JUPITER PRIME

Consulting • Training • Advisory

جوبيتر برايم للاستشارات والتدريب

كتيّب الدورة

# دورة متقدمة في ديناميكا الآلات واهتزازات الدوارات

14 – 25 نوفمبر 2027

القاهرة

info@jupiterprime.uk

**jupiterprime.uk**

مسجّلة في المملكة المتحدة والمملكة العربية السعودية

# دورة متقدمة في ديناميكا الآلات واهتزازات الدوارات

**المرجع:** 6506_213 **التاريخ:** 14 – 25 نوفمبر 2027 **المكان:** القاهرة **الرسوم:** GBP 6500

ديناميكا الآلات واهتزازات الدوارات محور هذه الدورة المتقدمة التي تمتد أسبوعين لمهندسي المعدات الدوارة ومحللي الاهتزاز وأخصائيي موثوقية الآلات، وتنتهي بتشخيص ديناميكي للآلة يربط أدلة الاهتزاز بخطة تصحيح. فقطارات الضواغط والمضخات والتوربينات تعمل فترات أطول بين العمرات، والقراءة الخاطئة للطيف تكلف توقفات مفاجئة ومحامل تالفة. تقدم جوبيتر برايم للتدريب هذه الدورة لفرق المعدات الدوارة في مصانع النفط والغاز والبتروكيماويات.

## لماذا تهم ديناميكا الآلات واهتزازات الدوارات الآن

ثلاثة ضغوط تشكل عمل سلوك الدوارات اليوم. فمصانع المعالجة تدفع الضواغط والمضخات والتوربينات البخارية إلى سرعات أعلى وفترات تشغيل أطول، فتقترب الدوارات أكثر من السرعات الحرجة وحدود الاستقرار. وأنظمة مراقبة الحالة المتصلة تبث بيانات مجسات الإزاحة ومقاييس التسارع باستمرار، بينما تفتقر مواقع كثيرة إلى محللين يحولون المدارات والطور إلى سبب جذري. ويطلب قادة التشغيل والصيانة حجة واضحة قبل إيقاف أي قطار. والموقع الذي يقرأ ديناميكا الدوارات جيدا يصحح الأعطال في نوافذ مخططة، أما الذي يخطئ قراءتها فيستبدل القطع مرارا. وتستند الدورة إلى معايير اهتزاز الآلات الدولية المعترف بها وممارسات ديناميكا الدوارات، موصوفة بعبارات عامة.

## المستفيدون من ديناميكا الآلات واهتزازات الدوارات

- مهندسون يحددون مواصفات قطارات الدوران الحرجة ويقبلونها ويعدلونها
- محللون يجمعون أطياف الاهتزاز والمدارات وبيانات الطور ويفسرونها
- أخصائيون يضعون حدود الإنذار وفلسفة حماية الآلات
- مهندسون يخططون للموازنة والمحاذاة واستبدال المحامل خلال العمرات
- قادة موثوقية يرتبون أعطال الآلات المتكررة لإزالتها

تستفيد مجموعة المعدات الدوارة أكثر حين يحضر مهندس الآلات وكبير المحللين ومخطط العمرات معا فيتشاركون لغة تشخيص واحدة.

## قدرات ديناميكا الآلات واهتزازات الدوارات

يغادر المشاركون قادرين على ربط بصمة الاهتزاز بسلوك الدوار والمحمل والركيزة الذي يولدها.

- حساب السرعات الحرجة وهوامش الفصل من نماذج الدوار — قبول القطارات الجديدة أو المعاد تصنيفها
- تقييم عدم الاتزان وعدم المحاذاة والارتخاء من الأطياف والطور والمدارات — إجراءات الصيانة في النافذة القادمة
- موازنة أثر المحامل الانزلاقية والموانع على الاستقرار — تعديلات التصميم مع الصانع الأصلي
- تطبيق الاختبار النمطي وأشكال الانحراف التشغيلي — معالجة رنين القواعد والأنابيب
- اختبار مخاطر الاهتزاز الالتوائي في قطارات المحركات والتروس — اختيار القارنات وإجراءات بدء التشغيل
- عرض التشخيص مع أدلته ودرجة الثقة فيه — مديرو التشغيل عند قرار الاستمرار أو الإيقاف

## مصطلحات ديناميكا الآلات واهتزازات الدوارات الأساسية

- السرعة الحرجة — سرعة عمود تتوافق عندها إثارة الدوار مع تردد طبيعي فيتضخم الاهتزاز بحدة.
- هامش الفصل — المسافة بين سرعة التشغيل وأقرب سرعة حرجة، ويستخدم للحكم على قبول التشغيل.
- المدار — المسار الذي يرسمه مركز العمود داخل خلوص المحمل، مأخوذا من مجسي إزاحة متعامدين.
- عدم الاتزان — توزيع غير متساو للكتلة حول محور الدوران ينتج قوة مرة واحدة في كل دورة.
- التناقص اللوغاريتمي — مقياس للتخميد يبين سرعة اضمحلال نمط الدوار ومدى استقراره.
- التردد الطبيعي الالتوائي — التردد الذي يلتوي عنده قطار الأعمدة بحرية، وتثيره المحركات أو التروس أو الأحمال الترددية.

## ديناميكا الآلات واهتزازات الدوارات يوما بيوم

## اليوم 1: الآلات الدوارة في موثوقية المصنع

- ترتيب حرجية قطارات الضواغط والمضخات — أين يعود جهد التشخيص بأكبر فائدة
- أنماط فشل الدوارات والمحامل والموانع — ربط الأعراض بالأسباب
- فلسفة حماية الآلات — حدود الإنذار والفصل لكل قطار
- بنى مراقبة الحالة — الأنظمة المتصلة مقابل المسارات الدورية
- مناطق شدة الاهتزاز في المعايير الدولية — قبول الآلات أثناء التشغيل

## اليوم 2: أساسيات ديناميكا الدوارات

- نماذج درجة الحرية الواحدة — الرنين والتخميد وتأخر الطور
- سلوك دوار جيفكوت — الاستجابة حول السرعة الحرجة الأولى
- التأثيرات الجيروسكوبية والدوارات المعلقة — الدوامة الأمامية والخلفية
- أشكال أنماط الدوارات المرنة — مواقع المجسات ومستويات الموازنة
- مخططات كامبل — فصل سرعات التشغيل عن الترددات الطبيعية

## اليوم 3: السرعات الحرجة والاستقرار

- خرائط السرعة الحرجة غير المخمدة — أثر صلابة المحامل في الأنماط
- تحليل استجابة عدم الاتزان المخمدة — عامل التضخيم وفحص الهوامش
- استقرار الدوار والتناقص اللوغاريتمي — خطر الدوامة تحت المتزامنة
- الاقتران المتقاطع الهوائي في الضواغط — حدود الاستقرار عند الضغط العالي
- دراسات إعادة التصنيف وزيادة السرعة — اعتماد تغييرات القطارات القائمة

## اليوم 4: المحامل والموانع والركائز

- معاملات المحامل الانزلاقية ذات الغشاء الزيتي — اختيار الصلابة والتخميد
- محامل الوسائد المائلة مقابل الهندسة الثابتة — موازنات الاستقرار
- آليات دوامة الزيت وسوط الزيت — تمييز عدم الاستقرار الذاتي
- تأثير موانع المتاهة والتخميد والغاز — تغير استجابة الدوار
- صلابة القواعد والأساسات — رنين الركائز قرب سرعة التشغيل

## اليوم 5: القياس ومعالجة الإشارات

- مجسات الإزاحة وحساسات السرعة ومقاييس التسارع — اختيار المحول المناسب
- دقة FFT والنوافذ والمتوسطات — أطياف موثوقة للتشخيص
- قياس الطور وإشارات المرجع مرة كل دورة — أساس كل متجه
- مخططات المدار وموضع مركز العمود والموجة — قراءة حركة الدوار
- مخططات Bode والمخططات القطبية عند التسارع والتباطؤ — تحديد مواضع الرنين

## اليوم 6: عدم الاتزان وعدم المحاذاة والارتخاء

- بصمات المرة الواحدة في الدورة — فصل عدم الاتزان عن العمود المنحني
- الموازنة بمعاملات التأثير في مستوى ومستويين — قرارات أوزان التصحيح
- أطياف عدم المحاذاة الزاوية والمتوازية — أثر القارنات والتمدد الحراري
- المحاذاة بالليزر وفحص المحاذاة الساخنة — أهداف ظروف التشغيل
- الارتخاء الميكانيكي والقدم اللينة — أنماط التوافقيات وتصحيحها

## اليوم 7: الاهتزاز الجانبي والالتوائي

- الاستجابة الجانبية للقطارات متعددة المحامل — سلوك الأنماط المقترنة
- حساب التردد الطبيعي الالتوائي — المحرك وصندوق التروس والآلة المدارة
- إثارة محركات التردد المتغير — الخطر الالتوائي عند بدء التشغيل
- تحليل تعشيق التروس والنطاقات الجانبية — أدلة تآكل الأسنان واللامركزية
- نبضات الضواغط الترددية وعزمها — مخاوف إجهاد الأعمدة

## اليوم 8: التحليل النمطي والاستجابة الإنشائية

- الاختبار النمطي بالمطرقة — الترددات الطبيعية للأغلفة والهياكل
- تحليل شكل الانحراف التشغيلي — تصور التشوه أثناء الدوران
- دوال الاستجابة الترددية — فحص الحركية والترابط
- خيارات التعديل الإنشائي — التقوية والكتلة والتخميد
- رنين الأنابيب والقواعد — معالجات دون تغيير الدوار

## اليوم 9: حالات تشخيص الأعطال والاتجاهات

- ترددات عيوب المحامل الدحرجية — أدلة طيف الغلاف
- بصمات الاحتكاك والتشقق والانحناء الحراري — قرائن البدء والإيقاف
- الأعطال الكهربائية في المحركات — فصل المصادر الكهربائية عن الميكانيكية
- مراجعة الاتجاهات والبيانات العابرة — معدل التغير مقابل حدود الإنذار
- تدريج الثقة في التشخيص — متى تبرر الأدلة الإيقاف

## اليوم 10: ممارسة التشخيص الديناميكي للآلة

- حزمة بيانات قطار مختار — السرعات والمحامل والتاريخ التشغيلي
- تفسير الطيف والمدار والطور — تطبيق بصمات الأعطال
- فحص السرعة الحرجة والاستقرار — تأكيد الهامش ضمن نطاق التشغيل
- مقارنة خيارات التصحيح — الموازنة أو المحاذاة أو المحامل أو الركائز
- التشخيص الديناميكي للآلة — أدلة الاهتزاز وخطة التصحيح

## تطبيق ديناميكا الآلات واهتزازات الدوارات بعد الدورة

- قيادة جمع بيانات التباطؤ لضاغط أو توربين حرج واحد، وبناء مخططات Bode والمخططات القطبية لتأكيد سرعاته الحرجة مقارنة بتقرير التصميم الأصلي.
- إجراء اختبار بالمطرقة على قاعدة مضخة ذات اهتزاز مرتفع متكرر، واقتراح تقوية أو تعديل كتلة بناء على استجابتها الترددية.

## أسئلة حول ديناميكا الآلات واهتزازات الدوارات

### ما ديناميكا الآلات واهتزازات الدوارات ولماذا تهم الآن؟

ديناميكا الآلات واهتزازات الدوارات هي دراسة استجابة الأعمدة والمحامل والموانع والركائز لقوى التشغيل. وتهم الآن لأن المصانع تشغل الآلات أسرع ولفترات أطول، بينما تنتج المراقبة المستمرة بيانات تفوق قدرة فرق كثيرة على تفسيرها.

### من يستفيد أكثر من دورة ديناميكا الآلات واهتزازات الدوارات المتقدمة؟

يستفيد مهندسو المعدات الدوارة ومحللو الاهتزاز وأخصائيو موثوقية الآلات أكثر من غيرهم. فهم من يقرر استمرار القطار في العمل وطريقة موازنته أو محاذاته وأي تغيير في المحامل أو الموانع أو الركائز يزيل عطلا متكررا.

### كيف تختلف دورة ديناميكا الآلات واهتزازات الدوارات المتقدمة عن دورة أساسية في تحليل الاهتزاز؟

تتجاوز قراءة الطيف إلى نماذج الدوار. فيحسب المشاركون السرعات الحرجة ويحكمون على الاستقرار والتخميد ويختبرون الخطر الالتوائي ويستخدمون الطرق النمطية، فيشرح التشخيص سبب اهتزاز الآلة لا مجرد وجوده.

### ماذا تعود به من دورة ديناميكا الآلات واهتزازات الدوارات؟

تعود بتشخيص لقطار تعرفه. ويضم بيانات الآلة والأطياف والمدارات والطور مفسرة، وفحصا للسرعة الحرجة والاستقرار، ومجموعة خيارات تصحيح مرتبة.

### ديناميكا الآلات واهتزازات الدوارات: الطريق إلى الأمام

يحدد التشخيص الديناميكي للآلة أولا ما إذا كان القطار يستطيع العمل حتى نافذته المخططة التالية أو يحتاج إلى موازنة أو محاذاة أو عمل في المحامل في وقت أقرب. ويستخدمه مهندسو الآلات والمحللون وقادة التشغيل للاتفاق على هذا القرار. وبعد أول تصحيح تستحق هوامش الفصل وحدود الإنذار التي اعتمد عليها مراجعة جديدة، لأن بيانات التباطؤ بعد الإصلاح ستبين صحة نموذج الدوار.