VADEN®
ORIGINAL

دليل تقني

معدل EBS / نظام الفرامل الإلكترونية: أعراض الأعطال والاستبدال والصيانة

وراء شكوى «فرامل المقطورة لا تمسك» لا يكون المعدل نفسه غالبًا، بل جهد التغذية أو انقطاع ناقل CAN أو الفجوة الهوائية لحساس السرعة. اكتشف الآن.

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

إذا ضغطت على دواسة الفرامل في مركبة تجارية ثقيلة ولاحظت استجابة «متأخرة» من الخلف، أو أضاء مصباح ABS/EBS في لوحة العدادات ووجدت المركبة في وضع الفرملة الطارئة، فالأرجح أن معدل EBS يقع في صلب القصة. وأكثر عبارة نسمعها في الميدان هي: «الهواء سليم، وحجرات الفرامل سليمة، لكن فرامل المقطورة لا تمسك». ويشرح هذا الدليل ما يجب فحصه عند هذه النقطة تحديدًا، وكيف تميز العطل الحقيقي في المعدل من العطل الناتج عن الكابلات أو الهواء أو الحساسات، وكيف تنفذ الاستبدال بالطريقة الصحيحة. ونعتمد في ذلك على سيناريوهات حقيقية تصادفها الورش في رؤوس القاطرات والشاحنات والحافلات ونصف المقطورات.

أعد الفريق الفني في VADEN هذا المستند استنادًا إلى بيانات الكتالوج وملاحظات خدمة الصيانة الميدانية. وتختلف القيم الدقيقة مثل عزم الربط والضغط وحدود التفاوت باختلاف المركبة والطراز، لذا اعتمد دائمًا في القيمة النهائية على أحدث دليل خدمة OE صادر عن الشركة المصنعة للمركبة. آخر تحديث: سبتمبر 2026. وتصمم أنظمة الفرامل الهوائية في المركبات التجارية الثقيلة في إطار لائحة ECE R13 (لائحة الفرامل الصادرة عن الأمم المتحدة/الاتحاد الأوروبي) ومعيار ISO 611.

ما هو معدل EBS / نظام الفرامل الإلكترونية؟ وظيفته ومبدأ عمله

معدل EBS وحدة صمامات كهربائية هوائية في نظام الفرامل الإلكترونية (EBS)، تستقبل الإشارة الكهربائية الواردة من وحدة التحكم المركزية وتضبط بدقة ضغط الهواء المتجه إلى حجرات الفرامل على مستوى كل عجلة أو كل محور، وتضم صمامات كهرومغناطيسية (سولينويد) وحساس ضغط، إضافة إلى لوحة إلكترونية خاصة بها في معظم الأنواع.

في نظام الفرامل الهوائية التقليدي المزود بنظام ABS، تفتح الدواسة صمام الفرامل بطريقة ميكانيكية هوائية، فينتقل الهواء عبر الأنابيب حتى يصل إلى حجرة الفرامل فتعمل الفرامل. ويستغرق تحرك عمود الهواء في هذه السلسلة وقتًا، ففي تركيبة طويلة من رأس القاطرة والمقطورة يتأخر اشتراك المحور الخلفي في الفرملة تأخرًا ملحوظًا مقارنة بالمحور الأمامي. ويختصر نظام EBS هذا التأخير بالكهرباء: إذ يحول الحساس الموجود في الدواسة طلب السائق إلى إشارة كهربائية، ثم تقيم وحدة ECU المركزية هذا الطلب مع حالة التحميل وحمل المحور وسرعة العجلات والتباطؤ المطلوب، وبعد ذلك يصدر إلى كل معدل أمر من قبيل «أعط هذه الحجرة كذا bar». ويبقى الخط الهوائي دائرة احتياطية فقط، فإذا انقطعت الكهرباء انتقل النظام إلى الوضع الهوائي التقليدي وظلت المركبة قادرة على التوقف، ولا تفقد سوى الراحة ودقة توزيع قوة الفرملة.

وتكمن البراعة الأساسية للمعدل في التحكم بالحلقة المغلقة. إذ يقيس حساس الضغط المدمج فيه مقدار الضغط الذي يصل فعليًا إلى حجرة الفرامل ويرسل القيمة إلى وحدة ECU. ويعالج الفرق بين الضغط المطلوب والضغط المقيس في غضون أجزاء من الألف من الثانية. لذلك يتقدم تآكل فحمات الفرامل في المركبة المزودة بنظام EBS بتوازن أكبر بكثير بين المحاور، ويقل الفرق في مسافة التوقف بين الحالة الفارغة والمحملة، وتصبح تدخلات ABS وASR أكثر سلاسة.

- **مجموعة الصمامات الكهرومغناطيسية (الدخول/الخروج):** صمامات تبديل سريعة ترفع الضغط وتصرفه، وتعمل عشرات المرات في الثانية أثناء تنظيم ABS.
- **الصمام الاحتياطي (صمام الدائرة البديلة):** صمام يفعل خط التحكم الهوائي عند حدوث عطل كهربائي.
- **حساس الضغط المدمج:** عنصر يقيس ضغط الخرج ويوفر التغذية الراجعة.
- **اللوحة الإلكترونية والموصل:** دائرة القيادة التي تتصل بحزمة أسلاك المركبة عبر مقبس من نوع البايونت ذي القفل الدوار أو مقبس من نوع DIN (وتوجد في معدلات المحاور أيضًا أنواع مزودة بوحدة ECU منفصلة).
- **جزء صمام الترحيل:** الجسم الذي يدير تدفق الهواء الكبير بإشارة تحكم صغيرة، ويملأ حجرة الفرامل ويفرغها بسرعة.
- **كاتم الصوت ومخرج التصريف:** يخفض ضجيج تصريف الهواء، وهو أكثر النقاط عرضة للاتساخ والتجمد.
- **الجسم والحشيات والحلقات الدائرية (O-ring):** جسم من الألمنيوم المصبوب وعناصر إحكام داخلية.

الفرق بين المعدل الأحادي القناة والثنائي القناة ومعدل المحور

يتحكم المعدل الأحادي القناة في عجلة واحدة بشكل مستقل، ويستخدم عادة في المحاور الأمامية حيث يطلب تنظيم دقيق لنظام ABS. أما المعدل الثنائي القناة (ذو المخرجين المستقلين) فيتحكم في جانبي المحور كلًا على حدة، ويشيع في المحاور الخلفية. ويعد معدل المحور النوع الأكثر انتشارًا، إذ يجمع القناتين وصمام الترحيل والإلكترونيات في جسم واحد، ويركب قريبًا

من المحور الخلفي. وفي جانب المقطورة تتولى المهمة عادة وحدة أشمل تسمى «وحدة EBS للمقطورة»، تضم وحدة ECU خاصة بها ومدخلًا لحمل المحور ووظيفة فرامل الركن/الطوارئ.

المكونات المجاورة في النظام: بماذا يتصل المعدل؟

لا يعمل المعدل بمفرده. ففي مدخله خط التغذية القادم من مجفف الهواء وخزان الهواء، وفي جانب التحكم صمام فرامل القدم (وحدة الدواسة) ووحدة ECU المركزية لنظام EBS، وفي مخرجه حجرات الفرامل، أما في الجانب الكهربائي فهناك حساسات سرعة العجلات وحساس حمل المحور/خط ضغط النوابض الهوائية وناقل بيانات CAN. ولذلك يتبين أن جزءًا كبيرًا من الحالات التي ترد على أنها «عطل في المعدل» ناتج في الحقيقة عن جهد التغذية أو جودة التأريض أو انقطاع ناقل CAN أو الفجوة الهوائية لحساس السرعة. وهذه هي القاعدة الأولى للتشخيص في المركبات التجارية الثقيلة: تحقق من الإشارة والهواء الواصلين إلى القطعة قبل أن تتهمها.

سياق أرقام OE ومنطق القطع البديلة

تشكلت بنية نظام EBS في المركبات التجارية الثقيلة إلى حد كبير حول حلول اثنين أو ثلاثة من مزودي الأنظمة؛ فالأنظمة من نوع Knorr ومن نوع Wabco هي الأكثر شيوعًا في رؤوس القاطرات والشاحنات والمقطورات الأوروبية، بينما تظهر البنى من نوع Bendix في الأساطيل التي يغلب عليها الطابع الأمريكي الشمالي. وتذكر هذه الأسماء هنا لوصف سياق النظام فقط، وتطرح منتجات VADEN بوصفها بدائل عالية الجودة لأرقام OE المعنية أو من النوع المطابق لها. والنقطة الحاسمة هي أن عبارة «يركب فعليًا» لا تكفي في نظام EBS. فإذا لم تتطابق نسخة البرنامج وتهيئة القنوات ومجموعة رسائل CAN، فإن الوحدة تركب لكن النظام يسجل رموز أعطال.

الاستخدام / نوع المركبة	البنية النموذجية للمعدل	الميزة البارزة	نقطة تستوجب الانتباه
رأس قاطرة (4x2 / 6x2)، رحلات طويلة	معدل المحور الخلفي + صمامات أمامية أحادية القناة	توزيع قوة الفرملة حسب الحمل، والتوافق مع المقطورة	يجب تقييمه مع صمام التحكم في فرامل المقطورة
شاحنة / هيكل علوي مركب على الشاسيه (6x2، 6x4)	معدل محور ثنائي القناة	إدارة الفرق الكبير بين الحالة المحملة والفارغة	معايرة حساس حمل المحور ضرورية
حافلة نقل حضري / حافلة سياحية	معدل المحور + التكامل مع المبطئ (Retarder)	توقف وانطلاق متكرر، وتوازن عمر فحمات الفرامل	يجب فحص ضبط الانتقال بين المبطئ وEBS
نصف مقطورة	وحدة EBS للمقطورة (جسم واحد، ووحدة ECU مدمجة)	RSS/منع الانقلاب، ووظيفة فرامل الركن	لا تعمل دون تحميل المعلمات
إنشاءات / خدمة شاقة على الطرق الوعرة	جسم مقوى، وموصل محمي	مقاومة الاهتزاز والوحل	كاتم الصوت وفتحة التصريف يتعرضان للانسداد كثيرًا
نقل مبرد / نقل المواد الخطرة	وحدة EBS للمقطورة + وحدة تشخيص موسعة	وظائف التسجيل والتحذير	يجب أن تتطابق نسخة البرنامج مع المركبة

التحقق من رقم القطعة: في معدلات EBS قد يقابل الجسم نفسه أكثر من رقم OE واحد بحسب اختلاف البرنامج وتهيئة القنوات. لذلك يجب قبل الطلب التحقق معًا من رقم شاسيه المركبة، ورقم OE المدون على ملصق الوحدة الحالية، وعدد القنوات، ونوع الموصل، ومقاس وصلة الهواء. ولا تختر القطعة بالاعتماد على التشابه الشكلي وحده.

أعراض الأعطال والتشخيص

أكثر ما يضلل في أعطال EBS أن العرض نفسه قد ينشأ من مصادر مختلفة تمامًا. ويلخص الجدول التالي أكثر الحالات شيوعًا في الميدان وترتيب التحقق منها. التزم بهذا الترتيب: استبعد أولًا الأسباب البسيطة والأقل تكلفة.

العرض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
مصباح تحذير EBS/ABS مضاء باستمرار في لوحة العدادات، والنظام ينتقل إلى الوضع الاحتياطي	عطل في الإلكترونيات الداخلية للمعدل، أو فقدان التغذية/التأريض، أو انقطاع ناقل CAN	اقرأ رمز العطل بجهاز التشخيص؛ وقس جهد التغذية ومقاومة التأريض عند موصل الوحدة؛ وقس المقاومة على خط CAN
استجابة الفرامل متأخرة، والفرامل تمسك متأخرة بعد الضغط على الدواسة	التصاق صمام داخل المعدل، أو تضيق في خط التغذية، أو انسداد كاتم الصوت	قارن ضغط الدخول بضغط الخروج إلى حجرة الفرامل بمقياس الضغط؛ وفك كاتم صوت التصريف وراقب التدفق بالعين؛ وابحث عن انبعاج أو التواء في خط الهواء
أحد الجانبين يمسك بقوة أكبر، والمركبة تنحرف جانبًا عند الفرملة	انحراف الضغط على مستوى القناة، أو تسرب في حجرة الفرامل/الخط في جانب واحد، أو اختلاف في إشارة حساس السرعة	قس ضغط حجرتي الفرامل اليسرى واليمنى في الوقت نفسه؛ وافحص الفجوة الهوائية لحساس السرعة وسعة إشارته؛ وافصل تأثير حالة فحمات الفرامل والطبلة
صوت تسرب هواء مستمر، وضاغط هواء الفرامل يعاود العمل على فترات متقاربة جدًا	كلال الحشيات/الحلقات الدائرية الداخلية في المعدل، أو عدم انغلاق صمام التصريف بالكامل	اختبر الوصلات وفتحة التصريف بماء الصابون؛ وقس معدل انخفاض الضغط والمحرك متوقف والنظام ممتلئ
نظام ABS يتدخل دون داع عند السير البطيء، مع إحساس بالاهتزاز	اتساخ حساس السرعة/تلف الحلقة المسننة، أو انحراف قراءة حساس الضغط في المعدل	قارن سرعات العجلات كبيانات حية على جهاز التشخيص؛ ونظف طرف الحساس وأسنان الحلقة المسننة ثم افحصها
فرامل المقطورة تتصرف بمعزل عن رأس القاطرة، وتمسك متأخرة أو بعنف	خطأ في معلمات وحدة EBS للمقطورة، أو مشكلة في تغذية ISO 7638، أو تبديل بين الخطين الأصفر والأحمر	قس الجهد عند كل دبوس في مقبس ISO 7638؛ واقرأ ذاكرة الأعطال في وحدة المقطورة؛ وتحقق من رؤوس التوصيل من حيث اللون والموضع
العطل يظهر في الصباحات الباردة ويختفي بعد الإحماء	قصور مجفف الهواء وتجمد داخلي ناتج عن الرطوبة، أو رطوبة/أكسدة في الموصل	اصرف الماء من الخزانات؛ وتحقق من عمر خرطوشة مجفف الهواء؛ وابحث عن صدأ أخضر أو رطوبة في دبابيس الموصل
صوت طقطقة متقطع من الصمام أثناء الفرملة، دون رمز عطل	عمل الصمام الكهرومغناطيسي في المعدل على حافة حدوده، أو تذبذب الضغط	قارن الضغط المطلوب بالضغط المقيس في البيانات الحية؛ وافحص ضغط الخزان وقيمة القطع في منظم الضغط

لا تبدأ العمل قبل قراءة رمز العطل

نظام EBS نظام شبكي، والتشخيص بالنظر إلى قطعة منفردة مضيعة للوقت. صل المركبة بجهاز تشخيص مناسب للنظام، واعرض الأعطال النشطة والأعطال السابقة كلًا على حدة، واطلع على عداد تكرار العطل. فإذا ظهر الرمز بصفة «حدث 1 مرة في السابق» فهو غالبًا ناتج عن تلامس متقطع، أما إذا كان «نشطًا باستمرار» فهو عطل في المكونات. وبعد مسح الأعطال قم بقيادة تجريبية ثم اقرأ الرموز مجددًا؛ فالرمز الذي يعود هو الرمز الحقيقي.

كهربائي أم هوائي؟ ميز بينهما بسرعة

إليك طريقة بسيطة: يعمل النظام في الوضع الكهربائي عندما يكون مفتاح التشغيل في وضع التشغيل، ويعمل في الوضع الهوائي عند تعطيل EBS (في الوضع الاحتياطي). فإذا كانت الفرامل طبيعية في الوضع الاحتياطي وفيها مشكلة في الوضع الكهربائي، فالمشكلة في جانب الإلكترونيات أو الإشارات. أما إذا ظهر الضعف نفسه في الوضعين، فافحص جانب الهواء وحجرة الفرامل والخط ومكونات الفرامل الميكانيكية. وهذا التمييز وحده يمنع معظم عمليات استبدال المعدل غير الضرورية.

البيانات الحية: الضغط المطلوب والضغط المقيس

راقب على جهاز التشخيص قيمتي «الضغط المطلوب» و«الضغط الفعلي» جنبًا إلى جنب لكل معدل. وعند الضغط على الدواسة بشكل تدريجي يجب أن يتبع المنحنيان أحدهما الآخر عن قرب. فإذا كانت القيمة المقيسة تصل إلى القيمة المطلوبة

متأخرة، أو ترتفع إلى ذروة ثم تهبط، أو تثبت عند مستوى معين، فالاحتمال القوي أن المشكلة في صمام أو حساس داخل المعدل. أما إذا كانت القيمتان متوافقتين والمركبة مع ذلك تفرمل بضعف، فالمشكلة خارج المعدل، في سلسلة حجرة الفرامل والآلية وفحمات الفرامل.

المعايير وقراءات إضافية

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 لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا (UNECE). وللتفاصيل 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.

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: ارتداء قفازات العمل والنظارات الواقية وأحذية السلامة إلزامي. فالهواء المضغوط قد يسبب إصابات خطيرة؛ لذا اصرف الهواء من جميع خزانات الهواء قبل بدء العمل، وأوقف المركبة على أرض مستوية وضع مصدات العجلات، وأطفئ مفتاح فصل البطارية، وافصل القطب السالب تجنبًا لخطر القوس الكهربائي في الوحدات الإلكترونية. وإذا كنت تعمل على محور مركبة عليه حجرة فرامل نابضية (فرامل الركن)، فأحكم قفل النابض الميكانيكي وفق الإجراء المعتمد. ولا تفك أي وصلة قبل تصريف الهواء.

1. **التشخيص المسبق والتوثيق:** اقرأ ذاكرة الأعطال قبل الفك، واكتب المعلمات الحالية ونسخة البرنامج، وصور ملصق الوحدة. فهذا السجل ضروري لتهيئة الوحدة الجديدة بشكل صحيح.
2. **اجعل المركبة في وضع آمن:** أوقف المحرك، وضع مصدات العجلات، وأطفئ مفتاح التشغيل، واخفض ضغط النظام إلى الصفر، وأفرغ الماء أيضًا من صنابير تصريف الخزانات. وتحقق من أن مؤشر الضغط قد عاد إلى الصفر فعلًا.
3. **افصل الكهرباء:** أطفئ مفتاح فصل البطارية. وقبل نزع الموصل صور قفله واتجاهه؛ واسحبه بالإمساك بجسم الموصل لا بالكابل.
4. **ضع علامات على الخطوط:** ضع ملصقات على خطوط هواء الدخول والخروج والتحكم. فتبديل مواضع الخطوط في معدل EBS يؤدي إلى سلوك خاطئ تمامًا للنظام؛ لذا استخدم ملصقات ملونة أو مرقمة.
5. **فك الوحدة:** أرخ الوصلات بمفتاح ربط بالمقاس المناسب دون الضغط على الجسم. ثم فك مسامير التثبيت وانزع المعدل من حامل التثبيت. وأغلق الفتحات المكشوفة فورًا بغطاء أو سدادة نظيفة.
6. **نظف المنطقة وافحصها:** نظف حامل التثبيت وأسطح الإحكام وأطراف الخطوط. وإذا وجدت تشققًا في الخراطيم أو انبعاجًا في الوصلات أو أكسدة في الموصل فاستبدلها في العملية نفسها. فتوصيل المعدل الجديد بخط متسخ يعيد العطل من جديد.

7. **قارن الوحدة الجديدة:** ضع القطعة الجديدة والقديمة جنبًا إلى جنب، وتحقق من عدد القنوات ومواضع المخارج ونوع الموصل ومقاس السن والمسافة بين ثقوب التركيب. وإذا وجدت اختلافًا فلا تركبها، وتحقق من رقم القطعة مجددًا.

8. **التركيب وعزم الربط:** ثبت الوحدة على حامل التثبيت باستخدام حشيات جديدة، واربط المسامير تدريجيًا بمفتاح عزم وفق التسلسل الذي تحدده الشركة المصنعة. وركب الوصلات باليد أولًا وتأكد من عدم حدوث تسنين خاطئ، ثم اربطها إلى العزم المحدد. فالإفراط في الربط يتلف أسنان اللولب في الجسم المصنوع من الألمنيوم.

9. **التوصيل الكهربائي:** ركب الموصل وهو جاف ونظيف حتى تسمع صوت النقرة. وثبت حزمة الأسلاك بعيدًا عن الاهتزاز والأسطح الساخنة ودون شد؛ واترك في الجزء السفلي من الكابل حلقة تنقيط كي لا تتسرب قطرات الماء إلى الموصل.

10. **املأ النظام واختبر التسرب:** أعد توصيل التيار عبر مفتاح فصل البطارية، ثم شغل المحرك واملأ النظام حتى ضغط التشغيل. وافحص جميع الوصلات بماء الصابون، وقس معدل انخفاض الضغط والمحرك متوقف.

11. **تحميل المعلمات والمعايرة:** حمل المعلمات الخاصة بالمركبة إلى الوحدة الجديدة بجهاز التشخيص، ونفذ عملية تعلم حمل المحور/حساس الضغط، وامسح ذاكرة الأعطال. فإذا أهملت هذه الخطوة فلن يتمكن النظام من توزيع قوة الفرملة بشكل صحيح حتى لو كانت الوحدة مركبة فعليًا.

نقاط تستوجب الانتباه (الأخطاء الشائعة)

معدل EBS ليس قطعة من نوع «ركب وشغل» دون تحميل المعلمات. فإذا انطلقت المركبة قبل تعريف الوحدة الجديدة عليها، فقد يكون توزيع قوة الفرملة خاطئًا، وقد تتصرف وظائف ABS/ASR بشكل غير متوقع. لذا فإن التهيئة بجهاز التشخيص واختبار الطريق إلزاميان بعد الاستبدال.
توصيل خطوط الهواء بالمخرج الخطأ هو أخطر أخطاء التركيب. فتوصيل خط التحكم بمخرج التغذية، أو تبديل خطي حجرتي الفرامل اليسرى واليمنى، قد يؤدي إلى فرملة خاطئة دون أن يعطي النظام أي رمز عطل. لذا لا تتجاوز أبدًا خطوة وضع الملصقات قبل الفك.

- **تحميل المعدل مسؤولية التسرب:** غالبًا ما يكون مصدر تسرب الهواء وصلة أو خرطومًا أو غشاء حجرة الفرامل. فلا تستبدل الوحدة قبل إجراء اختبار ماء الصابون.
- **التركيب في نظام متسخ:** في مركبة انتهى عمر مجفف الهواء فيها وتجمع الماء في خزاناتها، يصاب المعدل الجديد بالعطل نفسه خلال وقت قصير. لذا عالج خرطوشة مجفف الهواء وتصريف الخزانات في الصيانة نفسها.
- **توجيه الهواء المضغوط أو الماء العالي الضغط إلى الموصل:** الرش المباشر أثناء الغسيل يجهد مانع التسرب ويسبب تآكل الدبابيس.
- **العزم الزائد:** في الجسم المصنوع من الألمنيوم يؤدي رد الفعل المعتاد «سأشدها قليلًا بعد» إلى تلف أسنان اللولب وتشقق الجسم. استخدم مفتاح العزم.
- **إغفال جودة التأريض والتغذية:** نقطة التأريض الضعيفة أو وصلة التغذية المرتخية تسبب أعطالًا متكررة لا تزول بأي استبدال للقطع.
- **نسيان كاتم الصوت:** يؤدي انسداد كاتم صوت التصريف أو تجمده إلى تأخر تحرير الفرامل وسخونتها بفعل الاحتكاك؛ وهو قطعة رخيصة، فجدده مع الوحدة عند الاستبدال.
- **ترك الوحدة موصولة أثناء اللحام:** إذا كان سيجرى لحام كهربائي على المركبة، فيجب فصل موصلات وحدات EBS وفصل البطاريات.
- **التركيز على عرض واحد:** عند شكوى «الفرامل ضعيفة» لا ينبغي الانتقال إلى الإلكترونيات قبل فحص فحمات الفرامل والطبلة/القرص وذراع الضبط وشوط حجرة الفرامل.

القيم الفنية ونقاط الفحص

القيم التالية نطاقات *نموذجية/مرجعية عامة* لأنظمة EBS في المركبات التجارية الثقيلة. وهي تختلف حسب علامة المركبة وتهيئة المحاور ونوع النظام؛ أما القيم الدقيقة فالمرجع فيها دليل الخدمة الصادر عن الشركة المصنعة للمركبة.

المعلمة	النطاق النموذجي (مرجع عام)	ملاحظة
ضغط تشغيل النظام (قيمة القطع)	نحو 8.0–12.5 bar (115–180 psi)	يجب فحص الفرق بين ضغط القطع وضغط إعادة التشغيل في منظم الضغط
الحد الأدنى لضغط التشغيل (عتبة التحذير)	نحو 5.0–6.5 bar	يتوقع ظهور تحذير وتقييد في الوظائف تحت هذه القيمة
جهد التغذية	نظام 24 فولت، والنطاق النموذجي 22–28 فولت	يسجل النظام عطلًا إذا انخفض الجهد تحت الحمل إلى أقل من 21 فولت
خط تغذية المقطورة ISO 7638	24 فولت، قياس عند كل دبوس؛ ويجب أن يكون هبوط الجهد في حده الأدنى	تآكل المقبس هو السبب الأكثر شيوعًا
فرق ضغط حجرة الفرامل بين الحالة الفارغة والمحملة	يتوقع فرق واضح تبعًا للحمل	إذا لم يظهر فرق فيجب فحص عملية تعلم حمل المحور
انخفاض الضغط (المحرك متوقف، ودواسة الفرامل مضغوطة)	يقبل عادة انخفاض محدود خلال بضع دقائق	حد القبول محدد في دليل الشركة المصنعة
نطاق درجة حرارة التشغيل	من نحو −40 °C إلى +80 °C	يلزم عزل حراري بالقرب من العادم والشاحن التوربيني
الفجوة الهوائية لحساس سرعة العجلة	عادة أقل من 1 مم	إذا وجد خلوص في مقعد الحساس فيجب استبدال المقعد/الجلبة
شوط حجرة الفرامل (ذراع الضبط)	يجب أن يكون ضمن حد الشركة المصنعة ومتساويًا	الفرق بين المحاور يسبب عدم توازن الفرملة

نقطة التثبيت	نطاق عزم الربط النموذجي (مرجع عام)	تحذير
مسامير حامل تثبيت المعدل (M8)	نحو 20–30 Nm	ربط تدريجي ومتقاطع
مسامير حامل تثبيت المعدل (M10)	نحو 40–55 Nm	انتبه إلى تشوه حامل التثبيت
وصلات خطوط الهواء (فئة M16 / M22)	نحو 25–40 Nm	الإفراط في الربط يتلف أسنان اللولب في الجسم المصنوع من الألمنيوم
كاتم صوت التصريف	ربط باليد + ربع لفة تقريبًا	لا تفرط في الشد، فالجسم البلاستيكي ينكسر
وصلة التأريض/الأرضي	نحو 8–12 Nm	يشترط سطح معدني نظيف وحلقة (وردة) خالية من الأكسدة

تختلف قيم عزم الربط حسب قطر السن ومادة الجسم ونوع الحشية. واستخدم مفتاح العزم في الوصلات بدلًا من أسلوب «اربط حتى يتوقف التسرب»؛ وإذا استمر التسرب فافحص الحشية وسطح السن، ولا تزد العزم.

- تحقق من انطفاء مصابيح التحذير واكتمال الاختبار الذاتي للنظام عند تشغيل مفتاح التشغيل.
- تأكد على جهاز التشخيص من عدم وجود أعطال نشطة، ومن أن الأعطال السابقة مسحت ولم تعد.
- قارن ضغوط حجرات الفرامل بين اليسار واليمين وبين الأمام والخلف عند الضغط التدريجي على الدواسة.
- قس معدل انخفاض الضغط والمحرك متوقف والنظام ممتلئ، وتحقق من عدم وجود تسرب.
- تحقق من خلال اختبار فرملة محكوم بسرعة منخفضة من أن المركبة تتوقف في خط مستقيم ولا تنحرف جانبًا.

- في مجموعة رأس القاطرة والمقطورة، أجر اختبار التوافق على المجموعة كاملة والمقطورة موصولة؛ فاختبار رأس القاطرة وحده لا يكفي.
- افحص بالعين تثبيت الموصل وحزمة الأسلاك، وتأكد من عدم وجود نقاط احتكاك.

الصيانة والعمر التشغيلي

معدل EBS ليس قطعة «تستبدل» بشكل دوري؛ فهو يعمل سنوات طويلة ولمسافات كبيرة ما دام نظام معالجة الهواء يعمل بشكل صحيح. والعامل الأساسي الذي يقصر عمره ليس القطعة نفسها، بل جودة الهواء الواصل إليها وسلامة التوصيل الكهربائي. فالهواء الرطب يسبب التآكل والتجمد في الصمامات الداخلية، والهواء المحمل بالزيت يسبب انتفاخ الحشيات، أما التأريض الضعيف والموصل المهتز فيرهقان الجانب الإلكتروني. وأرخص طريقة لخفض تكرار أعطال EBS في الأسطول هي ترسيخ الانضباط في صيانة مجفف الهواء وتصريف الخزانات.

- **خرطوشة مجفف الهواء:** استبدلها في الفترة التي تحددها الشركة المصنعة، وفي وقت أبكر في ظروف التشغيل المتربة والرطبة.
- **تصريف الماء من الخزانات:** احرص عليه بانتظام، ولا سيما في أشهر الشتاء؛ وإذا خرج ماء عند التصريف فيجب فحص مجفف الهواء.
- **اختبار التسرب السنوي:** اكتشف التسربات الخفية مبكرًا بقياس انخفاض الضغط والنظام ممتلئ.
- **صيانة الموصلات:** افحص الدبابيس بالعين في الصيانة الدورية، واستخدم مادة حماية مناسبة لنقاط التلامس، وجدد مشابك الكابلات.
- **فحص ذاكرة الأعطال:** اقرأ الأعطال السابقة أيضًا في كل صيانة كبرى؛ فتكرار الرموز السابقة نذير بعطل قادم.
- **استبدال كاتم الصوت:** إجراء رخيص وفعال؛ جدده دون تأخير عند ظهور علامات الانسداد.
- **مكونات الفرامل الميكانيكية:** إذا لم تفحص فحمات الفرامل والقرص/الطبلة وذراع الضبط وشوط حجرة الفرامل بانتظام، يحاول نظام EBS التعويض باستمرار ويسجل رموز أعطال.
- **تحديث البرنامج:** حافظ على تحديث برنامج النظام إذا صدرت حملة خدمة أو نشرة فنية.

والمعيار العملي لقرار الاستبدال هو: إذا كان الجانبان الكهربائي والهوائي سليمين، والكابلات والتأريض في حالة جيدة، ولا يوجد تسرب، ومع ذلك لا يزول الفرق بين الضغط المطلوب والضغط المقيس أو تسجل الوحدة أعطالًا داخلية مرة بعد أخرى، فيجب استبدال المعدل بوحدة جديدة. وبعد هذه النقطة تصبح محاولات الإصلاح مضيعة للوقت وخطرًا على السلامة في آن واحد؛ فنظام الفرامل هو النظام الوحيد الذي لا يقبل فيه منطق «سيصمد لفترة أخرى».

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