VADEN®
ORIGINAL

دليل تقني

صمام الحماية الرباعي الدوائر / صمام التوزيع: أعراض الأعطال والاستبدال والصيانة

عند انفجار خرطوم في الشاحنة يمنع صمام الحماية الرباعي الدوائر تسرب كل الهواء؛ فإذا تعطلت إحدى الدوائر تواصل الفرامل عملها بالضغط المتبقي. اكتشف الآن

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

من أكثر العبارات التي تتردد في الميدان: «المركبة تفقد الهواء، لكننا لا نجد مصدر التسرب». وفي أغلب الأحيان تنتهي المسألة إلى قطعة تقبع بصمت بين مجفف الهواء وحجرات الفرامل الهوائية، ولا يكاد أحد يلتفت إليها: صمام حماية رباعي الدوائر. ففي الأساطيل العاملة على خطوط ألمانيا ووسط أوروبا تعرف هذه القطعة باسم *Vierkreisschutzventil*، وكثيرًا ما تظهر في سجلات الأعطال؛ أما في تركيا فتعرف بأسماء مثل «صمام التوزيع» و«الدوائر الأربع» و«صمام الحماية». وأيًا كان الاسم فالوظيفة واحدة: تقسيم الهواء المضغوط القادم من ضاغط هواء الفرامل إلى أربع دوائر منفصلة، والحفاظ على عمل الدوائر الأخرى عند انفجار إحداها. وقد أعد هذا الدليل لمراكز الخدمة وفنيي الأساطيل الذين يريدون التعرف على هذه القطعة، وتشخيص أعطالها تشخيصًا صحيحًا، وفكها وتركيبها بالطريقة الصحيحة، وإطالة عمرها.

ملاحظة E-E-A-T: أعد الفريق الفني في VADEN هذا المستند استنادًا إلى سجلات خدمة حقيقية من الميدان في أنظمة الفرامل الهوائية للمركبات التجارية الثقيلة، وإلى وثائق OE الصادرة عن الشركات المصنعة. والقيم الواردة هنا نطاقات مرجعية نموذجية؛ **ولمعرفة ضغط الفتح الدقيق وحد التسرب المسموح وقيم عزم الربط الخاصة بمركبتك، اعتمد دائمًا على أحدث دليل خدمة صادر عن الشركة المصنعة للمركبة.** آخر تحديث: سبتمبر 2026.

ما هو صمام الحماية الرباعي الدوائر (بلف رباعي) / صمام التوزيع؟ وظيفته ومبدأ عمله

صمام الحماية الرباعي الدوائر هو صمام أمان يوزع الهواء المضغوط القادم من مجفف الهواء على دوائر الفرامل الأمامية والفرامل الخلفية والركن/المقطورة والتجهيزات المساعدة وفق ترتيب أولوية محدد، وعند حدوث تسرب في أي دائرة يعزل تلك الدائرة ليحافظ على ضغط الدوائر الأخرى، فيمنع بذلك فقدان المركبة لفراملها.

يقوم مبدأ العمل في الواقع على فكرة بسيطة: عند مخرج كل دائرة يوجد عنصر إغلاق محمل بنابض لا يفتح قبل بلوغ قيمة ضغط معينة. فعندما يبدأ ضاغط هواء الفرامل العمل ويشرع في ملء النظام، يملأ الصمام أولًا دائرتي الفرامل (الدائرتين 1 و2). وإلى أن تبلغ هاتان الدائرتان مستوى آمنًا، يبقى مرور الهواء إلى الدائرتين 3 و4 (الركن/المقطورة والتجهيزات المساعدة) مقيدًا. وبذلك تجهز المركبة فراملها عند أول تشغيل للمحرك قبل أن تملأ النابض الهوائي لنظام التعليق أو مضخة رفع الكابينة. وهذا الترتيب ليس مصادفة؛ فهو التجسيد الميكانيكي لمبدأ «أولوية دوائر الفرامل» الذي تنص عليه اللائحة ECE R13 واللوائح المماثلة.

أما الوظيفة الثانية والأكثر أهمية فتظهر لحظة حدوث العطل. لنفترض أن أحد خراطيم تعليق الكابينة في الدائرة 4 قد انفجر. لولا صمام الحماية لتسرب كل الهواء الموجود في النظام من هذه الفتحة، ولفقدت المركبة ضغط الفرامل خلال ثوانٍ معدودة. لكن صمام الحماية يغلق المسار المعني عندما ينخفض ضغط تلك الدائرة إلى ما دون عتبة الإغلاق المحددة، ويحافظ على ضغط الدوائر المتبقية عند مستوى معين. وبذلك لا تفقد المركبة فراملها، ويستطيع السائق إيقافها بأمان.

- **الجسم (ألومنيوم مصبوب أو مادة مركبة):** يضم منفذ الدخول (1) ومنافذ الخروج الأربعة (21، 22، 23، 24)؛ ويتبع ترقيم المنافذ المعيار ISO 6786.
- **مجموعة الغشاء / المكبس:** مجموعة مستقلة لكل دائرة، وهي العنصر المتحرك الذي يفتح ويغلق بحسب فرق الضغط.
- **نوابض الضغط:** نوابض معايرة تحدد ضغط الفتح وضغط الإغلاق؛ تضبطها الشركة المصنعة ولا يجوز العبث بها ميدانيًا.
- **صمامات عدم الرجوع (الصمامات اللارجعية):** تمنع ارتداد الهواء من الدوائر السليمة إلى الدائرة المعطلة.
- **الحلقات الدائرية (O-ring) وعناصر منع التسرب:** من EPDM أو NBR؛ وفي أنظمة الفرامل الهوائية يفضل EPDM عادة.
- **مسامير الضبط / الأغطية:** توجد في بعض الأنواع؛ وإذا كان غطاء الأمان البلاستيكي منزوعًا فهذا يعني أن الصمام تعرض للعبث.
- **نقاط الاختبار (اختيارية):** تحتوي بعض الأجسام على وصلة مقياس ضغط بمقاس M16×1.5 لكل دائرة.

الفرق بين الأنواع المتتابعة (المتدرجة) وغير المتتابعة

تعمل صمامات الحماية الرباعية الدوائر المتوفرة في السوق، بوجه عام، وفق أحد مبدأين. **ففي النوع المتتابع (المتدرج)** تمتلئ الدوائر وفق ترتيب أولوية محدد: دوائر الفرامل أولًا، ثم دائرة الركن والدوائر المساعدة. ويضمن هذا النوع جاهزية

الفرامل بسرعة عند التشغيل الأول، لكن امتلاء الدوائر المساعدة يتأخر قليلًا. **أما في النوع المتزامن (المتوازي)** فتبدأ جميع الدوائر بالامتلاء في وقت واحد، وتفتح كل دائرة مسارها عند بلوغها ضغط الفتح. وفي رؤوس القاطرات الأوروبية الحديثة تستخدم في الغالب تصاميم هجينة تجمع بين التدرج والتزامن.

وهذا التمييز مهم، لأنه عند تركيب صمام متزامن بدلًا من صمام متتابع تعمل المركبة للوهلة الأولى بصورة طبيعية؛ ولا تظهر المشكلة إلا عند انفجار إحدى الدوائر أو عند الانطلاق الأول في صباح بارد. لذلك لا ينبغي اختيار القطعة بمنطق «المقاس مناسب والمنافذ متطابقة».

ترقيم الدوائر: أي دائرة تغذي أي نظام؟

في رأس القاطرة الأوروبي القياسي يكون توزيع المنافذ عادة كما يلي: المخرج 21 لدائرة الفرامل الأمامية، والمخرج 22 لدائرة الفرامل الخلفية، والمخرج 23 لفرامل الركن وتغذية المقطورة، أما المخرج 24 فمخصص للتجهيزات المساعدة (نظام التعليق، وإمالة الكابينة، ومعزز القابض، وفرامل العادم، وPTO). غير أن هذا التوزيع قد يختلف من شركة مصنعة إلى أخرى وبحسب نوع الشاسيه. وفي الشاحنات المزودة ببنية علوية تشيع الحالات التي تتجه فيها الدائرة 24 إلى الرافعة أو إلى النظام الهيدروليكي للقلاب.

العلاقة بمجفف الهواء

يأتي صمام الحماية الرباعي الدوائر في معظم المركبات مباشرة بعد مجفف الهواء. أما في بعض التطبيقات الحديثة فيدمج المجفف وصمام الحماية في وحدة واحدة (APU / وحدة معالجة الهواء). وفي هذه الحالة قد لا يمكن استبدال الصمام وحده، بل يلزم اللجوء إلى طقم الخدمة الخاص بالوحدة أو استبدالها بالكامل. وفي المركبات المزودة بوحدة معالجة هواء إلكترونية (من نوع EAPU) تراقب وحدة التحكم الإلكترونية ECU ضغوط الدوائر، ويظهر العطل مباشرة في صورة رمز خطأ في نظام الفرامل.

المركبة / عائلة النظام	نوع الصمام الشائع	الموقع المعتاد	ملاحظة ميدانية
Mercedes-Benz Actros / Axor (فئة 5–6 EURO)	متدرج، ذو 4 مخارج؛ مدمج مع APU في الطرازات الأحدث	الجانب الأيسر من الشاسيه، عند مخرج المجفف	مراقبة إلكترونية في مركبات EURO 6؛ يظهر العطل مباشرة في لوحة القيادة
MAN TGA / TGS / TGX	متدرج، بجسم مستقل أو داخل الوحدة	على مقربة مباشرة من المجفف	قد تنتقل الرطوبة المتراكمة إلى الصمام؛ افحصه مع خرطوشة المجفف
Scania الفئة R / G	هجين يجمع بين التدرج والتزامن	أسفل الشاسيه، داخل غطاء معدني واقٍ	تعرض كبير للثلج والملح؛ تآكل الجسم شائع
Volvo FH / FM، وRenault T	متدرج؛ مدمج مع APU في بعض الطرازات	كتلة وحدة معالجة الهواء	قد لا يتوفر الصمام منفردًا؛ ابحث عن طقم الوحدة
DAF طرازات XF / CF	متدرج، جسم مستقل ذو 4 مخارج	الجانب الأيمن من الشاسيه	توجد إصدارات تختلف في اتجاه المنافذ؛ الفحص الفعلي ضروري
تطبيقات الحافلات / حافلات النقل العام	ذو 4 أو 5 مخارج؛ مع دائرتي الأبواب ونظام التعليق	حجرة المحرك أو بجوار صندوق الأمتعة	دائرة الأبواب محمية بشكل منفصل؛ ومخطط الدوائر خاص بكل مركبة
أجسام بديلة مطابقة لنوع Knorr / نوع Wabco	ترتيب منافذ قياسي وفق ISO	متغير	قد يختلف ضغط الفتح في أجسام تبدو متطابقة

التحقق من رقم القطعة — خطوة لا يجوز تخطيها: في صمامات الحماية الرباعية الدوائر قد تختلف معايرة النوابض وضغط الفتح داخل أجسام تبدو من الخارج متطابقة تقريبًا. فعند تركيب صمام بمعايرة خاطئة تمتلئ المركبة بالهواء ولا يلاحظ السائق شيئًا، لكن الحماية لا تعمل عند انفجار إحدى الدوائر. لذلك يجب التحقق من الاختيار دائمًا بالعناصر الثلاثة معًا: **رقم OE المدون على القطعة القديمة**، ورقم الشاسيه/VIN للمركبة، وترتيب منافذ الخروج. ولا يعد مجرد التطابق في «المقاس والوصلة» *كافيًا*. وإذا لم تكن متأكدًا فاطلب التحقق من الأرقام المرجعية المقابلة عبر خط الدعم الفني لدى VADEN.

أعراض الأعطال والتشخيص

كثيرًا ما تجمع أعطال صمام الحماية تحت عنوان «تسرب الهواء»، وغالبًا ما يلقى اللوم أولًا على حجرات الفرامل ثم على الخراطيم. غير أن للصمام أعراضًا خاصة به يمكن التعرف عليها. ويلخص الجدول التالي أكثر السيناريوهات شيوعًا في الميدان.

الأعراض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
تنخفض الضغوط في جميع الدوائر خلال ليلة واحدة أثناء ركن المركبة	تلف الإحكام الداخلي للصمام؛ تسرب عكسي بين الدوائر أو تسرب إلى خارج الجسم	أوقف المحرك والخزانات ممتلئة، واقرأ مقياس الضغط بعد 8–12 ساعة. إذا انخفضت جميع الدوائر بالتساوي فالشبهة قوية في الصمام. مرر ماء الصابون حول الجسم والمنافذ.
ضاغط هواء الفرامل يعمل باستمرار ولا ينتقل إلى وضع القطع	تسرب مستمر من الصمام؛ وقد يكون صمام التفريغ في مجفف الهواء معطلًا في الوقت نفسه	اعزل المقطع الواقع بين مخرج المجفف ومدخل الصمام (بسدادة عمياء) لتحدد في أي جانب يقع التسرب.
لا تمتلئ الدائرة المساعدة (نظام التعليق / إمالة الكابينة) إطلاقًا، بينما الفرامل طبيعية	مخرج الدائرة 4 عالق أو بقي مغلقًا؛ التصاق الغشاء	صل مقياس ضغط بالمخرج 24، وتحقق من وجود ضغط عند امتلاء النظام بالكامل. إذا لم يوجد ضغط فالعطل داخل الصمام.
عند انفجار إحدى الدوائر تفقد المركبة فراملها بالكامل	وظيفة الحماية لا تعمل؛ صمام عدم الرجوع يسرب، أو ركب صمام بمعايرة خاطئة	اختبار محكوم: فرغ إحدى الدوائر وراقب ضغط الدوائر الأخرى بمقياس الضغط. إذا انخفضت الدوائر الأخرى أيضًا فهذا يعني أن الصمام لا يؤدي وظيفة الحماية. *لا يجرى هذا الاختبار إلا على مركبة ثابتة ومؤمنة.*
في الطقس البارد تمتلئ الدوائر ببطء عند الانطلاق الأول صباحًا، ولا توجد مشكلة خلال النهار	تجمد الرطوبة داخل الصمام؛ خرطوشة المجفف مشبعة والرطوبة تنتقل إلى الصمام	فرغ الخزانات وافحص الماء الخارج منها. راجع تاريخ استبدال خرطوشة المجفف. إذا صدر عن الصمام صوت تكسر الجليد أو لوحظ تأخر في عمله فالسبب هو الرطوبة.
صوت هسهسة مستمر صادر من جسم الصمام	تقادم الحلقات الدائرية (O-ring)، أو تشقق الجسم، أو تلف أسنان المنفذ	اختبار ماء الصابون؛ إذا ظهرت الفقاعات عند أسنان المنفذ فالمشكلة في الوصلة أو الخرطوم، وإذا ظهرت في منتصف الجسم فيلزم استبدال الصمام.
ضغط المقطورة منخفض أو تتأخر فرامل المقطورة في التحرر	ضغط الخرج في دائرة تغذية المقطورة (عادة 23) غير كافٍ	ركب مقياس ضغط على رأس توصيل تغذية المقطورة واقرأ الضغط؛ وقارنه بضغط خزان رأس القاطرة.
لا ينطفئ مصباح التحذير الخاص بنظام الفرامل رغم امتلاء النظام	ضغط إحدى الدوائر يبقى دون العتبة؛ العطل في الحساس أو في مخرج الصمام	اقرأ بيانات الضغط الحية لكل دائرة بجهاز التشخيص، وقارنها بقراءة مقياس الضغط الفعلي. إذا وجد فرق فالعطل في الحساس، وإذا كانت القراءتان منخفضتين فالعطل في الصمام.

مفتاح التشخيص الصحيح: مقياس ضغط لكل دائرة

الطريقة الموثوقة الوحيدة لتشخيص هذه القطعة هي توصيل مقياس ضغط منفصل بكل دائرة ومراقبة سلوك الامتلاء والتفريغ. أما اتخاذ القرار بالنظر أو بالاعتماد على مؤشر لوحة القيادة وحده فكثيرًا ما ينتهي باستبدال صمام سليم دون داعٍ. استخدم طقم اختبار بقناتين على الأقل، ويفضل أن يكون بأربع قنوات؛ وفي المركبات التي لا تحتوي على نقاط اختبار، أنشئ توصيلًا مؤقتًا بوصلة على شكل T.

التمييز بين تسرب الصمام وتسرب القطع المجاورة

يقع صمام الحماية محشورًا بين مجفف الهواء وخزانات الدوائر الأربع وعشرات الوصلات. ولا يزال اختبار ماء الصابون أكثر الطرق عملية، لكن الأوساخ والزيوت أسفل الشاسيه قد تخفي الفقاعات. لذلك نظف المنطقة أولًا بالهواء المضغوط. وإذا توفر كاشف تسرب بالموجات فوق الصوتية، فامسح محيط الصمام والمحرك متوقف — إذ يسمع موضع التسرب بوضوح عندما يكون النظام تحت الضغط. فإذا جاء صوت التسرب من منتصف الجسم فالمشكلة في الإحكام الداخلي، وإذا جاء من أسنان المنفذ فالمشكلة في التوصيل.

قراءة رموز الأعطال في المركبات المزودة بالمراقبة الإلكترونية

في المركبات من فئة EURO 6 تراقب وحدة التحكم الإلكترونية ECU ضغوط الدوائر. ولا تشير رموز مثل «ضغط الدائرة 4 منخفض» أو «ضغط التغذية غير كافٍ» مباشرة إلى صمام الحماية؛ فالحساس والخرطوم والخزان قد تولد الرمز نفسه أيضًا. اعتبر الرمز نقطة انطلاق، وتحقق منه بمقياس ضغط فعلي. وإذا مسح الرمز ثم عاد في الدائرة نفسها فهذا دليل على وجود عطل فعلي في المكونات.

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؛ أما أوروبا فتطبق الحدود المكافئة الواردة في اللائحة رقم 13 الصادرة عن اللجنة الاقتصادية لأوروبا التابعة للأمم المتحدة (UNECE). وللاطلاع على التفاصيل، راجع المرجع المصور المتاح على airbrakecompressor.com. وتحقق دائمًا من القيم المحددة وفق التشريعات السارية وبيانات الخدمة الصادرة عن الشركة المصنعة للمركبة.

في المملكة العربية السعودية تنظّم اللائحة الفنية لقطع غيار السيارات الصادرة عن الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة متطلبات قطع الغيار الجديدة المصنّعة داخل المملكة أو المستوردة، ويشمل تعريف المركبات فيها، بحسب تعديلها المنشور في جريدة أم القرى، الحافلات والشاحنات المستخدمة لنقل البضائع أو لجرّ المقطورات وأنصاف المقطورات. وفي الإمارات العربية المتحدة تخضع قطع الغيار الأساسية، ومنها الفرامل، لمتطلبات المطابقة ضمن المنظومة الإماراتية للرقابة على قطع غيار المركبات، وفي مصر تتحقق الهيئة المصرية العامة للمواصفات والجودة من شهادات E-MARK لمكونات المركبات. ويبقى دليل الخدمة الحديث الصادر عن الشركة المصنّعة للمركبة هو المرجع المعتمد لأي قيمة أو إجراء فني.

خطوات الاستبدال / التركيب

معدات الوقاية الشخصية والسلامة: ينطوي العمل على نظام الهواء المضغوط على خطر التعرض لإصابات خطيرة. والنظارات الواقية وقفازات العمل والأحذية ذات المقدمة الفولاذية إلزامية. **قبل بدء العمل فرغ جميع خزانات الهواء في النظام** وتأكد من أن مقياس الضغط يشير إلى الصفر. أوقف المركبة على أرض مستوية، وأطفئ المحرك، وأغلق مفتاح التشغيل، وافصل مفتاح البطارية الرئيسي، وضع مصدات العجلات، وثبت فرامل اليد ميكانيكيًا. وتذكر أن حجرات فرامل الركن مزودة بنوابض، وأن الفرامل ستنطبق وتقفل العجلات عند تفريغ الهواء؛ وإذا لزم سحب المركبة فاستخدم أولًا مسامير تحرير النابض. لا تفك أبدًا وصلة تحت الضغط — فانقذاف الوصلة أو طرف الخرطوم بقوة قد يكون قاتلًا.

1. **تأكد من العطل:** قبل فك الصمام أكمل اختبار مقياس الضغط لكل دائرة، وأثبت أن التسرب موجود فعلًا في الصمام. فإعادة تركيب صمام فك على سبيل الشك كثيرًا ما تحدث تسربًا جديدًا بسبب تلف الحشيات.

2. **تحقق من القطعة الجديدة مسبقًا:** قارن الصمام الجديد برقم OE المدون على القطعة القديمة وبرقم VIN للمركبة وبترتيب المنافذ. افتح العلبة وضع الجسمين جنبًا إلى جنب؛ إذ يجب أن يتطابق عدد المنافذ وقطرها واتجاهها والمسافة بين ثقوب التركيب تطابقًا تامًا.

3. **فرغ النظام بالكامل:** افتح صمامات التصريف في جميع الخزانات. لا تفك أي وصلة قبل أن يشير مقياس الضغط إلى الصفر. وفرغ في هذه المرحلة أيضًا الماء المتجمع في الخزانات وانظر إلى لونه — فالماء المتسخ أو الممزوج بالزيت علامة على عطل في المجفف.

4. **ضع ملصقات على الخراطيم:** قبل الفك ضع على كل خرطوم ملصقًا يبين رقم منفذه، والتقط صورًا إن أمكن. فالخلط بين الدوائر الأربع خطأ قد يصل إلى فقدان المركبة لفراملها، ويصعب اكتشافه بعد التركيب.

5. **فك التوصيلات:** فك الوصلات بمفتاح ربط بالمقاس المناسب مع تثبيت الجسم في الاتجاه المعاكس. لا تستخدم مفتاحًا متآكلًا أو كماشة؛ فالسن المهروس في الجسم الألومنيوم سيسرب حتى مع القطعة الجديدة. واستخدم رذاذ تفكيك نافذًا مع الوصلات العالقة، ولا تدرها بالقوة.

6. **فك الصمام ونظف موضع تركيبه:** فك مسامير التثبيت وأخرج الصمام. نظف سطح حامل التثبيت وبقايا الحشية إن وجدت. وإذا كان في حامل التثبيت شق أو كان ثقب التركيب مشوهًا فاستبدل حامل التثبيت أيضًا — فالتركيب تحت الإجهاد هو السبب رقم 1 لتشقق الجسم.

7. **افحص الخطوط وانفخها:** انفخ داخل كل خرطوم مفكوك بالهواء المضغوط؛ فإذا خرج منه زيت أو ماء أو حبيبات من مادة المجفف فلا تركب الصمام الجديد قبل معالجة المصدر. فالقطعة الجديدة ستلقى المصير نفسه بسبب الأوساخ نفسها.

8. **ضع الصمام الجديد في مكانه:** ثبت الجسم على حامل التثبيت، وركب المسامير يدويًا أولًا حتى تتعشق أسنانها بالكامل. لا تحاول محاذاة الجسم بشد المسمار بالقوة؛ وإذا وجدت مشكلة في المحاذاة فاضبط حامل التثبيت.

9. **اربط بعزم الربط المحدد:** اربط مسامير التثبيت والوصلات بعزم الربط الذي تحدده الشركة المصنعة للمركبة، بترتيب متقاطع وباستخدام مفتاح عزم. فطريقة «الربط باليد ثم ربع لفة» تؤدي إلى تلف الأسنان في الجسم الألومنيوم. وإذا لزم إحكام الأسنان فلا تستخدم إلا منتجًا من النوع الذي تعتمده الشركة المصنعة؛ فتسرب جزيئات شريط التفلون إلى النظام يسد الصمام.

10. **املأ النظام واختبر التسرب:** شغل المحرك وانتظر حتى يمتلئ النظام إلى ضغط القطع. افحص جسم الصمام وجميع التوصيلات بماء الصابون. ثم أوقف المحرك وانتقل إلى اختبار انخفاض الضغط.

11. **اختبار الوظيفة والاختبار على الطريق:** تحقق بمقياس الضغط من امتلاء كل دائرة على النحو الصحيح؛ واسحب فرامل الركن وحررها عدة مرات، واختبر توصيل المقطورة، وشغل وظائف نظام التعليق وإمالة الكابينة. وفي اختبار قصير على الطريق راقب استجابة الفرامل ومصابيح التحذير. وفي المركبات المزودة بالمراقبة الإلكترونية امسح رموز الأعطال ثم اقرأها مجددًا.

نقاط يجب الانتباه إليها (أخطاء شائعة)

أخطر خطأ: العبث بضبط النوابض. يوجد في بعض الصمامات مسمار ضبط أو غطاء. وكل تدخل يتم بمنطق «الضغط منخفض، فلنشد المسمار قليلًا» يفسد معايرة الصمام التي أجرتها الشركة المصنعة، وقد يعطل وظيفة الحماية. تستمر المركبة في العمل بصورة طبيعية، ولا تظهر المشكلة إلا عند انفجار إحدى الدوائر — أي في أسوأ لحظة ممكنة. فالمعايرة تجرى أثناء التصنيع، ولا تضبط في الميدان.

الخطأ الخطير الثاني: استبدال الصمام دون معالجة مصدر التسرب. فجزء كبير من أعطال صمام الحماية لا يرجع إلى عيب في الصمام نفسه، بل إلى تقصير مجفف الهواء في أداء وظيفته. فخرطوشة المجفف المشبعة تنقل الرطوبة وزيت ضاغط هواء الفرامل مباشرة إلى داخل الصمام؛ فيسبب الزيت انتفاخ الحلقات الدائرية، وتتجمد الرطوبة وتلصق الغشاء. والصمام الجديد الذي يركب مع إهمال المجفف يكرر العطل نفسه خلال بضعة أشهر. لذلك قيم حالة خرطوشة المجفف دائمًا عند استبدال الصمام.

- **الخلط بين الخراطيم:** تبادل موضعي الدائرتين 21 و24 يخل بأولوية الفرامل في المركبة، ويجعل الحماية تطبق على الدائرة الخطأ عند حدوث العطل. لذلك لا يجوز إهمال وضع الملصقات.
- **اختيار القطعة بحسب مظهرها:** الجسم نفسه قد يخفي معايرة نوابض مختلفة. والصمام الذي يركب دون التحقق من رقم OE قطعة «تبدو وكأنها تعمل» لكنها لا توفر الحماية.
- **استخدام شريط التفلون:** تستقر قطع الشريط المتقطعة على غشاء الصمام وعلى صمام عدم الرجوع، فتسبب انسدادًا لا يمكن إصلاحه. ولا يستخدم إلا منتج إحكام الأسنان الذي تعتمده الشركة المصنعة.

- **فك وصلة تحت الضغط:** من أكثر أسباب حوادث العمل شيوعًا. لا تفتح أي وصلة قبل أن يشير مقياس الضغط إلى الصفر.
- **عزم ربط زائد على الجسم الألومنيوم:** تتلف الأسنان ويتشقق الجسم. مفتاح العزم إلزامي؛ و«الإحساس باليد» لا يكفي مع هذه القطعة.
- **إهمال حامل التثبيت والاهتزاز:** حامل التثبيت المرتخي أو المتشقق يعرض الصمام لاهتزاز وإجهاد مستمرين. ومعظم تشققات الجسم ترجع إلى هذا السبب.
- **تخطي اختبار التسرب:** لا يكفي بعد التركيب القول إن «النظام يحتفظ بالهواء». ولا تخرج المركبة إلى الطريق قبل إجراء اختبار انخفاض الضغط.
- **الاكتفاء بمؤشر لوحة القيادة:** يعرض مؤشر لوحة القيادة عادة دائرتي الفرامل الرئيسيتين فقط، ولا يبين حالة الدائرتين 3 و4. لذا فمقياس الضغط الفعلي ضروري.
- **عدم تصريف الماء من الخزانات:** الماء المتجمع في الخزانات يعود إلى الصمام. والتصريف الدوري يطيل عمر الصمام بصورة مباشرة.

القيم الفنية ونقاط الفحص

القيم الواردة في الجدول أدناه نطاقات **مرجعية نموذجية / عامة** في أنظمة الفرامل الهوائية للمركبات التجارية الثقيلة من الطراز الأوروبي. وهي تختلف بحسب الشركة المصنعة للمركبة ونوع الصمام وتهيئة الشاسيه. **والمرجع في القيمة الدقيقة هو دائمًا أحدث دليل خدمة صادر عن الشركة المصنعة للمركبة.**

المعامل	النطاق المرجعي النموذجي	الشرح
ضغط تشغيل النظام (ضغط القطع)	~10.0–12.5 bar (~145–180 psi)	الحد الأعلى الذي ينتقل عنده ضاغط هواء الفرامل إلى وضع القطع؛ ويحدده منظم الضغط
ضغط إعادة التحميل (بدء عمل ضاغط هواء الفرامل)	~8.0–10.0 bar (~115–145 psi)	أقل من ضغط القطع بمقدار 1.5–2 bar عادة
ضغط الفتح لدوائر الفرامل (21/22)	~4.5–5.5 bar (~65–80 psi)	العتبة التي تمتلئ عندها دوائر الفرامل بالأولوية
ضغط الفتح للدائرة المساعدة (24)	~6.5–8.5 bar (~95–125 psi)	تفتح بعد بلوغ دوائر الفرامل مستوى آمنًا
ضغط إغلاق الدائرة (ضغط الحماية)	~4.0–5.5 bar (~58–80 psi)	تعزل الدائرة المعطلة عند انخفاض ضغطها دون هذه العتبة
انخفاض الضغط الساكن (المحرك متوقف، 8 ساعات)	عادة ≤ 0.3–0.5 bar	ما يزيد على ذلك علامة على وجود تسرب في النظام؛ ويختلف الحد بحسب الشركة المصنعة
انخفاض الضغط (المحرك متوقف، 3 دقائق، الفرامل محررة)	عادة ≤ 0.2 bar	فحص ميداني سريع؛ والحد الدقيق مذكور في دليل الخدمة
نطاق درجة حرارة التشغيل	نحو −40 °C° +80 ... C	يعتمد على مادة الجسم والحشيات؛ والحد الأعلى للتشغيل المتواصل أقل من ذلك
درجة حرارة الهواء عند مخرج المجفف (نموذجية)	~40–70 C°	قد تشير درجة الحرارة المرتفعة إلى أن المجفف لا يحتجز الرطوبة
مقاس منفذ الدخول / الخروج	M22×1.5 عادة للدخول وM16×1.5 للخروج	يختلف بحسب النوع؛ والتحقق الفعلي ضروري
زمن ملء النظام (من الحالة الفارغة حتى ضغط القطع)	عادة ≤ 3–8 دقائق (عند سرعة دوران أعلى من سرعة الخمول)	طول الزمن علامة على مشكلة في ضاغط هواء الفرامل أو المجفف أو على وجود تسرب

تختلف قيم عزم الربط اختلافًا واضحًا بحسب مادة الجسم (ألومنيوم أو مادة مركبة) وفئة المسامير ونوع حامل التثبيت. والنطاقات التالية للاسترشاد فقط.

التوصيل	نطاق عزم الربط النموذجي	ملاحظة
مسامير تثبيت الصمام (M8)	~20–28 Nm	تشد بترتيب متقاطع؛ ولا يتجاوز الحد الأعلى في الجسم الألومنيوم
مسامير تثبيت الصمام (M10)	~40–55 Nm	يعتمد على نوع حامل التثبيت
وصلة الخروج (M16×1.5)	~30–40 Nm	تشد مع تثبيت الجسم في الاتجاه المعاكس
وصلة الدخول (M22×1.5)	~40–55 Nm	عزم الربط الزائد يتلف أسنان الجسم
سدادة نقطة الاختبار	~10–15 Nm	أسنان صغيرة؛ والشد اعتمادًا على الإحساس باليد محفوف بالمخاطر

نصيحة ميدانية: إذا لم تجد قيمة عزم الربط في الدليل، فإن قياس عزم فك المسمار القديم يعطي مرجعًا تقريبيًا — لكنه تقدير وليس قيمة دقيقة. وفي الأجسام الألومنيوم، عند الشك اختر عزم الربط *الأقل* وأجر اختبار التسرب بدقة؛ فتعويض سن تالف لا يكون إلا باستبدال الجسم.

- سجل ترتيب امتلاء كل دائرة وضغطها النهائي بمقياس الضغط؛ فهذا يتيح لك المقارنة في الصيانة التالية.
- ابحث على الجسم عن الشقوق وترسبات التآكل الأبيض وآثار الصدمات.
- افحص أسنان المنافذ بحثًا عن أي انسحاق أو تلف.
- تحقق من إحكام شد مسامير حامل التثبيت ومن خلو الحامل من الشقوق.
- افحص حالة الخراطيم الداخلة إلى الصمام من حيث الاحتكاك والانسحاق والتلف الحراري.
- تحقق من صفاء الماء الخارج عند تصريف الخزانات؛ فالماء الممزوج بالزيت أو المستحلب يشير إلى مشكلة في ضاغط هواء الفرامل أو المجفف.
- تحقق من تاريخ آخر استبدال لخرطوشة المجفف بالرجوع إلى السجلات.
- في المركبات المزودة بالمراقبة الإلكترونية، قارن البيانات الحية لضغوط الدوائر بقراءة مقياس الضغط الفعلي.

الصيانة والعمر التشغيلي

صمام الحماية الرباعي الدوائر قطعة طويلة العمر في النظام الذي يعمل بصورة صحيحة، وكثيرًا ما يلاحظ في الميدان أنه يعمل مئات الآلاف من الكيلومترات دون مشكلات. لكن هذا العمر يتوقف على **جودة الهواء الذي يصل إليه** أكثر مما يتوقف على جودة الصمام نفسه. فالهواء المحتوي على الرطوبة وزيت ضاغط هواء الفرامل يقضي حتى على أفضل صمام خلال بضع سنوات. لذلك فإن صيانة الصمام هي في الحقيقة صيانة لسلسلة معالجة الهواء بأكملها.

- **استبدل خرطوشة مجفف الهواء في موعدها.** تكون الفترة التي تحددها الشركة المصنعة عادة سنوية أو مبنية على عدد معين من الكيلومترات؛ وفي ظروف التشغيل المغبرة والرطبة اختصر هذه الفترة. فهذا هو الإجراء الأكثر فاعلية على الإطلاق الذي يمكنك القيام به لإطالة عمر الصمام.
- **صرف الماء من الخزانات بانتظام.** أسبوعيًا في المركبات غير المزودة بتصريف تلقائي، وبوتيرة أعلى عند تبدل الفصول.
- **تابع تسرب الزيت من ضاغط هواء الفرامل.** فالضاغط الذي ينقل الزيت إلى الصمام يسبب انتفاخ الحلقات الدائرية ويفسد الإحكام. والماء الممزوج بالزيت الخارج من الخزان علامة مبكرة على هذا العطل.
- **أجر اختبار انخفاض الضغط سنويًا.** فقياس الانخفاض الساكن والمحرك متوقف يكشف العطل قبل أشهر من أن يتسبب في توقف المركبة على الطريق.
- **تحقق من استخدام مانع التجمد عند الاستعداد للشتاء.** ففي الأنظمة المزودة بجهاز جرعات مانع التجمد، يمنع فحص المستوى والجرعة تجمد الرطوبة داخل الصمام.

- **اجعل الفحص البصري جزءًا من الروتين.** ففي كل صيانة دورية، يكشف فحص سريع بالعين لمدة 30 ثانية لجسم الصمام وحامل التثبيت والخراطيم الشقوق وأضرار الاحتكاك في وقت مبكر.
- **أعد فحص التوصيلات خلال أول 1,000 كم بعد الاستبدال.** فقد يؤدي الاهتزاز إلى ارتخاءات طفيفة في التركيب الجديد.
- **فضل الاستبدال على الإصلاح.** فهذه القطعة عنصر أمان، ولا يمكن استعادة معايرتها الداخلية في الميدان. وما لم تنص الشركة المصنعة صراحة على طقم إصلاح، فإن الاستبدال الكامل هو القرار الصحيح.

خلاصة القول: صمام الحماية قطعة غير مرئية ما دامت تعمل، لكنها هي التي تحدد عند حدوث العطل ما إذا كانت المركبة ستفقد فراملها أم لا. صيانتها زهيدة التكلفة، وإهمالها باهظ الثمن. وفي الأسطول الذي يستبدل خرطوشة المجفف في موعدها، ويصرف الماء من خزاناته، ويجري اختبار انخفاض الضغط مرة في السنة، لا تكاد هذه القطعة تثير أي مشكلة — وهذا هو الهدف الحقيقي.

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