



دليل تقني

منظم ضغط الهواء في فرامل الشاحنات: طريقة العمل وضغط الوصل والقطع وأعراض التلف

كيف يحمّل منظم ضغط الهواء ضاغط الشاحنة ويفرّغه، وأين يقع ضغطا الوصل والقطع، وكيف يشغّل تنفيس المجفف، وأين تقع وظيفته في الشاحنات الأوروبية وكيف تفحصه.

عندما يتجاوز مؤشر الهواء في الشاحنة حدّه المعتاد، أو يتأخر في بلوغه، أو يبدو أن الضاغط لا يرتاح أبدًا، فإن أول ما يُشتبه فيه غالبًا ليس الضاغط نفسه بل منظم ضغط الهواء الذي يحدد له متى يعمل. هذا المنظم (الحاكم، Governor) صمام صغير يستشعر الضغط، لكنه يتحكم في كل دورة تحميل وتفريغ للضاغط، وفي معظم الأنظمة في لحظة تنفيس مجفف الهواء. يشرح هذا الدليل طريقة عمل المنظم، ومعنى ضغطي الوصل والقطع، ومكان هذه الوظيفة في الشاحنات الأوروبية، وكيفية فحصه.

أعد الفريق الفني في VADEN هذا الدليل استنادًا إلى الخبرة الميدانية مع أنظمة الفرامل الهوائية في الشاحنات ووثائق الشركات المصنّعة الأصلية. الضغوط والنطاقات وأرقام الفحص الواردة هنا مراجع عامة، ومنها أرقام مأخوذة من كتيبات رخص القيادة التجارية الأمريكية؛ أما قيم الوصل والقطع الدقيقة وحدود الفحص فالمرجع فيها دليل الخدمة الأصلي (OE) الحالي المطابق لرمز محرك المركبة وهيكلها. آخر تحديث: أكتوبر 2026.

ما هو منظم ضغط الهواء في فرامل الشاحنة وما وظيفته؟

منظم ضغط الهواء في فرامل الشاحنة صمام تحكم يستشعر الضغط ويحوّل ضاغط الهواء بين حالة التحميل (الضخ) وحالة التفريغ (الدوران دون ضخ). يقرأ المنظم ضغط الخزان، فيرسل إشارة هواء إلى وحدة تفريغ الضاغط عند ضغط القطع، ويصتّر هذه الإشارة عند ضغط الوصل، فيبقي ضغط النظام ضمن نطاق عمل ثابت.

يحتاج النظام إلى المنظم لأن الضاغط لا يمكن إيقافه ببساطة: فهو في معظم الشاحنات يدور بالمحرك عبر ترس أو سير ولا يتوقف ما دام المحرك يدور. ومن دون منظم سيواصل الضخ حتى ينفث صمام الأمان، فيهدر الوقود ويسخن رأس الضاغط.

المنظم المعتاد على الطراز الأمريكي جسم صمام صغير فيه مكبس ونابض معايير وصمام مشترك للدخول والتصريف. يُركّب مباشرة على الضاغط أو منفصلًا على الشاسيه أو المحرك، وفيه عادة ثلاثة أنواع من المنافذ:

- **منفذ الخزان:** يستقبل ضغط النظام من أحد خزانات الهواء عبر خط مخصص، وغالبًا عبر مرشح صغير.
- **منفذ التفريغ (Unloader):** يرسل إشارة التحكم إلى وحدة التفريغ في الضاغط، وفي معظم الأنظمة إلى مجفف الهواء أيضًا.
- **منفذ التصريف:** ينقّس خط التفريغ عندما يجب أن يعود الضاغط إلى العمل.

كيف يتحكم منظم ضغط الهواء في تحميل الضاغط وتفريغه؟

يعمل منظم ضغط الهواء بتوازن القوى: ضغط الخزان يدفع مكبس المنظم، والنابض المعيار يدفعه في الاتجاه المعاكس. وما دام الضغط يرتفع نحو ضغط القطع يتغلب النابض، فيبقى صمام الدخول مغلقًا ومنفذ التفريغ مفتوحًا على التصريف. لا يحمل خط التفريغ ضغطًا، فالضاغط في حالة تحميل وكل شوط يرسل الهواء إلى المجفف والخزانات.

عند ضغط القطع يتغلب المكبس على النابض، فيغلق التصريف ويفتح الدخول. يتدفق هواء الخزان إلى الضاغط، حيث تُبقي مكابس التفريغ صمامات السحب مفتوحة؛ وفي تصاميم أخرى يغلق عنصر تحكم مجرى السحب أو يفصل قابض الضاغط. تجد شرح أجزاء التفريغ وصمامات السحب والطردي في **دليل صمامات الضاغط والتفريغ**، وتصاميم الضواغط ذات القابض في **دليل ضاغط هواء الفرامل المزود بقابض**.

وعندما تخفض ضغط النظام عمليات الفرملة والملحقات إلى ضغط الوصل، يدفع النابض المكبس إلى الخلف، فيغلق الدخول ويفتح التصريف. ينقّس خط التفريغ بنفخة هواء قصيرة ويعود الضاغط إلى العمل. الفارق بين ضغطي القطع والوصل مدمج في تصميم المنظم حتى لا يتبدل الضاغط بين التحميل والتفريغ عدة مرات في الدقيقة. تُصان أجزاء التفريغ البالية ب**طقم صمامات تفريغ ضاغط الهواء**، والتصاميم التي تحمل وحدة تفريغ منفصلة تأخذ **صمام تفريغ الهواء** كاملاً.

ما هي ضغوط الوصل والقطع المعتادة في منظم ضغط الهواء؟

تحدد الشركة المصنّعة للمركبة والضغوط ضغطي الوصل والقطع، وهما يختلفان بين أجيال الأنظمة والأسواق. في الولايات المتحدة تصف كتيبات رخصة القيادة التجارية (CDL)، وهي الكتيبات التي يدرسها السائقون لنيل اعتماد الفرامل الهوائية، ضغط القطع بنحو 125 رطلاً على البوصة المربعة (نحو 8.6 بار) وضغط الوصل بنحو 100 رطل على البوصة المربعة (نحو 6.9 بار). أما الشاحنات الأوروبية الصنع فيقع ضغط القطع فيها عادة بين 8 و12.5 بار بحسب جيل النظام، وتميل الأنظمة الحديثة إلى الطرف الأعلى.

نقاط مرجعية لمنظم ضغط الهواء (مرجع عام؛ المعتمد دليل الخدمة الأصلي الحالي للمركبة)

النقطة المرجعية	كما تصفها كتيبات CDL الأمريكية	الممارسة الأوروبية المعتادة	ما يُعتمد عليه
ضغط القطع (Cut-out)	نحو 125 رطلاً على البوصة المربعة (نحو 8.6 بار)	عادة نحو 8 إلى 12.5 بار بحسب الجيل	قيمة دليل الخدمة لرمز المحرك والهيكل
ضغط الوصل (Cut-in)	نحو 100 رطل على البوصة المربعة (نحو 6.9 بار)	أقل من ضغط القطع بفارق ثابت في المنظم	دليل الخدمة وبيانات المنظم
فحص بناء الضغط	من 85 إلى 100 رطل على البوصة المربعة خلال نحو 45 ثانية في الأنظمة المزدوجة، عند سرعة تشغيل المحرك	اختبار زمن التعبئة الذي تحدده الشركة المصنّعة	إجراء الاختبار وسرعة المحرك في دليل الخدمة
تحذير انخفاض الضغط	يجب أن يعمل قبل أن ينخفض الضغط عن 60 رطلاً على البوصة المربعة (نحو 4.1 بار)	يحدده تصميم المركبة بموجب اللائحة رقم 13 للأمم المتحدة (UN R13)	وثائق المركبة وبيانات الاعتماد النوعي

هذه الأرقام نقاط مرجعية وليست أهدافاً للإصلاح. وتنحرف مؤشرات لوحة القيادة مع الزمن، فتتحقق من القراءات بمقياس رئيسي معايير قبل الحكم على المنظم بأنه تالف.

كيف يعمل المنظم ووحدة التفريغ وتنفيس مجفف الهواء معاً؟

يعمل منظم الضغط ووحدة تفريغ الضاغط وصمام تنفيس مجفف الهواء عادة بإشارة مشتركة واحدة. في معظم الأنظمة الأمريكية الطراز يتفرع خط التفريغ من المنظم إلى منفذ التحكم في المجفف، فبمجرد أن يُفَرَّغ الضاغط ينقّس المجفف:

- 1 ارتفاع الضغط: خط التفريغ عند الصفر، والضغوط محمّل، والمجفف يزيل الرطوبة عبر خرطوشة المادة المجففة.
- 2 ضغط القطع: يضغط المنظم خط التفريغ، فيتوقف الضاغط عن الضخ، وتفتح الإشارة نفسها صمام تنفيس المجفف.
- 3 التنفيس: يُطرد الماء والزيت المتجمعان في قاع المجفف بدفعة قصيرة، ويعود هواء جاف عبر المادة المجففة لتجديدها.
- 4 ضغط الوصل: ينقّس المنظم خط التفريغ، فيُغلق صمام التنفيس ويعود الضاغط إلى التحميل.

نفخة الهواء تحت المجفف عند ضغط القطع أسهل علامة مسموعة على أن المنظم يعمل ضمن دورته، وسبب ظهور أعطال المنظم في صورة مشكلات في المجفف هو هذه الإشارة المشتركة: فإذا لم يبلغ المنظم ضغط القطع تشبعت الخرطوشة ووصل الماء إلى الخزانات، وإذا تبدّل بوتيرة أعلى من اللازم بسبب تسرب فإن المجفف ينقّس أكثر بكثير مما ينبغي. تجد أعطال صمام التنفيس في **دليل صمام تفريغ مجفف الهواء**؛ وتتوفر المادة المجففة البديلة في صورة **خرطوشة مجفف الهواء**، والوحدات الكاملة ضمن **مجففات الهواء مع صمامات التفريغ**.

أين توجد وظيفة منظم الضغط في الشاحنات الأوروبية؟

المنظم كصمام منفصل نموذجي في الأنظمة الأمريكية الطراز. أما في كثير من الشاحنات الأوروبية الصنع فلا يوجد منظم منفصل: إذ تُدمج وظيفة تنظيم الضغط في جسم مجفف الهواء (مجفف مزود بمنظم ضغط مدمج)، أو في وحدة معالجة الهواء التي تحتوي أيضًا على صمام الحماية متعدد الدوائر. وهذه الأنظمة من موردين مثل Knorr-Bremse و WABCO شائعة في شاحنات صانعين مثل Mercedes-Benz و Volvo و DAF و MAN.

يوقف المنظم المدمج تسليم الضاغط للهواء بإحدى طريقتين. في الترتيب الذي يُنفّس فيه الهواء، يفتح المنظم عادم المجفف عند ضغط القطع؛ فيواصل الضاغط الضخ، لكن تسليمه يُنفّس إلى الجو عبر المجفف بينما يحافظ صمام عدم رجوع على ضغط النظام. وفي ترتيب منفذ التحكم، يرسل المنظم إشارة إلى وحدة تفريغ الضاغط أو إلى قابض موّفر للطاقة. وفي وحدة معالجة الهواء الإلكترونية تقرأ وحدة تحكم حساسات الضغط وتشغّل صمامات سولينويد، فتكون قيمتا الوصل والقطع معاملات مخزنة.

موضع وظيفة المنظم بحسب ترتيب النظام (نظرة عامة)

الترتيب	موضع وظيفة المنظم	كيف يتوقف الضاغط عن بناء الضغط	أين يُبحث عند العطل
منظم منفصل	صمام على الضاغط أو منفصل عنه	إشارة إلى وحدة تفريغ الضاغط، وتشغّل تنفيس المجفف أيضًا	المنظم ووحدة التفريغ وخطوط الخزان
مجفف هواء بمنظم ضغط مدمج	قسم المنظم داخل جسم المجفف	تنفيس عبر المجفف، أو إشارة إلى وحدة التفريغ	منظم المجفف وصمام التنفيس وصمام عدم الرجوع عند المخرج
وحدة معالجة هواء إلكترونية	وحدة تحكم وصمامات سولينويد	إشارة سولينويد إلى وحدة التفريغ أو القابض، أو تنفيس الهواء	ذاكرة الأعطال وحساسات الضغط وصمامات السولينويد

فعندما يُطلب منظم لشاحنة أوروبية، يكون الجزء الذي يجب فحصه عادة هو مجفف الهواء أو وحدة معالجة الهواء؛ ويشرح دليل وحدة معالجة الهواء كيفية بناء هذه المجموعات.

ما أعراض تلف منظم ضغط ضاغط الهواء؟

يظهر تلف منظم ضغط ضاغط الهواء في صورة عدم حدوث قطع، أو ضغط وصل أو قطع خاطئ، أو بطء في بناء الضغط، أو تبدّل متكرر بين التحميل والتفريغ. ولأن التسربات والضاغط البالي ووحدة التفريغ العالقة تعطي الصورة نفسها على المؤشر، يُحكّم على المنظم بوصفه حلقة واحدة في سلسلة.

أعراض منظم ضغط الهواء وأسبابها المحتملة وفحوصها (دليل تشخيص عام)

العرض	السبب المحتمل في سلسلة المنظم	الفحص
يرتفع الضغط فوق ضغط القطع المعتاد وينفتح صمام الأمان	مكبس المنظم عالق بسبب الزيت أو الماء أو الجليد؛ انسداد خط الخزان أو المرشح؛ انسداد خط التفريغ؛ وحدة تفريغ عالقة	تحقق من المؤشر؛ راقب إشارة التفريغ وتنفيس المجفف عند القطع
بطء بناء الضغط أو بقاءه منخفضًا	تسرب المنظم إلى خط التفريغ أثناء التحميل؛ انسداد تصريف المنظم؛ وحدة تفريغ مفتوحة باستمرار	اختبار الرغوة الصابونية عند التصريف؛ تأكد أن خط التفريغ ينفّس كليًا عند الوصل
يتبدل الضاغط بين التحميل والتفريغ كثيرًا	تسربات هواء في النظام، تسرب صمام التنفيس أو صمام عدم الرجوع؛ فارق المنظم خارج المواصفة	اختبار هبوط الضغط والمحرك متوقف؛ سجّل الفارق بين الوصل والقطع
فحيح مستمر من تصريف المنظم	تآكل مقعد الدخول أو التصريف أو ختم المكبس أو الحلقات المطاطية	اختبار الرغوة الصابونية في حالي التحميل والتفريغ
ماء في الخزانات ولا ينفّس المجفف	المنظم لا يبلغ ضغط القطع، أو الإشارة لا تصل إلى المجفف	أنصت إلى نفخة التنفيس؛ افحص خط التحكم في المجفف

وجود زيت داخل المنظم يشير إلى أن المشكلة الأعمق في الضاغط؛ راجع دليل تشخيص انعدام ضغط الهواء وضع الضاغط للزيت ودليل أعطال ضاغط هواء الفرامل وصيانته.

لا ترفع ضغط القطع في المنظم فوق مواصفة الشركة المصنّعة لتعويض بقاء ضغط أو لجعل الفرامل أقوى. فالضغط الأعلى يحمل الضاغط والمجفف والخطوط فوق طاقتها ويخفي العطل الحقيقي. قبل فك أي خط للمنظم أو وحدة التفريغ أو المجفف، ضع كتل التثبيت تحت العجلات، وأوقف المحرك، وفرّغ الضغط من تلك الدائرة كما يصف دليل الخدمة. واختر أي قطعة بديلة بحسب رقم القطعة الأصلي (OE) ورمز الهيكل لا بحسب الشكل.

كيف يُفحص منظم ضغط الهواء في فرامل الشاحنة؟

يبدأ فحص المنظم بمراقبة المؤشر. ففي الولايات المتحدة يتضمن فحص الفرامل الهوائية قبل الرحلة، كما تعلّمه كتيبات CDL، مراقبة توقف الضاغط عن الضخ عند القطع، ثم الضغط المتكرر على دواسة الفرامل لخفض الضغط وملاحظة النقطة التي يعود عندها الضاغط إلى العمل، إضافة إلى اختباري بناء الضغط وتحذير انخفاض الهواء؛ وهذه فحوص للسائق وليست مواصفات إصلاح. أما في الورشة فيتبع الفحص المنظم هذا الترتيب:

- 1 ضع كتل التثبيت تحت العجلات وصرف الخزانات، ولاحظ هل يخرج ماء أو زيت.
- 2 صل مقياسًا رئيسيًا معيارًا بأحد الخزانات وقارنه بمؤشر لوحة القيادة.
- 3 شغل المحرك على السرعة التي يحددها دليل الخدمة وسجل ضغط القطع؛ وأنصت إلى تنفيس المجفف في اللحظة نفسها.
- 4 اخفض الضغط على مراحل بعمليات فرملة وسجل ضغط الوصل.
- 5 قارن الوصل والقطع والفارق بينهما بقيم دليل الخدمة لذلك الهيكل.
- 6 ضع محللول الصابون على تصريف المنظم والضاغط محمّل ثم مفرّغ؛ وظهور فقاعة في أي من الحالتين يدل على تسرب في مقعد داخلي أو ختم.
- 7 تأكد أن خط التفريغ يتلقى الضغط عند القطع وينفّس كليًا عند الوصل، بالطريقة الآمنة التي يذكرها دليل الخدمة.
- 8 افحص خط الخزان ومرشح المنفذ بحثًا عن زيت أو شوائب أو جليد.
- 9 إذا اجتاز المنظم الفحص فانتقل إلى وحدة التفريغ والمجفف، بادئًا بفحص زمن التعبئة المبين في دليل صمامات الضاغط والتفريغ.

وفي الشاحنات المزودة بوحدة معالجة هواء إلكترونية ابدأ بقراءة ذاكرة الأعطال ومقارنة قيم الحساسات بالمقياس الرئيسي.

هل يمكن ضبط منظم ضغط الهواء، ومتى يجب استبداله؟

يمكن ضبط منظم ضغط الهواء فقط في التصاميم المهيأة لذلك. فبعض المنظمات الأمريكية الطراز فيها برغي ضبط وصامولة قفل تحت غطاء، ويضبط ضمن نطاق الشركة المصنّعة بمقياس رئيسي معيار. وكثير من المنظمات الأحدث مضبوط مسبقًا ومختوم، والمنظمات المدمجة في مجففات الهواء لا تُضبط عادة في الميدان، والوحدات الإلكترونية تُضبط بالمعاملات.

يُبرّر استبدال المنظم عندما يتعذر علاج تسرب التصريف، أو عندما ينحرف الوصل والقطع عن المواصفة مرة أخرى بعد تنظيف خط الخزان والمرشح، أو عندما يتشقق الجسم أو يتآكل، أو عندما يتلوّث بزيت من ضاغط تالف. افحص المنظم كلما استُبدل ضاغط أو مجفف هواء. تجد القطع البديلة تحت **منظم الضغط لضغط الهواء**، وتُصان المنظمات المدمجة في مجففات الهواء **بطقم إصلاح مجفف الهواء مع صمام التفريغ**. وتأكد من رقم القطعة الأصلي (OE) ورمز الهيكل قبل الطلب.

ما المعايير والمصادر التي تغطي أداء منظم ضغط الهواء؟

لا يخضع أداء منظم ضغط الهواء لتنظيم مستقل بوصفه قطعة قائمة بذاتها؛ بل تنطبق القواعد على نظام تزويد الهواء والفرملة الذي يتحكم فيه. دوليًا تُعتمد أنظمة الفرملة في الشاحنات نوعيًا بموجب اللائحة رقم 13 للأمم المتحدة (UN R13)، وهي تغطي تزويد الطاقة والخزانات وأجهزة التحذير.

في المملكة العربية السعودية، تنظم اللائحة الفنية لقطع غيار السيارات الصادرة عن الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة (ساسو) قطع الغيار الجديدة المستوردة أو المصنعة محليًا، وتتناول اللائحة الفنية للمقطورات ونصف المقطورات تجهيز المقطورات بالفرامل، وتبين أهمية الفحص الفني الدوري للشاحنات أن الفحص يشمل أجهزة الفرامل.

الولايات المتحدة: تحدد اللائحة 49 (FMVSS 121) CFR 571.121 متطلبات الضاغط والخزان ومؤشر الضغط وتحذير انخفاض الضغط في المركبات الجديدة ذات الفرامل الهوائية.

الدليل الرئيسي: ضاغط هواء الفرامل (كمبروسر): دليل أعراض الأعطال والاستبدال والصيانة

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