مجلة جامعة الزيتونة الدولية للنشر العلمي
Zaytoonah University International Journal for Scientific Publishing
Issue N.29-Vol.1 / ISSN:2958-8537

العدد التاسع والعشرون (29)، المجلد الأول
تاريخ 30 – 12 – 2024
(ص306 لـ ص328)

تصميم برنامج لإجراء الصيانة الوقائية باستخدام PLC وHMI

Design a Program to Conduct Preventive Maintenance using PLC and HMI

محمد ميلاد بيك | **أحمد احميده اسميو** | **حمزة امحمد حبريشة**
Mohamed Milad Beiek | **Ahmed Ehmaida Esmaiio** | **Hamza Emhemed Hebrisha**
MB925510440@gmail.com | a0925514022@gmail.com | hamzaheb4@gmail.com
قسم الهندسة الكهربائية والإلكترونية، كلية العلوم التقنية مصراته، مصراته، ليبيا

الملخص

نتيجة للتقدم الصناعي وسباق الإنسان مع الوقت، وسعيه الحثيث لزيادة الإنتاج، وتقليل التكلفة، كل هذه أدت إلى البحث عن أنظمة تحكم آلية، تكون ملائمة لهذه المتطلبات، مما أدى إلى تطور سريع في أنظمة التحكم الآلية، حيث يسعى الإنسان في العصر الحاضر لتحويل كل الإجراءات والترتيبات المصحوبة للعملية الصناعية إلى عمليات الية، أي يتم التحكم بها آلياً، وذلك للابتعاد عن الأخطاء البشرية، وتقليل التوقفات، حيث تم تصميم منظومات تحكم قابلة للبرمجة متعددة الأغراض والوظائف، والتي يمكن لها بأفكار بسيطة أومعقدة أن تحل محل العنصر البشري، ومن تم الوصول إلى أن يكون العنصر البشري يقوم بدور المراقبة والتطوير. في هذا البحث سوف نقوم بتصميم برنامج لإجراء الصيانة الوقائية باستخدام **PLC** و**HMI**، وسوف نستخدم برنامج **Step 7** و**Wincc** لمحاكة التصميم، وربط كل من **HMI** مع **PLC** باستخدام **MPI** أو**PROFIBUS**، ويعتبر هذا التصميم بشكل عام ولا يخص منشأة بعينها، حيث أن لكل منشأة خصوصيتها في عمليات الصيانة والتشغيل وهذا البرنامج يقوم بالصيانة الوقائية.

الكلمات المفتاحية: الصيانة الوقائية، التحكم المنطقي قابل للبرمجة PLC، شاشات HMI

Abstract

As a result of industrial progress and man's race against time، and his relentless pursuit to increase production and reduce costs، all of these reasons led to the search for automated control systems that are suitable for these requirements، which led

to a rapid development in automated control systems، as man in the present era seeks to transform all... The procedures and arrangements accompanying the industrial process are transformed into automated processes، that is، they are controlled automatically، in order to avoid human errors and reduce downtime. Programmable control systems with multi-purposes and functions have been designed، which، with simple or complex ideas، can replace the human element، and it has been Ensure that the human element plays the role of monitoring and development. In this research, we will design a program to conduct preventive maintenance using PLC and HMI. We will use Step 7 and Wincc to simulate the design، and connect each HMI with the PLC using MPI or PROFIBUS. This design is considered in general and does not relate to a specific facility، as each facility has its own privacy in maintenance and operation processes، and this program performs preventive maintenance.

Keywords: **preventive maintenance، PLC، HMI screens**

المقدمة

إن الصيانة بشكل عام تساهم بشكل مباشر في المحافظة على كفاءة المنشآت والآلات وإطالة عمرها، وتعتبر الصيانة الوقائية هي العمود الفقري لبرنامج الصيانة عموما، تتجه معظم الشركات المصنعة اليوم لإجراء الصيانة الوقائية للآلات آليا، وذلك باستخدام منظومات التحكم، ونتيجة للتطور الحاصل في الصناعة أصبح بالإمكان الاستغناء عن العنصر البشري في معظم المراحل الإنتاجية، وصارت مهمته رقابية، ومن هنا أصبحت الصيانة الوقائية إحدى المراحل التي يمكن التحكم فيها آليا، وذلك لتقليل التكلفة، وزيادة دقة الصيانة، وتحديد أوقاتها، ويمكن تتبع المشاكل بسهولة عند حدوث اي خلل.

سوف نقوم في هّذا البحث بتوضيح اهمية الصيانة الوقائية للمنشآت بشكل عام، ثم القيام بتصميم منظومة تحكم للتحكم في عملياتها الأساسية كالتشحيم والتزيت وتنظيف المصفيات والغسيل الدوري للآلات، والتي تصلح لكل الآلات المحتاجة لهده النوع من الصيانة مع بعض الاضافات البرمجية حسب طبيعة الالة.

سنقوم باستخدام برنامج **PLC – Step 7** الذي يعتبر واسع الاستخدام في معظم منشأتنا الصناعية وكذلك برنامج **HMI – Wincc Flexible** وهما من إنتاج شركة سيمنس الالمانية. سنقوم بالربط بينها برمجيا عن طريق المشبهات المصاحبة لكلا البرنامجين، وتنفيذ محاكة شاملة من المتحكم المنطقي المبرمج الى شاشات التحكم. وبهذا سنتعرف عن قرب عن هذا النوع من انظمة التحكم من خلال كتابة برنامج للتحكم بعمليات الصيانة وتصميم شاشات للمراقبة.

مفهوم الصيانة الوقائية:

تعرّف الصيانة الوقائية على أنّها مجموعةٌ من الأنشطة والإجراءات التي تتخّذها إدارة الصيانة، وذلك للحفاظ على الآلات والمعدّات في ظروفٍ جيدّة، وتجنّب الأعطال والخلل المفاجئ، من خلال معالجة أي قصـــور قبل وصوله إلى حالة من التعطّل أوالإخفاق. كما تجعل الأجهزة في حالة تشغيليّة جيّدة في كل الأوقات للحصول على خطوطٍ إنتاجيّة عالية الجودة، ضـمن تكلفةٍ معقولة ونظامٍ محدّد، وكذلك متطلبات الصـحة والسـلامة. يعتبر نظام الصيانة الوقائيّة الجيد نبض الصيانة الفعّالة، حيث يتوقّف نجاح برنامج الصيانة الوقائية على تحقيق أقل الأعطال، وكذلك أقل تكاليف الإصـلاح، لذلك يجب أن يكون نوعاً من التوازن بين أعمال الصـيانة التصـحيحية وأعمال الصـيانة الوقائية، فتسـاهم الصـيانة الوقائية في منع حدوث الأعطال. يتم حدوث الصـيانة الوقائية بصـورةٍ دورية، وحسـب خطّةٍ زمنيّة محددة، توضـع من قبل مصـنّعي الآلات، أومن قبل الفنيين ذوي الخبرة، والأخذ بعين الاعتبار مراجعة حالة المعدات، والكشـف عليها بما يسـمح باسـتمرارها في العمل دون تعرّضـها لأي توقّفٍ مفاجئ، كما تهتم الصيانة الإنتاجية بالمواعيد المحدّدة بصورةٍ دقيقة جداً .

أهميّة الصيانة الوقائيّة

تشـمل الصـيانة الوقائية مجموعة الأنشـطة والإجراءات التي تقوم بها إدارة الصـيانة للحفاظ على المعدَّات في ظروف تشغيل جيدة، ومحاولة تجنب الأعطال والخلل المفاجئ، من خلال معالجة أي قصور إن وجد قبل وصوله إلى حالة التعطل اوالإخفاق، وجعل الأصـــول في حالة تشـــغيلية جيدة في كل الأوقات، اوإعادتها الى الحالة الطبيعية الجيدة عندما تتعطل، وذلك للحفاظ على استمرارية عملها على خطوط الإنتاج، ضمن نظام محدد وتكلفة معقولة، حتى تكون جاهزة للإنتاج حســب المواصــفات المطلوبة، من حيث كمية ونوعية وجودة المنتجات ومتطلبات الســلامة والصحة المهنية، لحماية العاملين والممتلكات من أية أخطار، وللحفاظ على البيئة.

وتتم هذه الصـيانة بصـفة دورية وحسـب خطة زمنية موضـوعة تحدد من قبل مصـنعي الآلة أومن قبل الفنيين ذوي الخبرة القائمين بالصـيانة، مع مراجعة حالة المعدَّة والكشـف عليها بما يسـمح باسـتمرارها في العمل دون تعرضـها لأي توقف مفاجئ قدر الإمكان. وتهتم الصـــيانة الإنتاجية الشـــاملة بالقيام بالصـــيانة الدورية في المواعيد المحددة وبشكل دقيق.

ويعتبر نظام الصـــيانة الوقائية الجيد قلب الصـــيانة الفعالة وتتوقف درجة نجاح برنامج الصـــيانة الوقائية على تحقيق أقل وقت للأعطال، وكذلك أقل تكلفة للإصـــلاح، ولذلك يجب أن يكون هناك نوع من التوازن بين أعمال الصـــيانة التصـــحيحية وأعمال الصـــيانة الوقائية. والصـــيانة الوقائية تمكننا من منع حدوث الأعطال والانهيارات واكتشافها قبل حدوثها وإصلاحها.

وتتم عمليات الصيانة الوقائية بشكل يومي وأسبوعي وشهري، حيث يتم الفحص الدوري الظاهري لأجزاء ووحدات الآلة، وإجراء عمليات التنظيف والتشحيم والتزييت وتغيير واستبدال بعض الأجزاء اذا تطلب ذلك.

2.2 أهداف الصيانة الوقائية

تساعد الصيانة الوقائية على تحقيق ما يلي:

- زيادة الفعالية الكلية للمعدات: تساعد الصيانة على الحد من أعطال الآلات والمعدَّات والتجهيزات وجعلها في الحدود الدنيا، وتحرص على تحقيق لفعالية الكلية للمعدَّات، والمحافظة على جودة المنتجات، وجعل المخرجات في حدود الكميات المطلوبة والتكاليف المنخفضة، فهي بذلك تجعل العمليات الإنتاجية أكثر ملائمة وأكثر كفاءة واقل تكلفة.
- منتجات ذات جودة عالية: تؤدي الصيانة الوقائية الجيدة الى ارتفاع جودة المنتج بمطابقته للمواصفات المحددة.
- تجنب الأعطال المفاجئة: تعمل الصيانة الوقائية المستمرة على عدم حدوث أعطال كبيرة مفاجئة تؤدي إلى التوقف عن العمل.
- اطالة عمر الالة: تعمل الصيانة الجيدة على إطالة العمر الإنتاجي للأصل – الآلات والمعدَّات والتجهيزات، والاستغلال الأمثل لها، وانخفاض التكاليف الكلية للشركة.

أنشطة الصيانة الوقائية

تتم أنشطة الصيانة الوقائية باستخدام الحواس البشرية، الفحص، التثبيت، الضبط، النظافة، التزييت والتشحيم.

1. الحواس **Human Senses**: يستخدم المشغل وعامل الصيانة حواسهما في أثناء قيامهما بواجبهما اليومي بالمرور على جميع مكونات المعدَّات للتأكد من سلامتها. فيقوم المشغل على سبيل المثال باستخدام حاسة البصر في مراجعة قراءة العدادات المختلفة ومراجعة مستوى زيوت التزييت ومراجعة التوصيلات المختلفة لاكتشاف أي تسرب للمياه أوالزيوت واستهلاك الوقود أوطاقة الكهربائية، أوملاحظة أي اختلاف في لون دخان عادم محركات الاحتراق الداخلي. كما يستخدم حاسة السمع في تمييز الأصوات غير العادية التي تنجم عن هزات غير عادية في الآلات الدوارة اوفي اجزائها، نتيجة ارتخاء البراغي وصواميل التثبيت.

ويستخدم العامل حاسة الشم في اكتشاف الروائح التي تنجم عن احتراق عوازل كهربية نتيجة سخونة زائدة أونتيجة زيادة الأحمال الكهربية. ويستخدم حاسة اللمس في اكتشاف السخونة الزائدة في اجزاء المعدة، ويقوم على الفور إصلاح الخلل إذا كان فى إمكانه كمشغل القيام بذلك أوالقيام بتبليغ المسؤول عن الصيانة بالعطل. ومما سبق يتضح لنا أهمية استخدام الحواس في مراقبة تشغيل الآلات ويساعد ذلك في الاكتشاف المبكر للأعطال قبل

تعاظمها أوالتنبؤ بحدوث أعطال قبل وقوعها فيتم الاستعداد لها لإصلاحها على الفور. لكن الاعتماد على الحواس وحدها لا يكفي للتعرف على حالة الآلة، وخاصة اذا كانت هذه الآلة معقدة وحساسة، حيث يتطلب ذلك استخدام اجهزة قياس الحرارة والضغط والاهتزاز....

2. الفحص**Inspection**: لا بد من إجراء الفحوصات اللازمة لأي آلة أومنشأة من وقت لآخر فهي تفيد في الوقوف على حالة الأجزاء المختلفة للآلة والتعرف على الأجزاء التي أوشكت على التلف لاستبدالها.

3. التربيط (الشدّ والتثبيت **Bolting**): الربط بأحكام وشدّ وتثبيت أجزاء المعدَّات كالبراغي والصواميل، أمر هام لضمان سلامتها كما تقلل كثيرا من أعطال المعدَّات. فقد يؤدي وجود برغي غير مربوط بشكل جيد إلى حدوث عدم استقامة بين الآلة والمحرك الكهربائي، مما يؤدي إلى زيادة الاهتزازات وتآكل ناقل الحركة من المحرك إلى الآلة. كما أن أجزاء المعدَّات الدوارة تتعرض أجزاؤها للفكاك أوالارتخاء. وتلقي الصيانة الإنتاجية الشاملة بهذه المسئولية على المشغل لأنه يستطيع أن يقوم بهذا العمل بسرعة بدلا من إضاعة الوقت في الاتصال بقسم الصيانة وانتظار حضور أحد فنيي الصيانة.

4. التضبيط**Adjustment**: يجب إعادة ضبط المعدَّات بما يلاءم العملية الإنتاجية وقدرتها التصميمية، من حيث السرعة اوالحرارة اوالضغط. فعلى سبيل المثال، يساعد إعادة ضبط فراغ صمامات الهواء في محركات الاحتراق الداخلي في الحفاظ على كفاءة وقدرة المحرك.

5. النظافة**Cleaning**: النظافة تساعد على أن تعمل الآلات والأجهزة الدقيقة كالأجهزة الكهربائية وأجهزة الحماية والتحكم والقياس بصورة جيدة. كما تساعد النظافة على اكتشاف الأعطال وإصلاحها.

6. التزييت والتشحيم **Lubrication**: إن إتباع تعليمات الجهات الصانعة والجهات المختصة بإنتاج زيوت التزييت في اختيار أنواع الزيوت والشحوم المناسبة لكل آلة وظروف تشغيلها والزيوت والشحوم التي تناسب الصيف والشتاء. كما يجب الالتزام بتغيير الزيوت بعد انقضاء ساعات تشغيلها.

خطة الصيانة الوقائية

يقصد بخطة الصيانة الوقائية جميع الخطوات اللازم اتخاذها لوضع نظام متكامل للصيانة الوقائية لأي مصنع. وتختلف هذه الخطة من مصنع لأخر، فخطة صيانة وقائية لمصنع للطوب تختلف عن خطة الصيانة لمصنع للإلكترونيات، كما وتتفاوت خطط الصيانة الوقائية من حيث التعقيد بتفاوت حجم المصنع وتعقيده.

وتشمل الصيانة الوقائية كل من الصيانة الدورية، والصيانة التوقعية:

أ–الصيانة الدورية

تشمل الصيانة الدورية التنظيف والفحص والتفتيش الدوري على المعدَّة، واستبدال بعض الأجزاء والمكونات قبل تلفها، لمنع الإخفاق المفاجئ للمعدة، وبالتالي تعطل العملية الانتاجية. ولذلك فان الفترة الدورية للتغيير

تعتمد على العمر الافتراضي المعتاد أوالمتوقع لهذا الجزء. ويتم تخطيط هذه الصيانة مسبقا دون خروج المعدَّة عن الخدمة، طبقا لتوصيات الشركة المنتجة.

ب–الصيانة التنبؤية

وتشمل جميع أعمال الصيانة التي تتم للمحافظة على أجزاء المعدَّة المهمة حتى نهاية عمرها الافتراضي (**Useful life**)، من خلال المراقبة الدورية لبعض العناصر التشغيلية الأساسية، لملاحظة أي تغير قد يتسبب في الإقلال من كفاءة الأداء، وذلك قبل وصولها إلى حالة الإخفاق الكامل. وهذا النوع من الصيانة يحاول اكتشاف الأعطال عن طريق التنبؤ بحالة المعدَّة الداخلية، من خلال فحص درجة الحرارة في بعض النقاط على المعدَّة، وكذلك قياس الاهتزازات على نقاط معينة للمعدات.

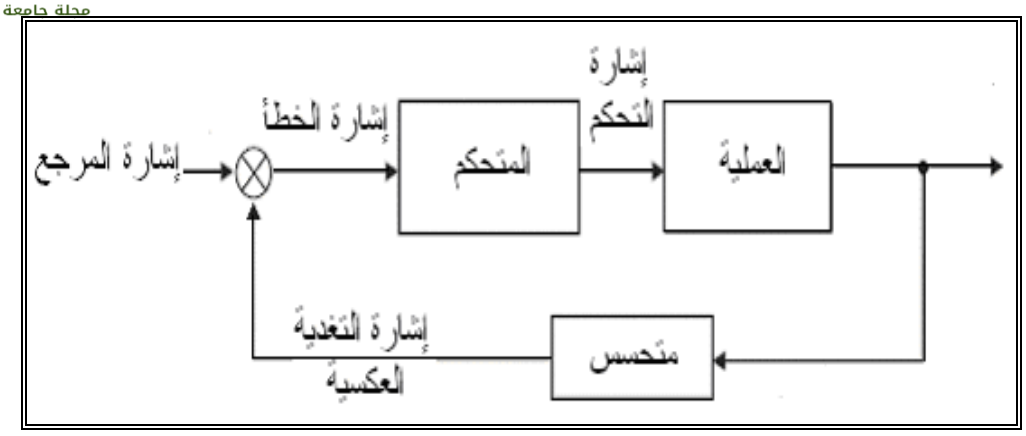
3. مفهوم التحكم الآلي:

التحكم الآلي ويعنى به السيطرة الكاملة على العمليات الصناعية والأجهزة والمعدات داخل الوحدة الصناعية وذلك للحصول على الإنتاج الذي أنشئت من اجله تلك الوحدة، ويتم ذلك بإحدى منظومات التحكم. وللتحكم الآلي تطبيقات عديدة مثل إنتاج وتكرير النفط، الصناعات بشتى أنواعها، الملاحة الجوية، التطبيقات الحربية ومحطات توليد الكهرباء.

المكونات الأساسية لمنظومات التحكم

يمكن تعريف منظومة التحكم على أنها مجموعة من المكونات التي تربط مع بعضها لتتحكم في غيرها من النظم بالشكل المطلوب، وكما في الشكل (1.2) غالبا ما تتكون من الآتي:

1. المرجع (**Reference**): هي إشارة خارجية تطبق على نظام التحكم وذلك لغرض توجيهه للوصول إلى هذه الإشارة وغالبا ما تعطى من قبل العنصر البشري.
2. الدخل أوالتغذية العكسية (**Input Or Feedback**): هومتغير يتم الحصول عليه من المتحسسات الموجودة في النظام وهي تبين للمتحكم حالة النظام المتحكم به.
3. الخطأ (**Error**): هوعبارة عن الفرق بين إشارة التغذية العكسية وإشارة المرجع ويسمى أيضا بعنصر المقارنة لأنه يقارن بين الإشارتين ويقوم الحاكم بإجراء هذه العملية.
4. إشارة التحكم (**Control Signal**): هوالمتغير الناتج عن المتحكم ويتم تسليطه على النظام المتحكم به بواسطة عنصر التحكم النهائي لتغيير من حالة النظام وتوجيهه إلي المطلوب.



الشكل (1) المكونات الأساسية لمنظومة التحكم

لوحات التحكم Control Panels:

وهي عبارة عن الواجهة التي تمكن العنصر البشري من فهم ومتابعة العملية الصناعية وذلك من خلال أجهزة التبيين (**Indicators**)، ومصابيح التبيين (**Indication Lamps**)، كما تمكن المشغل (**Operator**) بالتدخل لتصحيح الأخطاء في عملية التحكم من خلال تعديل في القيم المرجعية (**Set points**) لمنظومة التحكم. إن غرف التحكم المتطورة تستخدم أجهزة الحاسوب في عملية عرض العمليات الصناعية ببرامج تعرف باسم ("**Human Machine Interface "HMI**) ومن خلال هذه البرامج يمكن مخاطبة نظام التحكم والتغيير في نقاطه المرجعية، وكذلك يقوم بتسجيل كل الأحداث الطارئة التي تحدث في العملية بدقة عالية جدا**[4]**.

مفهوم المتحكم المنطقي المبرمج PLC

هي أجهزة تحتوي على معالج وتستعمل ذاكرة يمكن برمجتها لغرض تخزين برنامج أوتعليمات المستعمل لتنفيذ مهام محددة مثل دوائر المنطق والتوقيت والعد وإجراء العمليات الحسابية. وتعتمد في تصنيعها على أشباه الموصلات، كما يمكنها استقبال إشارات دخل وإرسال إشارات خرج وفقا لبرنامج منطقي. ويتم التحكم في عمل الآلات والمعدات من خلال مداخل ومخارج رقمية وتماثلية وفقا للبرنامج المسبق الذي تم إعداده لتنظيم عملية السيطرة ولتحقيق درجة عالية من الاعتمادية حيث أن المداخل تمثل مفاتيح (**Limit Switches**)، ومفاتيح (**Proximity Switches**) وغيرها. والمخارج تمثل صمامات الملف اللولبي (**Solenoid Valves**)، والمرحلات المساعدة وغيرها من المشغلات.

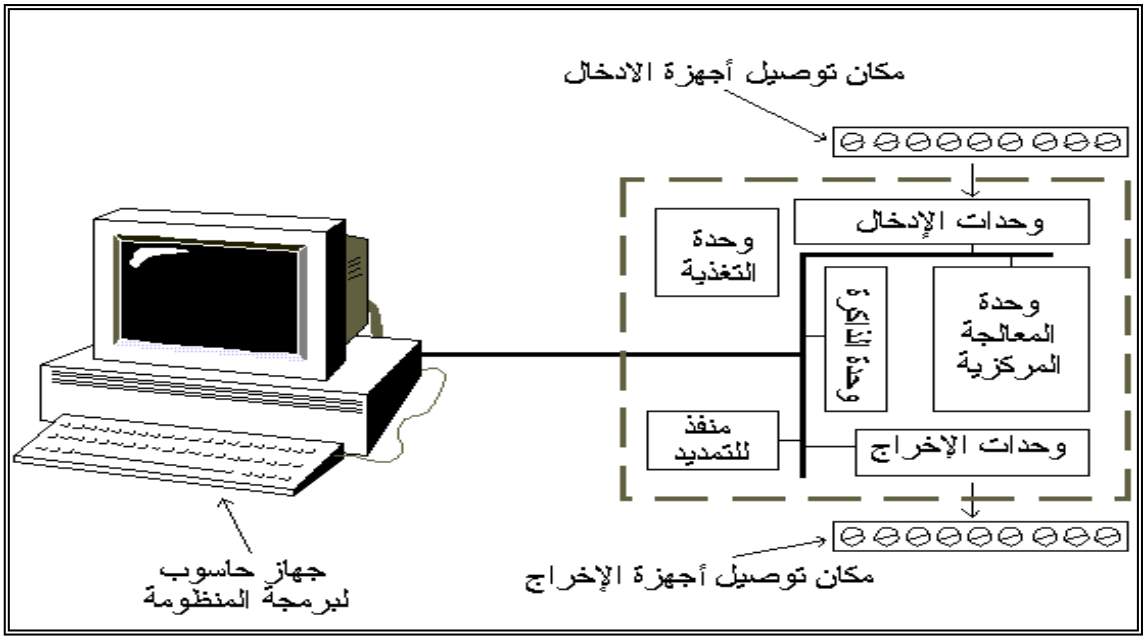
تركيب منظومة التحكم المنطقي المبرمج PLC

إن منظومة التحكم المنطقي المبرمج كغيرها من الأجهزة المعتمدة على البرمجة فإنها بشكل عام تتركب من قسمين هما الكيان المادي (**Hardware**) والكيان المعنوي (**Software**) وفيما يلي سنوضح كلا الجزأين:

الكيان المادي **Hardware**:

يشـــمل الكيان المادي جميع الأجزاء الملموســـة التي تتكون منها المنظومة وهي كما في الشـــكل (2)، وهذه الأجزاء تكون كالتالي:

1. **وحدة المعالجة المركزية ("Central Processing Unit "CPU**): وتعرّف على أنها عقل المنظومة وتتكون من معالج أوأكثر، وتقوم بجميع العمليات الحسابية والمنطقية وذلك عن طريق وحدة الحساب والمنطق. كما أنها تصـــدر إشـــارات التحكم التي تنظم عمل المنظومة، وتقوم أيضـــا بتنفيذ برنامج التحكم الذي يكون مخزن في الذاكرة حيث تقوم بقراءة حالة أجهزة الإدخال وقراءة البرنامج المكتوب في الذاكرة، ثم تتخذ القرار وتحوله إلى وحدات الإخراج لغرض التغيير من حالة النظام المتحكم به حســـب المطلوب.كما تقوم وحدة المعالجة المركزية بعمليات العدادات والمؤقتات ومقارنة البيانات. وتقوم كذلك بعمليات التحكم المستمر كعملية التحكم التناسبي التفاضلي التكاملي وغيرها من العمليات المساعدة في إنجاز وتنفيذ برنامج التحكم.



الشكل (2) مكونات منظومة التحكم المنطقي المبرمج

1. **وحدة الذاكرة (Memory Unit)**: إن ذاكرة منظومة التحكم المنطقي المبرمج تنقســـم إلى ثلاث أنواع:

أ. **ذاكرة القراءة فقط ("Read Only Memory "ROM)**: وهذه الذاكرة لا تفقد محتوياتها بانقطاع التيار الكهربائي. وتســـتخدم في حفظ برنامج نظام التشـــغيل للمنظومة، وهي ذاكرة مصـــنعة بحث لا يمكن للمستخدم التغير في محتوياتها.

ب. ذاكرة الوصول العشوائي ("RAM" Random Access Memory): وهذه الذاكرة تفقد محتوياتها بانقطاع التيار الكهربائي. ولكن عند استخدامها مع منظومة التحكم المنطقي المبرمج فإنه يتم حمايتها بنضيدة (Backup Battery) ويخزن في هذه الذاكرة كل متغيرات منظومة التحكم المنطقي المبرمج كعناوين وحدات الإدخال والإخراج، وكذلك برنامج التحكم الذي يمكن تعديله من وقت لآخر من قبل المستخدم.

ج. ذاكرة القراءة فقط القابلة للبرمجة والمسح كهربائيا

"EEPROM" Electrical Erasable Programmable Read Only Memory:

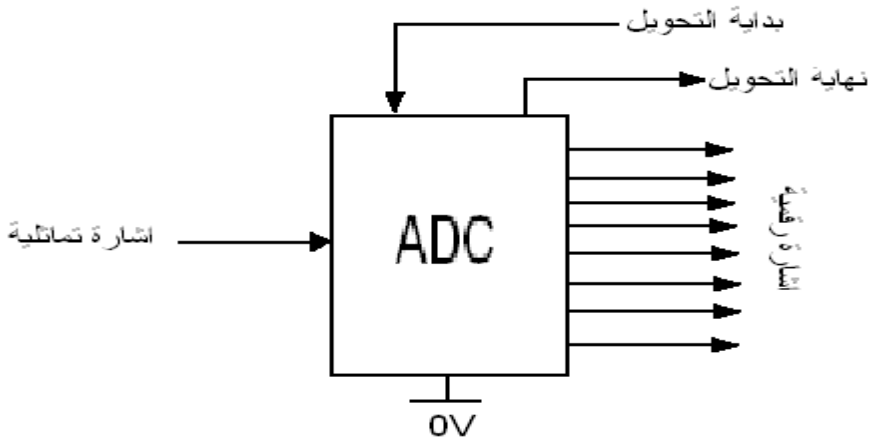
وتقوم هذه الذاكرة بنفس وظيفة ذاكرة الوصول العشوائي، غير أنها لا تحتاج إلى نضيدة لحماية بياناتها من الضياع عند انقطاع التيار الكهربائي وتستخدم في المنظومات التي لا يمكن توقيف عملها من اجل تغير النضيدة لذاكرة الوصول العشوائي.

الجدول (1) يوضح باختصار تقسيم هذه الذواكر ووظيفة كل نوع

نوع الذاكرة	الوظيفة
الذاكرة الدائمة (ROM)	نظام التشغيل (Operating System)
ذاكرة القراءة والكتابة (RAM)	متغيرات النظام (System Variables)
	برنامج المستخدم (User's Program)
	متغيرات المستخدم (User Variables)
EEPROM or EPROM اختيارية	برنامج المستخدم (User's Program)

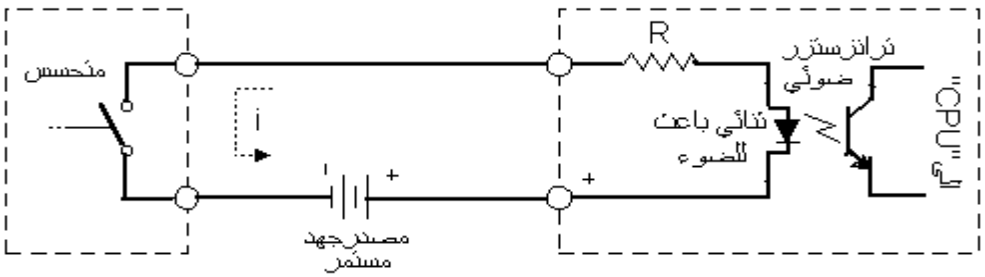
3. وحدات الإدخال (Input Units): إن هذه الوحدات تقوم بعمل الوسيط بين إشارات الإدخال القادمة من المتحسسات ووحدة المعالجة المركزية. تحول وحدة الإدخال الإشارة الداخلة إلى إشارة رقمية تفهمها وحدة المعالجة المركزية وهي تختلف باختلاف إشارة الإدخال ومن أهم أنوعها:

أ. وحدة إدخال تماثلية (Analog Input Unit): تقوم هذه الوحدة بتحويل إشارة الإدخال التماثلية القادمة من المتحسسات التماثلية إلى إشارة رقمية، ويتم ذلك عن طريق وحدات تعرف بـ("ADC" Analog To Digital Converter) وترسل الإشارة بعد تحويلها إلى وحدة المعالجة المركزية (CPU). والشكل (3) يوضح التمثيل الصندوقي لهذه المحولات.



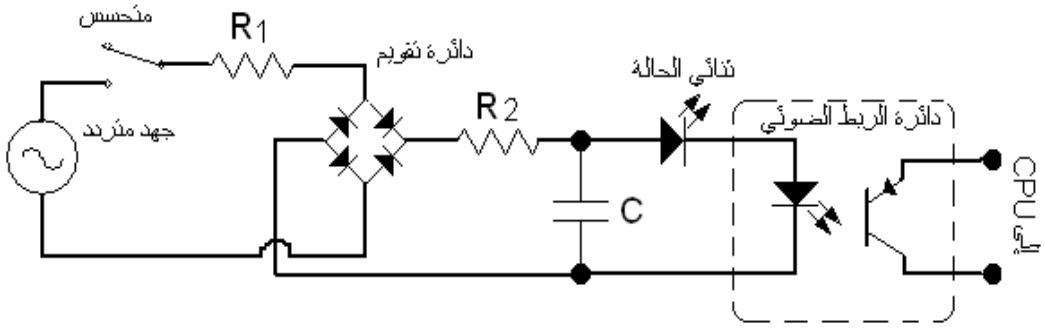
الشكل (3) محول تماثلي رقمي

ب. وحدة إدخال إشارة رقمية ذات جهد مستمر (DC Voltage Digital Input Unit): تستخدم هذه الوحدة لإدخال إشارة رقمية ذات جهد مستمر، حيث تقوم هذه الوحدة بتخفيض الجهد إلى (5Vdc) كما أنها تعمل على عزل جهاز التحسس الخارجي عن المتحكم المنطقي المبرمج وذلك لحماية المتحكم من الأعطال الخارجية. وتتم هذه العملية باستخدام الدائرة الإلكترونية الموضحة بالشكل (4) حيث عندما تكون الإشارة الداخلة في وضع (1) فان الثنائي الباعث للضوء (Light Emitting Diode "LED") يشتغل وبذلك يحفز الترانزيستور الضوئي (Phototransistor) ليغلق الدائرة الداخلية وبذلك تصدر إشارة كهربائية قيمتها (5Vdc) وترسل إلى وحدة المعالجة المركزية.



الشكل (4) وحدة إدخال إشارة رقمية ذات جهد مستمر

ج. وحدة إدخال إشارة رقمية ذات جهد متردد (AC Voltage Digital Input Unit): تقوم هذه الوحدة بتحويل الإشارة الرقمية ذات الجهد المتردد إلى إشارة ذات جهد المستمر، وذلك عن طريق الدائرة الإلكترونية الموضحة بالشكل (5). تقوم هذه الدائرة بتقويم الإشارة ليتم استخدامها في تشغيل الثنائي الباعث للضوء (LED) الذي يشغل بدوره الترانزيستور الضوئي (Phototransistor) وبذلك تنتقل الإشارة إلى وحدة المعالجة المركزية.

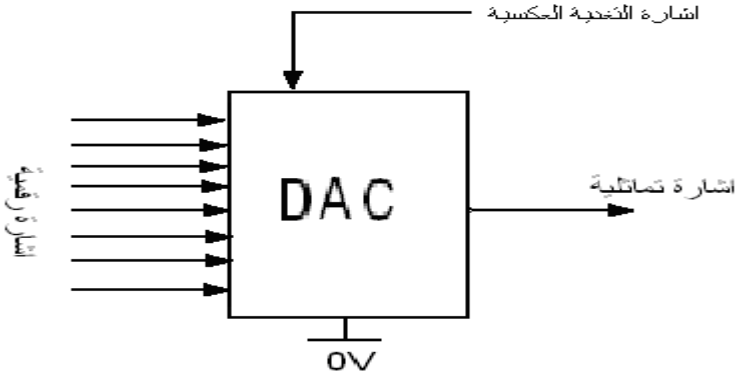


الشكل (5) وحدة إدخال إشارة رقمية ذات جهد متردد

كما يوجد أنواع أخرى من وحدات الإدخال والتي تستخدم في أغراض خاصة مثل وحدة عد النبضة (Pulse Counter Unit) وغيرها.

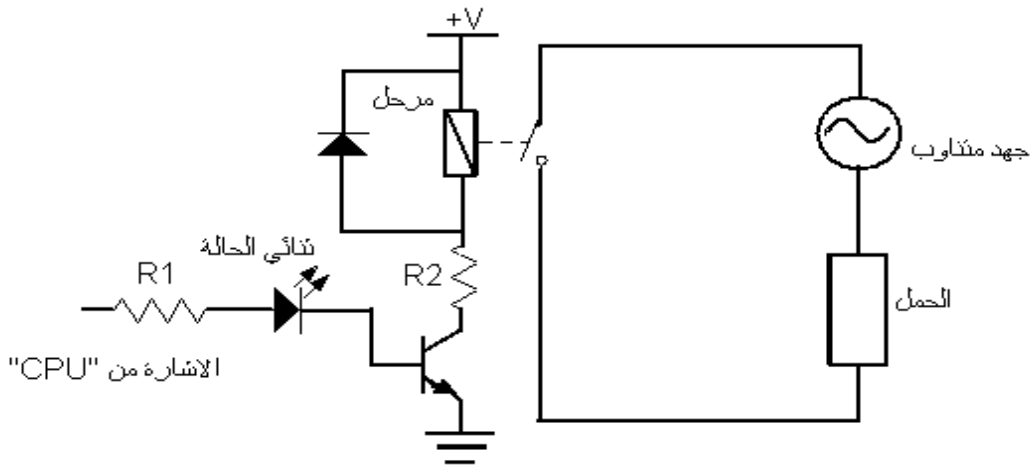
4. وحدات الإخراج (Output Units): هي وحدات تستلم الإشارة من وحدة المعالجة المركزية (CPU) وتقوم بتحويلها إلى إشارات تتلاءم وطبيعة عمل المشغل (Actuator) المستخدم في عملية تصحيح الخطأ ومن أهم أنواعها:

أ. وحدة إخراج تماثلية (Analog Output Unit): وهي وحدة إخراج تقوم بتحويل الإشارة الرقمية الصادرة عن وحدة المعالجة المركزية (CPU) إلى إشارة تماثلية، وذلك عن طريق وحدات تعرف ب (Digital To Analog Converter "DAC") ويتم استخدام الإشارة المحولة في تشغيل المشغلات التماثلية. ويتم تحويل الإشارة الرقمية إلى تماثلية بتركيبة من المقاومات ومكبر العمليات ويكون التمثيل الصندوقي لها كما في الشكل (6).



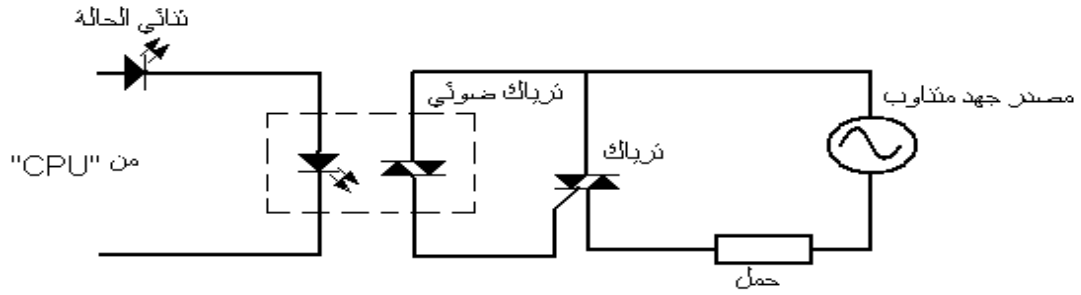
الشكل (6) محول رقمي تماثلي

ب. وحدة إخراج باستخدام المرحل (Relay Output Unit): وهى وحدات تستخدم المرحلات في إخراج الإشارة وغالبا ما تستعمل مرحلات بجهد (5Vdc)، ويمكن لملامساتها تشغيل دوائر ذات جهد يصل إلى (220Vac). وهي من وحدات الإخراج الرقمية ويمكن استخدمها مع الجهد المستمر والجهد المتناوب. والشكل (7) يوضح هذا النوع من وحدات الإخراج.



الشكل (7) وحدة إخراج باستخدام المرحل

ج. وحدة إخراج باستخدام التريك (Triac Output Unit): تستخدم هذه الوحدة مع التيار المتناوب وهى عبارة عن تريك ضوئي مربوط مع ثنائي باعث للضوء حيث عندما يضيء الثنائي يعطي إشارة إلى التريك كي يغلق الدائرة الكهربائية المتصلة معه والشكل (8) يوضح ذلك.



الشكل (8) وحدة إخراج باستخدام التريك

5. وحدة التحميل والمراقبة (Loading And Monitoring Unit): وهي عبارة عن أجهزة حاسوب مجهزة ببرنامج التحكم الخاص بمنظومة التحكم المنطقي المبرمج. تربط هذه الأجهزة إلى المنظومة وعن طريقها يتم كتابة برنامج التحكم بإحدى لغات البرمجة، ثم يتم تحميله إلى منظومة التحكم المنطقي المبرمج. كما يتم مراقبة البرنامج بعد تشغيله عن طريق هذه الحواسيب وتربط طابعة لهذه الحواسيب لتسجل أي حالة غير عادية تحدث في النظام المتحكم به. كما يتم أيضا عن طريق هذه الحواسيب إجراء عمليات التجاوز (Bypass) أوعمليات الإجبار (Forcing) لمدخلات ومخرجات المنظومة.

6. مزود الطاقة (Power Supply): تقوم هذه الوحدة بتوفير الجهد اللازم للمنظومة ككل، وهى عبارة عن وحدة مكونة من محول ودائرة تقويم إضـــافة إلى منظم جهد حيث يتم تحويل الجهد المتردد (220Vac) إلى جهد مســـتمر بمقدار (5Vdc) يغذى هذا الجهد إلى وحدة المعالجة المركزية مع وحدات الإدخال والإخراج. كما يتم حماية وحدة المعالجة المركزية وتأمين استمرارية عملها عن طريق نضيدة تعرف ب (Backup Battery).

الكيان المعنوي (Software):

ويعني كل البرمجيات المســـتخدمة في إنجاز عملية التحكم والتي تكون محملة إلى ذاكرة المتحكم القابل للبرمجة حيث تنقسم هذه البرامج إلى نوعين:

1. برنامج نظام التشـــغيل (Operating System Program): وهوبرنامج يخزن في الذاكرة الدائمة (ROM) أي أنه يأتي من الشـــركة المصـــنعة ولا يمكن تغييره أوالتعامل معه من قبل المســـتخدم، ووظيفة هذا البرنامج هوتنظيم العمل بين أجزاء منظومة التحكم المنطقي المبرمج.

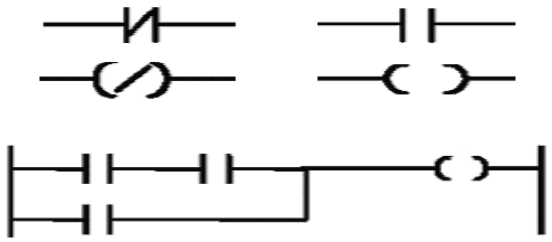
2. برنامج المستخدم (User's Program): وهذا البرنامج هوالذي يتعامل معه المستخدم مباشرة ويخزن في الذاكرة المحمية (Protective RAM) ويتم من خلاله كتابة ومراقبة برنامج التحكم. حيث يحوي جميع الأدوات والدوال المستخدمة لإنجاز برنامج التحكم ويتم التعامل مع هذا البرنامج باستخدام عدة لغات برمجة.

لغات البرمجة (Programming Languages):

لغة البرمجة هي مجموعة من الأوامر التي تعطى لمنظومة التحكم المنطقي المبرمج وذلك لتؤدي مهمة معينة. من أهم لغات البرمجة المستخدمة في برمجة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة:

1.المخطط المنطقي السلمي ("Ladder Logic Diagram "LAD):

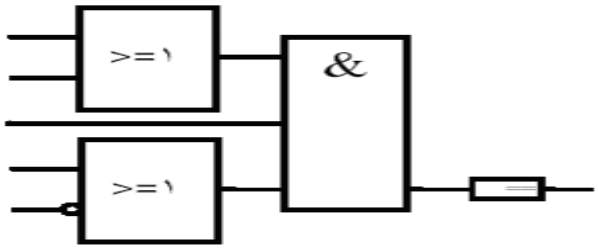
وهوعبارة عن شـــكل تخطيطي يســـتخدم لتصـــميم وتحليل نظم التحكم الرقمية، وســـبب تســـميته بالســـلم (Ladder) ذلك لأنه يشـــبه الســـلم بحواجزه ودراجاته وهذه اللغة تشـــبه كثيراً مخططات المرحلات (Relay Diagram)، حيث أن مخطط المرحلات يكون في وضـع أفقي بينما المخطط السـلمي يكون في وضـع عمودي. يتكون المخطط الســـلمي من خطين عموديين إحداهما في الجهة اليســـرى ويمثل القطب الموجب، والآخر في الجهة اليمنى ويمثل القطب السـالب (الأرضـي). وترسـم رموز المداخل من الناحية اليسـرى بينما ترسـم رموز المخارج من الناحية اليمنى والشكل (9) يوضح رموز المخارج والمداخل وكذلك طريقة رسم المخطط السلمي.



الشكل (9) المخطط السلمي

2 . لغة المخطط الصندوقي الوظيفي (Function block diagram):

تعطي هذه اللغة طريقة أخرى لكتابة برنامج التحكم حيث تعتمد على استخدام البوابات المنطقية الأساسية في كتابة البرنامج، كما يوجد بها صناديق وظيفية أخرى كل صندوق يعبر عن الوظيفة التي يقوم بها مثل المؤقتات والعدادات وغيرها من الدوال المستخدمة في عمليات التحكم والشكل (10) يوضح طريقة كتابة هذه اللغة.



الشكل (10) المخطط الصندوقي الوظيفي

3 . البرمجة بلغة قائمة الإجراءات (Statement List):

تختلف هذه اللغة عن اللغتين السابقتين حيث لا تستخدم أي مخططات أورسومات بل يتم التعبير عنها برموز هجائية وتتكون من خطوط إجرائية منفصلة ويكتب على يمين هذه الخطوط توضيحات المداخل والمخارج. ويمكن بواسطتها كتابة برنامج تحكم، ولكن من عيوبها هوأنه لا يمكن إجراء عملية التشبيه أوعملية الاجتياز على البرامج المكتوبة بهذه اللغة. والمثال الآتي يوضح طريقة كتابة هذه اللغة.

```
A    A
A    B
A    C
     O
A    D
A    E
=    Q
```

دورة عمل أجهزة التحكم القابل للبرمجة (PLC Scanning):

يتم تنفيذ البرنامج داخل المتحكم القابل للبرمجة خلال عملية متكررة تسمى دورة العمل وهذه العملية تمر بعدة مراحل هي:

1. قراءة حالة المداخل (Read Inputs).
2. تنفيذ البرنامج (Execute Program).
3. تحديث حالة الإخراج (Update Outputs): وهذه العملية تتم في زمن محدد يعرف بزمن الدورة أوزمن المسح (Scanning time).

شاشات التواصل مع المشغل (Human machine interface) HMI

الشاشة HMI: وهي اختصار Human Machine Interface وهي الواجهة التي تربط الآلة بالإنسان، حيث تستخدم هذه الشاشات في التحكم الالي وذلك بربطها مع نظام PLC، ويمكننا من خلال هذه الشاشة مراقبة عمل الالة وتغيير كل بارامترات الالة وذلك بالتنسيق مع جهاز PLC وبالتالي يمكننا اختصار كل الأزرار والمقاييس الموجودة في لوحات التحكم التقليدي بهذه الشاشة، ويمكن ان تكون هذه الشاشات مزودة بأزرار اوتكون شاشات لمس.

مميزات شاشات HMI:

- عرض التنبيهات الخاصة بالآلة اوالعملية.
- تغير نقاط الضبط والبارامترات المصاحبة للعملية المراد التحكم بها.
- من خلال البيانات يمكن معرفة حالة الالة اوالمعدة.
- عرض العملية بطريقة سهلة يمكن للمشغل فهمها والتعامل معها.

البرامج المستخدمة في برمجة شاشات HMI اعتماداً على الشركة المصنعة فهناك عدة برامج مثل WinCC لشركة سيمنس أوCimplicity لشركة GE وغيرها من البرامج.

كما يجب ايضا معرفة طرق الربط بيه هده الشاشات والمتحكم المنطقي المبرمج فى الجانب العملي من البحث

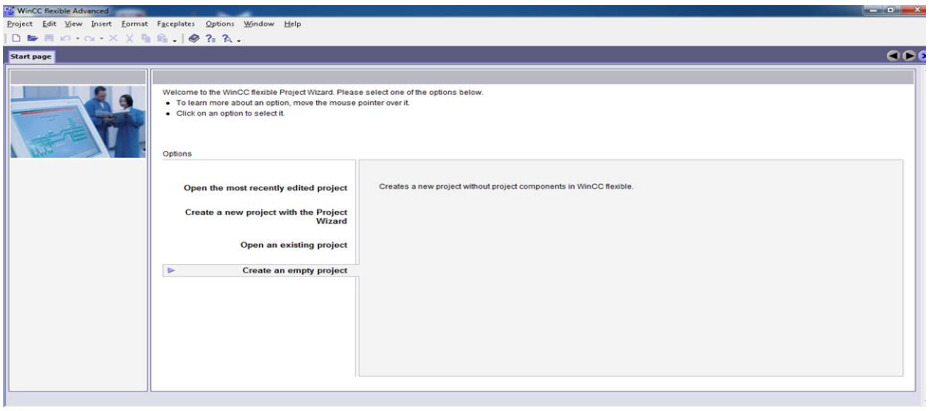
الجانب العملي:

سيتم تقديم الجانب العملي لهذا البحث والذي سيتم تقسيمه الى جزئين، جزء خاص بالشاشة HMI حيث سيتم تصميم نوافد لكل عملية من عمليات الصيانة الوقائية عن طريق برنامج Wincc والجزء الاخر سيكون خاص بالمتحكم المنطقي المبرمج PLC حيث سنقوم بتصميم دوائر تحكم والتي ستكون مسؤولة عن عملية التحكم في العمليات كل عملية على حده، ثم ومن خلال اتباع الخطوات الدرجة في كتيبات المصنع سنجري المحاكاة Simulation لعمليات الصيانة الوقائية باستخدام برنامج Step7 والذي سيكون مصحوبا بميزة المحاكاة، وهي عبارة عن ميزة خاص بالمحاكاة تأتي مع برنامج اسمها S7-PLCSIM وعن طريق ربط برنامج الشاشة بالمتحكم يمكن لنا اجراء محاكاة كاملة وذلك باستخدام برنامج لشاشة HMI مصحوبة بميزة Runtime simulator.

سوف نركز في الجانب العملي على طريقة البرمجة وإضافة العناصر HMI وكيفية ربطها معPLC، وكذلك سنقوم بتصميم برنامج لتحكم بعمليات الصيانة وأوقاتها باستخدام Step 7 وسنربطه معHMI ونجري عملية محاكاة متكاملة من الشاشة إلى منظومة التحكم. هذا البرنامج سوف يتحكم في ثلاث عمليات هي التشحيم الآليAuto Greasing، تنظيف المصفيات Filter Cleaning الغسيل الداخلي للآلة Auto Washing. عند اضافة البرنامج الى ماكينة تشتغل فأننا نحتاج الى ايقاف الماكينة واجراء عملية تحميل للبرنامج للمتحكم وأضافت البرنامج الذي يحتوي الصيانة الوقائية المطلوبة.

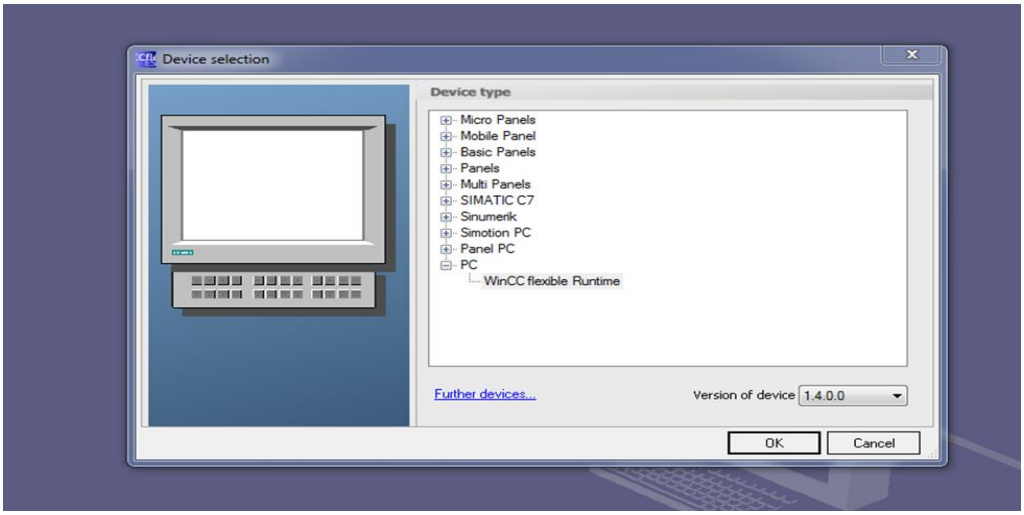
برنامج Wincc HMI:

هذا البرنامج يستخدم لبرمجة HMI من إنتاج شركة سيمنس الألمانية، وهوبرنامج معروف في وسط التحكم الآلي، وتم تطويره مؤخراً ودمجه في برنامج TIA Totally Integrated Automation سوف نقوم خطوة بخطوة انشاء أربع واجهات Screens للجانب العملي وبعد استكمالها سنربطها مع PLC. بعد النقر على ايقونة البرنامج تخرج لنا هده الشاشة:



الشكل (11)

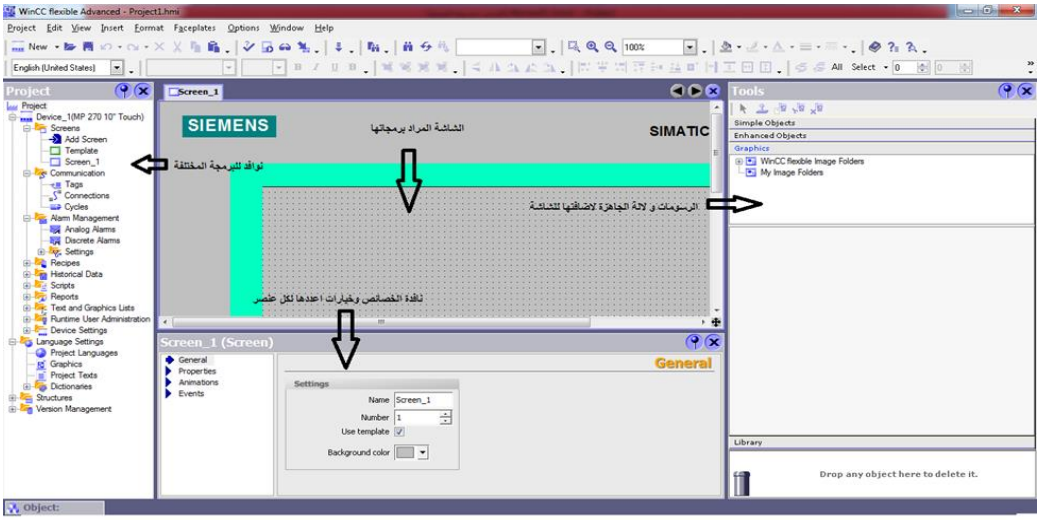
نضغط على Create an empty project سوف تظهر لنا شاشة لاختيار نوع HMI المراد استخدامها في المشروع كما يلي:



الشكل (12)

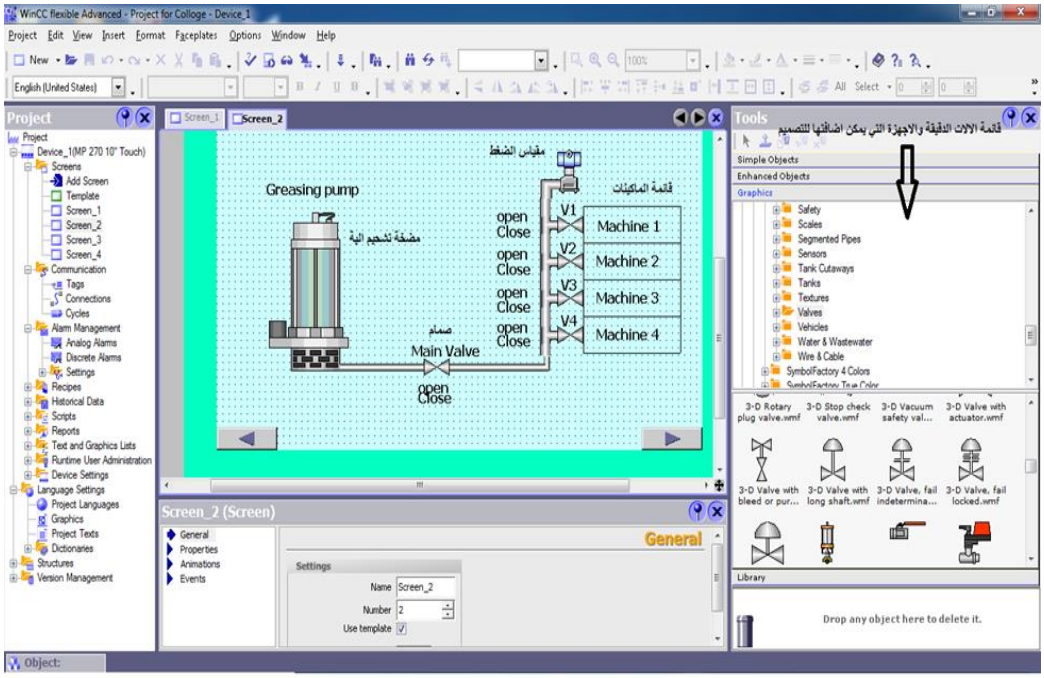
بعد اختيار الشاشة تخرج لنا هده الواجهة:

والتي من خلالها يمكن تصميم الشاشات واختيار طرق التوصيل واضافة العناصر.



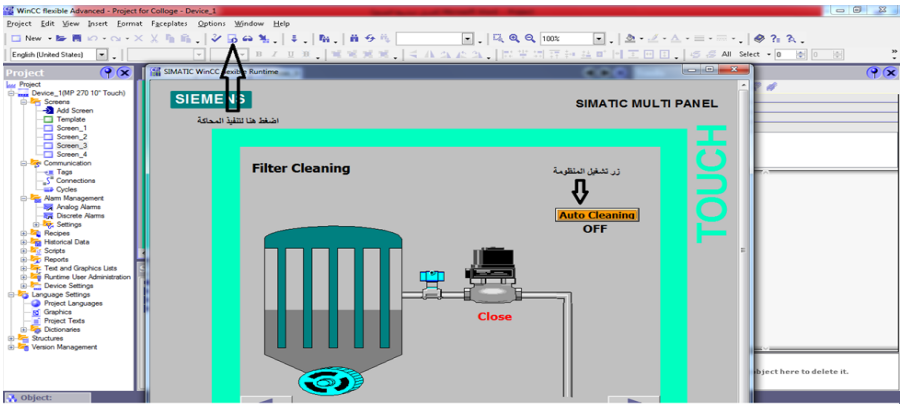
الشكل (13)

تأتي بعد دلك نافدة التشـــحيم الالي Auto Greasing وهي نافدة التحكم للصـــيانة الوقائية القائمة على عملية للتشـــحيم للآلات الميكانيكية المعتمدة على التشـــحيم لتســـهيل حركتها وزيادة كفاءتها، يوجد بهذه النافدة مضخة التشحيم الالية وصمامات النظام وكذلك خطوط نقل الشحم للماكينات.



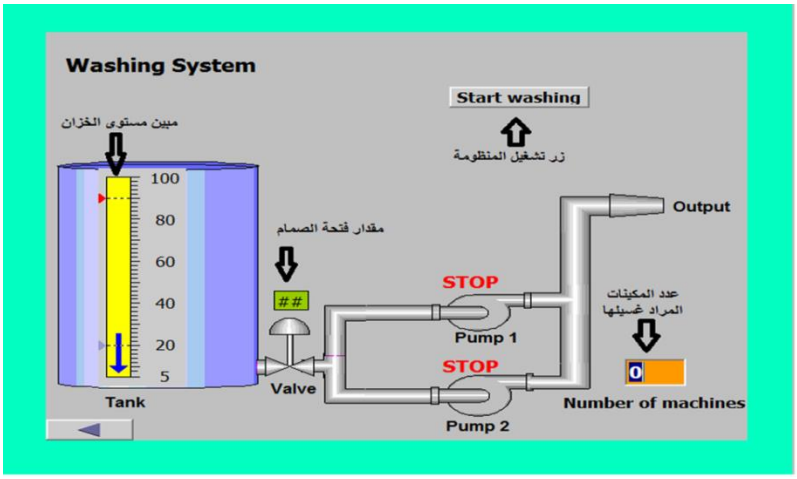
الشكل (5.4)

تأتي بعد ذلك شاشة وحدة تنظف المصفيات اليا Filter Cleaning وهي تحتوي على صمام يقوم بالفتح والغلق بشكل منتظم لدفع الهواء المضغوط داخل الفلتر، ومن ثم إنشاء خلخلة في الفلتر وهذه العملية ينتج عنها تنظيف المصفى وسقوط الأتربة في مجرى أسفل المصفى ليقوم محرك بتدوير عامود لنقل الأتربة خارج المصفى.



الشكل (14)

الشاشة الرابعة يوجد بها الغسيل الداخلي الآلي للمكينات وهي شاشة تحوي خزان المنظف وصمام يفتح حسب عدد المكينات المراد تنظيفها ويوجد ايضا مضختان لضخ المنظف داخل المكينات.



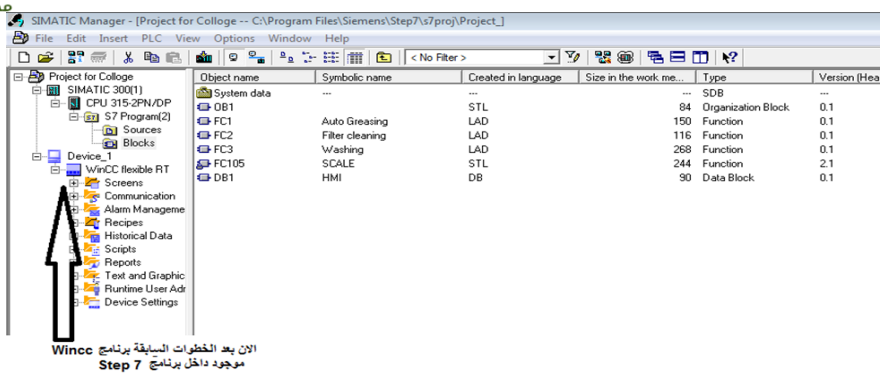
الشكل (15)

خطوات الربط: يمكن الربط بين هده الشاشات مع منظومة التحكم المنطقي المبرمج عن طريق الآتي:

أولاً: قم بإنشاء برنامج جديد داخل برنامج Step 7 واعطي له اسماً واحفظه.

ثانياً: من برنامج Wincc من قائمة project اضغط على Integrate in step 7.

ثالثاً: الآن برنامج Wincc موجود داخل Step 7 ومن هنا يمكن إجراء عملية محاكة مشـــتركة بين HMI وPLC.



الشكل (16)

رابعاً: قم بإنشاء Data block داخل step 7 تكون خاصة بتوصيلات الشاشة.

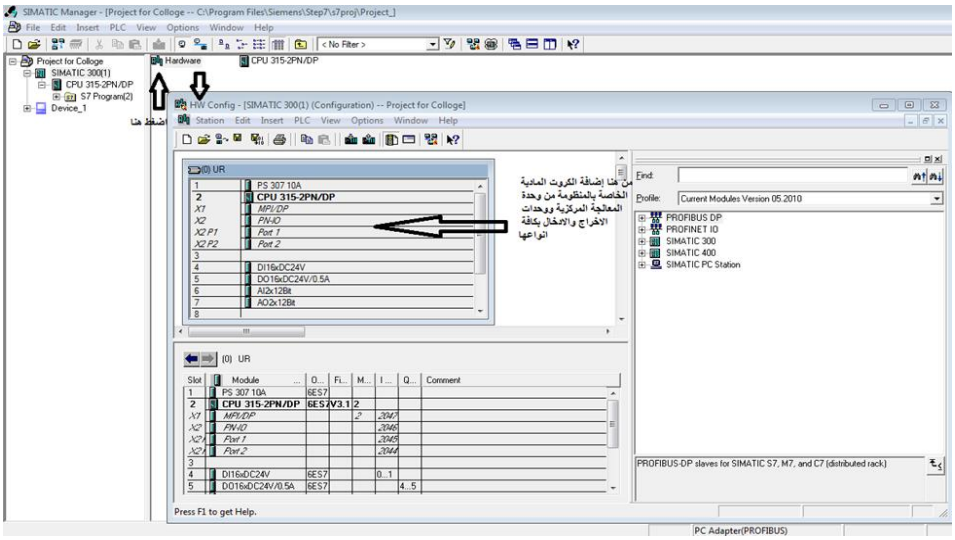
وبدلك قد انتهينا من برمجة الشاشة وتجهيزها لتمتل عمليات الصيانة الوقائية المقترحة، ومن خلال تتبع كتيب المصنع وخطوات البرمجة يمكن لنا ربطها بالمتحكم المنطقي المبرمج واجراء عملية المحاكة.

برنامج PLC باستخدام Step 7:

هذا البرنامج يستخدم في برمجة منظومات التحكم المنطقي المبرمج من انتاج شركة سيمنس، ويوجد العديد من البرامج لبرمجة منظومات التحكم المنطقي المبرمج تختلف باختلاف الشركة المصنعة وإصدار المنظومة.

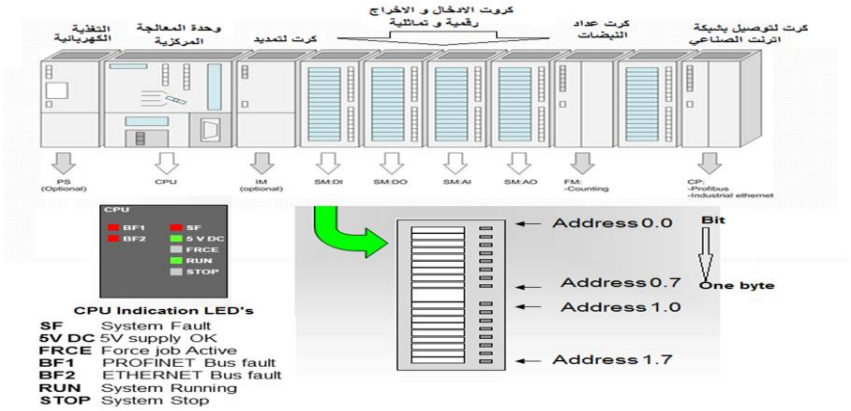
سنقوم بشرح خطوات البدء في برنامج وتشغيل المحاكة:

أولاً: تحديد الكيان المادي للمنظومات ومتطلباته ودالك من خلال النافذة.



الشكل (17)

والشـــكل الاتي يوضـــح تراصـــف الكروت المادية من الناحية العملية في المنظومة ابتداء من مغذي الكهرباء وانتهاء بكروت الإخراج والادخال.

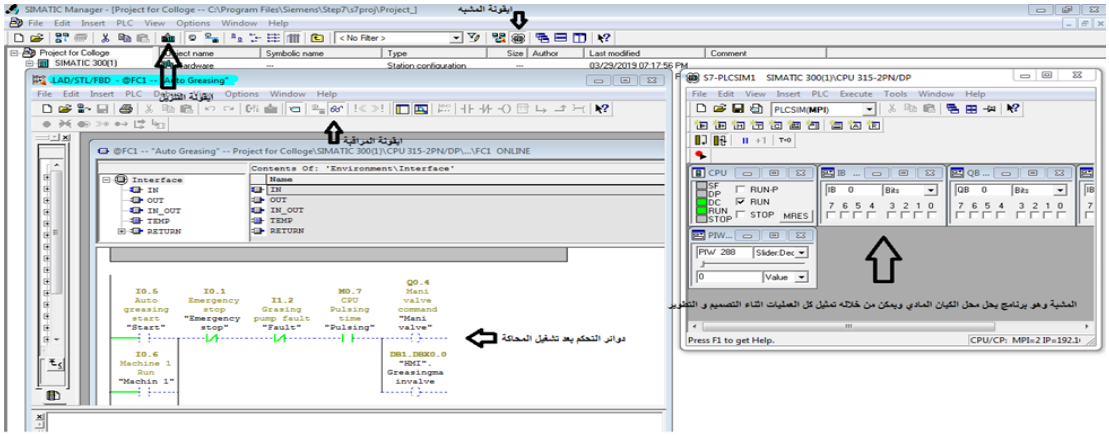


الشكل (18)

التشبيه اوالمحاكاةSimulation :

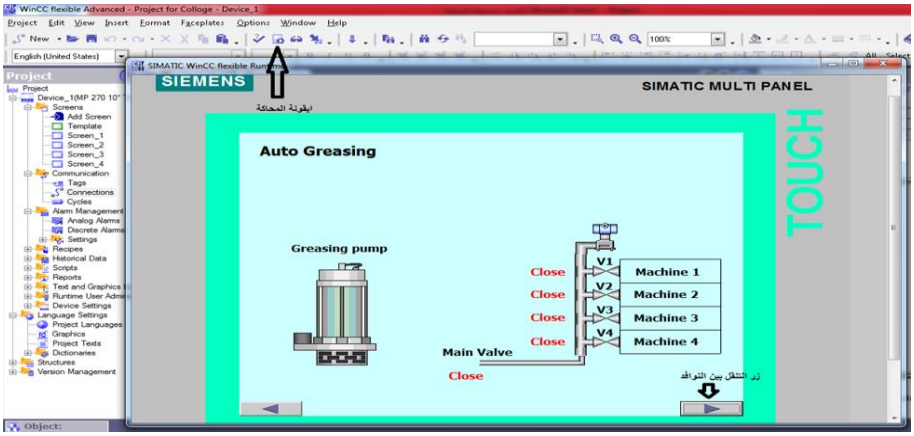
- تتم المحاكة عن طريق برنامج مدمج في برنامج Step 7 اسمه S7-PLCSIM وعن طريقه يتم تشـبيه عمليات الادخال فكل عنوان ســـواء اكان تماثليا أورقميا يمكن تمثيله حســـب طلب المبرمج ويمكن دلك باتباع الخطوات التالية:
- بعد كتابة البرنامج وترتيب الصناديق واستدعائها في OB1 قم بفتح ايقونة المشبه Simulator.
- تأكد من ان المشبه في وضعية الايقاف Stop أوRun-P لتقوم بعملية التنزيل للبرنامج Download.
- انتظر انتهاء عملية التنزيل تم شغل المشبه اذا كان في وضعية ايقاف.
- افتح احد الصناديق وقم بتشغيل ايقونة المراقبة لترى عملية المحاكة وتقوم بتتبع البرنامج .

الشكل التي يبين عملية بدء المحاكة:



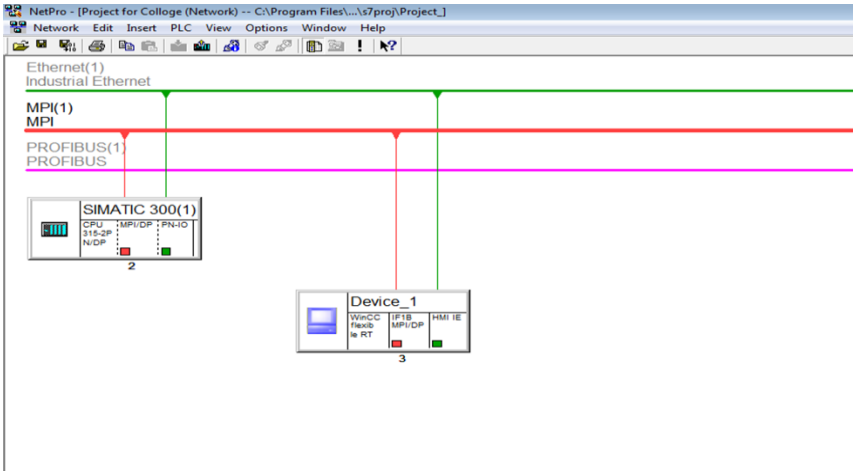
الشكل (19)

مع عملية التشبيه هذه وكي تكون متكاملة مع شاشة العرض للمشغل يجب تشغيل HMI Wincc والضغط على أيقونة التشبيه.



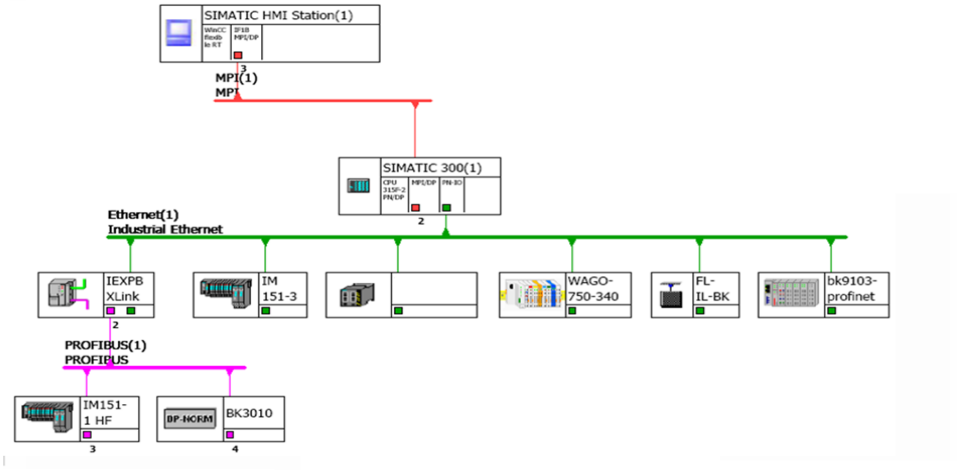
الشكل (20)

وبذلك تكون عملية التشبيه وصلة إلى مرحلة واضحة تحاكي العملية كما أنه في الواقع بالضبط، وقد تعترضك بعض المشاكل كي تصل إلى هذه المرحلة ومن خلال دراسة الكتالوجات يمكن التغلب على المشاكل اوطلب المساعدة من الشركة المصنعة. عمليات الربط تكون بثلاث طرق اما عن طريق MPI أوProfiBus DP أوعن طريق Ethernet وهذه الشبكات تستخدم لربط الأجهزة ببعضها وبالأجهزة الاخرى المستخدمة في الإظهار أوالتحكم. الشكل الاتي يوضحها على برنامج Step 7:



الشكل (21)

يجب تحديد نوعية الربط وتحديث كل البارامترات المصاحبة للتم عملية التوصيل والاتصال بالشكل الصحيح ودون وقوع أخطاء تحول دون اتصال الأجهزة ببعضها. والشكل الاتي يوضح إحدى عمليات الربط لاحدي المنشآت. وهي متشابه في معظم عمليات التحكم، كما في الشكل الاتي.



الشكل (22)

النتائج:

التحكم في الصيانة الوقائية اليا:

إن لتحكم في الصيانة الوقائية بشكل الي وابعاد الاشغال اليدوية عن هدا النوع من الصيانة بقدر الإمكان يعطي لنا عدد من الميزات منها:

1- المرونة (Flexibility): حيث انه بطريقة برمجية يمكن بها كتابة برنامج متكامل لا جراء صيانة وقائية لمجموعة من الماكينات وفي نفس الوقت بطريقة سريعة ودقيقة تنفد بصفة دورية منتظمة

2-السرعة (Speed): السرعة عند استخدام الالة لإجراء صيانة لنفسها هدا سوف تكون من نتائجه انه يمكن ان تتم الصيانة لعدد من الآلات في نفس الوقت مما يجعله اسرع من الصيانة الوقائية التقليدية

3-الاعتمادية (Reliability): ويعنى بالاعتمادية هي مقدرة نظام التحكم على الاستجابة لأي تغيرات في المنظومة وإصدار إشارة التحكم بسرعة ودقة عالية. ويعتبر نظام التحكم المنطقي المبرمج أكثر اعتمادية في اجراء عمليات التحكم.

4-الاعتبارات البيئية (Environmental Consideration): إن البيئة الصناعية تحتوي على الحرارة العالية والاهتزازات والرطوبة التي قد تسبب في منع العنصر البشري من القيام بالصيانة الوقائية الا بعد فترة اطفاء طويلة. لذلك فان الصيانة الوقائية بشكل الي سوف يحد من هده المشكلة.

5-المراقبة وتسجيل الأحداث (Monitoring And Data Logging): إن أنظمة التحكم المنطقي المبرمج PLCوشاشات HMI تتيح للمستخدم مراقبة العملية المراد التحكم بها وكذلك له القدرة على تسجيل الأحداث الطارئة أولا بأول وبدقة زمنية عالية مما يساعد المستخدم على تحديد الأعطال في العملية

6–التكلفة (Cost): إن التحكم بالصيانة الوقائية بشكل الي سوف يزيد من دقة الصيانة ومن تم في المحافظة على الالة وبالتالي تقليل التكلفة في اعمال الصيانة الطارئة اوالدورية.

7–من هدا البحث نستنج انه ليس لكل الآلات نفس الصيانة الوقائية بل تختلف من آله الى اخرى.

التوصيات:

1) نظرًا لأهمية الصيانة الوقائية للمنشأة الصناعية واتجاه معظم المصممين في الشركة الصناعية لتصميم صيانة وقائية آلية، فإننا نوصي بالتوسع في هذه الدراسة في مشاريع التخرج المستقبلية.

2) اختيار أحد المنشآت الصناعية والبدء في إجراء تطبيق عملي لهذا المشروع.

3) متابعة البحث ويمكن تحديد الة معينه والقيام باختبار احدى الصيانات الوقائية عليها آليا.

المراجع

[1]–عبد المنعم عطية العائب، مجلة كلية الدراسات العليا بالجامعة الأسمرية الإسلامية –ورقة بعنوان إدارة الصيانة الحديثة، ابريل 2018.

[2] – أسامة محمد المرضي سليمان، كلية الهندسة والتقنية، جامعة وادي النيل، كتاب أساسيات الصيانة اكتوبر 2015.

[3]. L.A. Bryan & E.A. Bryan, Programmable Controllers Theory and Implementation,1997.

[4]. Hugh Jack, Automating Manufacturing System with PLC, 2007.

[5]. Working with step 7, SIEMENS edition3/2006.

[6]. Tony.R Kuphaldt, Lessons In Electrical Circuits, 2007.

[7]. Nebojsa Matic , Introduction to PLC controllers.

[8]. HMI device TP 270, OP 270, MP 270B (WinCC flexible) SIEMENS edition 3/2004.

[9]. Anna Bystricanova, Andrej Rybovic. Data Communication Between Programmable Logic Controllers In The Industrial Distribution Applications, University Of Zilina, Slovakia, 2011.

[10]. WinCC flexible 2008 Compact / Standard / Advanced, SIEMENS 2008.

[11]. Communication with SIMATIC, SIEMENS 2006.