تحليل أنماط الفشل وتأثيره وحرجيته

(دراسة حالة: مضخة الضغط العالي بمصنع النير لمواد التنظيف – مصراته)

عادل صالح عامر• ومحمد نجيب الطيب طرينه• وعمر إبراهيم عزوزة•

ملخص

تم تحسين مضخة الضغط العالي بمصنع النير لمواد التنظيف – مصراته، وذلك عن طريق تطبيق طريقة تحليل أنماط الفشل وتأثيرها وحرجيتها على الأجزاء الأكثر أهمية في المضخة وهي المحرك الكهربائي، وصندوق التروس، المتحصلان على اهتمام خاص من بين الأجزاء المرفقة بالجدول (1) بناءً على أهميتها ودورها الأساسي في عمل المضخة والمصنع بأكمله. حيث خُفّضت المخاطر لأجزاء المحرك الكهربائي وهي (العضو الثابت بنسبة 79%، العضو المتحرك بنسبة 70%، السلك بنسبة 80%، الأقطاب بنسبة 33%، المحمل بنسبة 0%)، وقد تم تخفيض المخاطر لعمود الدوران الرئيسي بصندوق التروس بنسبة 75%.

وهذا التقييم والتقييمات المستقبلية سوف لن تحرك فقط برنامج الصيانة من رد فعل واحد بل إلى أكثر من تنبؤ وأحد مع العلم بأن معظم العمل سيكون مجدولا ومحددا. إن تخفيض تكاليف الصيانة في هذين الجزأين المشار إليهما، وهما من مكونات أهم آلة بمصنع الصابون، والتي إن توقفت سيتوقف عمل المصنع بأكمله، سوف يقلل توقف مضخة الضغط العالي، وهذا سيكون ملاحظاً من فريق الصيانة وفريق الإنتاج، حيث إن القيمة المضافة للصيانة الجيدة سوف تعود بالربح على كامل الشركة.

الكلمات الدالة: أنماط الفشل، الاحتمالية، أنظمة الموثوقية ، حرجية الفشل، تحليل أنماط الأعطال.

1- مقدمة

Failure Modes & Effects and criticality Analysis (FMECA) هي إحدى طرق تحليل أنماط الأعطال وتأثيرها وحرجيتها حيث تمّ تطويرها من قبل الجيش الأمريكي في سنة 1949 م، وتستعمل هذه المنهجية كتقنية لتقييم الأعطال من أجل تحديد إمكانية الوثوق في تجهيز ما أو نظام معين.

في البداية كان يتم تصنيف الأعطال حسب تأثيرها على العاملين وحسب مدى قدرة التجهيز على أداء مهمته بسلام، إلا أنّ مصنعي المنتجات الاستهلاكية وضعوا معايير جديدة، ومن بينها سلامة الزبائن وإرضائهم.

استعملت منهجية أنماط الأعطال وتأثيرها وحرجيتها (FMECA) لأول مرة في سنوات الستينات في ميدان صناعة الطيران من أجل تحليل سلامة الطائرات ، وقد اقتصر استعمالها ولمدة طويلة على دراسة مدى موثوقية الآلات والمعدات، وفي نهاية الستينات امتد استعمال هذه المنهجية إلى ميدان صناعة السيارات، وهكذا اعتمدها العديد من مصنعي السيارات مثل شركات تويوتا ونيسان وبي إم دبليو وبيجو وفورد وغيرهم، وفي سنة 1988 م تم تضمين منهجية تحليل أنماط الأعطال وتأثيرها وحرجيتها (FMECA) من طرف منظمة الأيزو في نظام QS 9000 الخاص بالسيارات.

وتبقى منهجية تحليل أنماط الأعطال وتأثيرها وحرجيتها (FMECA) رغم كلفتها وتعقيدها إلا أنها من بين الطرق الأكثر شيوعا والأكثر نجاحًا، فهي تستخدم وبشكل متزايد في ميادين الصيانة والسلامة، ولا يقتصر تطبيقها على كل ما هو مادي فقط بل تطبق أيضا على الأنظمة والخدمات والبرمجيات.

أمّا حالياً فإنّ منهجية تحليل أنماط الأعطال وتأثيرها وحرجيتها (FMECA) قد أصبح يوصى باستعمالها على المستوى

• قسم الهندسة الصناعية، كلية التقنية الصناعية، مصراتة، ليبيا ايميل: ad_sa_am@yahoo.com

العالمي في الصناعات المشوبة بمخاطر كالصناعات النووية والفضائية والكيميائية وغيرها من الصناعات، وذلك بغرض القيام بتحليل وقائي للسلامة أثناء الخدمة (القزاز، 1997).

2-مفهوم الموثوقية Reliability Concept:

نتيجة انتهاء عمر المعدة أو قطعة الغيار بعد فترة زمنية حتى لو كانت تعمل تحت ظروف تشغيل طبيعية، كان لزاماً وضع مقياس لقياس احتمالية عدم تعطلها خلال فترة زمنية وذلك لضمان استمرارية عملها في هذه الفترة، وهذا المقياس يسمى الموثوقية (اللامي، 1997).

وتعرف الموثوقية (Reliability Definition) على أنها؛ احتمالية أداء الآلة أو المعدة لوظيفتها الإنتاجية أو الخدمية في ظل ظروف تشغيل مناسبة وخلال فترة زمنية معينة، كما تعرف على أنها قدرة المنتوج على أداء وظيفة مطلوبة منه تحت ظروف محددة ولفترة زمنية معلومة، وهي احتمالية الفشل العشوائي للآلة خلال فترة زمنية معينة وتحت ظروف محددة (القزاز، 1997)، وتتكون الموثوقية من أربعة عناصر (Reliability Elements) أساسية هي (اللامي، 1997):

1. الاحتمالية (probability): وهي مقياس رقمي لقياس الموثوقية، ويقصد به أنه قد يحدث فشل في آلة ولا يحدث في أخرى تحت نفس الظروف وقيمة هذا الاحتمال ما بين (0-1).
2. وقت التشغيل (Operation Time): وهي المدة الزمنية التي تمر على الآلة حتى يحدث لها عطل نتيجة الاستخدام.
3. الأداء (Performance): وهو مقياس الآلة لإمكانية أداء أو عدم أداء المعدل الذي صممت من أجله.
4. ظروف التشغيل (Operation Conditions): من خلال معرفة ظروف التشغيل المحيطة بالآلة والعملية التشغيلية يمكن تحديد مدى ملاءمة الآلة لهذه الظروف وإمكانية تشغيلها بالموثوقية التصميمية.

3-أهمية وأهداف الموثوقية Reliability Objectives:

يمكن توضيح أهمية وأهداف الموثوقية من خلال المخاطر الناجمة عن انخفاض الموثوقية من وجهة نظر المنتج والمستهلك كالآتي:

- من وجهة نظر المنتج From The Standpoint Of The Product:

- المنافسة: انخفاض موثوقية الآلات تؤدي إلى خفض موثوقية المنتجات والذي لا يساعد على الحصول على ميزة تنافسية.
- متطلبات الزبون: تعد سبباً أساسيا في نشوء الموثوقية لكونهم هم الذين يقيمون المنتجات لأن المنتوج الذي لا يوثق به سيقل الطلب عليه.
- الضمانات وتكاليف الخدمات: في حالة انخفاض موثوقية المنتجات تكون الضمانات المقدمة لا تزيدها إلا تكاليف وأعباء مالية أخرى.
- تكاليف المساءلة القانونية: هي مطالبة الزبائن بالتعويض في حالة حصول إضرار لهم نتيجة لانخفاض موثوقية الآلات والمنتجات.

- من وجهة نظر المستهلك From The Consumer's Perspective (اللامي، 1997):

- الأمان: إن الموثوقية المنخفضة للمعدات والآلات قد تؤدي إلى الإضرار بالزبائن أو موتهم مثل: فشل محركات الطائرات في رحلة جوية.
- عدم الملاءمة: هو انخفاض موثوقية الآلات والمعدات ولكن لا تؤدي إلى الموت بل تؤدي الى التأخر عن الوقت المناسب وتسبب الإزعاج وعدم الارتياح مثل: عطل في أجهزة توليد الكهرباء في المعامل الكبيرة.
- التكاليف: انخفاض الموثوقية تكبد الزبائن أموالاً إضافية؛ لذا يفضل الزبائن دفع أموال إضافية مقابل الحصول على منتجات ذات موثوقية عالية.

4-أنظمة الموثوقية Reliability Systems:

يتكون النظام من سلسلة من الأجزاء المتداخلة وكل جزء فيها يقوم بوظائفه، وإن قيمة الموثوقية تتأثر بطرق ربط أجزاء النظام ، وتوجد ثلاثة أنواع للربط هي (Salvedy,2001).

- الربط على التوالي Linkage Straight System:

في هذا النظام تكون المكونات مرتبطة مع بعضها البعض بحيث تعتمد كل مكونة على الأخرى، وتحسب موثوقية هذا النظام من المعادلة الآتية:

$$Rs = R_1 \times R_2 \times \ldots\ldots \times R_n$$

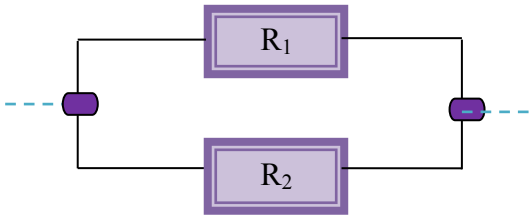
ومن عيوب هذا النظام انخفاض موثوقيته كلما زادت عدد المكونات، ويوضح الشكل رقم (1) نظام الربط على التوالي:

الشكل رقم (1) نظام الربط على التوالي

- نظام الربط على التوازي Parallel Linkage System:

يقصد به ترتيب مكونات النظام على شكل متوازي بحيث أن كل مكون يشغل مستقلا عن الآخر ، وفشل أي عنصر في هذا النظام لا يؤدي إلى فشل النظام كله، وتحسب موثوقية هذا النظام من المعادلة الآتية:

$$Rp = 1-(1-R_1)\times(1-R_2)\times\ldots\ldots\times(1-R_n)$$



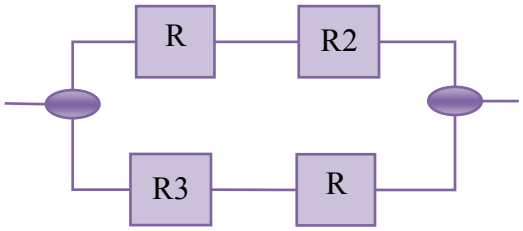
الشكل رقم (2) نظام الربط على التوازي

ومن مميزات نظام الربط على التوازي أنه لا يؤدي إلى فشل النظام في حالة فشل أحد عناصره، وأن موثوقية النظام الكلية (RC) تزداد بازدياد عدد المكونات، مع ارتفاع الإتاحية الكلية للنظام.

- نظام الربط المختلط Linkage System Mixed:

أي مزج بين نظامي الربط على التوالي والربط على التوازي، وفي الشكل التالي نلاحظ أن R_1، R_2 متصلتان على التوالي وكذلك R_3، R_4 متصلتان على التوالي وحيث أن R_1 & R_2 مع R_3 & R_4 متصلات على التوازي، لحساب موثوقية النظام الكلية (RC) يتم حساب الأجزاء المربوطة على التوازي (R_P) ثم الأجزاء المربوطة على التوالي (R_S)، وتحسب الموثوقية الكلية من المعادلة الآتية:

$$RC = R_p \times R_s$$



الشكل رقم (3) نظام الربط على المختلط

5- أساليب تحسين الموثوقية Methods To Improve Reliability:

1. إضافة عناصر للنظام (Add The Elements To The System): نقوم بهذا الإجراء عند الرغبة في تحسين الموثوقية بإضافة مكونات للنظام وهذا يترتب عليه زيادة في تكلفة النظام.
2. زيادة موثوقية العنصر المكون (Increase The Reliability Ingredient): لزيادة موثوقية المكون داخل النظام يجب اتباع الآتي:
   - اختيار مواد ذات جودة عالية.
   - تصميم أجزاء العنصر بطاقة أكبر من المطلوب.
   - استخدام نظام الصيانة الوقائية بشكل دقيق.
3. تحسين ظروف العمل (Improve Working Conditions):
   - تخفيض عبء العمل (بفترات راحة).
   - تشغيل في بيئة عمل وفق التصميم.
   - الكشف المبكر واستبدال الزيوت والتشحيم للآلات الميكانيكية.
4. توفير نظام احتياطي(Provision Back-up System): يقصد به توفير نظام احتياطي يشغل عند توقف النظام الأصلي بالكامل وهذا يكون في حالات خاصة (تتعلق بحياة البشر) (Salvedy,2001).

6- **بعض المصطلحات المستعملة في منهجية FMECA:**

- العمـلاء Customers: أو الزبـائن هـم الأشـخاص أو المنهجيات الذين هم على صلة بعطل المنتج ، قد يكون الزبون هو المرحلة الموالية في سلسلة التصنيع وقد يكون المرحلة السابقة كما يمكن أن يكون المستعمل النهائي للمنتج وينقسم العملاء إلى قسمين: داخلي وخارجي.
- الكشف Detection: هو تقييم لمدى قدرة المراقبة على كشف سبب العطل أو العطل نفسه.
- العطل Failure: نتكلم عن العطل بالنسبة لمنتج أو مكون أو مجموعة حينما لا يعمل هذا الأخير (المنتج أو المكون أو المجموعة)، أو لا يعمل في الوقت المحدد، أو لا يتوقف في الوقت المحدد، أو يعمل في وقت غير مرغوب أو يعمل ولكن دون مستوى الأداء المطلوب.
- أنماط العطل Failure Modes: الطرق التي يتجلى بها العطل (الانحراف عن المواصفات) بالنسبة لمنتج أو مكون أو عملية ما، وهذا النمط يمكن أن يكون على شكل تشوه أو اهتزاز أو تعثر أو ارتخاء أو تآكل أو تسرب أو ضعف في الأداء أو تماس كهربائي أو انتفاخ أو صعوبة في الإقلاع أو التوقف أو تجاوز الحد الأقصى المسموح به وغير ذلك، أحيانا توصف أنماط العطل على أنها فئات من العيوب، ونمط العطل المحتمل يصف طريقة إخفاق منتج أو منهجية في أداء وظيفتهما الأساسية.
- أسباب العطل Failure Causes: هي الحيثيات المتعلقة بالتصميم أو التصنيع أو الاستخدام والتي كانت السبب في العطل.
- تأثير العطل Failure Effects: هي الآثار المترتبة عن العطل وهي أيضا الأعراض التي يمكن بواسطتها الكشف عن العيب (الخلل في أداء الوظيفة المطلوبة) وكذلك النتائج المترتبة عن ذلك.
- التردد Occurrence: هو تقييم لظهور عطل معين، سواء كان ذلك عند مرحلة تصميم أو تصنيع أو عند استعمال المنتج.
- الشدة Severity: هي تقييم لأهمية تأثير العطل المحتمل على الزبون.
- رقم أولوية الخطر Risk Priority Number (RPN): رقم أولوية الخطر هو حاصل ضرب الشدة (S) والتردد (O) والكشف (D).

$$RPN = S \times O \times D$$

ويستخدم هذا الرقم بالدرجة الأولى في الأشياء التي تتطلب مستوى عال من الجودة [3].

7-المبادئ العامة لمنهجية تحليل أنماط الأعطال وتأثيرها وحرجيتها:

منهجية تحليل أنماط الأعطال وتأثيرها وحرجيتها (FMECA) هي بالدرجة الأولى وسيلة أو طريقة لتحليل النظم تعتمد على المنطق الاستقرائي (السبب – النتيجة) من أجل دراسة منظمة لأسباب ونتائج العطل وحرجيته.

منهجية (FMECA) هي واحدة من تقنيات التحليل التنبئي، تطبق بشكل خاص على المنتجات والعمليات (process) وتمكن من تقدير مخاطر حدوث الأعطال والنتائج المترتبة عليها، ويتميز كل عطل بثلاث خصائص:

- الشدة (Severity: S) بالنسبة للمستهلك.
- التردد (Occurrence: O) ويعني قلة أو كثرة ظهور العطل.
- الكشف (Detection: D) وهو مدى صعوبة اكتشاف العطل.

وحاصل ضرب هذه الخصائص الثلاث هو ما يصطلح عليه برقم أولوية الخطر أو مستوى أولوية الخطر (RPN):

$$RPN = S \times O \times D$$

$$\text{التخفيض في نسبة RPN} = 100 \times \frac{RPN2 - RPN1}{RPN1}$$

حيث أن:

RPN_1 تمثل رقم أولوية الخطر قبل الإجراء.

RPN_2 تمثل رقم أولوية الخطر بعد الإجراء.

رقم أولوية الخطر أو مستوى أولوية الخطر (RPN) يمكننا من ترتيب الأعطال المحتملة حسب أولويتها مع إعطاء

الأولوية للعطل الذي يقابله أكبر رقم (RPN) أي من الأكبر إلى الأصغر، وبعد ذلك نقوم باقتراح الإجراءات ذات الأولوية ثم تنفيذها ومتابعتها.

8-أهم مراحل تنزيل منهجية تحليل أنماط الأعطال وتأثيرها وحرجيتها:

أهم مراحل تنزيل منهجية FMECA هي كالتالي:

- طرح الإشكالية: تعريف وتوضيح الهدف المطلوب ومجال تطبيق المنهجية.
- توضيح من هو الزبون ومن هو المقرر: الزبون قد يكون مثلا هو المشتري للبضاعة والذي يريد أن يكون على علم بكل المخاطر ، بينما المقرر هو المكلف بالمشروع والذي يمكنه قبول أو رفض متطلبات الزبون كما يحدد الميزانية المخصصة للدراسة.
- تشكيل فريق (FMECA): هذا الفريق ينبغي أن يكون متعدد التخصصات ويتكون من قائد الفريق وممثلين عن مختلف المصالح المعنية ، ومن الأفضل أن يكون القائد طرفا محايداً ليس له أي دخل في الإشكالية المطروحة حتى لا يؤثر ذلك على سير الدراسة وبالتالي اتخاذ قرارات منحازة ومغلوطة.
- التحليل الوظيفي: يقوم الفريق بتفكيك النظام إلى نظم فرعية، هذه الأخيرة تفكك بدورها إلى عناصر أولية لكل عنصر من هذه العناصر يقوم الفريق بتحديد وظائفه الأساسية (لما يصلح) والقيود المسلطة عليه (كالقوانين والأنظمة والمعايير وما إلى ذلك).
- التحليل الكيفي للأعطال: إحصاء أنماط العطل ومسبباتها (أسباب العطل) وكذلك تأثيرها (تأثير العطل).
- التحليل الكمي للأعطال: لكل نمط من أنماط العطل، يقوم الفريق بتقييم الشدة (S) وتردد الظهور (O) واحتمال عدم الكشف (D) وبالتالي حساب رقم أولوية الخطر (RPN).
- تحديد رقم أولوية الخطر الحرج: بعد ترتيب الأعطال المحتملة حسب رقم أولوية الخطر (من الأكبر إلى الأصغر) يقوم الفريق بتحديد الرقم الحرج أي الحد الأدنى (RPN) حيث يجب القيام بإجراءات تصحيحية حينما يتم تجاوز هذا الحد الأدنى.
- وضع خطة العمل: تحضير مجوعة إجراءات (ماذا، من، كيف، متى) لإزالة أسباب العطل، هذه الإجراءات يمكن أن تكون إجراءات تصحيحية أو إجراءات وقائية.
- تنفيذ ومتابعة خطة العمل: المكلفون بخطة العمل تقع عليهم مسؤولية تنفيذ ومتابعة الإجراءات التصحيحية أو الوقائية وتسجيل النتائج التي تم الحصول عليها.
- التحقق من فعالية الإجراءات: تنزيل وتنفيذ الإجراءات يجب أن تكون موضوع متابعة للتحقق من فعاليتها ، في الحالات التي تكون فيها الإجراءات المقترحة غير قادرة على تحقيق النتيجة المرجوة، يجب القيام بدراسة (FMECA) جديدة من أجل تطوير حلول جديدة.

9- تعيين درجات لترجيح حدوث الفشل و اكتشافه و خطورته:

1. درجة حدوث الفشل: يعني ذلك ما مدى حدوث هذا الشكل من الفشل، وتُعين لذلك درجات من 1 إلى 10 بحيث يكون رقم 1 للدلالة على كون الفشل (نادر الحدوث)، ورقم 10 يدل على (الاحتمال كبير لحدوث الفشل).
2. درجة اكتشاف الفشل: يعني ذلك إذا حدث الفشل فما هو احتمال اكتشافه ؟ تُعين الدرجات من 1 إلى 10 بحيث يكون رقم 1 للدلالة على كون الفشل قابل للاكتشاف بسهولة، ورقم 10 يدل على صعوبة اكتشافه.
3. درجة الخطورة: يعني ذلك إذا حدث شكل من أشكال الفشل ما هو الضرر المترتب عليه ؟ تعين درجات من 1 إلى 10 بحيث يعني الرقم 1 بأن هذا النوع من الفشل لا يؤدي إلى الضرر، ورقم 10 يدل على أن هذا الفشل يؤدي إلى ضرر كبير،(كما في الرعاية الصحية يدل الرقم 10 على حدوث الوفاة).

10- تعيين أرقام لأولويات الخطر المترتب على كل نوع من أنواع الفشل:

هي قيمة رقمية تُستخدم لتعيين أولويات تحسين النشاطات، تتراوح بين 1 إلى 1000 وتُحسب بضرب النقاط الثلاث السابقة

ببعضها (درجة حدوث الفشل و درجة اكتشاف الفشل ودرجة خطورته)، ويجب أن تقوم عمليات التحسين بالتالي:

- تقليل درجة حدوث الفشل.
- تقليل درجة خطورته.
- رفع إمكانية اكتشافه.

11- (دراسة حالة: مضخة الضغط العالي بمصنع النير لمواد التنظيف – مصراته):

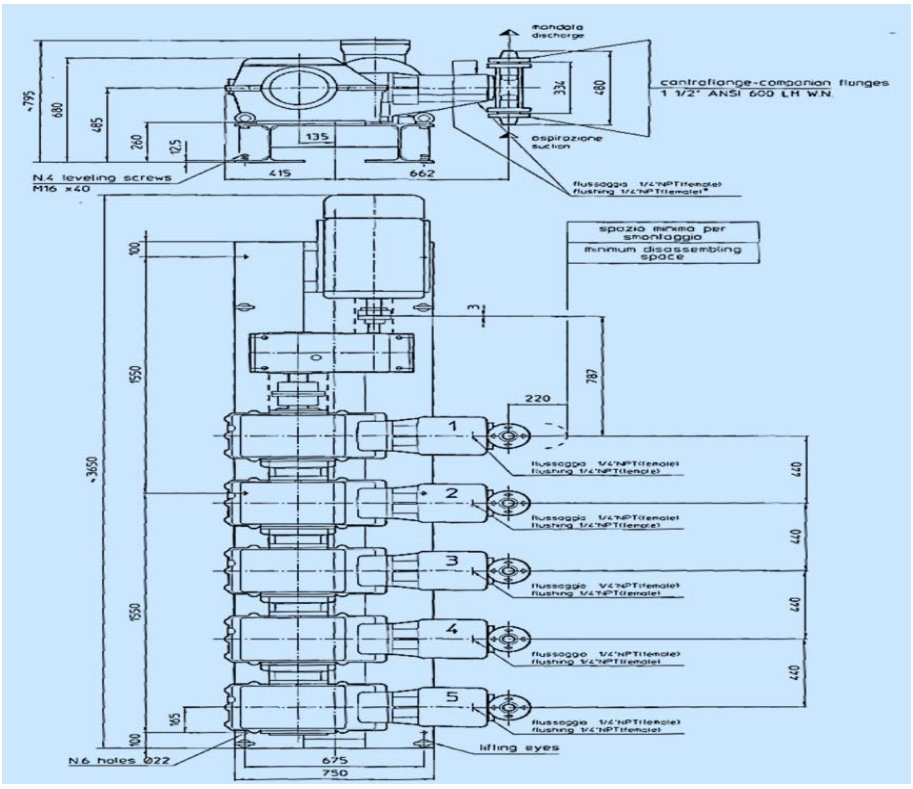
افتتح مصنع النير بتاريخ 2003/12/8 م، وهو مصنع آلي بالكامل يعمل بنظام التحكم المنطقي القابل للبرمجة مورد من شركة بالسترا الإيطالية سنة 1997 م بهدف إنتاج مواد التنظيف.

ويقع المصنع في المنطقة الصناعية بالرويسات مصراته، وهو يدار بأيدي عاملة وخبرات وطنية ويقع المصنع على مساحة إجمالية تقدر بحوالي (7.4) هكتار وتبلغ المساحة المستغلة منها في الوقت الحالي حوالي (4.00) هكتار وبتكلفة إجمالية تقدر بحوالي (20) مليون دينار ليبي.

وينتج المصنع حاليا مساحيق وسائل الصابون اليدوي والآلي وبأحجام مختلفة طبقا للمواصفات الليبية والعالمية ولقد اختير اسم النير ليكون اسماً تجارياً للمنتوج نسبة إلى نوع النباتات التي تنمو في ليبيا، وتستخدم في تنظيف المنسوجات الثمينة (كالحرير) وتبلغ الطاقة التصميمية للمصنع (3) طن/ الساعة أي ما يعادل (1500) طن في السنة وحاليا يعمل بنسبة 35 % من طاقته التصميمية وذلك لمحدودية رأس مال المستثمر.

- **وظيفة الآلة محل الدراسة:**

تم اختيار مضخة الضغط العالي نتيجة لأهميتها بمصنع النير لمواد التنظيف– مصراته؛ لتحليل أنماط فشلها وتأثيرها وحرجيتها، حيث تعمل هذه المضخة على استلام عجينه الصابون من ضغط 2–4 بار ورفع الضغط إلى 20 – 40 بار، ثم بعد ذلك تنقل العجينة إلى برج التجفيف بضغط عالي ، وبتوقفها تتوقف العملية الإنتاجية داخل المصنع. تتركب مضخة الضغط العالي من (المحرك الكهربائي – وصلات نقل الحركة – صندوق التروس – المكابس – الصمامات – العمود المرفق). الشكل (4) و (5) يوضحان تركيب مضخة الضغط العالي بالمصنع.

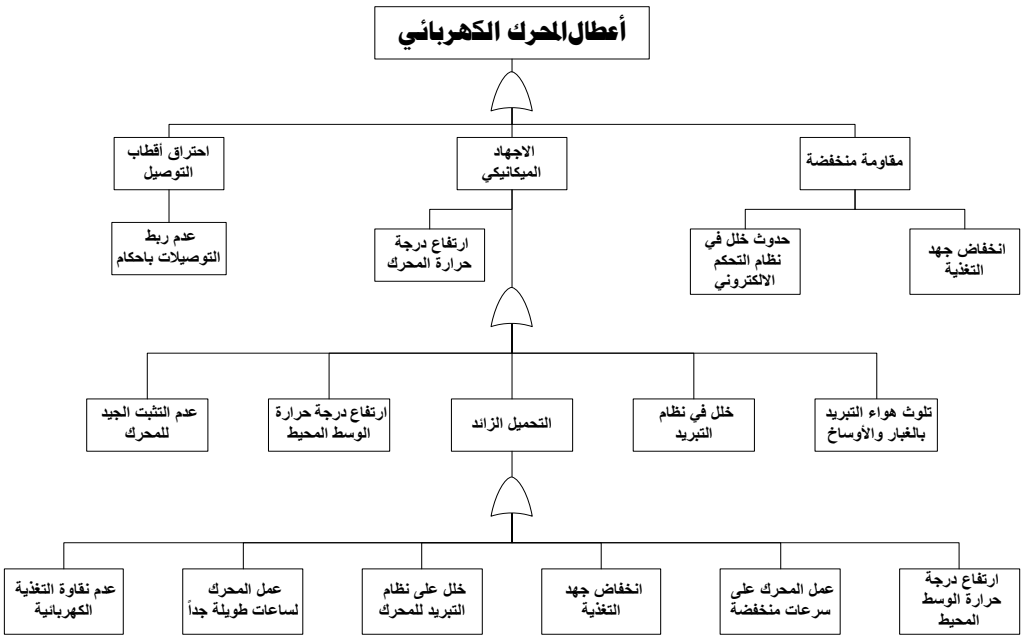


الشكل رقم (4) صورة تركيب مضخة الضغط العالي بالمصنع

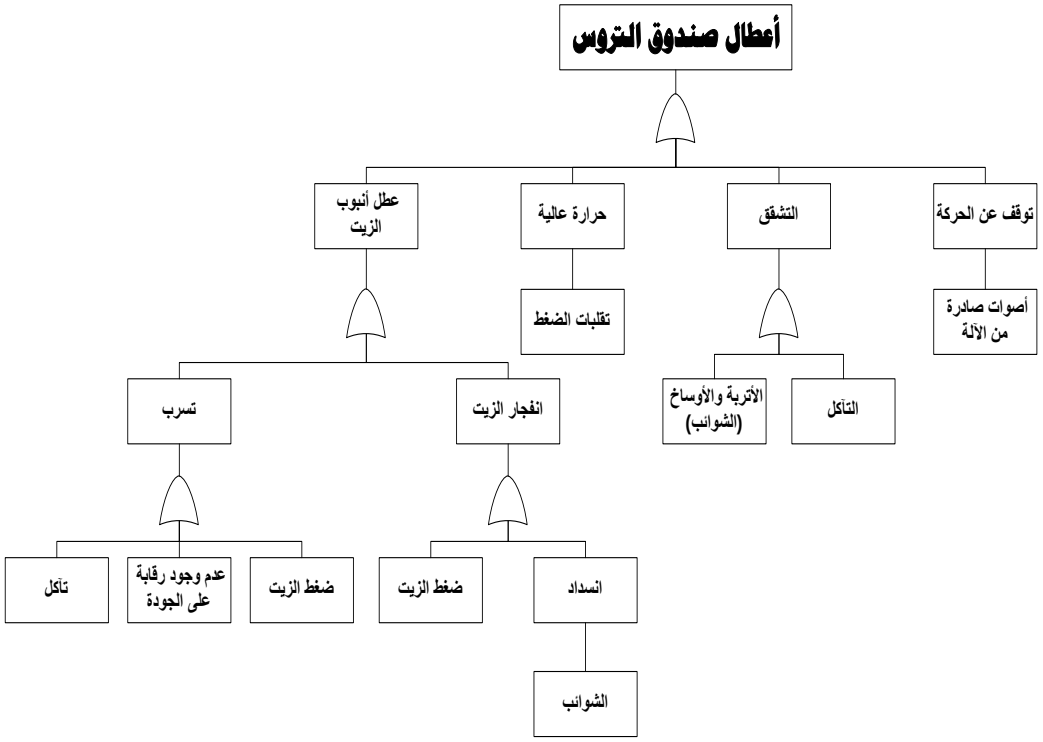
الشكل رقم (5) صور فوتوغرافية لمضخة الضغط العالي

وبعد دراسة تركيب مضخة الضغط العالي بالمصنع وتحليل الأعطال لأجزائها تم تحديد الجزأين الأكثر أعطالاً في المضخة وهما: المحرك الكهربائي وصندوق التروس.

وفيما يلي سيتم تحليل الأعطال للمحرك الكهربائي وصندوق التروس باستخدام شجرة الأعطال لكل منهما، حيث شكل (6) يوضح شجرة الأعطال للمحرك الكهربائي، وشكل (7) يوضح شجرة الأعطال لصندوق التروس.



الشكل رقم (6) شجرة الأعطال للمحرك الكهربائي



الشكل رقم (7) شجرة الأعطال لصندوق التروس.

وكذلك سيتم تحليل الأعطال لأجزاء المضخة ككل ومن ثم التروس) باستخدام جداول تحليل أنماط الفشل وتأثيره الجزأين الأكثر أعطالاً بها وهما (المحرك الكهربائي، وصندوق وحرجيته:

جدول (1): تحليل أنماط الفشل وتأثيره وحرجيته لأجزاء مضخة الضغط العالي

ت	الجزء	الوظيفة	التأثيرات المحتملة للفشل	الشرط الأول						الاجزاء	بعد المراجعة				تخفيض RPN%
				S	أسباب الفشل المحتملة	O	كيف سيتم الكشف عن العطل	D	RPN		S	O	D	RPN	
المحرك الكهربائي	تدوير عمود المرفق	مقاومة منخفضة	إيقاف الآلة	S	الأسباب المحتملة للفشل	O	انفصال الإشارة الهندسية	-	0	-	-	-	-	0	%0
	ضمان الطاقة المناسبة	ميكانيكي			الاختلال										
		يعطي حركة أقل من المطلوب	انهيار المحرك		التزييت										
					اهتزاز										
					عدم الاتزان										
					أكثر من الحالية										
وصلات نقل الحركة	نقل الحركة من المحرك الكهربائي إلى صندوق التروس	فصل الحركة	توقف الآلة	10	عزل المقاومة المنخفضة التآكل	-	الفحص البصري	-	60	-	01	03	02	60	%0
	نقل الحركة من صندوق التروس إلى المرفق														
	تخفيض الصدمة ما بين المحرك الكهربائي وصندوق التروس														
	تخفيض الصدمة ما بين صندوق التروس والعمود المرفق	تلف الوصلة													
صندوق التروس	تخفيض حركة المحرك الكهربائي ونقلها للعمود المرفق	التشقق	انهيار	-	التزييت	-	تحليل الاهتزاز	-	0	-	-	-	-	0	%0
		التوقف عن الحركة	أصوات صفير		تسرب التزييت		الفحص البصري								
	مراقبة سرعة الخلط	الحرارة العالية	تغيرات الضغط		اهتزاز		على رصد الحالة								
العمود المرفق	تغيير الحركة الدائرية إلى حركة أفقية	العمود لا يعمل	العمود لا يدور	10	تآكل	02	تآكل	-	40	-	10	02	02	40	%0
			دوران مهتز												
المكبس	دفع العجينة من ضغط منخفض إلى ضغط مرتفع	تسرب عجينة الصابون	زيادة تكلفة التصنيع	02	التآكل	03	التآكل	-	12	-	02	03	02	12	%0
		انخفاض كفاءة الآلة													
	مصمم للشغل الشاق	ارتفاع درجة الحرارة			نقص مياه التبريد										
الصمامات	السماح بدخول عجينة الصابون في بداية مشوار السحب للمكبس ومن ثم طرد العجينة عند انتهاء مشوار الضغط	ميكانيكي	توقف الآلة	06	الكسر	03	الفحص البصري	-	36	-	06	03	02	36	%0
					الانهيار										
					التآكل		تحليل الاجهادات								

جدول (2): تحليل أنماط الفشل وتأثيره وحرجيته لأجزاء المحرك الكهربائي

ت	الوظيفة	نمط الفشل المحتمل	التأثيرات المحتملة للفشل	الشرط الأول						الاجزاء	بعد المراجعة				تخفيض RPN%
				S	أسباب الفشل المحتملة	O	كيف سيتم الكشف عن العطل	D	RPN		S	O	D	RPN	
العضو الثابت	يعمل على إنتاج الفيض المغناطيسي الذي يؤثر على العضو الدوار	ارتفاع درجة الحرارة	توقف المحرك	09	نتيجة احتكاكه مع العضو الثابت	07	حرارة مفرطة	06	378	صيانة مجدولة	09	03	03	81	%79
					مرور تيار عالي في الملفات		تفتيش بصري								
العضو الدوار	يعمل على تحويل القدرة الكهربائية إلى قدرة ميكانيكية	عدم انتظام دوران العضو	توقف المحرك	06	نتيجة تلف المحول	05	اهتزاز	06	270	صيانة مجدولة	09	03	03	60	%70
		ارتفاع درجة الحرارة			نتيجة حمل ميكانيكي كبير		تفتيش بصري			مراقبة جودة					
أقطاب المحرك والسرعة	تعمل على توزيع الفيض المغناطيسي وانتظامه	عدم انتظام الفيض المغناطيسي	توقف المحرك	09	تلف وانصهار الأقطاب نتيجة ارتفاع درجة الحرارة	03	حرارة مفرطة	02	54	تبريد	09	02	02	36	%33
السلك المستخدم في لف المحرك	يكون المجال المغناطيسي الناتج عن مرور التيار الكهربائي خلاله ليعمل على دوران العضو الثابت	انصهار المادة العازلة للسلك	توقف المحرك	09	نتيجة الارتفاع في درجة الحرارة	06	ارتفاع في درجة الحرارة	05	270	خفض الحرارة	09	03	02	54	%80
		عدم مرور التيار خلاله	توقف المحرك		نتيجة انقطاع السلك										
المحمل	سهل عملية دوران العضو الدوار داخل العضو الثابت في الاتجاهين	المحرك يدور بشدة، التيار طبيعي؛ ولكن صوته مرتفع	المحرك يدور بصعوبة	09	تآكل المحمل	01	اهتزاز	01	09	ضبط الجودة	09	01	01	09	%0
	يعمل على أن تكون المسافة بين العضو الثابت والدوار ثابتة		وجود صوت مرتفع				تفتيش بصري			صيانة تنبؤيه					

جدول (3): تحليل أنماط الفشل وتأثيره وحرجيته لأجزاء صندوق التروس

ت	الوظيفة	نمط الفشل المحتمل	التأثيرات المحتملة للفشل	الشرط الأول						الاجزاء	بعد المراجعة				تخفيض RPN%
				S	أسباب الفشل المحتملة	O	كيف سيتم الكشف عن العطل	D	RPN		S	O	D	RPN	
عمود الإدارة الرئيسي	تعمل على نقل الحركة من المحرك عن طريق وصلة نقل الحركة	عدم دوران أو وصول الحركة الآلية	توقف صندوق التروس مما يؤدي إلى توقف الآلة	07	نتيجة تلف وصلة نقل الحركة	02	اهتزاز	04	56	صيانة تنبؤيه	07	01	02	14	%75
							تفتيش بصري								
عمود تابع	يعمل على نقل حركة مستمدة من عمود الإدارة الرئيسي إلى عمود المرفق	عدم دورانه أو عدم قدرته على إيصال حركة	توقف العمود الرئيسي	06	نتيجة تلف التروس	02	اهتزازات	02	24	صيانة مجدولة	06	02	02	24	%0
							تفتيش بصري			ضبط جودة					
منظومة التروس	يعملان مع بعض لإنتاج السرعة بمعدلات مختلفة	التشقق	توقف صندوق التروس مما يؤدي إلى توقف الآلة	04	نتيجة تآكل أسنان التروس	02	اهتزازات	02	54	سائل التبريد	04	02	02	16	%0
		تآكل الأسنان نتيجة الاحتكاك													
	توصيل الحركة من عمود الإدارة إلى العمود التابع	انهيار					اهتزازات			تخفيض الحمولة					
الهيكل الخارجي	يضم جميع الأجزاء الداخلية	ارتفاع درجة الحرارة	الحوادث الصناعية	04	نتيجة نقص الزيت	02	الصدأ والتآكل	01	08	الطلاء الخارجي	04	02	01	08	%0
	يحتوي في أقله على خزان زيت	صدور صوت مرتفع			نتيجة عطب في التروس										

12- الاستنتاجات:

تم تحسين مضخة الضغط العالي بمصنع النير لمواد التنظيف بمصراته وذلك عن طريق تطبيق طريقة تحليل أنماط الفشل وتأثيرها وحرجيتها على الأجزاء الأكثر أهمية في المضخة وهي المحرك الكهربائي وصندوق التروس المتحصلة على اهتمام خاص من بين الأجزاء المرفقة بالجدول (1) بناءً على أهميتها ودورها الأساسي في عمل المضخة والمصنع بأكمله.

حيث خفضت المخاطر لأجزاء المحرك الكهربائي وهي (العضو الثابت بنسبة 79%، العضو المتحرك بنسبة 70%، السلك بنسبة 80%، الأقطاب بنسبة 33%، المحمل بنسبة 0%) ، وقد تم تخفيض المخاطر لعمود الدوران الرئيسي بصندوق التروس بنسبة 75%.

وهذا التقييم والتقييمات المستقبلية سوف لن تحرك فقط برنامج الصيانة من رد فعل واحد بل إلى أكثر من تنبؤ واحد مع العلم بأن معظم العمل سيكون مجدولا ومحددا. إن تخفيض تكاليف الصيانة في هذين الجزأين المشار إليهما وهما من مكونات أهم آلة بمصنع الصابون والتي إن توقفت سيتوقف عمل المصنع بكامله سوف يقلل توقف مضخة الضغط العالي، وهذا سيكون ملاحظاً من فريق الصيانة وفريق الإنتاج، حيث إن القيمة المضافة للصيانة الجيدة سوف تعود بالربح على كامل الشركة.

وعليه فإن الدراسة توصي بما يلي:

1. ضرورة التدقيق في اختيار الأجزاء الموصي أو الموجودة في الكتالوجات لتطبيق طريقة تحليل أنماط الفشل وتأثيرها وحرجيتها.
2. العمل على اعتماد هذه الطريقة من قبل إدارة المصنع والعمل على دعمها لبساطة تطبيقها ولأهميتها في خفض الأعطال غير المخطط لها.
3. تعريف العاملين (ذوي العلاقة) بفكرة هذه الطريقة وكيفية استخدامها والأهمية المرجوة من تطبيقها .
4. تطبيق طريقة لا تقلل فقط من التوقفات، بل تزيد من جودة المنتج، وتقلل التكلفة، وتزيد سمعة الشركة.

المراجع:

1. اللامي غسان قاسم. البياتي، أميره شكر ولي (1997). إدارة الإنتاج والعمليات" مرتكزات معرفية وكمية".
2. القزاز، إسماعيل إبراهيم. وعبدالمالك، عادل (1997). ضبط الجودة النظرية والتطبيق، الطبعة الأولى.
3. منهجية تحليل أنماط الفشل وتأثيرها وحرجيتها

http://www.azaquar.com/ar/doc

4. Salvedy, Gavriel: Hand Book of Industrial Engineering Technology & Operations Management:3rd ed: John wiley & Sons, Inc:2001:1934).