Use of Critical path method in maintenance planning of an electric power station

Laith Noman Dawood
Minstry of Electricity/Baghdad
Email:LaithNoman@yahoo.com
Dr. sawsan S.AL-zubaidy
Production Engineering and Metallurgy Department, University of Technology/ Baghdad
Dr. Mahmoud Abbas Mahmoud
Production Engineering and Metallurgy Department, University of Technology/ Baghdad

Received on: 11/7/2011 & Accepted on: 2/2/2012

ABSTRACT

In this work studying of the strategy of preventive maintenance in the station was conducted and spatial planning combustion chambers inspection (CI) by using the critical path method which an important tools for the planning of maintenance work was developed.

In order to have accurate results for calculating early, latest, delay, and slack times, and determining the critical path time (WINQSB) Software which contain (CPM-BERT) programs has been used.

.The most important results of this study is in reducing the time of preventive maintenance for combustion chambers inspection by two days. Furthermore, two other days can be saved if the time for some of critical activities was crashed.

Keywords: Net work, (C.P.M), PERT, Maintenance

استخدام طريقة المسار الحرج لتخطيط اعمال الصيانة في محطة لانتاج الطاقة الكهربائية

الخلاصة

في هذا البحث تم استخدام المخططات الشبكية كاداة لتخطيط اعمال الصيانة في المحطة الغازيه لانتاج الطاقة الكهربائية جنوب بغداد بهدف العمل على تطويره، وباعتماد اسلوب المسار الحرج كاحد الاساليب العلمية لتخطيط اعمال الصيانة، وقد اختيرت تلك المحطة كونها تمتاز بحداثتها، وبهدف الحفاظ على استمرارانتاج الطاقة الكهربائية لتامين حاجات المواطنين بأقل التكاليف.

تم دراسة اسلوب الصيانة الوقائية في المحطة بشكل عام وفعاليات فحص غرف الاحتراق Combustion Chamber Inspection (CI) للتوربين الغازي بشكل خاص، واستخدم أسلوب المسار الحرج للتخطيط لاجراء تلك الفعاليات.

ولغرض الوصول الى نتائج دقيقة في حسابات الاوقات المبكرة والمتاخرة والفائض للفعاليات الميكانيكية وتحديد المسار الحرج ووقته تم استخدام برامجية WINQSB التي تحتوي على حزمة برامج جاهزة منها (CPM-PERT) . تم التوصل الى امكانية تقليل الوقت اللازم لأعمال الصيانة الخاصة

https://doi.org/10.30684/etj.30.8.14
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

بفحص غرف الاحتراق للاجزاء الميكانيكية لوحدة التوربين الغازي في المحطة بمقدار يومين من الوقت الحالي، واربعة ايام في حال تعجيل بعض فعاليات المسار الحرج.

المفاتيح: المخططات الشبكية، طريقة المسار الحرج، اسلوب مراجعة وتقييم المشاريع، الصيانة

المقدمة

من الطبيعي إن تتطور طرق واساليب وتقنيات نتيجة للتقدم التكنولوجي، وتحول العمليات الصناعية من يدوية الى ميكانيكية ثم الى مؤتمتة؛ واحد أهم نتائج هذا التحول، هو ظهور الحاجة إلى تطوير المكائن والمعدات ورفع مستوى المكننة والتركيز على معوليتها، بما يساهم في زيادة جودة الإنتاج وتجنب الاستثمار الغير ضروري في المكائن، وضمان أقصى استغلال ممكن من خلال تحسين طريقة استعمالها وصيانتها. يتطلب ذلك وضع خطه للصيانة تهدف إلى تقليل الكلف الكلية الناتجة عن خسائر الإنتاج، بسبب اعتماد أسلوب صيانة غير ملائم للمكائن، وكلف الخزين من المواد الاحتياطية غير الضرورية.

يحتل تخطيط أعمال الصيانة أهمية كبيره ودور فعال في تحديد الأهداف ومسارات العمل والبرامج في اي مؤسسة إنتاجية او خدمية بما يساهم في تحقيق أهدافها[1]. الغرض منه هو التأكيد على إنتاجية عاليه واستغلال العناصر الاساسية وتقليل الفعاليات الغير ضرورية لنشاط الصيانة التي هي جزء مهم من نشاط المنشاة.

ونتيجة لهذه الأهمية فقد أجرت الدول المتقدمة العديد من الدراسات والبحوث لتطوير أساليب التخطيط ومواجهة المشاكل التي تظهر في عملية التنفيذ، وإيجاد الحلول العلمية لها. وكان للاساليب العلمية دور متميز في التخطيط لأعمال الصيانة، فقد أثبت تطبيق هذه الأساليب نجاحاً واضحا، ومن البديهي ان يؤدي التخطيط الكفوء لاعمال الصيانة في محطات التوليد الى تقليل التوقفات وبالتالي زيادة ساعات انتاجها.

فالتخطيط يستند على توقع أحداث المستقبل وآثارها والمشاكل المحتمل حدوثها وإمكانية الاستعداد لها، من خلال وضع معالجات بشكل علمي، وهذا ما يجعل الرؤيا واضحة للاهداف ولسير العمل وتحقيق الاستقرار والاستمرار في الانتاج.

كذلك يساعد التخطيط على التوجيه بشكل منسق لمختلف الأنشطة باتجاه تحقيقها، ويعمل على الاستخدام الاقتصادي الامثل للموارد والإمكانات، ويقلل من الهدر في الطاقات المادية والبشرية بما يضمن كفاءة الأداء، ويتيح السيطرة والرقابة الفعالة على التنفيذ. اذ يعتبر أسلوب المسار الحرج من الأساليب المهمة في التخطيط والسيطرة على المشاريع المعقدة والكبيرة.

مفاهيم وانواع الصيانة

الصيانة هي فعالية ضرورية لاستمرار العملية الإنتاجية والحفاظ على الفترة المثلى لعمل المعدات وأداءها .كما انها تعتبر أداة تنافسيه لرفع كفاءة وأداء المنظومة الإنتاجية.

يعتبر الهدف الرئيسي للصيانة هو الحصول على اقصى طاقه للمعدات وتامين ظروف عمل امينه للعاملين في البيئة الصناعية.[1] اضافة الى مجموعة اهداف اخرى من اهمها تقليل كلف الانتاج بتقليل اوقات التوقف للمكائن والمعدات، تقليل اخطار فشل المعدات والحفاظ على سلامة العاملين عليها، خفض مستوى الخزين وزيادة السعه الانتاجيه [2].

كما ان هنالك العديد من التصنيفات للصيانه في الادبيات والبحوث منها ذلك الذي قدمه Keith Mobley حيث صنفها الى ثلاثة اصناف رئيسية وكما مبين بالشكل (1):

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الصيانة المحسنة : Improvement Maintenance

وتسمى ايضا (الصيانة المعتمدة على المعولية) وهي الفعالية التي تعمل على تقليل او منع اعمال الصيانة بالاعتماد على نظم المعولية وبذلك تزيد من كفاءة الاداء للمعدات وتقليل من كلف الصيانة. كذلك تعرف بانها نظام متكامل حيث الأداء الفيزيائي لبقاء المعدة لتلاقي الوظيفة التصميمية التي أعدت لها مسبقا واستمرار عملها[4]، ومن أهداف الصيانة المعتمدة على المعولية[5]:

1. تحديد تصميم الأجزاء حسب أولويتها وبذلك تسهل من كفاءة عمل الصيانة الوقائية.
2. الحفاظ على السلامة وبذلك تحدد الخلل في اداء المعدات.
3. تجميع المعلومات الضرورية لتحسين تصميم الأجزاء.

الصيانة الوقائية: Preventive Maintenance

وتتمثل هذه الصيانة باتخاذ الاجراءات التي تكفل عدم توقف الالات عن العمل وتتم دوريا على حساب جداول زمنيه موضوعه مقدما [1].

والصيانة الوقائيه تعمل على تقليل او منع احتمال ابتعاد اي جزء عن الشروط المقبوله قبل فتره معينه. ومن اهم عناصرها : الخدمات-المعايرة الاختبار - الانتظام-الضبط- التنصيب.

ومن مميزات الصيانة الوقائية[6]: ضمان استمرار الانتاج بادنى حد من التوقفات وبالجوده المطلوبه وزيادة انتاجية المعدات كما تؤدي الى تقليل الاحتياطي من المعدات والادوات الاحتياطيه وتحديد العماله اللازمه لاعمال الصيانه. وتقسم الصيانة الوقائية الى الاقسام الثلاثة الاتية :

الصيانة المتفاعلة: Reactive Maintenance

لهذه الصيانة اهميه كبيره لاستمرار اداء المعدات بشكل جيد ويتمثل ذلك بفحص العامل لها بحواسه (البصر، السمع) او الاجهزه الخاصه بالصيانه وتحديد بداية ممكنة للاعطال [7].

الصيانة التنبؤية: Proactive Maintenance

تعتمد على التنبؤ بحدوث العطل، من خلال مراقبة اداء المعدات مثل الاهتزازات ،ارتفاع الحرارة ،الضوضاء الصادرة منها والخصائص الاخرى اما بوساطة المشغل اوالقيام بعمليات لفحص النظامي باستعمال اجهزة تحسس وفحص تكون مربوطة على الحاسوب لجمع المعلومات .[6]

الصيانة المجدولة: Scheduling Maintenance

هي جزء من الصيانة الوقائية تتعامل مع الاجراءات التنظيمية بهدف تحديد العمليات المراد انجازها، وتتضمن تحميل الافراد والمعدات بنظام الصيانة مع تقدير الوقت عن طريق وضع ازمنة نمطية على اساس وحدات العمل لكل عملية اوعلى اساس الخبرات والاحصائيات السابقة.وبذلك يمكن تعريفها على انها عملية اقرار لبداية حدوث العمل ونهاية انجازه[8].

الصيانه العلاجية: Corrective Maintenance

هي فعاليه للصيانه الغير مجدوله، او هي عمل الاصلاحات اللازمه للمعدات حينما تتوقف عن العمل لاسباب فنيه كحدوث كسر او تاكل في احد او بعض اجزائها وهي تهدف الى عمل اصلاحات سريعه للاعطال بعد حدوثها[9]. الفرق الاساسي بين الصيانة العلاجيه والوقائيه هي حدوث العطل بشكل مفاجئ قبل فعالية الصيانة العلاجيه، في حين ان الصيانة الوقائية تمنع حدوث المشكله(العطل).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

المخططات الشبكية(اسلوب المسار الحرج) : CRITICAL PATH METHOD

مع ظهور المشاريع الكبيرة والمعقدة بعد الحرب العالمية الثانية ظهرت حاجة ملحة لابتكار أسلوب جديد للمخططات تميز باعطائه صورة كاملة عن فعاليات الصيانة، يحدد علاقات التتابع والأسبقية، يحدد الزمن الذي يتطلبه انجاز مجموعه من العمليات المترابطة والمتشابكة، وبذلك يمكن التوصل لجدولة دقيقة لوقت بداية ونهاية كل نشاط وتحديد اقل (اقصر) الطرق تكلفه لانجاز المشروع.كما يمكن حساب اقل الاوقات لانجاز المشروعات وحساب انجاز المشروعات في الاوقات المطلوبة وحساب الوقت الضائع وما يتصل بذلك من حسابات إحصائية تغير في تقيم ومراجعة كافة النشاطات والعمليات الداخلية في المشروعات[10]. والمقارنة بين المنفذ فعليا والمخطط لتحديد الانحرافات.يتكون المخطط الشبكي من العناصر التالية:

الحدث- النشاط – النشاط الوهمي – الوقت المتوقع لاستمرارية النشاط كما في الشكل (2).

وهناك اسلوبين للمخططات الشبكية هما اسلوب المسار الحرج (CPM) واسلوب مراجعة وتقييم المشاريع (PERT).

حيث يعتبر أسلوب المسار الحرج من الأساليب المهمة في التخطيط والسيطرة على المشاريع المعقدة والكبيرة. ويعتبر من الأساليب ذات الأهمية القصوى في تنفيذ المشاريع بأقصر وقت وبكفاءة عاليه وأدنى كلفه.

ان اطول مسار ضمن الشبكة والمؤدي الى انجاز المشروع يطلق عليه المسار الحرج والذي يشير الى اقصر مده زمنيه ممكنه لانجاز المشروع ضمن القيود والشروط المفروضة. اما الاحداث الواقعة على المسار الحرج فيطلق عليها بالاحداث الحرجة او الحساسة. فالاحداث الحرجة لايحتمل انجازها اي تاخير وافتراض حدوثه يؤدي حتما الى تاخير انجاز المشروع بالكامل. ومن مزايا اسلوب المسار الحرج هو امكانية تحديد العنصرين الاساسيين في التخطيط وهما التسلسل المنطقي للفعاليات الداخلة في المشروع وبنفس الوقت برمجة التوقيتات التي ستنفذ بها الفعاليات. كما انه يوضح العلاقات المتداخلة بين الفعاليات وينظم طرق توصيل الخطة للاخرين لغرض تحديد المتطلبات من الموارد.

الحالة التطبيقية- حالة تطبيقية في محطة جنوب بغداد

محطة جنوب بغداد احد محطات الانتاج للطاقة الكهربائية التي تمثل اكبر عناصر منظومة توليد، وبناء على ذلك فان تقليل توقفاتها المخططة وغير المخططة يؤدي الى رفع انتاجية المنظومة بشكل كامل.

وتتضمن المحطة وحدتين غازيتين لانتاج الطاقة الكهربائية مع ملحقاتهما و الشكل (3) يوضح الاجزاء الاساسية للتوربين الغازي لاحد تلك الوحدتين

نظام الصيانة في المحطة:

يشمل نظام الصيانة في محطة جنوب بغداد عاى الاعمال التالية:

اعمال الصيانة الوقائية: Preventive Maintenance

وتتمثل بمراقبة الحالة التشغيلية للمعدات، والقيام بأعمال الفحص والتفتيش الدوري، وتعتمد في إعدادها لبرامج الصيانة على تعليمات الشركة المصنعة ومدى حاجة المحطة لأعمال الصيانة، بالاضافه الى الصيانة الوفائية المتمثلة بالصيانة التنبؤية وذلك بتبديل الاجزاء المنتهية الاستخدام والاجزاء المتوقع فشلها وتعتمد بذلك على الفحص والمعرفة الفنية من قبل كادر الصيانة، ويجب ان لاتتوقف المحطة عن الانتاج في حال دخول احدى الوحدتين الغازيتين لعمليات الصيانة . ومن فعاليات الصيانة الوقائية مايلي:

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

غسل غرف الاحتراق والتوربين:

تغسل غرف الاحتراق والتوربين اسبوعيا او ما يعادل 169 ساعة تشغيل لازالة الترسبات الناتجة عن استخدامهم زيت الغاز الثقيل وما يسببه من مخلفات تؤثر على الريش الخاصة بالتوربين وزياده في تكاليف الصيانة والتوقف عن الانتاج وزيادة في التلوث.

فحص غرف الاحتراق(Combustion Chamber Inspection (CI

وتتم عملية الفحص كل 4000 ساعة تشغيل. والجدول (1) والمعمول به في المحطة يبين وصف للفعاليات الميكانيكية والاوقات الاعتيادية الخاصة لفحص وحدة التوربين الغازي وللفترة الزمنية من (2/18-3/9-2010) اي مايعادل(20) يوم عمل.

فحص وصيانة غرف الاحتراق والتوربين: Hot Path (H.P)

وتتم عملية الصيانة لهذه الفعالية كل 8000 ساعة تشغيل والخاصة بالفعاليات الميكانيكية للتوربين.

اعمال الصيانة العلاجية:

يتم إجرائها لمعالجة عطل فجائي لم يتوقع حدثه من خلال الفحص والتفتيش أو ربما يحدث من جراء الأهمال لأعمال الصيانة أو عدم إتباع التعليمات العلمية في تشغيل المكائن والمعدات.

الصيانة الشاملة:

وتتمثل فعاليات الصيانة الشاملة لمنظومة التوربين الغازي بعد ان تمضي على تشغيلة(5) سنوات اي مايعادل(450000) ساعة عمل ، ولم يعمل بهذا النظام لحد الان كون المحطة حديثة.

نظام الصيانة المقترح

بغية حساب اقل الاوقات لانجاز فعاليات الصيانة والتوصل الى جدولة دقيقة لها فقد استخدم اسلوب المسار الحرج كاحد الطرق العلمية و المثلى للتخطيط في اعمال الصيانة في المحطة وكما يلي:

فحص غرف الاحتراق:

لغرض تطبيق اسلوب المسار الحرج لابد من تحديد الفعاليات الاساسية لصيانة وحدة التوربين الغازي والخاصة بفحص غرف الاحتراق مع تثبيت التسلسل المنطقي لها وشروط الاسبقية. والتي يمكن توضيحها بالجدول (2) الذي يوضح الوقت الاعتيادي لكل فعالية والذي اعتمد على اساس المشاهدة العملية في المحطة.

التمثيل الشبكي:

لغرض تطبيق اسلوب المسار الحرج لابد من تمثيل الفعاليات الميكانيكية الاساسية بشبكة توضح تسلسل تلك الفعاليات، والتي يمكن اعتمادها للتخطيط ومتابعة اعمال الصيانة وكما موضح بالشكل (4)

استخدام برنامج حاسوبي:

لغرض الوصول الى نتائج دقيقة في حسابات الاوقات المبكرة والمتاخرة والفائض للفعاليات الميكانيكية وتحديد المسار الحرج ووقته ونسبة الانجاز تم استخدام برامجية WINQSB التي تحتوي على حزمة من البرامج الجاهزة، احدها برنامج خاص بالمخططات الشبكية(CPM-PERT) والذي تم الاستفادة منه في التخطيط لعمليات الصيانة.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

- **المدخلات**:

بعد فتح نافذة البرنامج وادخال البيانات الخاصة بوحدة التوربين الغازي وللفحص(CI).و كما موضح بالجدول (3) الذي يبين رمز الفعالية الميكانيكية والفعالية السابقة لها والوقت الاعتيادي.

- **المخرجات والنتائج**:

تم الحصول على الجدول (4) الذي يبين الاوقات المبكرة والمتاخرة والفائض للفعاليات الميكانيكية الخاصة بوحدة التوربين الغازي والخاص بالفحص(CI). والحصول على الشكل (5) الذي يبين المسار الحرج ضمن شبكة الاعمال ، والجدول(5) الذي يبين فعاليات المسار الحرج ، وتبين فان الوقت اللازم للانجاز اصبح (18) يوما بدلا من(20) يوما . اي بفارق يومين .

كما تم الحصول على مخطط جانت كما في الشكل (6) الذي يبين الاوقات المبكرة والمتاخرة والمسار الحرج والخاص بالفعاليات الميكانيكية والخاصة بالفحص (CI) للتوربين الغازي. وبما ان قدرة انتاج المحطة هي (80MW) وعند توفير يومين عمل تزداد طاقة انتاج المحطة لمدة(48) ساعة عمل بما يعادل (3840mw.h)

تعجيل فعاليات المسار الحرج

لغرض الوصول الى اقل وقت ممكن لاتمام مهام صيانة التوربين الغازي تم دراسة امكانية تعجيل الفعاليات، باعتماد الاوقات المخمنة من قبل كادر الصيانة و الاستفادة من خبرتهم العملية وكما موضح بالجدول (6) الذي يبين وصف للفعاليات الميكانيكية ورمزها ورمز الفعاليات السابقة مع الوقت الاعتيادي والمعجل. حصلنا على المسارالحرج (O-M-N-Q) وبطول (16) يوم وبنفس الوقت ظهر لنا مسار اخر جديد (A-D-H-L-K-Q) وبطول مسار(17) يوم وكما موضح بالجدول (7) الذي يبين المسار الحرج الاول والثاني.وبعد ذلك قمناتقليص اليوم الواحد بتعجيل النشاط (A) وكما في الشكل (7) الذي يبين شبكة الاعمال بالاوقات المعجلة وللفحص(CI). وتم تخفيض الوقت الى(16) يوم عمل لفعاليات المسار الحرج اي توفير يومين اخرين وزيادة الانتاج بمقدار3840MW.h اخرى وبذلك يصبح مجموع الزيادة في الطاقة المنتجة 7680MW.h.

الاستنتاجات

تبين من خلال البحث والتطبيق العملي لطريقة المسار الحرج لأعمال الصيانة في المحطة امكانية تخفيض الوقت الحالي لأجراء عمليات الصيانة على الجزء الميكانيكي لمنظومة التوربين الغازي والخاص بفحص غرف الاحتراق (Combustion Chamber Inspection) من (20) يوم الى (18) يوم عمل وزيادة ساعات تشغيل التوربين الغازي بمقدار (48) ساعة اي زيادة الانتاج بمقدار (3840 MW.h) . اضافة لذلك يمكن تعجيل المسار الحرج الى (16) يوم عمل أي تقليل يومين اخرين وامكانية توليد طاقة اضافية اخرى في تلك اليومين بما يعادل (3840 MW.h) ليكون المجموع للاربعة ايام (7680 MW.h).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

REFERENCES

[1]B. S. Dhillon, engineering Maintenance, Crc press, newyork washinton, D.C.,2002.
[2]E. T William "New bought- Effective Maintenance Management", new York- mc- Graw-Hill,1967.
[3]Keith Mobley, An Introduction To Predictive Maintenance, Butter Worth Heinemann,2002
[4]Mc Kenna,T. and Oliverson, R., Glssarary of Reliability and Maintenance Terms, Gulf Publishing Co.,Houston,Texas,1997
[5]Micom 750-8,Maintenance of supplies and Equipment, Department of Defence,Washingtone,D.C,March,1972.
[6]Salvendy.G. "Hand Book of Industrial Engineering", John Wiley and sons, 2001.
[7]Keith Mobley, An Introduction To Predictive Maintenance, Butter Worth Heinemann,2008
[8]IAPA (Industrial Accident Prevention Association)," Preventive Maintenance", www.iapa.ca,2007.
[9]Salvendy.G. "Hand Book of Industrial Engineering", John Wiley and sons, 2001.
[10]Internet center for management and Business Administration, Inc, 2007.
[11]Document of GE.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول (1) وصف الفعاليات الميكانيكية والاوقات الاعتيادية والخاصة لفحص غرف الاحتراق لوحدة التوربين الغازي

رقم الفعالية	وصف الفعالية	الوقت الاعتيادي (يوم)
200	فحص غرفة الاحتراق	4
201	وصلات الوقود والهواء وصمامات للارجوع للوقود	5
202	نوزلات الوقود	6
203	مجاري توصيل غازات الاحتراق	6
204	فحص غرف الاحتراق من الداخل	1
205	صيانة وتنظيف فلاتر الهواء	2
206	فحص وصيانة I.G.V	2
207	فحص وصيانة T.K , V.G , B.T	2
208	فحص وصيانة المدخنة	1
209	فحص وصيانة منظومة التزييت	4
210	فحص وصيانة منظومة الهيدروليك	4
211	فحص وصيانة منظومة رفع المولدة	2
212	فحص وصيانة منظومة حقن الماء	2
213	فحص وصيانة منظومة هواء التذرية	2
214	فحص وصيانة مضخات	7

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

	الوقود بانواعها ومقسم الجريان وفلاتر المنظومة	
215	فحص شامل	2
216	فحص وصيانة منظومة حقن الفناديوم	2
217	فحص وصيانة كافة صمامات المنظومات ومنظومات التصريف	8
218	الفحص الشامل	2

جدول (2) تتابع واعتمادية الفعاليات الميكانيكية لوحدة التوربين الغازي مع رمزها ولفحص غرف الاحتراق

رقم الفعالية	وصف الفعالية	رمز الفعالية	رمز الفعالية السابقة	الوقت الاعتيادي
217	فحص وصيانة كافة صمامات المنظومات ومنظومات التصريف	A	-	8
214	فحص وصيانة مضخات الوقود بانواعها ومقسم الجريان وفلاتر المنظومة	B	-	7
205	صيانة وتنظيف فلاتر الهواء	C	-	2
213	فحص وصيانة منظومة هواء التذرية	D	A	2
211	فحص وصيانة منظومة رفع المولدة	E	C	2
216	فحص وصيانة منظومة حقن الفناديوم	F	B	2
210	فحص وصيانة منظومة الهيدروليك	G	C	4
212	فحص وصيانة منظومة حقن الماء	H	D	2
209	فحص وصيانة منظومة التزييت	I	C	4

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

200	فحص غرفة الاحتراق	J	G	4
204	فحص غرف الاحتراق من الداخل	K	J,L,P	1
207	فحص وصيانة T.K , V.G , B.T	L	F,I,H	2
202	فحص نوزلات الوقود	M	O,S	6
201	فحص وصلات الوقود والهواء وصمامات اللارجوع للوقود	N	E,M	4
203	فحص مجاري توصيل غازات الاحتراق	O	-	6
208	فحص وصيانة المدخنة	P	D	1
215	الفحص الشامل لغرف الاحتراق	Q	K,N	2
218	الفحص الشامل لجميع الفعاليات	R	J,L,P	2
206	فحص وصيانة I.G.V	S	C	2

جدول(3) رمز الفعاليات الميكانيكية لوحدة التوربين ولفحص غرف الاحتراق

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Normal Time
1	A		0
2	B		7
3	C		2
4	D	A	2
5	E	C	2
6	F	D	2
7	G	C	4
8	H	D	2
9	I	C	4
10	J	G	4
11	K	J,L,P	1
12	L	F,H,I	2
13	M	G,S	6
14	N	E,M	4
15	O		6
16	P	D	1
17	Q	K,N	2
18	R	J,L,P	2
19	S	C	2

جدول (4) الاوقات المبكرة والمتاخرة والفائض للفعاليات الميكانيكية لوحدة التوربين ولفحص غرف الاحتراق

01-25-2011 10:17:32	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1	A	no	0	0	0	1	1	1
2	B	no	7	0	7	4	11	4
3	C	no	2	0	2	2	4	2
4	D	no	2	0	10	9	11	1
5	E	no	2	2	4	10	12	8
6	F	no	2	7	9	11	13	4
7	G	no	4	2	6	7	11	5
8	H	no	2	10	12	11	13	1
9	I	no	4	7	6	9	13	7
10	J	no	4	6	10	11	15	5
11	K	no	1	14	15	15	16	1
12	L	no	2	12	14	13	15	1
13	M	Yes	6	6	12	6	12	0
14	N	Yes	4	12	16	12	16	0
15	O	Yes	6	0	6	0	6	0
16	P	no	1	10	11	14	15	4
17	Q	Yes	2	16	18	16	18	0
18	R	no	2	14	16	16	18	2
19	S	no	2	2	4	4	6	2
	Project Number of	Completion Critical	Time Path(s)	=	18	DAYs		

جدول (5)المسار الحرج لفعاليات وحدة التوربين الغازي

01-15-2011	Critical path1
1	**O**
2	**M**
3	**N**
4	**Q**
Completion time	**18 Day**

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول(6) تتابع واعتمادية الفعاليات الميكانيكية لوحدة التوربين ولفحص غرف الاحتراق

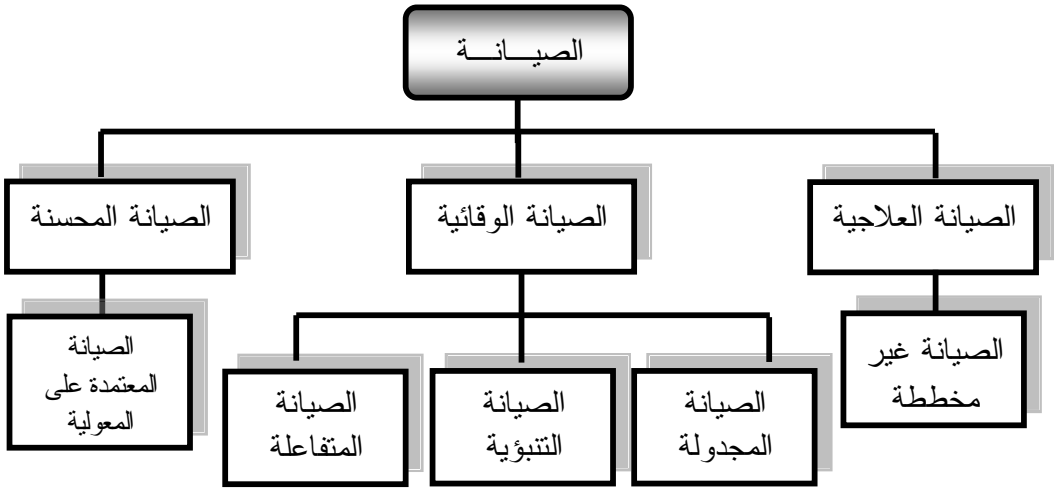
رقم الفعالية	وصف الفعالية	رمز الفعالية	رمز الفعالية السابقة	الوقت الاعتيادي (يوم)	الوقت المعجل (يوم)
217	فحص وصيانة كافة صمامات المنظومات ومنظومات التصريف	A	-	8	7
214	فحص وصيانة مضخات الوقود بانواعها ومقسم الجريان وفلاتر المنظومة	B	-	7	6
205	صيانة وتنظيف فلاتر الهواء	C	-	2	1
213	فحص وصيانة منظومة هواء التذرية	D	A	2	2
211	فحص وصيانة منظومة رفع المولدة	E	C	2	1
216	فحص وصيانة منظومة حقن الفناديوم	F	B	2	2
210	فحص وصيانة منظومة الهيدروليك	G	C	4	1
212	فحص وصيانة منظومة حقن الماء	H	D	2	1
209	فحص وصيانة منظومة التزييت	I	C	4	1
200	فحص غرفة الاحتراق	J	G	4	1
204	فحص غرف الاحتراق من الداخل	K	J,L,P	1	1
207	فحص وصيانة T.K , V.G , B.T	L	F,I,H	2	1
202	فحص نوزلات الوقود	M	O,S	6	5
201	فحص وصلات الوقود والهواء وصمامات اللارجوع للوقود	N	E,M	4	4
203	فحص مجاري توصيل غازات الاحتراق	O	-	6	5
208	فحص وصيانة المدخنة	P	D	1	1
215	الفحص الشامل لغرف الاحتراق	Q	K,N	2	2
218	الفحص الشامل لجميع الفعاليات	R	J,L,P	2	2
206	فحص وصيانة I.G.V	S	C	2	2

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول(7) المسار الحرج المعجل لوحدة التوربين الغازي

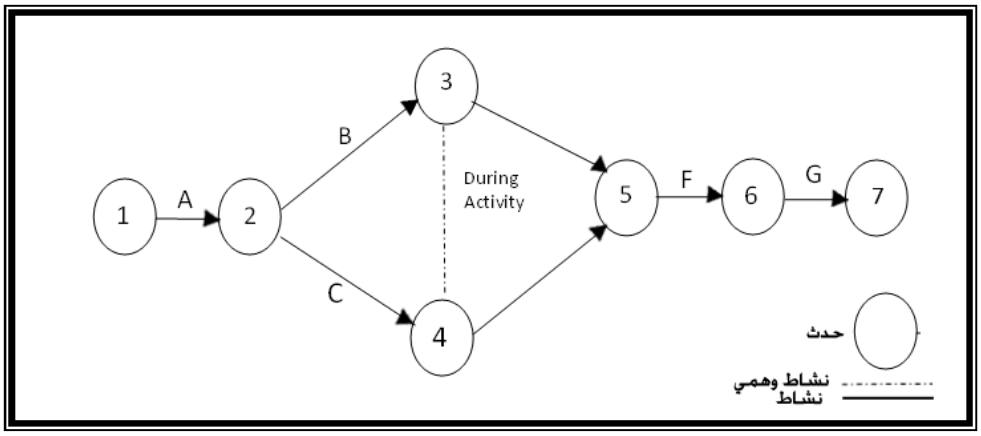
5/5/2011	Critical Path 2
1	O
2	M
3	N
4	Q
Completion Time	16

5/5/2011	Critical Path 1
1	A
2	D
3	H
4	L
5	K
6	Q
Completion Time	17

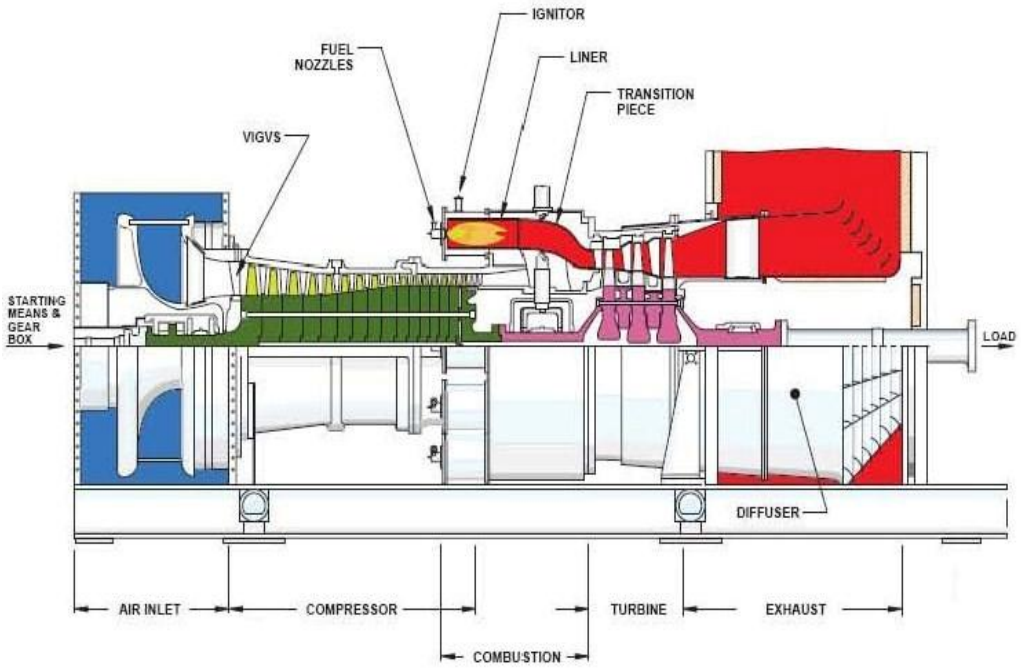


شكل (1) تصنيفات الصيانة[3]

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



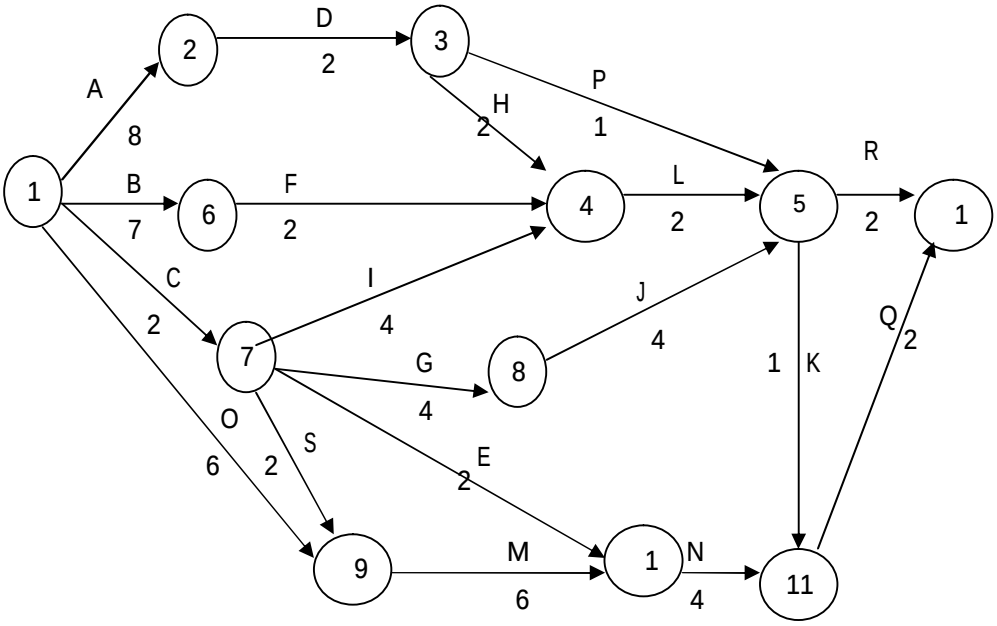
الشكل (2) مخططاً شبكياً [10]



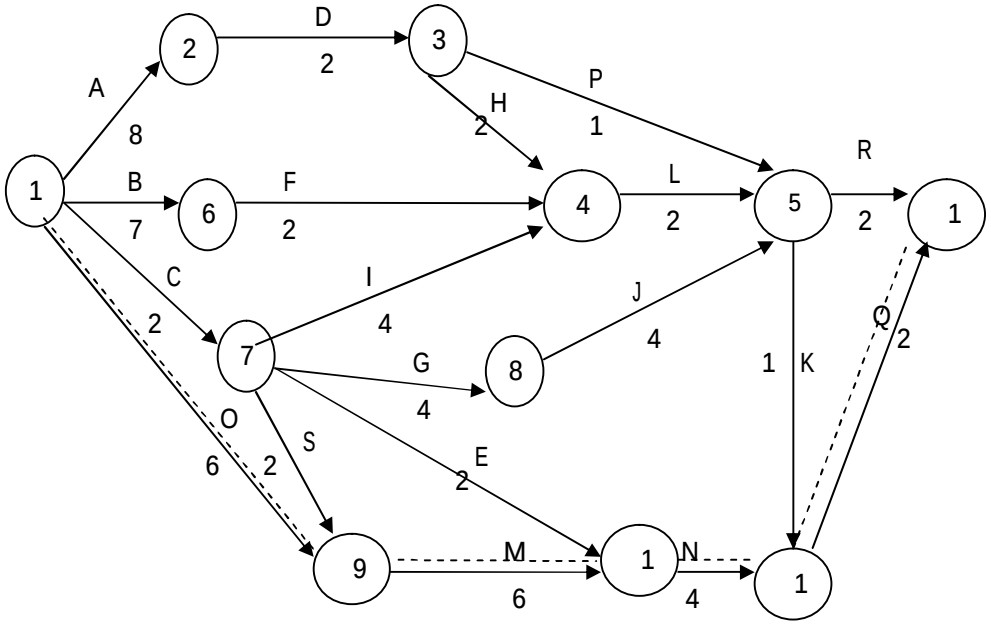
MS9001 EA Gas Turbine Assembly Major Sections

شكل(3) الاجزاء الاساسية للتوربين الغازي[11]

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

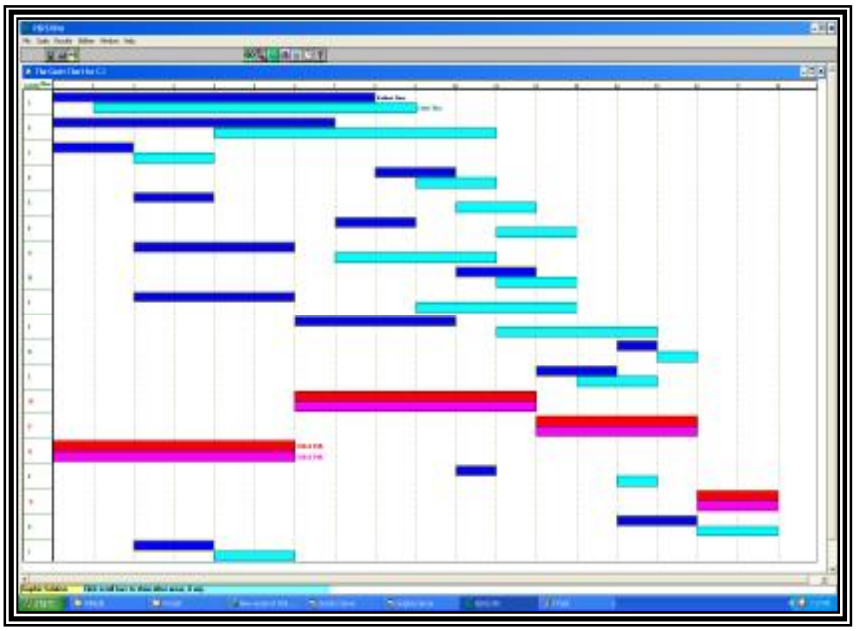


شكل(4) شبكة الاعمال الخاصة بالفعاليات الميكانيكية لصيانة التوربين الغازي بالاوقات الاعتيادية

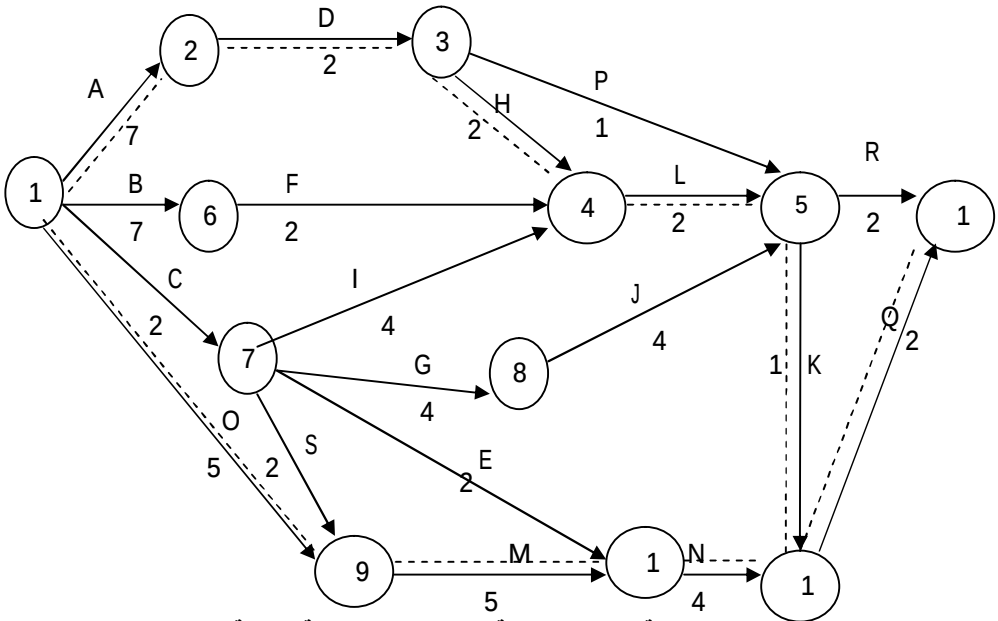


شكل (5) المسار الحرج ضمن شبكة الاعمال الخاصة بالفعاليات الميكانيكية للتوربين الغازي ولفحص غرف الاحتراق

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل (6) مخطط جانت لفعاليات التوربين الغازي



شكل (7) شبكة الاعمال الخاصة بالفعاليات الميكانيكية لصيانة التوربين الغازي بالاوقات المعجلة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com