيص وحدة معالجة الهواء هو مقياس الضغط. فمؤشر لوحة العدادات وبيانات الشاشة يعتمدان على الحساس، وإذا كانت قراءة الحساس خاطئة فستسير في الاتجاه الخطأ. والطريقة الصحيحة هي: صل مقياس ضغط حقيقيًا بمنافذ الاختبار في المركبة، وسجل ضغط القطع أثناء امتلاء النظام بواسطة ضاغط الهواء، وضغط إعادة التشغيل عند استهلاك الهواء، وترتيب امتلاء الدوائر. وفي الوحدة الإلكترونية، إذا تجاوز الفرق بين القيمة في البيانات الحية وقراءة مقياس الضغط حدود 0.3–0.5 bar بشكل واضح فالحساس موضع شك.

تسرب أم انسداد؟ طريقة عملية للتمييز

عدم توقف ضاغط الهواء عرض مشترك لقصتين مختلفتين. فإذا كان النظام يمتلئ بسرعة لكن الضغط يعلق عند نقطة معينة، فالسبب في الغالب هو **التسرب**. أما إذا كان النظام يمتلئ ببطء وبصعوبة، فالسبب في الغالب هو **الانسداد** أو ضعف ضاغط الهواء. ولحسم التمييز، قس الضغط عند مدخل الوحدة وضغط الخزان في الوقت نفسه: فإذا ازداد الفرق بينهما بصورة واضحة فالخرطوشة/الوحدة مسدودة.

ابحث عن التسرب بالرغوة لا بالسمع

لا يمكن سماع التسربات الصغيرة وسط ضجيج المحرك. لذا، والخزانات ممتلئة والمحرك متوقف، افحص جسم الوحدة وجميع المنافذ ومخرج التفريغ برذاذ ماء الصابون. كما يرشدك «اختبار الليل»: سجل الضغط مساءً ثم اقرأه مجددًا في الصباح. فإذا وجدت انخفاضًا واضحًا فضيق نطاق البحث عن المصدر بعزل الدوائر واحدة تلو الأخرى.

المعايير ومراجع 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 متطلبات أداء الفرملة على الطريق الواردة في 49 CFR 393.52. 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

السلامة ومعدات الوقاية الشخصية: نظام الهواء تحت الضغط، والهواء المحتجز قد يسبب إصابات خطيرة. قبل بدء العمل ارتد **نظارات واقية وقفازات عمل**، وثبت عجلات المركبة بمصدات العجلات على أرض مستوية، وأغلق مفتاح التشغيل، وافصل مفتاح البطارية الرئيسي، و**فرغ جميع خزانات الهواء تفريغًا كاملًا**. تعمل فرامل الركن بالنوابض: فعند تفريغ الهواء تتفعل فرامل الركن، لكن إذا كانت نصف المقطورة مفصولة أو كان النظام مقفلًا ميكانيكيًا فاستخدم مصدات العجلات حتمًا. وقد تكون الوحدة والخطوط حارقة إذا كان المحرك ساخنًا.

1. **تأكد من العطل:** ابن قرار الاستبدال على قياس مقياس الضغط واختبار التسرب ورمز العطل (إن وجد). ففي معظم الحالات لا تستبدل الوحدة، بل تجدد الخرطوشة أو حلقة دائرية واحدة فقط.
2. **فرغ النظام تفريغًا كاملًا:** افتح صمامات التصريف في جميع الخزانات، وتأكد من رؤية الصفر على مقياس الضغط. ولا تنس خزان التجديد الموجود على الوحدة.
3. **افصل الكهرباء وانزع الموصل:** افصل مفتاح البطارية الرئيسي، وانزع موصل مقاومة التسخين وموصل ECU (إن وجد) دون الإضرار بلسان القفل. وافحص أطراف الموصل بحثًا عن التآكل.
4. **ضع علامات على الخطوط:** قبل الفك رقم كل خط هواء باللون/الملصق أو التقط له صورة. فخط واحد يبدل مكانه بالخطأ قد يغذي دائرة الركن بدلًا من دائرة الفرامل.
5. **فك الخطوط والوحدة:** أرخ الوصلات بمفتاح مناسب دون الضغط على الجسم. واحرص على عدم الإفراط في شد وصلات الأنابيب البلاستيكية وعدم كسرها؛ ثم فك براغي تثبيت الجسم.
6. **نظف سطح التركيب والخطوط:** نظف حامل التثبيت الذي تستقر عليه الوحدة. وأخرج الرطوبة والصدأ وترسبات الزيت من داخل الخطوط بنفخها بالهواء المضغوط؛ فالخط المتسخ يقضي على الوحدة الجديدة في وقت قصير.
7. **قارن الوحدة الجديدة:** ضع القطعة القديمة والجديدة جنبًا إلى جنب؛ إذ يجب أن تتطابق أعداد المنافذ وأسنان المنافذ والمسافة بين ثقوب التركيب ونوع الموصل ورقم OE. وإذا لم تتطابق **فلا تركبها**، وتحقق من المرجع الصحيح.

8. **ركب الوحدة:** ثبت البراغي باليد، واضبط محاذاة الجسم، ثم شدها بالتناوب القطري وبقيمة العزم المحددة في الدليل. ولا تحاول ضبط محاذاة الجسم بالقوة.

9. **ركب الخرطوشة:** رطب حشية الخرطوشة الجديدة بطبقة رقيقة من الزيت النظيف، وأدرها باليد حتى تلامس الحشية سطح الارتكاز، ثم شدها بمقدار الدوران الإضافي المحدد في تعليمات الشركة المصنعة (نحو نصف دورة عادة). فالإفراط في الشد بمفتاح الأنابيب يسحق الحشية ويسبب التسرب.

10. **صل الخطوط والموصل:** ركب كل خط في مكانه وفق العلامات التي وضعتها، وشد الوصلات بعزم الدليل، وأدخل الموصل حتى يثبت في قفله.

11. **املأ النظام واختبره ونفذ الترميز عند الحاجة:** صل البطارية واملأ النظام؛ وتحقق بمقياس الضغط من ضغطي القطع وإعادة التشغيل وترتيب امتلاء الدوائر، وافحص جميع الوصلات بالرغوة. وفي الوحدة الإلكترونية امسح رموز الأعطال، ونفذ كتابة المعاملات إذا لزم الأمر، وراقب سلوك الضغط باختبار قصير على الطريق.

نقاط يجب الانتباه إليها (الأخطاء الشائعة)

الخطأ الأخطر — الفك قبل تفريغ الخزان: إرخاء وصلة في نظام ممتلئ قد يجعل الخط يرتد كالسوط ويسبب إصابات ظاهرة. لا تلمس أي وصلة قبل أن ترى الصفر على مقياس الضغط.

الخطأ الخطير الثاني — شد الخرطوشة بمفتاح الأنابيب: تركب خراطيش المجفف بالشد اليدوي + الدوران الإضافي المحدد. أما الخرطوشة المشدودة أكثر من اللازم فتنسحق حشيتها، وتتضرر أسنان جسم الوحدة، ويصبح فكها متعذرًا عند الاستبدال التالي.

- **إهمال ضاغط الهواء:** ضاغط الهواء الذي يقذف الزيت يشبع الخرطوشة الجديدة خلال بضعة آلاف من الكيلومترات. فإذا رأيت زيتًا كثيرًا في الخرطوشة فقيم حالة ضاغط الهواء أولًا.
- **الخلط بين الخطوط:** تبديل مكان الدائرتين 1/2 مع الدائرتين 3/4 يخل بأولوية الفرامل ويعطل منطق الأمان عند حدوث تسرب.
- **محاولة تعديل ضبط الضغط «يدويًا»:** قيمة القطع في منظم الضغط محددة بما يتناسب مع نظام الهواء الكامل في المركبة. ورفعها عشوائيًا يجهد صمام الأمان والمنافيخ الهوائية وضاغط الهواء.
- **استخدام خرطوشة رديئة الجودة:** جودة المادة المجففة وأداء فصل الزيت لا يظهران بالعين، لكن الصمامات ووحدات تعديل الضغط تدفع الثمن بعد أشهر.
- **نسيان مقاومة التسخين:** إنهاء العمل دون تركيب الموصل لا يسبب أي مشكلة طوال الصيف، لكن مع أول صقيع تعجز المركبة عن الانطلاق.
- **توصيل خط متسخ بالوحدة الجديدة:** ينتقل الصدأ والزيت المتراكمان في الخطوط القديمة إلى صمامات الوحدة الجديدة.
- **عدم الاختبار بعد الاستبدال:** لا تسلم المركبة قبل التحقق من قيم الضغط بمقياس الضغط؛ فمسح رموز الأعطال لا يثبت أن النظام يعمل بصورة صحيحة.

القيم الفنية ونقاط الفحص

القيم التالية مراجع عامة شائعة في تطبيقات المركبات التجارية الثقيلة، وهي تختلف بوضوح بحسب المركبة والشركة المصنعة ونوع النظام؛ والمرجع في القيمة الدقيقة هو دليل خدمة OE.

المعامل	القيمة النموذجية / المرجع العام	ملاحظة
ضغط القطع	~ 12.0 – 13.0 bar (≈ 175 – 190 psi)	أقل في أنظمة 10 bar؛ راجع الدليل

المعامل	القيمة النموذجية / المرجع العام	ملاحظة
ضغط إعادة التشغيل	أقل من قيمة القطع بنحو 0.8 – 1.5 bar	إذا كان الفرق صغيرًا جدًا يعاود ضاغط الهواء التشغيل بصورة متكررة
ضغط فتح صمام الأمان	مضبوط على قيمة أعلى بوضوح من ضغط القطع؛ والقيمة الدقيقة في دليل المركبة	إذا كان ينفتح فمنظم الضغط/صمام التفريغ موضع شك
ضغط فتح دائرتي الفرامل (1 و2)	~ 7.5 – 8.5 bar	أولوية الدوائر: تمتلئ الفرامل أولًا
ضغط إغلاق (قطع) دائرتي الفرامل	~ 6.5 – 7.5 bar	يحمي الدوائر الأخرى عند حدوث تسرب
ضغط فتح دائرتي الركن / التجهيزات المساعدة (3 و4)	بعد دائرتي الفرامل، وبأولوية أدنى	تختلف القيمة بحسب النوع؛ والمهم أن يكون الترتيب صحيحًا
استهلاك الهواء في التجديد	~ 10 – 25% من الهواء المنتج	التفريغ المستمر ليس أمرًا طبيعيًا
مقاومة التسخين	24 فولت، في نطاق ~ 35 – 110 واط	مزودة بمنظم حرارة؛ تعمل في البرد
نطاق درجة حرارة التشغيل	~ -40 °C° 80+ ... C	مخرج التفريغ هو أكثر النقاط عرضة للتجمد
زمن الملء من الصفر حتى الضغط الكامل	في حدود بضع دقائق عند سرعة دوران أعلى من سرعة الخمول	زيادة واضحة في زمن الملء = انسداد أو تسرب
انخفاض الضغط طوال الليل	يجب أن يبقى دون القيمة الحدية الواردة في الدليل	الانخفاض الواضح = تسرب؛ اعزل الدوائر

نطاقات مرجعية عامة لعزوم الربط:

الوصلة	القيمة النموذجية / المرجع العام	ملاحظة
خرطوشة المجفف	باليد حتى ملامسة الحشية + ~ 1/3 – 1/2 دورة	لا تستخدم المفتاح؛ والمرجع هو التعليمات المدونة على الخرطوشة
براغي تثبيت جسم الوحدة (M8)	~ 20 – 30 Nm	شدها بالتناوب القطري
براغي تثبيت جسم الوحدة (M10)	~ 40 – 55 Nm	لا تجبر حامل التثبيت على المحاذاة
وصلات خطوط الهواء (القطر الصغير)	~ 20 – 35 Nm	الإفراط في الشد يكسر وصلات الأنابيب البلاستيكية
وصلات خطوط الهواء (القطر الكبير)	~ 35 – 50 Nm	يختلف بحسب نوع الحلقة الدائرية (O-ring) / الحشية
مقاومة التسخين	~ 8 – 15 Nm	لا تجهد أسنان الجسم
حساس الضغط	~ 15 – 25 Nm	ركب الحشية جافة ونظيفة

نصيحة ميدانية: عند استبدال الخرطوشة اكتب عليها تاريخ الاستبدال وقراءة عداد المسافة بقلم لا يمحى. فينتهي في الصيانة التالية الجدل حول «متى استبدلت؟»؛ وفي صيانة الأساطيل تمنع هذه العادة الوحيدة كثيرًا من عمليات استبدال الوحدة غير الضرورية.

نقاط الفحص الدورية:

- السائل الخارج من صمام تصريف الخزان: القطرات الصافية أمر طبيعي، أما خليط الماء والزيت فهو إنذار بشأن الخرطوشة.
- مخرج التفريغ: التفريغ القصير لحظة القطع طبيعي، أما تسرب الهواء المستمر فعطل.
- نسبة تشغيل ضاغط الهواء: الملء المستمر يشير إلى «تسرب أو انسداد» في النظام.
- الجسم ومحيط المنافذ: آثار زيت، أو صدأ، أو تشققات، أو حامل تثبيت مكسور.

- الموصل والكابل: اخضرار ناتج عن التآكل، أو قفل مرتخٍ، أو اهتراء ناتج عن الاحتكاك.
- مقاومة التسخين: فحص التغذية وقيمة المقاومة الكهربائية قبل الشتاء.
- في الوحدة الإلكترونية: سجل رموز الأعطال، ومدى تطابق بيانات الضغط الحية مع قراءة مقياس الضغط.

الصيانة والعمر الافتراضي

وحدة معالجة الهواء نفسها وحدة طويلة العمر، أما القطعة الاستهلاكية الأساسية فهي خرطوشة المجفف. ويجب التخطيط لعمر الخرطوشة وفق ظروف التشغيل: فالمناخ الرطب، والتوقف والانطلاق المتكرر داخل المدن، والاستخدام المكثف للمنافيخ الهوائية، وضاغط الهواء المتقادم، كلها تشبع الخرطوشة بسرعة؛ بينما يطول عمرها في رحلات المسافات الطويلة وفي المناخ الجاف. والممارسة الشائعة في القطاع هي استبدال الخرطوشة مرة كل سنة أو وفق فترة الكيلومترات التي تحددها مواصفات OE؛ والمرجع النهائي في تحديد الفترة هو جدول الصيانة الصادر عن الشركة المصنعة للمركبة.

- **استبدل الخرطوشة دوريًا:** إنها قطعة استهلاكية رخيصة، وثمن التأجيل أعطال في الصمامات ووحدات تعديل الضغط.
- **فرغ الخزانات بانتظام:** عادة التفريغ الأسبوعي تخبرك مجانًا بحالة الخرطوشة.
- **قيم ضاغط الهواء معها:** استبدال الخرطوشة ليس حلًا دائمًا ما لم يصلح ضاغط الهواء الذي يقذف الزيت.
- **استعد قبل الشتاء:** افحص دائرة مقاومة التسخين وخط التفريغ ومنظم الحرارة قبل موجات البرد الأولى.
- **فكر في طقم الإصلاح:** في بعض الوحدات يكون طقم إصلاح الحلقات الدائرية/الصمامات أوفر بكثير من الاستبدال الكامل وكافيًا لأداء المهمة.
- **احتفظ بسجلات:** دون قياسات الضغط وتواريخ الاستبدال في ملف المركبة؛ فبهذه الطريقة وحدها يتضح نمط الأعطال المتكررة.

خلاصة القول: عمر الوحدة يتناسب طرديًا مع جودة العناية بها. ففي الأسطول الذي يستبدل الخرطوشة في موعدها، ويفرغ الخزانات، ويراقب ضاغط الهواء، تعمل الوحدة سنوات دون مشكلات. أما عند إهمالها فلا يبقى العطل محصورًا في الوحدة، بل تنتشر الرطوبة والزيت في نظام الهواء بأكمله ليتحول الأمر إلى فاتورة إصلاح أكبر بكثير.

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