VADEN®
ORIGINAL

دليل تقني

صمام التحكم في فرامل المقطورة: أعراض الأعطال والاستبدال والصيانة

تضبط فرامل المقطورة لتعمل قبل فرامل رأس القاطرة بقليل؛ وإذا اختلت قيمة الأسبقية دفعت المقطورة رأس القاطرة أو شدته. التشخيص والاستبدال الصحيح للصمام.

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

في قلب خط الفرامل الهوائية الذي يربط رأس القاطرة بنصف المقطورة يعمل مكون صغير لكنه بالغ الأهمية: صمام التحكم في فرامل المقطورة. ويعرف هذا الجزء في ألمانيا باسم *Anhaengersteuerventil*، ومهمته، كما يدل اسمه، نقل أمر الفرملة من رأس القاطرة إلى المقطورة بدقة وفي الوقت المناسب. وعندما يقال في لغة الميدان «نصف المقطورة تمسك متأخرة» أو «المقطورة تقفل مبكرًا»، فإن هذا الصمام تحديدًا من أول الأماكن التي يجب فحصها. ويشرح هذا الدليل، بأمثلة من الميدان، وظيفة صمام التحكم في فرامل المقطورة في المركبات التجارية الثقيلة، وكيف تظهر أعطاله، وكيف يتم تشخيصه واستبداله.

أعد الفريق الفني في VADEN هذا المستند استنادًا إلى الخبرة الميدانية في أنظمة فرامل المركبات التجارية الثقيلة، وإلى سلوك مكونات OE. القيم الواردة هنا نطاقات مرجعية نموذجية؛ أما القيم الدقيقة لعزم الربط والضغط والضبط فيجب الرجوع فيها دائمًا إلى دليل خدمة OE الخاص بالمركبة وبنظام المحاور/الفرامل. **آخر تحديث: سبتمبر 2026.**

تصمم أنظمة الفرامل الهوائية في المركبات التجارية الثقيلة وفق لائحة ECE R13 (لائحة الأمم المتحدة والاتحاد الأوروبي للفرامل) ومعيار ISO 611.

ما هو صمام التحكم في فرامل المقطورة (بلف حلاب)؟ وظيفته ومبدأ عمله

صمام التحكم في فرامل المقطورة (Anhaengersteuerventil) صمام تحكم هوائي يتابع ضغط فرامل رأس القاطرة، فيغذي خط فرامل المقطورة/نصف المقطورة بشكل متناسب معه، ويحقق التزامن في الفرملة بين رأس القاطرة والمقطورة.

يقوم مبدأ العمل على منطق «إبلاغ» المقطورة بأمر الفرملة الصادر في رأس القاطرة. فعندما يضغط السائق دواسة الفرامل، يصل ضغط التحكم القادم من دائرتي المحور الأمامي والخلفي إلى مداخل الإشارة في صمام التحكم في فرامل المقطورة. ويستشعر الصمام هذه الإشارة، فيحرك مجموعة المكبس والغشاء الداخلية، ثم ينقل الهواء المضغوط الذي يأخذه من خزان التغذية إلى المقطورة عبر الخط الأصفر (خط التحكم). أما الخط الأحمر فهو خط التغذية الذي يمد المقطورة بالهواء باستمرار. وبذلك تعمل فرامل المقطورة بتناسق مع فرامل رأس القاطرة، وعادة بتقدم طفيف عليها (مبدأ «المقطورة تفرمل أولًا»)؛ وهذا يقلل ميل مجموعة القاطرة والمقطورة إلى الانطواء، أي الانكسار على هيئة السكين المطوية.

في المركبات الحديثة المزودة بنظام EBS (نظام الفرامل الإلكتروني) تتولى هذه المهمة إلى حد كبير وحدة EBS الخاصة بالمقطورة وصمام التحكم الإلكتروني في فرامل المقطورة؛ غير أن مسار التحكم الهوائي يبقى محفوظًا دائمًا بوصفه خطًا احتياطيًا. أما في الأنظمة التقليدية (ABS/الهوائية) فيعمل الصمام بطريقة ميكانيكية هوائية بالكامل.

- **الجسم ومنافذ التوصيل:** منفذ التغذية، ومداخل إشارة التحكم (الدائرة 1 والدائرة 2)، ومنافذ الخرج إلى المقطورة.
- **مجموعة المكبس / الغشاء:** القلب المتحرك الذي يحول ضغط الإشارة إلى ضغط خرج متناسب معه.
- **النوابض وعنصر ضبط الأسبقية:** المرحلة التي تحدد مقدار تقدم فرملة المقطورة على فرملة رأس القاطرة.
- **عناصر منع التسرب:** الحلقات الدائرية، والغشاء، وأسطح جلوس الصمام.
- **منفذ التنفيس (العادم):** المخرج الذي يفرغ ضغط المقطورة إلى الجو عند تحرير الفرامل.

لماذا تعد أسبقية فرملة المقطورة (Predominance) مهمة؟

تصنع صمامات التحكم في فرامل المقطورة بقيمة «أسبقية» محددة تجعل فرامل المقطورة تعمل قبل فرامل رأس القاطرة بقليل وبقوة أكبر. ففي أوامر الفرملة المنخفضة يعطي خرج المقطورة عادة ضغطًا أعلى قليلًا من ضغط رأس القاطرة (في نطاق 0.1–1.0 bar تقريبًا كمرجع عام). ويضمن هذا الفرق بقاء مجموعة القاطرة والمقطورة مستقيمة ومتوازنة. فإذا اختلت هذه القيمة بسبب البلى أو تركيب صمام خاطئ، فإن المقطورة إما «تدفع» رأس القاطرة أو «تشده».

منطق الأمان الثنائي الدائرة

يتلقى الصمام الإشارة عادة من دائرتي فرامل منفصلتين. وحتى إذا تعطلت إحدى الدائرتين، تستطيع الدائرة الأخرى تشغيل فرامل المقطورة. وهذا هو نهج الأمان الأساسي في بنية أنظمة الفرامل في المركبات التجارية الثقيلة.

العلاقة بفرامل اليد / إشارة الركن

تعمل بعض أنواع الصمامات بحيث تشغل خط تغذية المقطورة أو تقطعه أيضًا عند تفعيل فرامل الركن النابضية في رأس القاطرة. ويضمن ذلك تثبيت المقطورة بأمان هي الأخرى عندما تكون المجموعة في وضع الركن.

النوع / النظام	نوع التحكم	الاستخدام النموذجي	ملاحظة
صمام التحكم الهوائي في فرامل المقطورة	إشارة ميكانيكية هوائية	رؤوس القاطرات التقليدية المزودة بنظام ABS	أنواع مكافئة لأنواع Knorr / Wabco (Bendix)
وحدة كهربائية هوائية (EBS)	إلكتروني + احتياطي هوائي	رؤوس القاطرات/أنصاف المقطورات الحديثة المزودة بنظام EBS	مدمج مع وحدة EBS الخاصة بالمقطورة
صمام قياسي ثنائي الدائرة	مدخل إشارة مزدوج	المركبات التجارية الثقيلة عمومًا	يوفر احتياطًا بين الدائرتين
صمام بأسبقية مضبوطة	تقدم فرملة مضبوط	مجموعات القاطرة والمقطورة الثقيلة / أنصاف المقطورات	تختلف قيمة الأسبقية بحسب OE

التحقق من رقم القطعة: رغم أن صمامات التحكم في فرامل المقطورة تبدو متشابهة جدًا من الخارج، فإنها تختلف في عدد المنافذ وبنية الإشارة وقيمة الأسبقية. والصمام ذو قيمة الأسبقية الخاطئة يخل بتوازن الفرملة ويسبب خطر الانحراف. لذلك احرص قبل التركيب على التحقق من رقم OE للصمام القديم ومن نوع نظام الفرامل في المركبة (ABS / EBS).

أعراض الأعطال والتشخيص

تنقسم أعطال صمام التحكم في فرامل المقطورة عادة إلى مجموعتين رئيسيتين: «عدم توازن الفرملة» و«تسرب الهواء». وكثيرًا ما تظهر الأعراض في جانب المقطورة، لكن السبب الجذري قد يكون في الصمام المركب على رأس القاطرة. ويعد الجدول أدناه نقطة انطلاق للتشخيص الميداني.

العرض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
فرامل المقطورة تعمل متأخرة (نصف المقطورة «تمسك متأخرة»)	تأخر الإشارة، أو التصاق المكبس الداخلي، أو انخفاض قيمة الأسبقية	قارن ضغط الخط الأصفر بضغط أمر الفرملة في رأس القاطرة بمقياس الضغط
عجلات المقطورة تنغلق مبكرًا / نصف المقطورة «تشد»	ارتفاع قيمة الأسبقية، أو اختلال ضبط الصمام، أو تركيب صمام خاطئ	قس الفرق بين ضغط الخرج وضغط الأمر عند أوامر فرملة متدرجة
تسرب مستمر للهواء من الصمام / نفث من منفذ التنفيس	تمزق الغشاء، أو تصلب الحلقات الدائرية، أو عطل في سطح المقعد	اختبار رغوة الصابون؛ واستمع إلى الصمام والفرامل مضغوطة ثم محررة
فرامل المقطورة تتحرر متأخرة بعد تحرير دواسة الفرامل	انسداد منفذ التنفيس، أو ضعف النابض الداخلي، أو عدم رجوع المكبس	راقب زمن هبوط ضغط الخرج إلى الضغط الجوي بعد التحرير
مجموعة القاطرة والمقطورة تنحرف يمينًا/يسارًا عند الفرملة	خلل في تزامن الفرملة، أو خرج غير متوازن	افحص توقيت الفرملة وتوازن الضغط بين رأس القاطرة والمقطورة
المقطورة لا تفرمل إطلاقًا	انقطاع خط الإشارة أو انسداده، أو انسداد داخلي في الصمام، أو انعدام التغذية في الخط الأحمر	تحقق من ضغط خط التغذية وضغط خط التحكم كل منهما على حدة
تحذير: عند توقف المجموعة تفرغ المقطورة ببطء / لا تمتلئ بالهواء	تقييد في خط التغذية، أو مشكلة في منفذ التغذية بالصمام	افحص زمن شحن الخط الأحمر وضغط الخزان

التحقق من الضغط بمقياس الضغط

أوثق طرق التشخيص هي توصيل مقياس ضغط بالخطين الأصفر (التحكم) والأحمر (التغذية)، ومراقبة ضغط الخرج أثناء إعطاء أمر الفرملة. فإذا لم يتبع ضغط الخرج ضغط الأمر في رأس القاطرة بشكل متناسب، فالأرجح وجود عطل داخل

الصمام. كما يتوقع أن يهبط ضغط الخرج بسرعة لحظة التحرير؛ ويشير التأخر إلى مشكلة في منفذ التنفيس أو المكبس.

اختبار التسرب (الإحكام)

والنظام مشحون والمحرك متوقف، يراقب معدل هبوط ضغط الخزان. ثم يحدد موضع التسرب بوضع رغوة الصابون على منافذ الصمام ومخرج العادم. والنفث المستمر من منفذ التنفيس علامة نموذجية على عطل في الغشاء الداخلي أو سطح المقعد.

قراءة رموز الأعطال في المركبات المزودة بنظام EBS

في البنى المعتمدة على EBS تكون الخطوة الأولى في التشخيص قراءة رموز الأعطال (DTC). وقد تبلغ وحدة المقطورة عن عدم اتساق في قراءة حساس الضغط، أو فقدان الإشارة، أو خطأ في استجابة الصمام. ويكمل التحقق الهوائي التشخيص الإلكتروني؛ لذا يجب تقييمهما معًا.

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؛ أما أوروبا فتطبق الحدود المكافئة الواردة في لائحة الأمم المتحدة رقم 13 الصادرة عن اللجنة الاقتصادية لأوروبا (UNECE). وللتفاصيل راجع المرجع المصور المتاح على airbrakecompressor.com. وتحقق دائمًا من القيم الفعلية بالرجوع إلى 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: استخدم قفازات العمل والنظارات الواقية. وقبل بدء العمل ثبت المركبة وضع مصدات العجلات، ثم **فرغ كل الضغط في نظام الفرامل**. فإن فك أي خط أو منفذ وهو تحت الضغط قد يؤدي إلى إصابات خطيرة بسبب تطاير الخرطوم أو الأجزاء. ويجب أن يكون المحرك ومفتاح التشغيل في وضع الإيقاف.

1. **فرغ الضغط:** فرغ جميع خزانات الهواء ودوائر الفرامل؛ وتحقق بمقياس الضغط من أن ضغط النظام صفر.
2. **ضع علامات على الصمام والخطوط:** قبل الفك ضع ملصقًا على كل منفذ وكل خط (الأصفر/الأحمر/التحكم) أو صوره؛ فالخلط بين المنافذ هو أكثر الأخطاء شيوعًا.
3. **افصل خطوط الهواء:** افصل وصلات المنافذ والوصلات الملولبة أو السريعة بعناية؛ واحم أطراف الخطوط من التلوث.
4. **افصل الموصل الكهربائي:** في الصمامات المزودة بنظام EBS انزع الموصل بالضغط على لسان القفل دون كسره.
5. **انزع الصمام القديم:** فك مسامير التثبيت/المشبك وارفع الصمام عن الشاسيه أو عن حامل التثبيت.

6. **تحقق من الصمام الجديد:** قارن رقم OE لصمام VADEN الجديد وترتيب منافذه وقيمة الأسبقية فيه بالقطعة القديمة.
7. **نظف الأسطح والمنافذ:** نظف سطح التثبيت وأطراف الخطوط؛ ولا تترك أي برادة أو أوساخ أو بقايا حشية قديمة.
8. **ركب الصمام الجديد:** اربط مسامير الحامل على مراحل وفق عزم OE؛ وضع الصمام في مكانه دون إجبار ودون تشويه الجسم.
9. **صل الخطوط بالمنافذ الصحيحة:** ركب خطوط التغذية والتحكم وخرج المقطورة وفق ملصقاتك؛ واربط الوصلات الملولبة بعزم OE.
10. **اشحن النظام وأجر اختبار التسرب:** شغل المحرك واملأ النظام بالهواء، ثم افحص منع التسرب برغوة الصابون عند جميع المنافذ.
11. **اختبر الوظيفة وتوازن الفرملة:** أعط أمر فرملة وتحقق بمقياس الضغط من ضغط الخرج إلى المقطورة؛ ثم افحص الأسبقية وتوقيت الفرملة، وتوازن مجموعة القاطرة والمقطورة في اختبار الطريق.

نقاط يجب الانتباه إليها (أخطاء شائعة)

أخطر خطأ — قيمة أسبقية خاطئة: إن تركيب صمام مطابق في المظهر لكنه ذو قيمة أسبقية مختلفة يخل بتوازن فرملة مجموعة القاطرة والمقطورة، ويسبب خطر الانزلاق الجانبي أو الانطواء. لذلك يجب دائمًا مطابقة الصمام برقم OE ونوع النظام (ABS/EBS).

الخلط بين المنافذ: إن تبديل موضعي خط التغذية (الأحمر) وخط التحكم (الأصفر) يؤدي إما إلى عدم فرملة المقطورة إطلاقًا، أو إلى بقائها مقفلة باستمرار. لذا لا بد من وضع العلامات قبل الفك.

- **الفك دون تفريغ الضغط:** خطر إصابة جسيمة؛ تحقق دائمًا من أن الضغط صفر.
- **تخطي اختبار التسرب:** تسرب صغير من أحد المنافذ يخفض ضغط الخزان مع الوقت ويضعف أداء الفرامل.
- **التسليم دون اختبار طريق:** لا يمكن التحقق من الأسبقية وتوقيت الفرملة إلا بأمر فرملة حقيقي.
- **أطراف خطوط متسخة:** البرادة والأوساخ الداخلة إلى النظام تلحق ضررًا دائمًا بسطح جلوس الصمام.
- **عزم ربط خاطئ:** الربط الزائد يشقق الجسم، والربط الناقص يسبب التسرب؛ لذا التزم بعزم OE.

القيم الفنية ونقاط الفحص

القيم أدناه نطاقات **مرجعية نموذجية/عامة** لأنظمة الفرامل في المركبات التجارية الثقيلة. وتختلف القيم الدقيقة بحسب المركبة والمحور ونوع الصمام؛ **ويبقى دليل خدمة OE هو المرجع دائمًا.**

المعامل	المرجع النموذجي / العام	ملاحظة
ضغط تشغيل النظام	~8–10 bar (نحو 116–145 psi)	ضغط الخزان/الدائرة؛ يختلف بحسب OE
تغذية المقطورة (الخط الأحمر)	~6.5–8.5 bar	خط تغذية مضغوط باستمرار
أقصى خرج في خط التحكم (الخط الأصفر)	متناسب مع ضغط النظام؛ يقارب مستوى ضغط الخزان عند الفرملة الكاملة	متناسب مع أمر الفرملة
الأسبقية (تقدم فرملة المقطورة)	أعلى بمقدار ~0.1–1.0 bar عند أوامر الفرملة المنخفضة	خاص بنوع الصمام؛ المرجع قيمة OE

المعامل	المرجع النموذجي / العام	ملاحظة
نطاق درجة حرارة التشغيل	من -40 °C إلى +80 °C تقريبًا	درجة حرارة المحيط/المكونات
التسرب المسموح به	منخفض جدًا / يمكن إهماله وفق حد OE	يقيم بمعدل هبوط ضغط الخزان

فيما يلي مراجع عامة لعزم الربط الخاص بعناصر التثبيت. وهي قيم ابتدائية؛ أما العزم النهائي فيجب الرجوع فيه إلى دليل OE.

عنصر التثبيت	نطاق عزم الربط النموذجي	ملاحظة
مسامير الحامل / التثبيت (M8)	~20–25 Nm	اربط على مراحل وبشكل متوازن
مسامير الحامل / التثبيت (M10)	~40–50 Nm	يختلف بحسب OE
وصلات خطوط الهواء	وفق مواصفات الشركة المصنعة	الربط الزائد يتلف السن/المنفذ

أجر قياسات الضغط دائمًا بمقياس ضغط معاير والنظام مشحون بالكامل. وعند تقييم فرق الأسبقية اقرأ ضغط الأمر في رأس القاطرة وضغط الخرج إلى المقطورة *في الوقت نفسه*؛ فالقياس في نقطة واحدة قد يكون مضللًا.

- تحقق من ضغط خط التغذية (الأحمر) وضغط خط التحكم (الأصفر) كل منهما على حدة.
- راقب التفريغ السريع من منفذ التنفيس عند تحرير الفرامل.
- ابحث عن التسرب برغوة الصابون عند جميع المنافذ وأسطح وصل أجزاء الجسم.
- افحص توازن مجموعة القاطرة والمقطورة في اختبار الطريق عند شدات فرملة مختلفة.

الصيانة والعمر الافتراضي

رغم أن صمام التحكم في فرامل المقطورة ليس قطعة غيار تستبدل دوريًا بشكل مباشر، فإنه يجب فحصه بانتظام ضمن دورة الصيانة العامة لنظام الفرامل. وأكبر عامل يحدد عمره هو الرطوبة والأوساخ الداخلة إلى النظام؛ لذلك فإن سلامة عمل مجفف الهواء تؤثر مباشرة في عمر الصمام.

- **جودة الهواء:** استبدل خرطوشة مجفف الهواء في موعدها؛ فالرطوبة تصلب الحلقات الدائرية والغشاء داخل الصمام وتشققها.
- **تصريف الخزان:** افتح صمامات تصريف المياه بانتظام للحد من دخول الماء والصدأ إلى النظام.
- **الفحص الدوري للتسرب:** افحص منافذ الصمام ومخرج العادم بحثًا عن التسرب في أثناء صيانة الفرامل.
- **التثبيت والاهتزاز:** تأكد من عدم ارتخاء مسامير الحامل، ومن عدم تعرض الخطوط للاحتكاك أو البلى.
- **متابعة توازن الفرملة:** راقب سلوك مجموعة القاطرة والمقطورة عند الفرملة من حيث الشد أو الدفع؛ فالإنذار المبكر يأتي من الصمام في أغلب الأحيان.

يعمل الصمام العالي الجودة سنوات طويلة دون مشكلات في نظام يغذى بهواء نظيف وجاف. وفي المقابل، يتعطل حتى أفضل صمام مبكرًا في نظام رطب ومتسخ. لذلك فإن صيانة سلسلة معالجة الهواء في النظام (ضاغط هواء الفرامل، ومجفف الهواء، والخزان) لا تقل أهمية عن استبدال الصمام نفسه.

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