مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (26) العدد (2)2004
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol (26) No (2) 2004

تحسين وثوقية عمل أنظمة الحماية من الحريق في المنشآت الصناعية باستخدام المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة PLC

الدكتور محمد قاسم*
حسن الإبراهيم **

(قبل للنشر في 2004/9/22)

□ الملخّص □

تعاني منظومة الحماية من الحريق في منشأة صناعية خاصة مصممة باستخدام دارات تحكم تقليدية، من مشاكل كثيرة ترتبط ببنيتها التصميمية(زمن الاستجابة)، وظروف الاستثمار (الوثوقية)، إضافة لتعدد الكتل الموجودة في التصميم، والحجم الكبير لها، وهي مؤشرات على انخفاض وثوقية هذه المنظومة وفعاليتها.

و يناقش البحث التقانات الحديثة التي بدأت تحل محل المنظومات القديمة في المنشآت الصناعية، والحلول التي تقدمها للتغلب على المصاعب الكثيرة التي كانت تُواجَه خلال تصميم هذه المنظومات، ووضع خوارزميات التحكم المطلوبة للعمل، وتوظيف المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة لأتمتة الأعمال المختلفة في المنشآت الصناعية، حيث تم تحليل آلية عمل المنظومة ووضع المخططات السلمية اللازمة(النموذج الرياضي المنطقي)، التي تحاكي عمل المنظومة في الزمن الحقيقي، كما تم تصميم القاعدة المادية التي تؤمن العمل المؤتمت للمنظومة وتسمح بمراقبة الحالة الفنية لها واختبار جاهزيتها، كما تم اختيار المتحكم المنطقي باعتماد خوارزمية خاصة تأخذ بعين الاعتبار المواصفات الفنية ومواصفات المستخدم، وتجهيز دارات الملاءَمة المطلوبة للربط مع المتحكم المنطقي القابل للبرمجة.

*أستاذ مساعد- كلية الهندسة الميكانيكية- أكاديمية الأسد للهندسة العسكرية
**طالب ماجستير في فرع كهرباء المركبات - كلية الهندسة الميكانيكية- أكاديمية الأسد للهندسة العسكرية

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (26) العدد (2)2004
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol (26) No (2) 2004

Reliability Improvement of Control Circuits for Firefighting System Using Programmable Logical Controllers

Dr. Mohamad Kasem *
Hasan Alibrahim **

(Accepted 22/9/2004)

□ ABSTRACT □

The firefighting system in any private industrial establishment using the traditional control circuits suffers many problems related to its structural design (time of response) and the investment conditions (reliability), besides the existence of numerous big-size masses in the design. All of these are indications to the decrease in the efficiency and the reliability of this system.

This paper discusses the modern technologies that started to replace the old ones in the industrial establishments, and the solutions these modern technologies present to overcome the numerous problems we used to face during the process of designing these systems, to establish the necessary control algorithms for work, and to employ programmable logical controllers in order to automate the different tasks in the industrial establishments. In this respect, the mechanism of the system was analyzed and the necessary ladder diagrams were put (mathematical logical model), the thing that simulates the performance of the system in actual time. Also, the material base that provides the automated work of the system was designed, the thing that helps in observing its technical conditions and testing its readiness. We have chosen the programmable logical controller by the use of special algorithm that takes into consideration the technical specifications, user descriptions and the preparation of the proper circuits to connect with the programmable logical controller.

***Assistant professor , Department of automobiles Electric, Faculty of Mechanical Engineering, Assad Academy for Military Engineering.**
****Master Student , Department of automobiles Electric, Faculty of Mechanical Engineering, Assad Academy for Military Engineering.**

مقدمة:

لقد تطور الكثير من التقانات الحاسوبية الذكية الجديدة التي تقدم حلولاً عديدة لمشكلات الأتمتة الصناعية وغير الصناعية، فالآن نشهد تطبيق الأتمتة باستخدام متحكمات منطقية قابلة للبرمجة في كافة المجالات العلمية والصناعية، كما يتم استبدال تجهيزات الأتمتة التقليدية بمنظومات أتمتة منطقية نظراً لسهولة التعامل معها لدقتها وسرعة استجابتها، إضافة إلى التكلفة المنخفضة لها نسبياً، وطول عمرها مقارنة بكلفة صيانة وتشغيل المنظومات التقليدية على المدى الطويل، كما تتميز هذه المنظومات المنطقية المؤتمتة بسهولة تعديل استراتيجيات برامجها بما يتناسب مع ما يستجد من تغييرات في خوارزمية العمل المطلوب[8]. ويلاحظ صغر تجهيزات التحكم والوثوقية العالية المرتبطة باستخدام العناصر الإلكترونية المبنية باستخدام أنصاف النواقل، حيث أن استخدام الحواكم التقليدية يخفض من مستوى الوثوقية لدرجة كبيرة بسبب وجود عناصر متحركة ومرور تيارات كهربائية عبر تماساتها، مما يتسبب بحدوث شرارات تحت هذه التماسات، وبالتالي يؤدي إلى اهتراء سريع لمناطق التلامس، بينما العمل باستخدام العناصر الإلكترونية المصنوعة من أنصاف النواقل يتميز بالصمت التام وانعدام الحركة، حيث يكون مرور التيار من خلال حركة حوامل الشحنات الكهربائية[2]. كما أنه يلاحظ العدد الكبير من الحواكم الذي تتطلبه منظومة ما مقارنةً مع عدد قطع وتجهيزات المنظومة عند استخدام متحكم منطقي وهذا يؤثر سلباً على وثوقية عمل المنظومة.

ويتناول هذا البحث عمل منظومة لإطفاء الحريق في منشأة صناعية خاصة مصممة باستخدام حواكم ودارات تقليدية، وتتحكم بتشغيل وإيقاف تجهيزات التهوية، دارات الإنذار، وتتحكم أيضاً بالعديد من المحركات الكهربائية الموجودة في المنشأة، من خلال تسلسل عمل محدد.

و تظهر الدراسات التحليلية المنفذة وجود العديد من نقاط الضعف في هذه المنظومة، كالحاجة للتبديل الدوري لعناصر التحكم بسبب الاهتراء السريع لها، الحاجة لمساحة كبيرة نسبياً لتوضع مكونات المنظومة بسبب تعدد كتل المنظومة وحجمها الكبير، كما لوحظ عدم وجود دقة كافية في عمل الحواكم الزمنية المخصصة لهذا الغرض بسبب آلية عملها التي تعتمد على التسخين الحراري عند تحديد أزمنة الفصل والوصل، مما ينعكس سلباً على أداء وسرعة استجابة المنظومة.

وتستخدم في عداد مكونات منظومة التحكم بإطفاء الحريق مجموعة من الحساسات المتنوعة إضافة لمفاتيح نهائية(Limited switches)، كما تستخدم مجموعة من كبسات التشغيل والإيقاف، والحواكم الزمنية.

ونظراً لما تتمتع به المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة في مجال الوثوقية والاستجابة، والمرونة من حيث سهولة تعديل وتطوير خوارزمية التحكم[12]، ومن أجل تلافي السلبيات وتحسين مؤشرات وأداء عمل المنظومة فقد تم وضع تصميم الدارات المناسبة لاستخدام هذه المتحكمات في تصميم منظومات الحماية الخاصة في المنشآت الصناعية المختلفة، وذلك بالاعتماد على النمذجة الرياضية المنطقية لخوارزمية عمل نظام التحكم[13].

أهداف البحث:

يهدف البحث إلى تحسين وثوقية عمل منظومة لإطفاء الحريق في المنشآت الصناعية باستخدام المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة PLC (زمن استجابة أسرع، وثوقية أعلى، حجم أصغر، عدد كتل أقل، دقة أكبر في ضبط عمليات التحكم المختلفة).

طريقة البحث:

تتلخص طريقة البحث في الدراسة التحليلية لعمل النظام وطريقة استخلاص وانتخاب البارامترات اللازمة لعملية الأتمتة، واستخدام النمذجة الرياضية المنطقية في وضع النموذج المنطقي لعمل المنظومة في الزمن الحقيقي وتصميم وتنفيذ المنظومة الآلية المؤتمتة باستخدام المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة.

لقد تم التقييم والمقارنة لصنفين من التحكم وهي: التحكم الكلاسيكي والتحكم البرمجي وفقاً للمعايير الموضحة في الجدول (1) الذي يعطي مقارنة بين صنفي التحكم تبعاً لنوع قسم المعالجة، والتي تبين الفرق الكبير بين التحكم الصلب الذي يحتاج لمتطلبات كثيرة ومعقدة مقارنةً مع التحكم القابل للبرمجة الذي يتميز بالسهولة والمرونة الكبيرتين، وعدم حاجته لكتل مادية كبيرة ومتعددة ليقوم بنفس العمل وبكفاءة ودقة عاليتين.

الجدول (1) مقارنة بين النظم البرمجية والنظم الكلاسيكية في التحكم[12].

المعيار (criterion)	التحكم ذو التوصيلات الصلبة	التحكم القابل للبرمجة
إستراتيجية التحكم	عناصر مع أسلاك في الدارة	برنامج في الدارة
المعالجة	صلبة تعتمد على الريليهات والعناصر الأخرى	برمجية بواسطة معالج كمبيوتري
تعديل استراتيجية التحكم	صعبة معقدة خصوصاً مع الأنظمة الضخمة وفي حالة التوقف(off/line)	سهلة وسريعة بتغيير جزء من البرنامج وفي حالة العمل (on line)
المساحة المشغولة	كبيرة نسبياً	صغيرة جداً
التكلفة	ضخمة	بسيطة
تأمين الوظائف الزمنية	بواسطة حاكمات زمنية	مؤقتات زمنية برمجية
تكرار نظام التحكم	يحتاج إلى وقت لإنجاز نفس التوصيلات	نسخ البرنامج فقط
الوثوقية	منخفضة بسبب وجود الحركة الميكانيكية	عالية بسبب استخدام العناصر الإلكترونية
العمل في شبكة	صعب جداً	بسيط
الصيانة والفحوصات	صعبة وتحتاج إلى وقت وتكلفة	مباشرة وبلا كلفة

دراسة تصميمية لمنظومة إطفاء حريق باستخدام PLC:

تم أخذ حالة لمنظومة إطفاء حريق في منشأة صناعية [9] والتي تم تصميمها باستخدام دارات كهربائية تقليدية (حواكم فصل ووصل، حساسات متنوعة "حساسات حرارية، ضوئية، أشعة تحت الحمراء"، حواكم زمنية، صواعق كهربائية لفتح قنوات تمرير مركب إطفاء الحريق إلى مكان حدوث الحريق).

تسلسل العمل في المنظومة:

عند بدء العمل في النظام يتم تشغيل عدة محركات كهربائية وبتسلسل محدد مرتبط بعمل الحواكم الزمنية، وبعمل مجموعة من الحساسات والمفاتيح الحدية أو النهائية (Limited switches)، ومفاتيح التشغيل والإيقاف القسرية، إضافة لمنظومة مكافحة الحرائق التي قد تنشب خلال عمل النظام، فعند وجود لهب بالقرب من أحد حساسات الحريق والمركبة في الأماكن الأكثر احتمالاً لحدوث حريق، فان الحساس الحراري سيتجاوب مع وجود اللهب بإرسال إشارة كهربائية إلى لوحة التحكم التي تميز مكان وجود الحساس وتقوم بسلسلة من الأعمال لحماية التجهيزات وإطفاء الحريق بنفس الوقت وهي:

1- إيقاف محركين كهربائيين يعملان في تشغيل بعض العمليات الإنتاجية الرئيسية في المنشأة.
2- إيقاف مروحة التهوية الموجودة في مكان حدوث الحريق.
3- توهج مصابيح حمراء اللون موجودة على لوحة التحكم وفي أماكن أخرى من المنشأة دلالة على وقوع حريق.
4- تشغيل دارة إنذار صوتي للتنبيه عن وقوع حريق.
5- تشغيل ريليه زمنية (35sec) بدءاً من لحظة تحسس وجود حريق.
6- تشغيل ريليه تحكم لتمرير مركب إطفاء الحريق عبر أنابيب معدنية إلى مكان حدوث الحريق (عن طريق تفجير صاعق كهربائي موجود على رأس كل اسطوانة إطفاء حريق).
7- بعد مرور فترة زمنية مدتها 35 ثانية ستعمل الريليه الزمنية وتوصل تماساتها وعن طريق تماساتها المفتوحة بالحالة الطبيعيةNO سيُختبر استمرار وجود لهب أو انقطاعه.
8- في حال استمرار وجود اللهب فانه وعن طريق تماسات الريليه الزمنية سيُعطى أمر تشغيل الاسطوانة التالية لمركب إطفاء الحريق بتفجير الصاعق المركب عليها، وأيضاً سيُعطى أمر جديد لتشغيل الريليه الزمنية لمدة 35 ثانية جديدة وهكذا حتى إخماد الحريق.
9- مع تفجير كل صاعق تبين آلية ميكانيكية خاصة عدد الاسطوانات الجاهزة المتبقية، وهي أشبه ما تكون بعداد كهربائي يدور بزاوية محددة لإظهار رقم جديد مع كل استهلاك لاسطوانة إطفاء حريق ونفاذ مكوناتها.

بعد إخماد الحريق تقوم المنظومة بسلسلة من الأعمال وهي:

- إيقاف الإنذار الصوتي، والإنذار الضوئي الدالين على حدوث حريق.
- إعادة تشغيل مروحة التهوية التي تم إيقافها في مكان وقوع الحريق.
- اختبار سلامة تجهيزات المنشأة تمهيداً لإعادة تشغيلها.

من خلال هذا الشرح لعمل منظومة إطفاء الحريق في المنشأة الصناعية نلاحظ أن مكونات النظام الصناعي المطلوب التحكم فيه تشمل مجموعة من المداخل، ومجموعة من المخارج، إضافةً لدارات ملاءَمة وقيادة للمداخل والمخارج وهي كالتالي:

- **المداخل:**

- حساسات منظومة إطفاء الحريق وعددها ثمانية حساسات.
- حساسات ضوئية على السير الناقل للمنتج.
- مفاتيح حدية في نهاية خط سير المنتج.
- مفتاح تشغيل الدارة يدوياً.
- مفتاح تحويل عمل الدارة يدوي/آلي.
- مفتاح إيقاف المنظومة عن العمل عند الضرورة (إشارة مقاطعة).
- مفاتيح نهائية مركبة على اسطوانات إطفاء الحريق لتبيان عدد الجاهز منها للعمل.

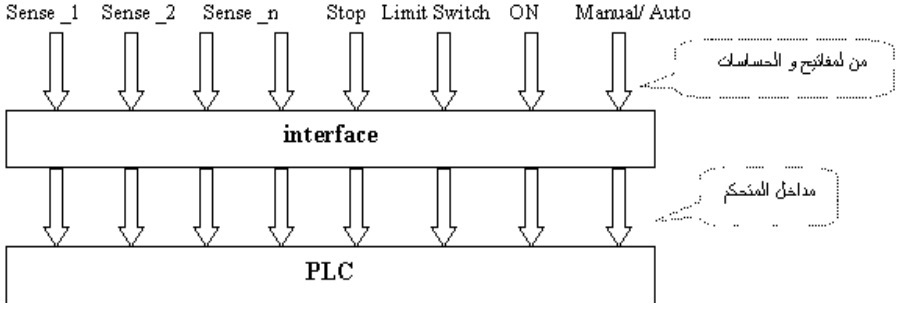
- **المخارج:**

- مخرج قيادة مروحة التهوية في قسم حدوث الحريق.
- مخرج قيادة المحرك الكهربائي الأول.
- مخرج قيادة المحرك الكهربائي الثاني.
- مخارج تغذية الصواعق الكهربائية على اسطوانات مركب إطفاء الحريق وعددها ثلاثة.
- مخرج قيادة لوحة إظهار عدد الاسطوانات الجاهزة المتبقية.
- مخرج تشغيل دارة الإنذار الصوتي الدالة على حدوث حريق.
- مخرج تشغيل مصابيح الدلالة على حدوث حريق.

- **دارات الملاءَمة والقيادة وتشمل:**

- دارة ملاءَمة بين إشارة مخرج حساس الحرارة ومدخل المتحكم المنطقي.
- دارة ملاءَمة بين إشارة مخرج الحساس الضوئي ومدخل المتحكم المنطقي.
- دارة قيادة وملاءَمة بين مدخل محرك مروحة التهوية ومخرج قيادته على المتحكم المنطقي.
- دارة قيادة وملاءَمة بين مدخل المحرك الكهربائي الأول ومخرج قيادته على المتحكم المنطقي.
- دارة قيادة وملاءَمة بين مدخل المحرك الكهربائي الثاني ومخرج قيادته على المتحكم المنطقي.
- دارة قيادة وملاءَمة بين مدخل دارة تشغيل الإنذار الصوتي ومخرج قيادتها على المتحكم المنطقي.
- دارة قيادة وملاءَمة بين مدخل دارة تشغيل الإنذار والتنبيه الضوئي ومخرج قيادتها على المتحكم المنطقي.

كما يوضح الشكل (1) مداخل ومخارج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة الموصولة من خلال دارات الملاءَمة مع إشارات الدخل وإشارات الخرج.



الشكل (1) مداخل ومخارج المتحكم المنطقي القابل للبرمجة

وقد تم وضع النموذج الرياضي المنطقي للمخطط باستخدام اللغة السلمية Ladder Diagram [13]، كما تم وضع المخطط السلمي الكامل للمنظومة في الملحق على القرص المرن الملحق.

بعد ذلك وبناءً على النموذج الرياضي المعد تم تحديد:

- المعايير المطلوبة لاختيار متحكم منطقي مناسب لموضوع البحث[3].
- دارات الملاءمة للربط مع المتحكم المنطقي.

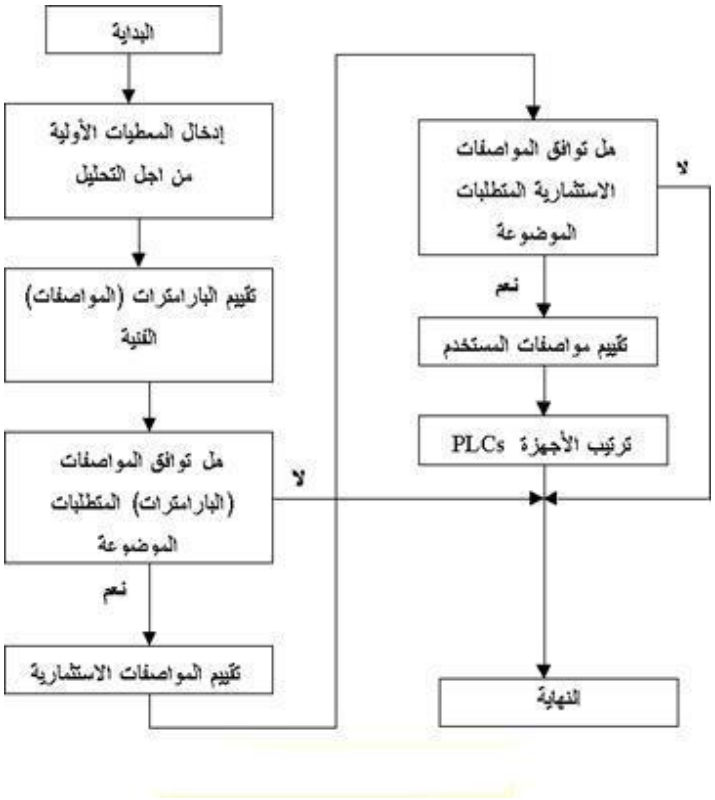
معايير تقييم واختيار متحكم منطقي مناسب:

■ كيف يُختار المتحكم المنطقي المناسب؟

لانتقاء متحكم منطقي مناسب للعمل ويحقق المتطلبات المرغوبة، مع الأخذ بعين الاعتبار البنية التصميمية فإنه يمكن تقسيم معايير تقييم المتحكمات المنطقية إلى ثلاث مجموعات هي:

الشكل (2) معايير تقييم المتحكم المنطقي PLC
*مواصفات أمامية؛ ** مواصفات عكسية.

وتعتبر خصائص الاستخدام من أهم معايير الاختيار، أي تناسب مؤشرات النفقات، الإنتاجية والوثوقية، أما المواصفات الفنية والاستثمارية فتعتبر شروطاً حدية لعملية الاختيار. ويوضح الشكل (3) خوارزمية اختيار متحكم منطقي مناسب[12].



الشكل (3) خوارزمية اختيار متحكم منطقي مناسب

بالإضافة إلى ذلك يجب تقسيم المواصفات إلى أمامية (تعتبر الزيادة في هذه المواصفات ايجابية) وعكسية (يعتبر الانخفاض في هذه المواصفات ايجابية).

لان المواصفات متعاكسة فيما بينها أي تحسين مواصفة معينة يؤدي دائماً إلى الإساءة إلى المواصفة الأخرى ولذلك لا بد من اجل كل مواصفة K_i، تحديد ثابت الوزن d_i والذي يحسب درجة تأثير هذه المواصفة على الفائدة من الجهاز.

ويتم اختيار الجهاز PLC وفق المراحل الأربع التالية وكما هو موضح في الشكل (3):

- تحديد تطابق (توافق) المواصفات التقنية للمتطلبات الموضوعة.
- تحديد توافق المواصفات الاستثمارية للمتطلبات الموضوعة.
- تقييم مواصفات المستخدم للجهاز المختار.
- ترتيب الأجهزة.

في المرحلة الأولى نقارن كل مواصفة فنية للجهاز المعني مع المتطلبات التصميمية للمنظومة وإذا كانت هذه المواصفة لا تلبي المتطلبات الموضوعة فان الجهاز يُستثنى من المقارنة والدراسة.

ويجرى مثل هذا التحليل في المرحلة الثانية مع المواصفات الاستثمارية، وفقط إذا كانت المواصفات التقنية والاستثمارية تلبي المتطلبات، فانه يتم إجراء تقييم خصائص الاستخدام للمتحكم المنطقي.

من أجل ذلك تستخدم طريقة الإضافة للتقييم، حيث يحسب التقييم الكلي لكل مواصفة بالمعادلة التالية:

$$K = \sum_{i=1}^{n} \frac{k_i}{k_i^{\perp}} d_i + \sum_{j=1}^{m} \frac{1}{\frac{k_j}{k_j^{\perp}}} a_j \qquad (1)$$

حيث:

k_i, k_j: المواصفات الأمامية والعكسية للجهاز المختار.

$k_i^{\wedge}$, $k_j^{\wedge}$: المواصفات الموافقة للجهاز المثيل (النظير).

a_i,a_j: عدد المواصفات الأمامية والعكسية.

التقسيم على مواصفات المثيل من اجل تحويل كل المواصفات إلى القيم النسبية.

يعتبر تحديد ثوابت الوزن لمواصفات الـ PLC من أهم المراحل لأن تحديدها الصحيح يؤثر بشكل كبير على وثوقية نتائج التحليل، ومن أجل إيجاد التقييم المتوسط لكل ثابت يمكن أن تستخدم الطريقة التالية:

يتم إيجاد مصفوفة الخبراء والثوابت والتي يوضع فيها التقييمات التي تم الحصول عليها من الخبراء لكل الثوابت وفق التدريجة من 0 وحتى 10.

الجدول(2) مصفوفة الخبراء والثوابت

	الثابت					
الخبير	**1**	**2**	**…**	**i**	**…**	**n**
1						
2						
…						
j						
…						
…						
m						

يتم حساب العلاقة النسبية) Wij) لكل الثوابت ولكل خبير على حدة. لهذه الغاية يتم جمع التقييمات التي تم الحصول عليها لكل خبير (أفقياً) ومن ثم تحسب العلاقة:

$$W_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \text{..... for .. } j = \text{const} \qquad (2)$$

يحسب التقييم المتوسط المعطى من كل الخبراء لكل ثابت. لذلك فان التقييمات التي تم الحصول عليها في الخطوة السابقة تُجمع (عمودياً) ومن ثم يحسب المتوسط الحسابي لكل ثابت

$$a_i = \frac{\sum_{j=1}^{m} w_{ij}}{m} \ldots \text{for} \ldots i = \text{const} \qquad (3)$$

بنتيجة تحليل مواصفات المستخدم للأجهزة يتم تشكيل مصفوفة الجهاز ومواصفات المستخدم التي تحتوي على المعطيات الأولية لاختيار جهاز الـ PLC.

الجدول(3) مصفوفة الخبراء والثوابت

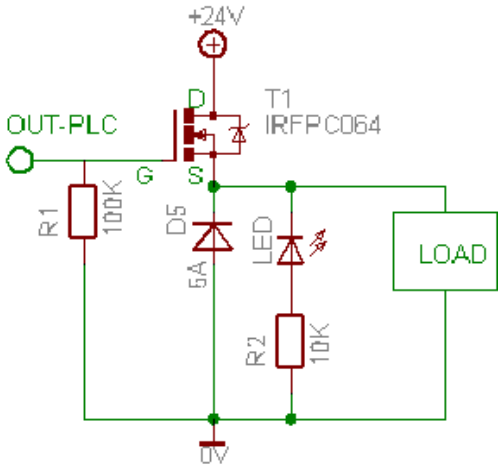
مواصفات المستخدم

الجهاز	**П**	**H**	**Z**
1			
2			
…			
I			
…			
N			

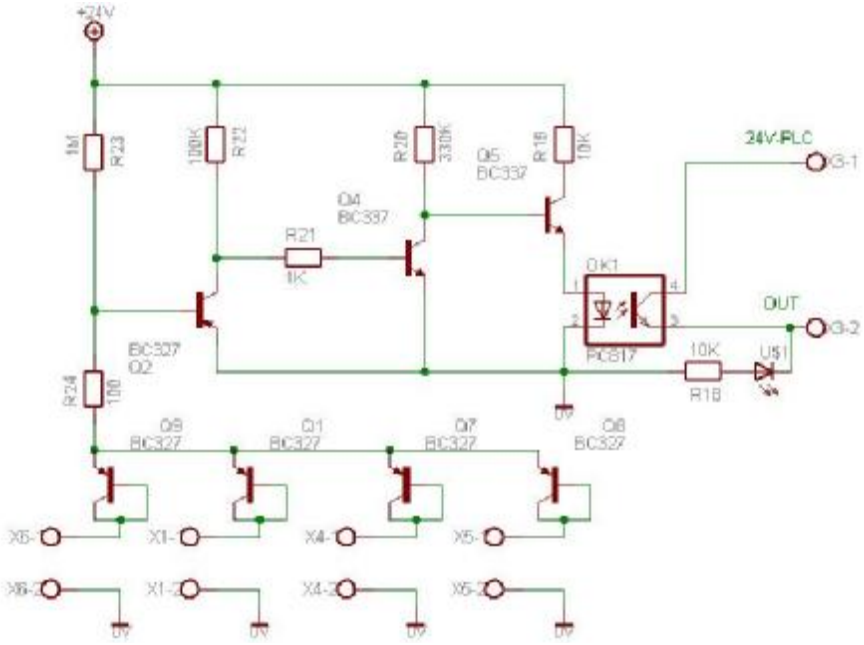
ترتيب الأجهزة أي وضعها بشكل تصاعدي أو تنازلي حسب علاقة المؤشرات نفقات/إنتاجية/وثوقية يجب أن يتم وفق العلاقة:

$$p = P + H + Z \qquad (4)$$

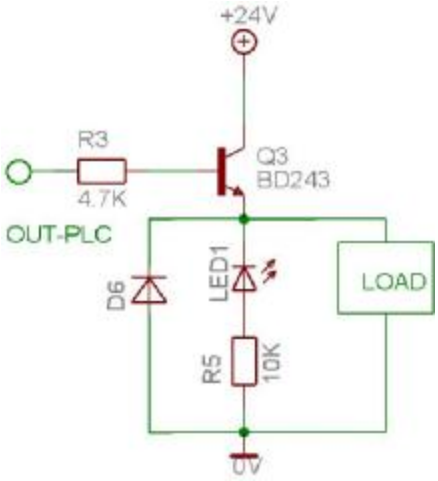
– دارات الملاءمة للربط مع المتحكم المنطقي.



الشكل(4) دارة ملاءمة بين خرج المتحكم المنطقي ودخل قيادة محرك مروحة التهوية، وأيضاً لقيادة المحركات الكهربائية الأخرى.



الشكل(4) دارة الملاءمة بين خرج الحساس ودخل المتحكم المنطقي



الشكل(5) دارة قيادة أجهزة الإنذار والملاءمة لتطبيق جهد التغذية على الصواعق في الدارة

وبشكل عام تم اعتماد قيم جهود قياسية للمداخل والمخارج تتناسب مع قيم جهود التحكم بالعناصر التنفيذية وعناصر الدخل للتخلص من الدارات الوسيطة.

بعد دراسة وتحليل منظومة الحماية وباستخدام الخوارزمية المبينة على الشكل (5) ومن خلال قاعدة المعطيات لأنواع المتحكمات المتوفرة في السوق المحلية تم استنتاج نوع المتحكم المناسب للبحث وهو من نوع NAIS طراز FPO-C32CP، إضافة لموديول (وحدة توسع مداخل/ مخارج) طراز FPO-E32C، وحدة تغذية المتحكم طراز FPO-PSA2، بالإضافة للبرمجيات الملحقة مع المتحكم التي تسهل عملية تصميم وتحميل برنامج التحكم إلى ذاكرة المتحكم المنطقي.

وهو يلبي المتطلبات التالية:

- 19 مدخل منطقي نموذج 24vdc.
- 24 مخرج منطقي من نوع ترانزيستور.
- ذاكرة من نوع EPROM لا تقل عن 32KB لتخزين البرنامج والمعطيات الآنية حتى بعد انقطاع التيار الكهربائي.
- الحاجة لكتابة ما لا يقل عن 500 خطوة في برنامج التحكم المطلوب.
- المتحكم قادر على العمل في ظروف حرارية قاسية ضمن مجال واسع(-20-70^{o}c).
- جهود الحالات المنطقية متناسبة مع جهد التحكم بالأجهزة التنفيذية.
- المتحكم قادر على العمل في ظروف جوية الرطوبة فيها مرتفعة نسبياً(30…85%) .
- يتمتع المتحكم المنطقي بدارات عزل بين داراته الداخلية والمداخل والمخارج.
- يتمتع بدارات حماية من عكس قطبية الجهود المطبقة وكذلك من دارات القصر.
- يتقبل المتحكم إمكانية توسيع عدد المداخل والمخارج المنطقية في حال لزم إضافة وظائف جديدة تستدعي مداخل ومخارج إضافية. (يتم وضع عدد إضافي للمداخل والمخارج اللازمة بمقدار 20% زيادة لضرورة تعديل النظام وتطويره مستقبلاً).

من أجل التوصيل العملي للمنظومة وبهدف تحقيق استراتيجية التحكم المعدة والمتمثلة بالنموذج الرياضي المنطقي تم استنتاج المداخل والمخارج الحقيقية للمتحكم وهي موضحة في الجدول (4).

الجدول (4) مداخل ومخارج المتحكم

المداخل		المخارج	
X_{10}	مدخل حساس الحرارة الاول	أمر تشغيل مروحة التهوية	Y_{10}
X_{11}	مدخل حساس الحرارة الثاني	أمر تشغيل المحرك الكهربائي الأول	Y_{11}
X_{12}	مدخل حساس الحرارة الثالث	أمر تشغيل المحرك الكهربائي الثاني	Y_{12}
X_{13}	مدخل حساس الحرارة الرابع	أمر تفجير الصاعق الأول	Y_{13}
X_{14}	مدخل حساس الحرارة الخامس	أمر تفجير الصاعق الثاني	Y_{14}

X_{15}	مـــدخل حســـاس الحـــرارة السادس	أمر تفجير الصاعق الثالث	Y_{15}
X_{16}	مدخل حساس الحرارة السابع	أمر إظهار عدد الاسطوانات الجاهزة المتبقية	Y_{16}
X_{17}	مدخل حساس الحرارة الثامن	أمر تشغيل دارة الإنذار الصوتي	Y_{17}
X_{18}	مدخل كبسة التشغيل اليدوي في مكان حدوث الحريق	أمـر تشـغيل مصـابيح دلالـة علـى حدوث حريق.	Y_{18}
X_{19}	مدخل كبسة التشغيل اليدوي على لوحة التحكم الرئيسية	أمـــر تشـــغيل لوحـــة إظهـــار عـــدد الاسطوانات الجاهزة المتبقية.	Y_{19}
X_{20}	مدخل كبسة إيقاف عمل دارة إطفاء الحريق	لمبـة إشـارة للدلالـة علـى وجـود حريـق في القسم الأمامي	Y_{20}
X_{21}	مـدخل مفتـاح تحويـل نـوع العمل إلى يدوي/آلي	أمـر تشـغيل دارة إنـذار صـوتي عنـد حدوث حريق	Y_{21}
X_{22}	مـدخل مفتـاح نهـائي لتبيـان جاهزية الاسطوانة الأولى	لمبة إشارة للدلالة على العمل الطبيعي	Y_{22}
X_{23}	مـدخل مفتـاح نهـائي لتبيـان جاهزية الاسطوانة الثانية		
X_{24}	مـدخل مفتـاح نهـائي لتبيـان جاهزية الاسطوانة الثالثة		
X_{25}	مدخل كبسة إيقاف عمل دارة إطفاء الحريق		
X_{26}	مـدخل كبسـة تشـغيل مروحـة التهوية يدوياً		
X_{27}	مـدخل كبسـة إيقـاف تشـغيل المحرك الأول يدوياً		
X_{28}	مـدخل كبسـة إيقـاف تشـغيل المحرك الثاني يدوياً		

تقدير الوثوقية للمنظومة قيد البحث [4]

نتيجة تحليل المخطط الكهربائي التفصيلي وجد أن كل عنصر من عناصر النظام يؤثر على قدرة النظام على العمل في حال تعطل هذا العنصر، وبالتالي فكافة عناصر هذا النظام موصولة على التسلسل في مخطط حساب الوثوقية.

تم استخدام قانون التوزيع الأسي (Exponential Distribution) الذي يتميز بثبات شدة الأعطال $\lambda(t) = const$ لذلك يصلح هذا النوع كنموذج رياضي لعدم التعطل في مرحلة العمل الطبيعي، والعلاقة الرياضية اللازمة لحساب احتمال عدم التعطل هي:

$$P(t) = e^{-\lambda \cdot t} \qquad (5)$$

$\lambda_S = 103.644$، Failure Rate in Failures (Per Million Hours)

$T_S = 9648 Hours$; $P_S = 0.9015$; t=1000 hours

بالمقارنة مع المنتج الجديد وهو كتلة واحدة ذات تصنيع متكامل الكتروني، وذات دقة عالية، حيث تعتبر شدة أعطال العناصر المكونة له ذات قيم منخفضة (من مرتبة $10^{-7} - 10^{-8} .... h^{-1}$ $\lambda_1 =$) وبالتالي احتمال عدم التعطل يبلغ:

$P_S = 0.99999$; t=1000 hours.

لكن يلاحظ الحاجة لإضافة كتلة ثانية تحوي: دارات الملاءمة مع مداخل المتحكم، ودارات القيادة من مخارج المتحكم للأجهزة والعناصر التنفيذية.

بحساب شدة الأعطال لعناصر هذه الكتلة يتم الحصول على القيمةt=1000 hours
$\lambda_2 = 35.42$ (Per Million Hours) ; $P_2 = 0.9652$;
وهذا يؤدي إلى أن احتمال عدم تعطل المنظومة: $P_S = 0.9652$

بمقارنة حساب المميزات الكمية لعدم التعطل للمنظومة القديمة مع المميزات الكمية لعدم تعطل المنظومة الحديثة المقترحة يُلاحظ أن تحسناً ملحوظاً طرأ على وثوقية المنظومة(7%)، وهذه إحدى الايجابيات التي تقدمها المتحكمات المنطقية التي تتطور باطراد لتغطي كافة متطلبات الأتمتة الصناعية وتكون حلاً وتحسيناً للعديد من المشاكل.

النتائج والمناقشة:

1- لقد أثبتت أجهزة التحكم القابلة للبرمجة فعاليتها، وهي تتمتع بدرجة عالية من الوثوقية تصل إلى 0.9999 وفي النظام قيد البحث تم تحسين الوثوقية بنسبة 7%.

2- تم تحقيق ربح في زمن التعامل مع حالة إطفاء الحريق، (أي تحسين زمن التعامل مع الحالة بمعدل 36%).

3- تلعب أتمتة المعامل والمنشات الصناعية باستخدام المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة دوراً هاماً في زيادة وثوقية المنشاة، لأنه يسمح بأتمتة الصيانة الوقائية، بتأمين وتنظيم الكشف السريع عن الحرائق والأعطال، وتصغير حجم لوحة القيادة والأتمتة مقارنة مع تلك التي تستخدم الحواكم بمختلف أنواعها كما أن المتحكمات المنطقية تتميز بمرونة عالية من وجهة نظر تشخيص الأعطال وذات وثوقية عالية إذ يكفي إعادة تحميل البرنامج حتى تعاد المنظومة إلى العمل من جديد..

4- تم اختصار عدد الكتل في المنظومة من 4 كتل إلى كتلة واحدة صغيرة نسبياً.

5- تعاني ريليهات التحكم التماسية من مشاكل كثيرة ترتبط ببنيتها التصميمية (زمن الاستجابة)، وظروف الاستثمار(الوثوقية)، حيث يلاحظ أن الأزمنة الموضوعة في دارة إطفاء الحريق تأخذ قيم مجالية غير محددة بدقة، مثلاً تشغيل دارة إطفاء الحريق عند حدوث حريق يتم بعد انقضاء زمن sec(7-4) وهذا التراوح في الزمن سببه استخدام حاكمة زمنية حرارية قد تعمل خلال 4 ثواني أو قد تطول المدة حتى 7 ثواني تبعاً للظروف المحيطة.

6- باستخدام منظومة المتحكم المنطقي PLC أمكن توظيف عدد كبير من المؤقتات الزمنية(مؤقتات تأخير وصل TON، مؤقتات تأخير فصل TOF، مؤقتات نبضية TP) في برمجة عمل الدارة، والتي تم تحديد أزمنتها بدقة كبيرة حتى بضعة أجزاء من الميلي الثانية (msec) مما سمح بتحكم دقيق بأزمنة الفصل والوصل المبرمجة وضمن عدم حدوث أي تعارض في تسلسل وأزمنة بدء عمل عناصر المنظومة.

المراجع:

.....

1- **العامري** فاروق محمد أجهزة الإنذار لإطفاء الحريق إليكترونياً، مركز ناصر للدراسات الإلكترونية، القاهرة 1994.

2- **الكردي** عمار، **المحيميد** حسام الدين، **سحاري** باسل، الإلكترونيات الاستطاعية والمتحكمات (تصميم أنظمة القيادة والتحكم بالمحركات الكهربائية) ، دار شعاع للنشر والعلوم، حلب 2000.

3- دليل استخدام المتحكمات المنطقية نوع NAIS.

4- **طوشان** الياس، **طوقتلي** محمد سعيد، الوثوقية وكشف الأعطال جامعة حلب كلية الهندسة الكهربائية والالكترونية، 1995.

5- **عجيب** علي، المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة PLC، أكاديمية *الأسد للهندسة العسكرية*، حلب 2003.

6- ***مريشة*** شوقي، المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة وتطبيقاتها الهندسية، دار شعاع للنشر والعلوم، حلب 2003.

7- **موسى** حسان، الحساسات الأسس النظرية والتكنولوجية والاستثمار الصناعي دار شعاع للنشر والعلوم، حلب 1999.

8- **محمد خطيب** نزار، تصميم النظم باستخدام متحكمات PIC .دار شعاع للنشر والعلوم، حلب 2001.

9- دليل خاص بالمنظومة المدروسة صادر عن موسكو 1970

10 -Moeller 1998 Sucosoft S40 Programming Software

11- Mitsubishi Programmable Controller ,Beginner's Handbook. Mitsubishi Electric Corporation 1989.

12- Programmable Logic Controllers S.Brian Morris prentice-Hall International (UK) Limited ,London 2000

13- User Interface, NAIS Control, FPWIN PRO4 Programming Software, Matsushita 2003.

14- Power Control Circuits Manual R.M.Marston se-edition 1997.Newnes. Oxford

15- Industrial Electronics Frank D.Petruzella, International Edition 1996. Glencoe/McGraw-Hill, United State of America, New York

16- Guide Book Of Electronic Circuits, Second Edition 1997. Glencoe/McGraw-Hill, United State of America, New York