JUPITER PRIME

Consulting • Training • Advisory

جوبيتر برايم للاستشارات والتدريب

كتيّب الدورة

دورة متقدمة في جدولة تشغيل الوحدات والتوزيع الاقتصادي للأحمال

13 – 24 سبتمبر 2027

لندن

info@jupiterprime.uk

jupiterprime.uk

مسجّلة في المملكة المتحدة والمملكة العربية السعودية

دورة متقدمة في جدولة تشغيل الوحدات والتوزيع الاقتصادي للأحمال

المرجع: 98559_2591 **التاريخ:** 13 – 24 سبتمبر 2027 **المكان:** لندن **الرسوم:** GBP 9500

جدولة تشغيل الوحدات والتوزيع الاقتصادي للأحمال دورة تدريبية متقدمة مدتها أسبوعين لمهندسي جدولة التوليد وتشغيل المنظومة الكهربائية، يبني فيها المشاركون حالة جدولة اليوم التالي التي تحدد قرارات الإقلاع والاحتياطي وحدود سرعة تغيير الحمل. فتذبذب إنتاج الرياح والشمس وضيق ميزانيات الوقود وتقادم الوحدات الحرارية يفرض على المشغلين إعادة الجدولة أكثر وبهامش أضيق. وتقدم جوبيتر برايم للتدريب جدولة تشغيل الوحدات والتوزيع الاقتصادي للأحمال بوصفها حرفة تحسين منضبطة.

لماذا تهم جدولة تشغيل الوحدات والتوزيع الاقتصادي للأحمال الآن

تعيد عدة قوى تشكيل طريقة تشغيل وحدات التوليد وتحميلها. فمحطات الرياح والشمس تضيف خطأ تنبؤ يجب أن تمتصه الوحدات الحرارية خلال ساعات، والغلايات والتوربينات المتقادمة تتأثر بالدورات المتكررة فيحمل كل إقلاع إضافي كلفة صيانة. والمشغل الذي يحسن الجدولة يحافظ على احتياطي كاف بكلفة إنتاج أقل ويتجنب الشراء الطارئ، أما من يسيء الجدولة فيدفع ثمن سعة دوارة خاملة أو يواجه عجزا في ذروة المساء. وتستند الدورة إلى البرمجة الخطية الصحيحة المختلطة وطريقة مضاعفات لاغرانج والجدولة العشوائية القائمة على السيناريوهات، مع شرح كل منها من أسسه.

المستفيدون من جدولة تشغيل الوحدات والتوزيع الاقتصادي للأحمال

- المهندسون الذين يعدون جداول التوليد لليوم التالي وخلال اليوم
- المختصون الذين يحدثون منحنيات الكلفة وتكاليف الإقلاع والحدود الفنية لكل وحدة
- المحللون الذين يحددون حجم الاحتياطي الدوار وغير الدوار واحتياطي التنظيم مقابل خطأ التنبؤ
- المخططون الذين يختبرون أثر وحدات التخزين والذروة والمحطات المتجددة الجديدة على نمط التشغيل
- مهندسو أداء المحطات الذين يزودون مكتب الجدولة ببيانات معدل الحرارة وسرعة تغيير الحمل

يستفيد مكتب الجدولة في غرفة التحكم أكثر عندما يحضر المجدولون ومحللو الاحتياطي معا.

قدرات جدولة تشغيل الوحدات والتوزيع الاقتصادي للأحمال

يعيد المشاركون بناء قرارات التشغيل التي تقف خلف أي جدول ويدافعون عنها بالأرقام.

- صياغة نموذج لتشغيل الوحدات بمتغيرات ثنائية للتشغيل والإيقاف وحدود أدنى لزمن التشغيل والتوقف وتكاليف الإقلاع — لرئيس مكتب الجدولة
- حساب التوزيع الاقتصادي باستخدام منحنيات الكلفة الحدية وفقد النقل وحدود الوحدات — لمشغلي التوزيع اللحظي
- تحديد أهداف الاحتياطي الدوار وغير الدوار مقابل خطأ التنبؤ المحتمل — لمهندس أمن المنظومة
- اختبار حدود سرعة تغيير الحمل وأدنى توليد مستقر مقابل تقلبات الحمل الصافي — لمديري تشغيل المحطات
- الموازنة بين الجداول الحتمية والعشوائية في ظل سيناريوهات تنبؤ الرياح والشمس — لرئيس تخطيط التشغيل
- عرض تكاليف الجدول ومخاطره وافتراضاته — لإدارة مركز التحكم

مصطلحات جدولة تشغيل الوحدات والتوزيع الاقتصادي للأحمال الأساسية

- جدولة تشغيل الوحدات — قرار تحديد وحدات التوليد التي تعمل أو تتوقف في كل ساعة من أفق الجدولة.
- التوزيع الاقتصادي — تقسيم الطلب بين الوحدات العاملة بحيث تكون كلفة الوقود الكلية أدنى ما يمكن ضمن حدودها.
- الكلفة الحدية — كلفة الوقود الإضافية لإنتاج ميغاواط ساعة إضافية من وحدة عند حملها الحالي.
- الاحتياطي الدوار — سعة غير محملة على وحدات متصلة بالشبكة يمكنها رفع إنتاجها خلال دقائق بعد أي اضطراب.
- سرعة تغيير الحمل — أعلى معدل بالميغاواط في الدقيقة يمكن للوحدة أن ترفع به إنتاجها أو تخفضه.
- الحمل الصافي — طلب المنظومة مطروحا منه إنتاج الرياح والشمس، وهو ما يجب أن تتبعه الوحدات القابلة للتحكم.

جدولة تشغيل الوحدات والتوزيع الاقتصادي للأحمال يوما بيوم

اليوم 1: القوى التي تعيد تشكيل جدولة التوليد

- منحنيات الحمل الصافي المنخفضة ظهرا — حيث يجب أن تتبع الوحدات الحرارية الطلب
- آفاق الجدولة من الأسبوع المقبل حتى الزمن الحقيقي — موضع كل قرار
- كلفة الدورات المتكررة للوحدات الحرارية — عبء الصيانة خلف كل إقلاع إضافي
- حدود الوقود والانبعاثات — أثر العقود على الجدول الممكن
- أدوار مركز التحكم وعمليات التسليم — من يملك كل قرار جدولة

اليوم 2: بيانات الوحدات ومنحنيات الكلفة

- منحنيات معدل الحرارة والمطابقة التربيعية — دقة مدخلات كلفة وقود الوحدة
- تكاليف الإقلاع الساخن والدافئ والبارد — تسعير إعادة التشغيل بعد فترات توقف مختلفة
- أدنى توليد مستقر وأقصى إنتاج — حدود التشغيل الفعلية للوحدة
- الوحدات واجبة التشغيل ومهام الحرارة المشتركة — تشغيل لأسباب غير الكلفة
- أوراق تدقيق بيانات الوحدات — الثقة بالأرقام المغذية للنموذج

اليوم 3: طرق التوزيع الاقتصادي

- معيار تساوي الكلفة الحدية — ترتيب تحميل الوحدات العاملة
- طريقة تكرار معامل لامدا — حل التوزيع ضمن الحدود العليا والدنيا
- معاملات جزاء فقد النقل — تعديل التوزيع للمحطات البعيدة
- أثر نقاط الصمامات والمناطق المحظورة — حين تضلل المنحنيات الملساء
- التوزيع مع الوحدات المائية ومحدودة الطاقة — تقييم المياه والوقود المخزنين

اليوم 4: الصيغ التقليدية لجدولة تشغيل الوحدات

- جدولة التشغيل بقائمة الأولوية — حلول سريعة وتكاليفها الخفية
- جدولة التشغيل بالبرمجة الديناميكية — فضاءات الحالة لأساطيل الوحدات الصغيرة
- طريقة مضاعفات لاغرانج — تجزئة قرار التشغيل لكل وحدة بأسعار الطلب
- منطق أدنى زمن للتشغيل والتوقف — منع أنماط تشغيل وإيقاف غير ممكنة
- تفسير فجوة الثنائية — مدى بعد الجدول المرخى عن الحل الأمثل

اليوم 5: نماذج البرمجة الخطية الصحيحة المختلطة

- متغيرات الحالة الثنائية والإقلاع والإيقاف — خيارات الصياغة المحكمة للنموذج
- مقاطع الكلفة الخطية المجزأة — تمثيل التكاليف المنحنية في برامج الحل
- فجوة الأمثلية وسماحات برامج الحل — الموازنة بين زمن الحل وكلفة الجدول
- جدولة التشغيل مع قيود سعة الخطوط — أثر الاختناقات على اختيار الوحدات
- التحقق من النموذج على أيام تشغيل سابقة — الثقة قبل الاستخدام التشغيلي

اليوم 6: متطلبات الاحتياطي والخدمات المساندة

- قاعدة احتياطي أكبر طارئ — تحديد الاحتياطي الدوار لخروج الوحدات المفاجئ
- تحديد الاحتياطي الاحتمالي — ربط الاحتياطي بانتشار خطأ التنبؤ
- احتياطي التنظيم والدوار والاستبدال — أزمنة استجابة ومزودون مختلفون
- إمكانية إيصال الاحتياطي عبر المناطق — وصول السعة المحجوزة إلى الحمل
- التحسين المشترك للطاقة والاحتياطي — الكلفة المجمعة للإنتاج والهامش

اليوم 7: قيود سرعة تغيير الحمل والمرونة

- قيود رفع الحمل وخفضه — متابعة التقلبات الحادة صباحا ومساء
- مسارات الإقلاع والإيقاف — منحنيات الإنتاج أثناء الربط بالشبكة
- منتجات المرونة لتغيير الحمل — حجز سعة لحركة الحمل الصافي المتوقعة
- جدولة شحن البطاريات وتفريغها — حدود حالة الشحن في قرار التشغيل
- وحدات الذروة سريعة الإقلاع — متى تتفوق على حجز الاحتياطي

اليوم 8: عدم اليقين في تنبؤ الرياح والشمس

- توزيعات خطأ التنبؤ حسب الأفق — استخدام المئينات بدل القيم المفردة
- توليد السيناريوهات وتقليصها — إبقاء النماذج العشوائية قابلة للحل
- جدولة التشغيل العشوائية ذات المرحلتين — قرارات اليوم التالي مع التصحيح خلال اليوم
- جدولة التشغيل المتينة والفترية — الحماية من أسوأ النتائج المحتملة
- جزاءات تقليص الإنتاج وفصل الأحمال — تسعير الطاقة غير المخدومة في النموذج

اليوم 9: قرارات الجدول والموازنات

- تكاليف الجدول الحتمي مقابل العشوائي — الوفر المتوقع أمام التعقيد
- محفزات إعادة الجدولة خلال اليوم — متى يراجع جدول اليوم التالي
- تشغيلات الحساسية لسعر الوقود والطلب — نقاط الضغط في الجدول
- مؤشرات أداء الجدول — كلفة الإنتاج وعجز الاحتياطي وعدد مرات الإقلاع
- مذكرات القرار لإدارة مركز التحكم — شرح خيارات التشغيل بوضوح

اليوم 10: ممارسة حالة جدولة اليوم التالي

- تجميع مجموعة بيانات الوحدات — تطبيق منحنيات الكلفة والحدود الفنية
- بناء نموذج جدولة التشغيل — تطبيق الصياغة الصحيحة المختلطة وقواعد الاحتياطي
- فحوص سرعة تغيير الحمل والتخزين — تطبيق حدود المرونة على الجدول
- تشغيل سيناريوهات التنبؤ — تطبيق الطرق العشوائية على الرياح والشمس
- حالة جدولة اليوم التالي — الجدول النهائي والتكاليف ومذكرة المخاطر

تطبيق جدولة تشغيل الوحدات والتوزيع الاقتصادي للأحمال بعد الدورة

- إعادة تشغيل يوم تشغيل حديث عبر نموذج برمجة صحيحة مختلطة ومقارنة كلفته بالجدول المنفذ فعلا.
- استبدال هدف ثابت للاحتياطي الدوار بقاعدة احتمالية مبنية على خطأ التنبؤ المرصود.

أسئلة حول جدولة تشغيل الوحدات والتوزيع الاقتصادي للأحمال

ما جدولة تشغيل الوحدات والتوزيع الاقتصادي للأحمال، ولماذا تهم الآن؟

هي عملية تحديد وحدات التوليد التي تعمل في كل ساعة ومقدار إنتاج كل منها بأدنى كلفة. وتهم الآن لأن تذبذب الإنتاج المتجدد وتكاليف الدورات وحدود الوقود تجعل الجداول أصعب إعدادا وأغلى خطأ.

من يستفيد أكثر من مهارات جدولة تشغيل الوحدات والتوزيع الاقتصادي للأحمال؟

يستفيد مجدولو التوليد ومهندسو تشغيل المنظومة أكثر من غيرهم. كما يستفيد محللو الاحتياطي ومهندسو أداء المحطات لأن مدخلاتهم تحدد كلفة قرارات التشغيل.

بم تختلف دورة جدولة تشغيل الوحدات والتوزيع الاقتصادي للأحمال عن دورة حماية أنظمة القوى الكهربائية؟

تركز على اقتصاديات تشغيل المولدات وتوقيتها لا على المرحلات وفصل الأعطال. فهي تحدد المحطات العاملة ومستوى إنتاجها والاحتياطي المصاحب لها.

ماذا تعود به من تدريب جدولة تشغيل الوحدات والتوزيع الاقتصادي للأحمال؟

تعود بجدول عملي لليوم التالي مبني على بيانات وحداتك، مع فحوص الاحتياطي وسرعة تغيير الحمل وسيناريوهات التنبؤ ومذكرة قرار. ويمكن إعادة تشغيله على أيام تشغيل فعلية.

جدولة تشغيل الوحدات والتوزيع الاقتصادي للأحمال: الطريق إلى الأمام

تمنح حالة جدولة اليوم التالي مكتب الجدولة نموذجا مختبرا لأسطول وحداته. وأول استخدام لها هو الحكم على ما إذا كانت أهداف الاحتياطي الحالية أعلى أو أدنى مما يتطلبه خطأ التنبؤ اليوم. ويتشارك فيها المجدولون ومحللو الاحتياطي ومديرو التشغيل. وبعد الموسم الأول تستحق افتراضات كلفة الدورات المراجعة، لأن التآكل المقاس كثيرا ما يغير الوحدات التي تستحق البقاء في الخدمة ليلا.