VADEN®
ORIGINAL

دليل تقني

برج ذراع ناقل الحركة (برج القير): أعراض الأعطال والاستبدال والصيانة

عندما يتآكل برج ذراع ناقل الحركة لا تفقد الشاحنة قوة الجر، بل يعجز السائق عن إيجاد السرعة، ويختل تبديل مجموعة المدى أيضًا. اكتشف الآن

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

من أكثر العبارات التي نسمعها في الميدان: «ناقل الحركة سليم، لكن السرعة لا تتعشق». وفي أغلب الأحيان لا تكمن المشكلة في التروس، بل في أهم نقطة وصل بين يد السائق وعلبة التروس، أي في برج ذراع ناقل الحركة المعروف في الورش باسم برج القير. ففي المركبات التجارية الثقيلة ينقل البرج ميكانيكيًا حركتي اختيار المسار وتعشيق السرعة إلى أعمدة شوكات التبديل داخل ناقل الحركة، كما يحمل في معظم العلب الحديثة صمامي مجموعة المدى ومجموعة التقسيم (نصف السرعة) اللذين يعملان بالهواء المضغوط. وعندما يصيب الكلال البرج لا تفقد المركبة قوة الجر، بل يعجز السائق عن إيجاد السرعة. فالذراع الذي ينفلت إلى الوضع المحايد عند الانطلاق، أو التبديل بين السرعتين 5 و6 الذي يتعذر على المنحدر، أو صمام مجموعة المدى الذي ينحشر عند انخفاض ضغط الهواء، كلها أعطال تسجل في معظم الأساطيل على أنها «إصلاح شامل لناقل الحركة»، بينما هي في الواقع عمل على البرج لا يستغرق سوى بضع ساعات. ويجمع هذا الدليل ملاحظات تطبيقية مستقاة من الميدان للتعرف إلى البرج، وتشخيص أعطاله تشخيصًا صحيحًا، وتجنب فقدان الضبط أثناء الفك والتركيب، وإطالة عمره.

ملاحظة E-E-A-T: أعد الفريق الفني في VADEN، العامل في مجال الأنظمة الهوائية ومجموعات نقل القدرة للمركبات التجارية الثقيلة، هذا المستند استنادًا إلى ملاحظات الخدمة الميدانية وتحليلات المرتجعات بموجب الضمان واختبارات التحقق في الإنتاج. والقيم الواردة في النص نطاقات مرجعية نموذجية. أما القيم الدقيقة لعزم الربط والضغط والضبط الخاصة بتركيبة معينة من الشاسيه والمحرك وناقل الحركة، فيجب التحقق منها دائمًا من أحدث دليل خدمة صادر عن الشركة المصنعة للمركبة أو ناقل الحركة. **آخر تحديث: سبتمبر 2026.** ويستند تحديد أبعاد المكونات إلى عائلة المعايير الدولية ذات الصلة (ISO/EN/DIN/SAE) وإلى مواصفات OE الخاصة بالشركة المصنعة.

ما هو برج ذراع ناقل الحركة (برج تبديل السرعات)؟ وظيفته ومبدأ عمله

برج ذراع ناقل الحركة (برج تبديل السرعات) وحدة ميكانيكية هوائية تثبت بالمسامير على الغطاء العلوي لناقل الحركة، وتنقل حركتي الاختيار والتعشيق القادمتين من ذراع تبديل السرعات أو من كابلات تبديل السرعات إلى أعمدة شوكات التبديل داخل ناقل الحركة، وتحمل في معظم تطبيقات المركبات التجارية الثقيلة وحدة التحكم الهوائي أيضًا إلى جانب صمامي مجموعة المدى ومجموعة التقسيم.

يعتمد مبدأ العمل على حركة في محورين. فعندما يحرك السائق الذراع يمينًا ويسارًا، يدور الإصبع (عمود الاختيار) داخل البرج ويختار عمود الشوكة الذي سيعشق معه؛ وعندما يدفع الذراع إلى الأمام أو الخلف، ينزلق العمود نفسه محوريًا فيخرج عمود الشوكة المختار من مقعده ويضغطه نحو مجموعة التزامن. ولكي لا تتداخل هاتان الحركتان، يضم جسم البرج دبابيس القفل البيني وآلية إعادة توسيط بنابض؛ وعندما يضعف نابض إعادة التوسيط لا يجد الذراع موضعه في البوابة، فيشكو السائق من أن «الذراع لا يستقر في المنتصف».

وفي علب التروس الثقيلة ذات 16-12 سرعة أمامية، يكون البرج أيضًا كتلة توزيع هوائية. فالإشارة القادمة من مفتاح مجموعة التقسيم على رأس الذراع تفعل صمام مجموعة التقسيم المركب على البرج، بينما يفعل الانتقال في نمط H صمام مجموعة المدى. ولأن صمام مجموعة المدى يفعل داخل البرج بواسطة مزلاج أو منزلق ميكانيكي، فإن تآكل البرج يخل بتبديل مجموعة المدى أيضًا، وهذه هي النقطة الأكثر إثارة للالتباس في الميدان. وهذه البنية متماثلة من حيث المبدأ في العلب من نوع ZF ونوع Eaton والعلب المكافئة لسلسلة G من Mercedes؛ ويكمن الاختلاف في مواضع الصمامات ومقاسات الشوط. وتؤخذ التغذية الهوائية عادة من الدائرة المساعدة لصمام الحماية الرباعي الدوائر من نوع Knorr أو Wabco، ويفترض أن يصل الهواء جافًا بعد مروره عبر مجفف الهواء.

- **جسم البرج (الغطاء العلوي):** من الألومنيوم أو الحديد الزهر؛ يستقر على غطاء ناقل الحركة مع حشية، ويمثل السطح المرجعي للآلية الداخلية.
- **عمود الاختيار والتعشيق (الإصبع):** العنصر الرئيسي الذي ينقل الحركة الثنائية المحور إلى أعمدة الشوكات.
- **دبابيس القفل البيني وصفيحته:** تمنع تعشيق سرعتين في آن واحد.
- **نابض إعادة التوسيط والمكبس:** يعيدان الذراع إلى موضع البوابة المحايد؛ ويعملان بالهواء في الأنواع المدعومة هوائيًا.
- **صمام مجموعة المدى وصمام مجموعة التقسيم:** يديران التبديل بين المدى المنخفض والمرتفع والانتقال إلى أنصاف السرعات.

- **المفصل الكروي وأذرع توصيل الكابلات:** النقاط التي تتصل بها كابلات تبديل السرعات الممتدة أسفل الكابينة أو آلية التحكم بالقضبان.
- **طقم موانع التسرب والحلقات الدائرية (O-ring) والحشيات:** يمنع تسرب الزيت والهواء؛ وهو أكثر أجزاء البرج استبدالًا.
- **فتحة التنفيس ووصلات الهواء:** لموازنة الضغط الداخلي وللتغذية الهوائية.

الفرق بين البرج الميكانيكي والبرج المدعوم هوائيًا

تستخدم الأبراج الميكانيكية بالكامل غالبًا في قطاعي التوزيع والبناء، في العلب ذات 6 إلى 9 سرعات أمامية: فلا توجد بداخلها صمامات، وتتم الحركة كلها بقوة ذراع السائق. أما الأبراج المدعومة هوائيًا (التبديل المؤازر) فهي قياسية في رؤوس القاطرات المخصصة للمسافات الطويلة؛ إذ تضيف دعمًا هوائيًا إلى حركة التعشيق لتقليل القوة اللازمة على الذراع.
ويختلف طابع الأعطال بينهما: ففي البرج الميكانيكي تكون الشكوى عادة من الخلوص وصلابة الحركة، أما في البرج الهوائي فمن التأخر والتسرب والتعطل الكامل عند انخفاض ضغط الهواء.

أنظمة التحكم المباشر والتحكم عن بعد (بالكابلات)

في التحكم المباشر يركب ذراع تبديل السرعات فوق البرج مباشرة؛ ولأن حركة نظام تعليق الكابينة تهز الذراع أيضًا، يفضل هذا النوع غالبًا في الكابينات التي يكون فيها المحرك في موضع أمامي. أما في التحكم عن بعد فيوجد بين البرج والذراع كابلان من نوع بودن أو آلية قضبان. وفي الأنظمة ذات الكابلات لا يعود جزء كبير من شكاوى «السرعة لا تتعشق» إلى البرج، بل إلى كابل تبديل السرعات الذي تمدد أو تآكل سلكه الداخلي. لذا فإن قياس خلوص الكابل قبل اتخاذ قرار استبدال البرج هو أنجع وسيلة لتجنب استبدال قطع الغيار دون داع.

ما يقابله في العلب ذات التحكم الإلكتروني (AMT)

في نواقل الحركة المؤتمتة يترك البرج التقليدي مكانه لوحدة مشغل كهروهوائية تستقر على الجسم نفسه. وفيها تجمع أسطوانات الاختيار والتعشيق وحساسات الموضع والصمامات الكهرومغناطيسية (سولينويد) في كتلة واحدة. ويبقى المبدأ الميكانيكي كما هو، غير أن تشخيص الأعطال لم يعد يعتمد على إحساس الذراع، بل على رموز الأعطال وبيانات حساس الموضع. وتنطبق الفحوص الميكانيكية الواردة في هذا الدليل على وحدات AMT أيضًا؛ لكن يجب قبل الفك قراءة معايرة المشغل وضغط النظام بجهاز التشخيص دون استثناء.

نوع البرج	التطبيق النموذجي	التحكم	صمام مجموعة المدى/ التقسيم	الطابع المميز للأعطال
برج ميكانيكي بالكامل	التوزيع والبناء، علب ذات 6 إلى 9 سرعات أمامية	ذراع مباشر	لا يوجد أو لمجموعة المدى فقط	خلوص، صلابة في الحركة، كلال النابض
برج مدعوم هوائيًا (تبديل مؤازر)	رؤوس قاطرات المسافات الطويلة، 16-12 سرعة أمامية	كابل أو قضبان	مجموعة المدى + مجموعة التقسيم	تسرب الهواء، تأخر التبديل
برج بتحكم عن بعد بالكابلات	كابينة مرتفعة، شاسيه بكابينة قابلة للإمالة	زوج من كابلات بودن	مجموعة المدى + مجموعة التقسيم	تشخيص خاطئ ناتج عن تمدد الكابل
مشغل كهروهوائي (AMT)	رؤوس القاطرات والحافلات الحديثة	ECU + صمامات كهرومغناطيسية	كتلة صمامات مدمجة	فقدان المعايرة، عطل الحساس
برج للخدمة الشاقة بجسم مصبوب	التعدين، رأس القاطرة مع المقطورة، الطرق الوعرة	مباشر أو بالقضبان	مزدوج المدى	ارتخاء المسامير بسبب الاهتزاز

التحقق من رقم القطعة أمر ضروري: حتى في مركبتين لهما الشاسيه نفسه ورمز المحرك نفسه، قد يختلف نوع ناقل الحركة وموضع صمام مجموعة المدى وهندسة توصيل الكابلات. لذا تحقق قبل طلب البرج من رمز العلبة المدون على لوحة بيانات ناقل الحركة، ورقم الصب أو رقم القطعة الموجود على البرج، ومرجع OE الخاص بالشركة المصنعة إن وجد، معًا. فالاختيار بحسب سنة طراز المركبة فقط يؤدي بعد التركيب إلى نتيجة «نمط السرعات لا ينضبط»، وهو السبب الأكبر لإرجاع الأبراج.

أعراض الأعطال والتشخيص

نادرًا ما تأتي أعطال البرج منفردة؛ فهي غالبًا متداخلة مع كابل تبديل السرعات ومعالجة الهواء وضبط القابض. ويربط الجدول التالي الأعراض الأكثر شيوعًا في الميدان بأسبابها المحتملة وبخطوات التحقق الأولى. وإكمال جميع الفحوص الواردة في هذا الجدول قبل فك البرج يخفض بوضوح تكاليف العمالة وقطع الغيار غير الضرورية.

العرض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
خلوص زائد في ذراع تبديل السرعات، والذراع يهتز في الوضع المحايد	تآكل المفصل الكروي، كلال نابض إعادة التوسيط، خلوص الجلبة	مع إيقاف المحرك وتأمين المركبة، حرك الذراع في جميع الاتجاهات؛ وقس يدويًا خلوص العمود عند مدخل البرج، وقارنه بالحركة الحرة عند طرف الكابل
السرعة تتعشق بصعوبة أو يتعذر إيجاد موضعها في البوابة	تآكل دبوس القفل، اختلال ضبط الكابل، عدم فصل القابض بالكامل	تحقق أولًا من خلوص دواسة القابض ومن شوط الفصل؛ ثم قارن ضبط طول الكابل بالمقاس الذي تحدده الشركة المصنعة
السرعة تنفلت من تلقاء نفسها إلى الوضع المحايد (خاصة تحت الحمل)	ضعف كرة تثبيت عمود الشوكة أو نابضها، تآكل إصبع البرج، انهيار الكرسي المطاطي للمحرك	سجل ما إذا كان العطل يتكرر تحت الحمل؛ وعند فك البرج ابحث عن تآكل على شكل درجة في سطح تلامس الإصبع، وافحص تأرجح الكرسي المطاطي
تعذر التبديل بين المدى المرتفع والمنخفض، وانحشار الذراع في نمط H	عطل صمام مجموعة المدى، رطوبة أو صدأ داخل الصمام، انخفاض ضغط التغذية	اقرأ ضغط هواء النظام بمقياس ضغط؛ وافصل خط تغذية الصمام وتحقق من وجود ضغط فيه؛ وتحقق من عمر خرطوشة مجفف الهواء
مجموعة التقسيم (نصف السرعة) لا تعمل أو تبدل متأخرة	تسرب في صمام مجموعة التقسيم، عطل مفتاح رأس الذراع، ماء في خط الهواء	اختبر إشارة مفتاح رأس الذراع؛ وابحث عن التسرب عند مخرج الصمام بالماء والصابون؛ وصرف الماء الموجود في الخط
تسرب زيت ناقل الحركة من محيط البرج	انسحاق حشية البرج، تصلب مانع تسرب العمود، شرخ في الجسم	نظف السطح وراقب نقطة التسرب بعد اختبار قيادة قصير؛ وافحص عزم ربط المسامير، وابحث عن شروخ في الجسم
صوت تسرب هواء مستمر من البرج	تسرب الحلقة الدائرية (O-ring) أو جسم الصمام، ارتخاء الوصلات، مانع تسرب المكبس الداخلي	أجر اختبار الماء والصابون والنظام ممتلئ بالهواء والمحرك متوقف؛ وكرره على حدة في كل من الوضع المحايد ووضعي مجموعة المدى ومجموعة التقسيم
الذراع لا يعود إلى المنتصف بعد تعشيق السرعة	كسر نابض التوسيط، انسداد مكبس التوسيط الهوائي	عند فك البرج قس الطول الحر للنابض؛ وفي النوع الهوائي زود خط التوسيط بالهواء بشكل متحكم فيه وراقب عودة المكبس بحرية

البرج أم كابل تبديل السرعات؟ طريقة التمييز

أبسط طريقة عملية للتمييز هي: افصل كابلات تبديل السرعات الممتدة أسفل الكابينة عن ذراع البرج، وحرك ذراع البرج بيدك مباشرة. فإذا أعطى ذراع البرج مواضع بوابة واضحة، وتعشقت السرعات واحدة تلو الأخرى بدقة، فالبرج سليم، والمشكلة ناتجة عن الكابل أو آلية الذراع أو نظام تعليق الكابينة. أما إذا شعرت بخلوص أو احتكاك أو فقدان لمواضع البوابة حتى عند تحريك ذراع البرج باليد، فوحدة البرج هي موضع الشك. ويستغرق هذا الاختبار عشر دقائق، وهو أقوى حاجز يحول دون استبدال القطعة الخطأ.

عزل الجانب الهوائي

في شكاوى مجموعة المدى ومجموعة التقسيم، لا يكون البرج أول ما يفحص، بل معالجة الهواء. فإذا استنفد مجفف الهواء عمره، فإن الرطوبة المحمولة في الخط تسبب انتفاخ البكرة المنزلقة البلاستيكية داخل الصمام، وتحشرها تمامًا في الطقس البارد. وإذا خرج الماء عند تصريف خزان الهواء، فسيتكرر العطل سريعًا حتى لو استبدل صمام البرج. واعتمد في تقييم الضغط لا على مؤشر الكابينة، بل على مقياس ضغط اختباري يوصل بمدخل الصمام؛ فإذا وجد فرق واضح بين القراءتين، فهناك تضيق في الخط.

تسجيل الملاحظات أثناء اختبار القيادة

يرتبط جزء كبير من أعطال البرج بدرجة الحرارة والحمل: فالعلبة التي تعمل دون مشكلات وهي باردة لكنها تنفلت إلى الوضع المحايد عند درجة حرارة التشغيل، والعلبة التي تتعشق فيها السرعات بصعوبة في جميع الظروف، تشيران إلى أسباب مختلفة. لذا سجل أثناء اختبار القيادة أي سرعة تسبب المشكلة، وتحت أي حمل، وعند أي درجة حرارة لناقل الحركة، وعند أي ضغط للنظام. فهذه البيانات هي أكثر المعلومات حسمًا في التمييز بين عطل البرج وعطل مجموعة التزامن؛ وفي التشخيصات التي تجرى دون تسجيل ترتفع نسبة إعادة العمل ارتفاعًا ملحوظًا.

لمزيد من القراءة

للاطلاع على ملخص فني مبسط لهذا الموضوع، راجع المقالة المرجعية على ويكيبيديا. وتحقق دائمًا من القيم والإجراءات المحددة بالرجوع إلى بيانات الخدمة الصادرة عن الشركة المصنعة للمركبة.

خطوات الاستبدال / التركيب

معدات الوقاية الشخصية وسلامة العمل: ارتداء قفازات العمل والنظارات الواقية والأحذية ذات المقدمة الفولاذية إلزامي. أوقف المركبة على أرض مستوية، وأطفئ مفتاح التشغيل، وافصل مفتاح قطع البطارية، وضع مصدات العجلات، واسحب فرامل اليد. وإذا كنت ستقوم بإمالة الكابينة فاقفل قضيب أمان الكابينة. وقبل العمل على الخطوط الهوائية، فرغ ضغط النظام بالطريقة التي تحددها الشركة المصنعة، إذ إن فك وصلة تحت الضغط يسبب إصابات خطيرة. ولا تعمل عندما يكون زيت ناقل الحركة ساخنًا.

1. **جهز المركبة وتحقق من العطل للمرة الأخيرة:** قبل الفك، أكد الشكوى مرة أخرى بتحريك الذراع باليد؛ وسجل الإحساس الحالي بمواضع البوابة لتتمكن من المقارنة لاحقًا.
2. **فرغ الضغط وافصل البطارية:** أفرغ الدائرة الهوائية، وأطفئ مفتاح قطع البطارية. وفي المركبات المزودة بناقل حركة AMT قد يلزم أيضًا إدخال النظام في وضع الخدمة بجهاز التشخيص.
3. **افتح منفذ الوصول:** قم بإمالة الكابينة، أو فك الكسوة الداخلية للكابينة وغطاء النفق والغطاء المطاطي للذراع. واحفظ البراغي والمشابك المفكوكة مصنفة في مجموعات.
4. **افصل خطوط الهواء والمقابس الكهربائية بعد وضع علامات عليها:** ضع ملصقًا على كل خرطوم. واستخدم سدادات عمياء أو قماشًا نظيفًا لمنع دخول الغبار إلى الوصلات وأطراف الخراطيم المفتوحة؛ فجزء كبير من الأعطال الهوائية ينشأ عن الأوساخ التي تدخل أثناء التركيب.
5. **فك كابلات تبديل السرعات أو آلية القضبان:** سجل موضع صواميل الضبط بعلامة أو بالقياس؛ ولا تثن الكابل بزاوية حادة، بل علقه على نقطة ثابتة.
6. **ضع ناقل الحركة في الوضع المحايد:** تأكد قبل فك البرج من أن العلبة في الوضع المحايد تمامًا. ففي البرج الذي يفك والسرعة معشقة، يخرج الإصبع من عمود الشوكة بالقوة، ويتعذر ضبط المحاذاة عند التركيب.
7. **أرخ مسامير البرج تدريجيًا:** أرخها بترتيب متقاطع دون فكها بالكامل في دورة واحدة، بحيث تمنع تشوه الجسم. وفي الأنواع التي تختلف فيها أطوال المسامير، سجل مواضعها برسم تخطيطي.
8. **ارفع البرج بشكل مستقيم:** ارفعه دون دفعه جانبيًا، مع ضمان خروج الإصبع من مقعد عمود الشوكة بسلاسة. وغط فتحة ناقل الحركة فورًا بقماش نظيف؛ فحتى قطعة صغيرة من الحشية تسقط إلى الداخل قد تحول العلبة إلى خردة.
9. **نظف أسطح الارتكاز وافحصها:** أزل بقايا الحشية القديمة دون خدش السطح. فإذا وجد تآكل مفرط في مقاعد أعمدة الشوكات، أو كرة تثبيت مكسورة، أو برادة معدنية، فلن يكفي استبدال البرج وحده، بل يلزم فحص داخل العلبة.

10 **ركب البرج الجديد مع حشية جديدة واربطه بعزم الربط المحدد:** استخدم الحشية جافة أو مع مادة منع التسرب التي تحددها الشركة المصنعة. واربط المسامير بترتيب متقاطع وعلى مراحل حتى عزم الربط الذي تحدده الشركة المصنعة؛ ولا تربطها بالتقدير.

11 **صل الكابلات واضبطها وتحقق من عملها:** اضبط طول كابل تبديل السرعات وفق المقاس الذي تحدده الشركة المصنعة، وركب خطوط الهواء بحسب ملصقاتها، ثم زود النظام بالضغط وأجر اختبار التسرب بالماء والصابون. وجرب جميع السرعات واحدة تلو الأخرى والمحرك متوقف، ثم أجر اختبار قيادة دون حمل ومع الحمل.

نقاط يجب الانتباه إليها (أخطاء شائعة)

الخطأ الأكثر تكلفة: فك البرج أو تركيبه وناقل الحركة معشق على سرعة. ففي التركيب الذي يجرى دون محاذاة الإصبع مع مقعد عمود الشوكة، تتعرض الآلية للإجهاد عند ربط المسامير؛ وفي أول اختبار قيادة إما أن تختفي مواضع البوابة أو ينثني عمود الشوكة. وعندها لا يعود العطل صادرًا عن البرج، بل عن داخل العلبة، وتتضاعف التكلفة.

تلوث خط الهواء: ترك أطراف الخراطيم المفكوكة مكشوفة ينقل الغبار والرطوبة إلى جسم الصمام. وجزء كبير من مشكلات تبديل مجموعة المدى التي تظهر بعد أسبوع من تركيب البرج الجديد ينشأ عن الأوساخ التي تدخل النظام أثناء التركيب. وإذا كانت خرطوشة مجفف الهواء قد استنفدت عمرها، فادرس استبدالها في الوقت نفسه مع البرج.

- **إعادة استخدام الحشية:** تسرب الحشية المنسحقة بعد أول دورة حرارية؛ لذا يجب تجديد طقم الحشيات والحلقات الدائرية (O-ring) عند كل فك.
- **عزم الربط التقديري:** في الأبراج ذات الجسم الألومنيومي التي تربط «بإحساس اليد» يشيع تلف أسنان اللولب وتشوه الجسم؛ لذا استخدم مفتاح عزم.
- **إغفال ضبط الكابل:** في المركبات التي يركب فيها برج جديد ويترك الكابل على ضبطه القديم، ينزاح نمط السرعات ويظن العميل أن القطعة معيبة.
- **التغاضي عن اختبار التسرب:** في المركبات التي لا يجرى لها اختبار الماء والصابون بعد التركيب، تفرغ الدائرة الهوائية طوال الليل، فتعود الشكوى صباح اليوم التالي في صورة «المركبة لا تتحرك».
- **عدم فحص مستوى الزيت:** فقدان قدر من الزيت أثناء الفك أمر طبيعي؛ ويجب إكمال المستوى وفق الطريقة التي تحددها الشركة المصنعة.
- **تجاهل ضبط القابض:** مع قابض لا يفصل بالكامل لن يبدل أي برج السرعات بشكل سليم؛ واستبدال البرج لا يخفي هذا العطل، بل يؤجله.
- **إغفال الكراسي المطاطية للمحرك وناقل الحركة:** الكرسي المطاطي المنهار يخل بهندسة التحكم في الأنظمة ذات الكابلات، ويقصر عمر البرج الجديد.
- **تركيب صمام من نوع مختلف:** صمام مجموعة المدى المشابه في الشكل لكنه مختلف في الشوط أو عدد الدوائر يعرض العلبة لخطر تعشيق سرعتين في آن واحد.

القيم الفنية ونقاط الفحص

القيم التالية نطاقات مرجعية نموذجية شائعة في تطبيقات المركبات التجارية الثقيلة، وتختلف بحسب العلامة التجارية والطراز ونوع ناقل الحركة. والمرجع في التطبيق العملي دائمًا هو أحدث دليل خدمة صادر عن الشركة المصنعة للمركبة وناقل الحركة.

المعامل	النطاق المرجعي النموذجي	ملاحظة
ضغط تشغيل النظام (الدائرة المساعدة)	7.5 – 9.5 bar (نحو 110 – 138 psi)	يختلف ضغط القطع بحسب الشركة المصنعة
الحد الأدنى لضغط تشغيل صمام البرج	نحو 5.0 – 6.0 bar (73 – 87 psi)	دونه يصبح تبديل مجموعة المدى غير موثوق

المعامل	النطاق المرجعي النموذجي	ملاحظة
هبوط الضغط المقبول (10 دقائق، في وضع السكون)	في حدود 0.1 – 0.3 bar	الهبوط الأكبر من ذلك مؤشر على وجود تسرب
درجة حرارة تشغيل زيت ناقل الحركة	نحو 70 – 110 °C	تقترب من الحد الأعلى عند الجر الثقيل
تحمل درجة الحرارة المحيطة في منطقة البرج	النطاق من -40 °C إلى +120 °C	يحدد عمر الحشيات المصنوعة من الإلاستومر
الخلوص الحر لذراع تبديل السرعات (في الوضع المحايد)	في حدود بضعة مم؛ ولا يقبل التأرجح الواضح	يقيم مع ضبط الكابل والمفاصل
تفاوت ضبط كابل تبديل السرعات	± 1 – 2 مم عن المقاس المحدد من الشركة المصنعة	القيمة الخارجة عن الضبط تؤدي إلى انزياح نمط السرعات
القطر الداخلي لخط الهواء (خط تحكم نموذجي)	4 – 8 مم	الخط المتضيق يسبب تأخر التبديل

نقطة الربط	نطاق عزم الربط النموذجي	ملاحظة التطبيق
مسامير جسم البرج – غطاء ناقل الحركة (M8)	نحو 20 – 30 Nm	بترتيب متقاطع وعلى مرحلتين
مسامير جسم البرج (M10)	نحو 40 – 55 Nm	تجنب بلوغ الحد الأعلى في الجسم الألومنيومي
مسامير تثبيت صمام مجموعة المدى/التقسيم	نحو 8 – 15 Nm	الربط المفرط يشوه جسم الصمام
الوصلات الهوائية الملولبة	نحو 10 – 20 Nm	مادة منع التسرب التي تحددها الشركة المصنعة بدلًا من شريط إحكام اللولب
مشبك كابل تبديل السرعات وصامولة الضبط	نحو 15 – 25 Nm	بعد الضبط اربط صامولة القفل

نصيحة تطبيقية: اربط مسامير البرج على مرحلتين، أولًا إلى نحو نصف عزم الربط المستهدف، ثم إلى القيمة الكاملة. ففي الأبراج ذات الجسم الألومنيومي يؤدي الوصول إلى عزم الربط الكامل دفعة واحدة إلى عدم استقرار سطح الحشية بشكل متساوٍ، وإلى تسرب دقيق عند أول دورة حرارية. ونفذ عملية الربط وناقل الحركة بارد.

- بعد التركيب جرب جميع السرعات واحدة تلو الأخرى والمحرك متوقف، ثم على سرعة الخمول.
- أجر اختبار التسرب بالماء والصابون والنظام ممتلئ بالهواء والمحرك متوقف، في كل من الوضع المحايد ووضعي المدى المنخفض والمدى المرتفع.
- سجل مقدار هبوط ضغط الهواء في المركبة بعد توقفها ليلة كاملة.
- تحقق من أن فتحة التنفيس الخاصة بالبرج مفتوحة ونظيفة.
- بعد اختبار القيادة امسح محيط البرج وافحصه مجددًا بحثًا عن تسرب الزيت.
- أكد ضبط كابل تبديل السرعات مرة أخرى بعد اختبار القيادة؛ فقد يستقر الكابل في موضعه عند أول تحميل.
- أثبت تاريخ استبدال خرطوشة مجفف الهواء في سجل الخدمة.

الصيانة والعمر التشغيلي

برج ذراع ناقل الحركة وحدة طويلة العمر إذا ركب بشكل صحيح وغذي بهواء نظيف؛ وأهم ثلاثة عوامل تقصر عمره هي الهواء الملوث الرطب، وكابل تبديل السرعات غير المضبوط، والإجهاد المستمر الناتج عن الكراسي المطاطية المنهارة. ويجب

التعامل مع البرج لا بوصفه قطعة استهلاكية، بل بوصفه مؤشرًا يعكس سلامة النظام: فإذا تكرر عطل البرج في المركبة نفسها، فالمشكلة ليست في البرج، بل في النظام الذي يغذيه.

- **عند كل صيانة دورية:** افحص محيط البرج بالنظر، وابحث عن رشح الزيت وتشققات الخراطيم والوصلات المرتخية.
- **خرطوشة مجفف الهواء:** استبدلها في الفترة التي تحددها الشركة المصنعة. فصيانة مجفف الهواء تحدد عمر صمام البرج بشكل مباشر.
- **تصريف خزانات الهواء:** في الأنظمة ذات التصريف اليدوي، فرغ خزانات الهواء بانتظام؛ فلون الماء الخارج وكميته يعطيان فكرة عن حالة مجفف الهواء.
- **كابل تبديل السرعات والمفاصل:** افحص الخلوص مرة واحدة على الأقل سنويًا؛ وضع الشحم في النقاط التي تسمح بها الشركة المصنعة.
- **الكراسي المطاطية للمحرك وناقل الحركة:** افحصها بحثًا عن الانهيار والتشققات؛ فالكرسي المطاطي التالف يرهق البرج الجديد أيضًا في وقت قصير.
- **زيت ناقل الحركة:** التزم بالمستوى وبفترة الاستبدال؛ فالمستوى المنخفض يسرع تآكل الشوكات ومجموعة التزامن، وينعكس ذلك على البرج.
- **عادات القيادة:** البحث عن السرعة بتحريك الذراع بالقوة هو السلوك الذي يسبب أسرع تآكل في إصبع البرج ودبابيس القفل؛ فلا تغفل هذا البند في تدريبات الأساطيل.
- **التدخل السريع بعد التسرب:** قد يتحول رشح بسيط للزيت خلال بضعة آلاف من الكيلومترات إلى انخفاض في المستوى وعطل أكثر تكلفة.

عمليًا، في المركبات التي يعتنى فيها بمعالجة الهواء بانتظام ويفحص ضبط كابلاتها، قد يعمل البرج دون مشكلات حتى موعد الإصلاح الشامل الرئيسي للمركبة. وفي المقابل، تظهر الشكاوى من الوحدة نفسها في وقت أبكر بكثير في رأس قاطرة أهمل فيه مجفف الهواء. لذلك فإن التخطيط لاستبدال البرج لا بوصفه إصلاحًا منفردًا، بل بوصفه حزمة عمل صغيرة تشمل معالجة الهواء وضبط التحكم وفحص الكراسي المطاطية، يخفض نسبة إعادة العمل بشكل ملحوظ.

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