الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي
الجامعة الافتراضية السورية
ماجستير إدارة التقانة
فصل خريف 2022

Syrian Arab Republic
Ministry of Higher Education
Syrian Virtual University
PMTM
F22

بحث بعنوان

دور إدارة التقانة بالاستخدام الأمثل لطرق الصيانة الهجينة باستخدام المتحكم القابل للبرمجة PLC

" دراسة حالة فرن معمل كليكو للآجر"

The role of technology management in the optimal use of hybrid maintenance methods using the programmable controller PLC

"Case Study Clayco Brick Kiln"

بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في إدارة التقانة PMTM

إعداد الطالب
جورج جمال شحود

إشراف
الدكتور عماد شلفون

2023/06

كلمة شكر

أود أن أقدم أسمى عبارات الشكر والتقدير لجميع أفراد الكادر التدريسي والإداري لبرنامج ماجستير التأهيل والتخصص في إدارة التقانة في الجامعة الافتراضية السورية على جهودهم العظيمة في فتح آفاق ومجالات جديدة وقدرتهم الرائعة والمميزة في إعطاء المحاضرات والتي منحتني الشرف في أن أكون واحدا من تلاميذها.

أخص بالشكر الدكتور عماد شلفون الذي لم يبخل يوما في تقديم يد المساعدة والعون وكان لخبرته اليد الفضلى في إنجاز هذا البحث عبر متابعته المستمرة والدائمة لمراحله.

إهداء

إلى من زرع الورد في طريقي ونثر كل الحب عليها وأضاء دربي بشموع نضاله وحبه.... إلى الرجل الصالح الذي علمني النجاح وحب العلم.... والذي علمني أن الأعمال الكبيرة لا تتم إلا بالصبر والعزيمة والإصرار وأن الحياة كفاح وإخلاص...

أبي العزيز

إلى الشجرة دائمة العطاء والتجدد.... إلى الغالية العزيزة صاحبة الدمعة الصادقة.... إلى الحضن الدافئ.... إلى ملجأي عن الخوف والغربة.... ستبقين دائما قنديل حياتي ومنارة دربي واليد التي ترتاح بلمستها روحي...

أمي الحبيبة

إلى القلوب الطاهرة الرقيقة والنفوس البريئة إلى من تقاسموا معي الحياة بحلوها ومرّها...

إخوتي

إلى من كان نعم السند والصديق... في أحلك الظروف وفي أقسى الأوقات... يا من أصبح رفيق الدرب وهو في المواقف سند وعون...

إلى صديقي منير سركيس

إلى من وهبني الله نعمة وجودهم في حياتي...

أصدقائي

الفهرس **رقم الصفحة**

قائمة المختصرات والمصطلحات I

قائمة الأشكال III
قائمة الجداول IV
قائمة الصور V
ملخص VI
ABSTRACT VII
الفصل الأول الإطار العام للمشروع
مقدمة 1
نبذة عن معمل كليكو للآجر 3
مشكلة البحث 4
هدف البحث 5
أهمية البحث 6
الدراسات السابقة 6
أوجه الاستفادة من الدراسات السابقة 12
حدود البحث 13
خطة البحث 13
الفصل الثاني الدراسة النظرية للمشروع 15
مفهوم الصيانة 16
الصيانة الإنتاجية الشاملة TPM 24
الصيانة الوقائية 26
الصيانة التنبؤية 28
تطور مفهوم الصيانة عبر الزمن عبر الثورات الصناعية 31
التحكم الصناعي المبرمج 31
المتحكم القابل للبرمجة PLC 35
الحساسات والأجهزة المحيطية 44
واجهة التحكم بين الإنسان والآلة HMI 50
أنظمة السكادا SCADA 50
الفصل الثالث الدراسة العملية للمشروع 52
معمل كليكو لصناعة الآجر 53
برنامج ZELIO 58
البرنامج العملي 68
تحميل البرنامج على المتحكم وربطه مع برنامج السكادا 77
برنامج SIAMATIC Wincc 81
مقارنة التحسينات بين النظامين 89
الآفاق المستقبلية لتطوير العمل 90
الفصل الرابع الاستنتاجات والتوصيات 91
الاستنتاجات 92
التوصيات 93
المراجع 94

قائمة المختصرات والمصطلحات List of Abbreviations and Terms

الترتيب حسب ورودها بالدراسة		
الرمز	المعنى باللغة العربية	المعنى باللغة الانكليزية
PLC	المتحكم المنطقي القابل للبرمجة	Programmable Logical Controller
SCADA	نظام التحكم الإشرافي	Supervisory Control and Data Acquisition
HMI	واجهة الإنسان الآلة	Human Machine Interface
IoT	انترنت الأشياء	Internet of Things
IBM Cloud	المؤسسة الدولية للحواسيب	International Business Machines Cloud
SPSS	الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية	Statistical Package for the Social Sciences
VFSS	نظام محاكاة خطأ الاهتزاز	Vibration Faults Simulation System
VFSR	جهاز محاكاة أخطاء الاهتزاز	Vibration Faults Simulation Robot
AI	الذكاء الصناعي	Artificial Intelligence
BSI	المعهد البريطاني للمعايير	British Standards Institute
USFSM	هيئة القياسات الفيدرالية الأميركية	United States Federal Standards Methods
DIN	الصناعة الألمانية القياسية	Deutschland Industry Normeanausschuss
AFNOR	الجمعية الفرنسية للقياس	Association France Normalization

CEN	اللجنة الأوروبية للقياس	Commission Europe Normalization
LRU	وحدة الاستبدال الخطي	Linear Replacement Unit
TPM	الصيانة الإنتاجية الشاملة	Total productive Maintenance
JIPM	المعهد الياباني للصيانة الإنتاجية	Japanese Institute Productive Maintenance
CPU	وحدة المعالجة المركزية	Central Process Unit
LCD	شاشة العرض البلورة السائلة	Liquide Crystal Display
ROM	ذاكرة القراءة فقط	Read Only Memory
RAM	ذاكرة الوصول العشوائي	Random Access Memory
EEPROM	ذاكرة القراءة فقط القابلة للبرمجة والمحي كهربائيا	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
LAD	المخطط السلمي	Ladder Diagram Method
FBD	مخطط البوابات المنطقية	Function Block Diagram
STL	مخطط قائمة الإجراءات	Statement List
SFC	مخطط الوظيفة المتسلسل	Sequential Function Chart

قائمة الأشكال List of Figure

الشكل	العنوان	الصفحة
1	عناصر إدارة الصيانة	2
2	رسم توضيحي يبين مشكلة البحث	5
3	خطوات عمل الدراسة	14
4	مفهوم إدارة الصيانة	17
5	أنواع الصيانة	22
6	العلاقة بين الصيانة الوقائية والصيانة العلاجية من حيث التكاليف	24
7	منحني حوض الاستحمام	26
8	خطوات ودورة الأتمتة النموذجية	33
9	النسبة الرئيسية لنظام التشغيل الآلي	34
10	مكونات المتحكم القابل للبرمجة PLC	36
11	دورة مراحل عمل برنامج المتحكم القابل للبرمجة PLC	38
12	شكل لاحقة مدخل كبل الايثرنت للتواصل	77
13	طبقات معيار OSI	79
14	هيكلية النظام لعدة مستخدمين	82
15	هيكلية النظام لمستخدم واحد	83
16	البنية الخاصة ببرنامج WinCC	84

قائمة بالجداول List of Table

الجدول	العنوان	الصفحة
1	أنواع الصيانة تبعا للنظرة القديمة والحديثة	21
2	فوائد ومساوئ استخدام الصيانة الوقائية	28
3	أماكن استخدام الصيانة الوقائية	28
4	مقارنة بين الصيانة الوقائية والصيانة التنبؤية	29
5	أماكن استخدام الصيانة التنبؤية	30
6	تطور مفهوم الصيانة عبر الزمن عبر الثورات الصناعية	31
7	أنواع الذواكر	38
8	دلالات الرموز كهربائيا في المخطط السلمي	40
9	دلالات الرموز برمجيا في المخطط السلمي	40
10	أشكال البوابات المنطقية في المخططات الصندوقية	42
11	أنواع الخطوات في لغة ال SFC	42
12	معاني الرموز في لغة ال STL	43
13	معاني رموز مداخل ومخارج المؤقتات	47
14	معاني رموز مداخل ومخارج العدادات	49
15	نوع المنتج	58
16	مجال التغذية لمدخل الطاقة	59
17	ظروف عمل ملحق الايثرنت	78
18	مقارنة بين النظامين	89

قائمة الصور List of Photos

الصورة	العنوان	الصفحة
1	واجهة البدء للبرنامج	60
2	أنواع الأجهزة بمختلف إمكانياتها ولغة البرمجة المستخدمة لكل منها	60
3	واجهة إضافة الملحقات إن وجدت	61
4	واجهة اختيار لغة البرمجة	62
5	واجهة العمل	62
6	شرح واجهة العمل	64
7	أنواع المؤقتات	66
8	المقارن التشابهي ونوع المقارنة	67
13-9	قسم من البرنامج	72/71/70/69
14	واجهة النمذجة	73
15	المداخل والمخارج والمؤقتات والمقارنات الموجودة	74
16	حالة عملية رقم 1	75
17	حالة عملية رقم 2	75
18	حالة عملية رقم 3	76
19	صورة توضيحية عن جهاز البوابة	80
20	صورة تدل على تهيئة البرنامج للوصل مع المتحكم	80
21	صورة تعبر عن تهيئة نظام الاتصال	81
22	صورة تعبر عن بداية العمل على برنامج ال SCADA	84
23	صورة تعبر عن اختيار البرنامج	85
24	صورة تعبر عن تهيئة قناة الاتصال	85
25	صورة تعبر عن اختيار الجهاز المتوافق	86
26	صورة تعبر عن نوع أنواع الأجهزة	86
27	صورة تعبر عن العمليات المنطقية والربط المستخدم مع المتحكم	87
28	صورة واجهات السكادا	88

ملخص

تقوم الاتجاهات العالمية الحديثة في بناء منظومة الصيانة على تخطيط وبرمجة أعمال الصيانة وتحديد أوقات محددة مسبقا لتنفيذ تلك الأعمال ، وذلك بالاعتماد على الخبرة العملية والبيانات الإحصائية الخاصة بالعناصر المختلفة للآلات والمعدات ، وقد تناول الكتاب والباحثين أكثر من تعريف للصيانة الوقائية فقد عرفها البعض بأنها " الصيانة المنظمة الناتجة عن أعداد مسبق وبناء على تسجيل سابق" ، في حين ذكر البعض الأخر تعريف الصيانة الوقائية بأنها " أعمال الصيانة التي تمارس من خلال التخطيط والتنظيم والرقابة بناء على نظام للمعلومات والإجراءات .

حيث تعتبر الصيانة الوقائية ركيزة من الركائز الأساسية للصيانة الإنتاجية الشاملة.وتشمل الصيانة الوقائية مجموعة الأنشطة والإجراءات التي تقوم بها إدارة الصيانة للحفاظ على المعدَّات في ظروف تشغيل جيدة، ومحاولة تجنب الأعطال والخلل المفاجئ، من خلال معالجة أي قصور إن وجد قبل وصوله إلى حالة التعطل او الإخفاق، وجعل الأصول في حالة تشغيلية جيدة في كل الأوقات، او إعادتها الى الحالة الطبيعية الجيدة عندما تتعطل، وذلك للحفاظ على استمرارية عملها على خطوط الإنتاج، ضمن نظام محدد وتكلفة معقولة، حتى تكون جاهزة للإنتاج حسب المواصفات المطلوبة، من حيث كمية ونوعية وجودة المنتجات ومتطلبات السلامة والصحة المهنية، لحماية العاملين والممتلكات من أية أخطار، وللحفاظ على البيئة. ومن أفضل أنواع الصيانة المتبعة حاليا هي الصيانة القائمة على دمج المعلومات القائمة على المعلومات القادمة من برامج الصيانة التنبؤية وتطبيقها ضمن إجراءات الصيانة الوقائية لضمان سير العمليات الإنتاجية على أطول فترة زمنية ممكنة وبكامل الفعالية الإنتاجية المتوفرة.

يتناول هذا البحث أساليب الصيانة التنبؤية ودمجها عن بأساليب الصيانة الوقائية من خلال عرض رؤية شاملة للتقنيات والأساليب الحديثة المتبعة في تنفيذ الصيانة وإلقاء نظرة على تكاليف تلك التقنيات وكيف نستطيع من خلالها تحقيق أهداف الصيانة التنبؤية والوقائية في آن واحد.

كما وسيسلط هذا البحث الضوء على أساليب الصيانة المتبعة والعقبات التي تحد من متابعة الإنتاج في معمل كليكو لصناعة الآجر حيث كان يعتبر هذا المعمل في عام 2009 أول معمل ألي التشغيل بشكل كامل في الجمهورية العربية السورية ضمن المنطقة الصناعية بحسياء التابعة لمحافظة حمص.

كما وأن هذا البحث سيحتوي على برنامج PLC مطور خاص بفرن الشيَ للمعمل يساعد على تطبيق أساسات الصيانة التنبؤية ودمجها مع أساليب الصيانة الوقائية للمحافظة على عمل الفرن لأطول فترة زمنية ممكنة وخاصة أن هذا النوع من الأفران يجب أن يبقى في حالة عمل على مدار العام.

ABSTRACT

Modern global trends in maintenance system construction are based on the planning and programming of maintenance work and the setting of predetermined times to perform this work, depending on practical experience and the statistical data of the various components of machinery and equipment. Writers and researchers addressed more than one definition of preventive maintenance. Some defined it as the organized maintenance resulting from advanced preparation and prior registration, while others defined it as the maintenance work carried out through planning, organization, and control based on a system of information and procedures. Whereas, the preventive maintenance is considered an essential pillar of the overall productive maintenance, it includes the range of activities and procedures performed by the Maintenance Management to maintain the equipment in good operating conditions and to try to avoid any sudden breakdowns or malfunction through handling any deficiencies before reaching the point of failure or disruption and keep the assets in good operational status at all times, or returning them to their normal good normal condition when they breakdown to maintain continuity of operation on production lines, within a specific system and at a reasonable cost, in order to be ready for production according to the required specifications, in terms of quantity and quality of products and professional health and safety requirements, to protect workers and property from any hazards and to preserve the environment. One of the best types of maintenance currently in use is the one based on the incorporation of information coming from predictive maintenance programs and applying this information in preventive maintenance procedures to ensure that productive operations are carried out as long as possible and with full available production effectiveness.

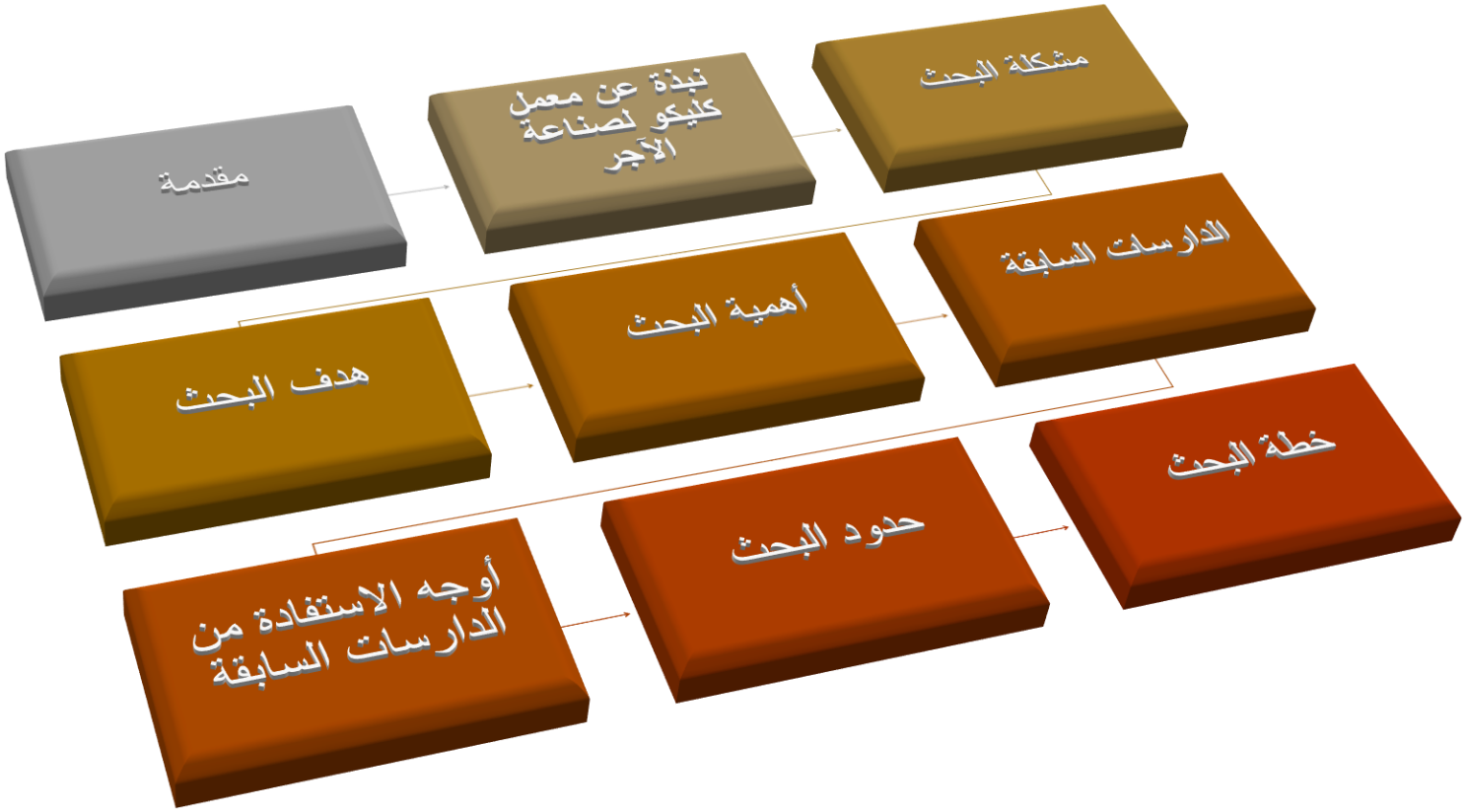
This research addresses the methods of predictive maintenance and their integration with preventive maintenance methods by providing a comprehensive view of the implementation of modern maintenance techniques and methods, and takes a look at the costs of such techniques and how can we achieve the objectives of both predictive and preventive maintenance at the same time.

This research will also highlight the methods of maintenance used and the obstacles that limits the continuity of production at the CLAYCO Tile factory, which was considered the first fully automated factory in the Syrian Arab Republic, located at Hasya Industrial Area related to Homs governorate, in 2009.

This research will also include an upgraded PLC program designated for the tile production furnace of the factory that helps applying the fundamentals of predictive maintenance and combine them with the methods of preventive maintenance to maintain the operation of the furnace for as long as possible, especially that this kind of furnace must stay in operation all year long.

الفصل الأول Chapter 1

الإطار العام للمشروع



1. مقدمة Introduction

الثورة الصناعية هي مُصطلح يُستخدم للتَّعبير عن التغيُرات الطارئة على وَسائل الإنتاج في صناعة القطن والآلات وصناعة التَّعدين، وكانت بداية ظهوره في إنجلترا في منتصف القرن الثّامن عشر، وفيها تمّ استبدال العمل اليدوي بالعمل الآلي، ثمّ الانتقال إلى العَمل في المشاغِل والمصانع والعمل في الصناعات الآلية الكبيرة، وبذلك تكون الآلة قد أعلنت عن بِداية الثورة الصناعية والتسبُّب في إحلالها محلّ يد الإنسان العامِلة.

ومع الإعلان عن الثورة الصناعية وبداية دخول الآلات للعمل كانت تعتبر الصيانة أمر ثانوي أو كما هو معروف في الأوساط الصناعية بأن الصيانة شر لا بد منه حيث كانت وظيفة الصيانة في ذلك الوقت إسعافية فقط تقتصر على زيادة عمر الألة في الدورة الإنتاجية فقط.

ولكن مع التطور الكبير الذي خلفته الثورات الصناعية المتلاحقة كان للمبتكرين فكر جديد يعتمد على صيانة الآلات بشكل دوري لبقائها ضمن السوق التنافسي وللتخديم لأكبر فترة زمنية ممكنة مما يزيد من الأرباح التسويقية للآلات.

ولكن في البداية يجب أن نعرف مفهوم الصيانة ما الذي تعنيه وما هي أهميتها وأنواعها، تعرف الصيانة بأنها جميع النشاطات التي يمكن من خلالها الحفاظ على الآلات الموجودة في النظام في حالة صالحة للعمل، كما عرفت بأنها تتضمن جميع الجهود المبذولة للحفاظ على المعدات والتسهيلات المادية المنتجة ضمن ظروف التشغيل المقبولة، وفي رأي أخر تعرف على أنها (اصلاح او استبدال الآلة او اي جزء منها في حالة تزايد نسبة الفشل بهدف منع حدوث الفشل الذي يعيق تنفيذ الانشطة المحددة للمحافظة على المفعولية المطلوبة.

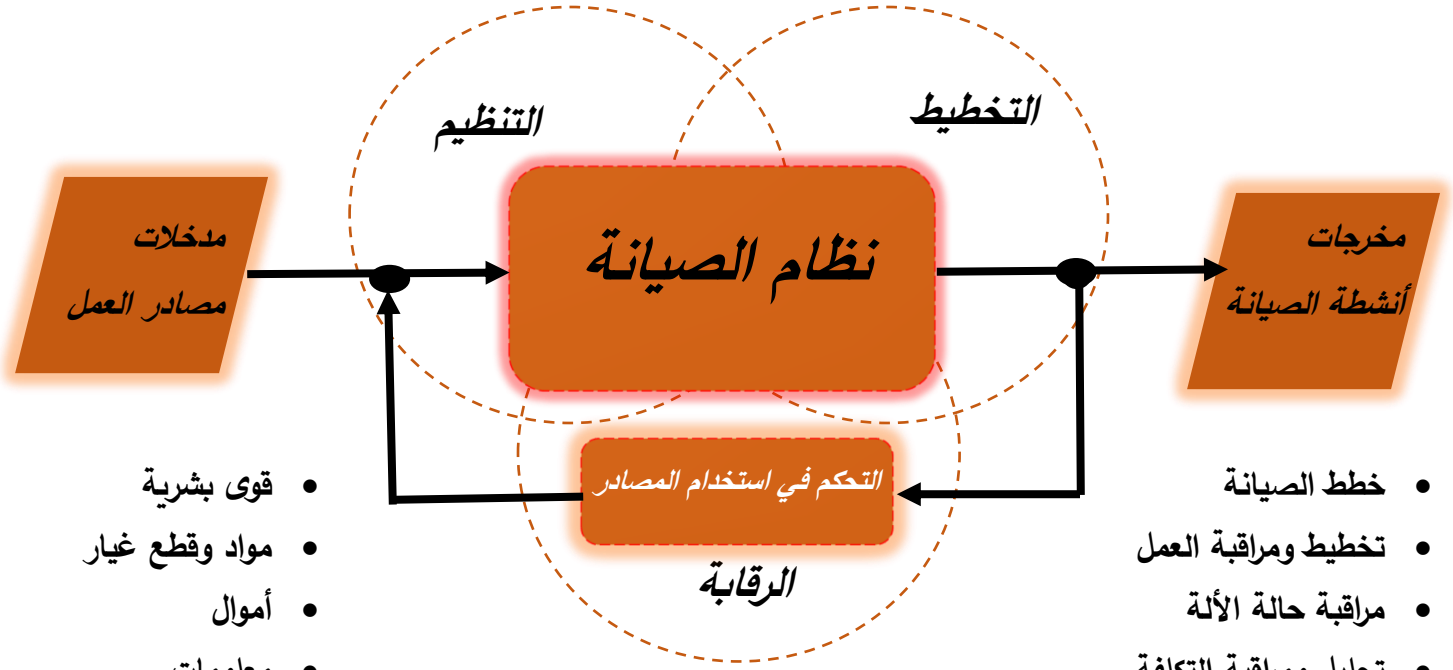
نستنتج من التعاريف السابقة ما يلي:

1- تهدف الصيانة الى تقليل الأعطال وليس منعها لأن منع الأعطال بشكل كامل يعد مثالياً من الصعب جداً الوصول إليه.

2- ينبغي الحفاظ على الآلات والمعدات وكافة تقنيات الانتاج الأخرى بحالة تشغيلية جيدة ضمن كلفة مقبولة.

3- إن الصيانة عملية فنية هندسية ولكن لها وجه إداري إذ لا يمكن ممارستها بدون وظائف إدارية كالتخطيط والتنظيم والتنفيذ والرقابة وقيادة وتحفيز الأفراد. **[1]**

وتتمثل عناصر نظام إدارة الصيانة بالشاكل التالي:



الشكل (1) عناصر نظام ادارة الصيانة [1]

وبالتالي تعرف إدارة الصيانة حسب الشكل السابق على أنها تخطيط وتنظيم وتنفيذ والرقابة على الموارد (المادية والمالية والبشرية) المخصصة لقسم الصيانة لأجل الوصول الى الاهداف الموضوعة بفاعلية وكفاءة. [1]

ظهرت الصيانة التنبؤية كنتيجة للعديد من الابتكارات التي كان الهدف منها سد الصدع الموجود في القطاع الصناعي، فمن ناحية كان لابد من الحفاظ على الآلات وخطوط الانتاج والتخفيف من كمية الأعطال فيها الأمر الذي يسمح بالحفاظ على سمعة الشركة في قدرتها على تلبية رغبات الزبائن في الوقت المحدد، ومن ناحية أخرى كان لابد من تخفيف الأعباء المادية والتكاليف المرتفعة التي يتم إنفاقها على عمليات الصيانة مما يؤدي إلى تخفيض تكاليف المنتج وزيادة الميزة التنافسية للشركة وذلك من خلال تنفيذ الصيانة في الزمان والوقت اللازم من دون أية أعباء إضافية غير ضرورية، فاستخدمت العديد من الطرق العلمية المعتمدة على دراسة الحالة الفنية للمحركات من الناحية الكهربائية والميكانيكية بالاعتماد على العديد من الحساسات المتنوعة والتجهيزات والبرامج التي كان الهدف من استخدامها القدرة على تحديد وثوقيه الآلة وبالتالي إمكانية التنبؤ باقتراب الحاجة إلى صيانتها قبل حدوث العطل المفاجئ.

وقد ساهم التطور التكنولوجي في مجال أتمتة خطوط الإنتاج وظهور أنظمة التحكم الآلي المبرمج **PLC** في زيادة انتشار الصيانة التنبؤية، فقد ساعدت أنظمة ال **PLC** مشرفي الصيانة في المصانع على اتخاذ القرار

المناسب وذلك من خلال تأمين القراءة الآنية للحساسات المستخدمة وبسرعة عالية الأمر الذي يسمح لهم بالمتابعة الدقيقة والمتواصلة لحالة الآلة، ومع بداية ظهور أنظمة ال **SCADA** التي وفرت القدرة على تخزين وتحليل البيانات وعرضها على مجموعة كبيرة ومتنوعة من واجهات المخاطبة البشرية **HMI** أصبح من الضروري انتقال معظم المصانع إلى اعتماد نهج الصيانة التنبؤية. **[7]**

في العام 2016 ومع اعلان المنتدى الاقتصادي العالمي المنعقد في دافوس عن بداية ظهور ما بات يطلق عليه اسم الثورة الصناعية الرابعة بكل ما تحمله من التطورات الحاصلة في مجال الاتصالات وشبكة الإنترنت و إدخال مفهوم إنترنيت الأشياء **IoT** ولقدرتها العالية على تخزين كميات هائلة من البيانات، وتحليلها ومعالجتها البحث فيها لاستخلاص ما يلزم لاتخاذ القرارات الصحيحة كان لانتقال الصيانة التنبؤية إلى مستوى أكثر تطورا أمر حتميا لابد منه، فظهرت العديد من المواقع الإلكترونية والمخدمات السحابية المتخصصة في عمليات تخزين البيانات المرسلة عبر الإنترنيت والتي تظهر قراءات حالة الآلة لحظة بلحظة ليتم تنقيتها وتحليلها ومن ثم تحذير المشرفين عن ضرورة إجراء الصيانة عبر إرسال رسائل التنبيه بعدة طرق مثل البريد الإلكتروني أو استخدام تطبيقات أجهزة الموبايل لاستلام إشعارات الإنذار. **[7]**

2. نبذة عن معمل كليكو لصناعة الآجر

بوشر العمل لإنشاء معمل كليكو في عام 2006 حيث تم تشييد بناء المعمل في المدينة الصناعية بحسياء التابعة لمحافظة حمص وتم التعاقد مع شركتين إحداهما إسبانية والأخرى إيطالية لتنفيذ معملين أحدهما لصناعة طوب البناء القرميدي والأخر لبناء قرميد الأسطح وهذا هو المعمل الذي سوف تتم الدراسة حوله.

باشر المعمل العمل في عام 2009 وكان يعتبر هذا المعمل أول معمل ذاتي التشغيل في سوريا حيث وكان انتاجه الأضخم في منطقة بلاد الشام والخليج العربي حيث كان المعمل الوحيد الذي ينتج قرميد الأسطح في المنطقة حتى منتصف عام 2011 حيث توقف عن العمل حتى عام 2018.

بعد إعادة تشغيل المعمل واجهت مسؤولي الصيانة الكثير من المشاكل والأعطال مما أدى إلى تشغيل بشكل مختلف كليا عن الشكل الذي صمم عليه حيث كان معمل مؤتمت بشكل كامل ولا يتم تدخل بشري في العملية الإنتاجية إلا في حالات وجود عطل يؤدي إلى توقف العملية الإنتاجية ولكن بعد إقلاع المعمل بعد فترة التوقف الطويلة تم اكتشاف المشاكل التالية:

1- تعطل عدد كبير من حساسات الأمان والتي كانت مصممة أن تمنع أي تدخل بشري وإلا يتم توقف العملية الإنتاجية من أجل سلامة العمال وبسبب أنه لا يمكن استيراد مثل هذه الأنواع من نتيجة للعقوبات الاقتصادية فقد تم اتخاذ القرار بتعطيل هذه الحساسات ومتابعة العمل بدونها.

2- تعرض الكثير من الآلات إلى التلف نتيجة التوقف لفترة طويلة مما استدعى صيانة داخلية مكثفة لها وإدخال عدد كبير من القطع المنتجة محليا والتي تعتبر قطع ذات جودة منخفضة بحاجة إلى تبديل دائم نتيجة الاستخدام المتكرر لها.

3- بعد عملية التشغيل وإقلاع فرن الشيَ لوحظ أن إبقاء السرعة الخاصة به مستقرة غير ممكنة لكثرة الأعطال التي تواجه عاملي الأقسام الأخرى ونقص مادة الإشعال الرئيسية (الفيول) مما يؤدي إلى حالة من عدم الاستقرار داخل الفرن نفسه وبالتالي يؤدي إلى تخريب البنية الداخلية للفرن وخاصة أن الأحجار التي بني منها الفرن مصممة على معايير معينة من درجة حرارة وضغط أي تأثر بإحداها يؤدي إلى توقف العملية الإنتاجية.

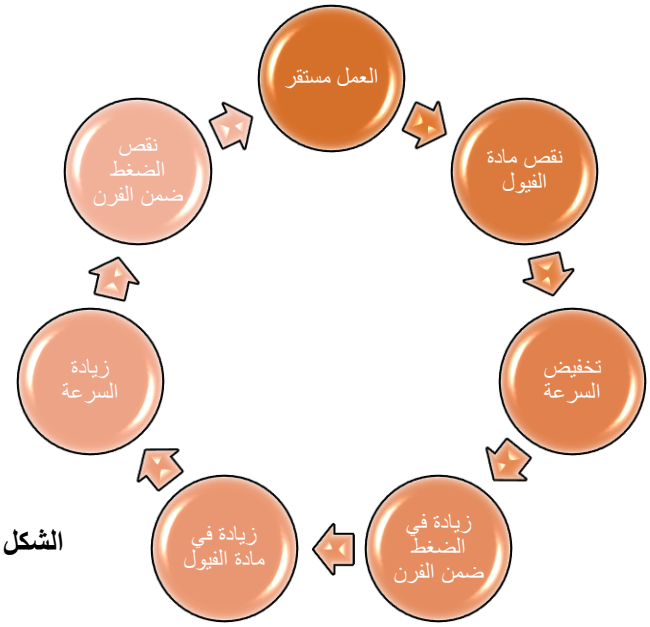
4- التوقف المتكرر للعمليات الإنتاجية نتيجة الأعطال أثر أيضا على المجفف الخاص بمادة القرميد مما استدعى تعديل على البنية الداخلية له لتجنب تكسر المادة قبل وصولها إلى مرحلة الشيَ.

3. مشكلة البحث Research Problem

سنحاول في هذا البحث دراسة مشكلة تخلخل الضغط الحاصل ضمن فرن الشيَ نتيجة لتغير سرعة انتاج العربات ضمن الفرن والحاصلة نتيجة نقص مادة الفيول وهي المادة المسؤولة عن تشغيل الفرن وإبقاء درجة حرارته ضمن الحدود الواجب اتباعها حسب برنامج ال **PLC** المصمم لهذه الغاية وهذا ما يدفعنا إلى طرح التساؤلات التالية:

- ما الأهمية الفعلية لتطبيق سياسات الصيانة المختلفة؟ وما هي الفروقات الناتجة عن استخدامها مجتمعة أو متفرقة؟
- لماذا تعتبر الصيانة الهجينة القائمة على كل من الصيانة التنبؤية والصيانة الوقائية موضع اهتمام في هذا البحث؟
- ما هي التقنيات المستخدمة في معالجة آثار الأعطال والتي ينتج عنها مشكلة البحث الرئيسية؟
- كيف يمكن لنا أن نحقق الربط بين برنامج العمل القديم وبرنامج العمل المطور لنظام ال **PLC**؟ وكيف يمكن الاستفادة من النظام القديم لتفادي التغيير الجذري على واجهات الاستخدام الإشرافية **SCADA**؟

- ما أهمية هذه الدراسة على المعمل المذكور بشكل خاص وعلى جميع المعامل التي تعاني من مشاكل مماثلة بشكل عام؟



الشكل (2) رسم توضيحي يبين مشكلة البحث

4. هدف البحث Research Objective

يهدف هذا البحث إلى تسليط الضوء على كيفية استخدام مفهوم الصيانة التنبؤية عن طريق ربطها بالمعلومات القادمة من أجهزة التحكم الألي المبرمج **PLC** و توجه فرق الصيانة نتيجة للمعلومات الصادرة عن فريق الإشراف بإجراء صيانة وقائية (صيانة هجينة) للأجهزة أو الآلات صاحبة العمل غير الطبيعي بعدما يتم تعديل برنامج المتحكم ليتوافق مع حالات مشابهة للحالات التي يعاني منها المحل من نقص الوقود و بالتالي والقدرة على تخفيض الأعباء والتكاليف المالية بالإضافة إلى زيادة وثوقيه خطوط الإنتاج مقارنة مع أنواع الصيانة الأخرى المستخدمة حاليا في مختلف القطاعات الصناعية.

حيث سيتم في هذا البحث العمل على:

1- استخدام حساسات ضغط جوي تتوضع في نقاط أعلى وعلى جوانب الفرن شديدة الحساسية وفي مناطق مختلفة على امتداد الفرن وربطها مع متحكم ال **PLC** بهدف مراقبة الضغط الجوي الداخلي وجعل المتحكم يقوم بعملية موازنة للضغط ضمن الفرن بشكل دائم.

2- الربط بين المتحكم ونظام التحكم والمراقبة الإشرافي **SCADA** بهدف قراء الحالة الفنية للضغط ضمن الفرن ومراقبة عمل قنوات التهوية وقنوات نقل الحرارة الموجودة ومراقبة عملها واستخدامها لتفريغ

الضغط، وبالتالي عند حدوث أي خطأ قيام فريق الإشراف بتوجيه فرق الصيانة إلى مكان العطل لحل المشكلة.

5. أهمية البحث Research importance

ترتبط أهمية هذا البحث نتيجة للاهتمام المتزايد بالنمط الهجين المتبع حاليا في دمج الصيانة التنبؤية بالصيانة الوقائية بسبب الوافر الذي تم كسبه نتيجة لتخفيض تكاليف الصيانة ورفع مستويات الوثوقية للآلات مع الحفاظ على جودة المنتجات و زمن التصنيع، و بشكل خاص في الأماكن الذي يصعب على الإنسان إجراء صيانة دورية لها كون أن التعامل المباشر في هذه الأماكن يعد مستحيل نتيجة درجة الحرارة العالية التي تصل إلى 980 درجة مئوية كون أن مثل هذه الأماكن تعد الكلف التشغيلية البدائية كبيرة جدا سواء لبناء الفرن الذي يمتد طوله إلى 150 متر و يحتاج معدات و مواد بناء غالية الثمن و أيضا بالفترة الزمنية الواجب اتباعها سواء بتشغيل الفرن أو إطفائه و نهاية بكلف الوقود اللازم لتشغيل الفرن لأول مرة و التي تقدر بحوالي 25 الف لتر من مادة المازوت للوصول إلى درجة الحرارة اللازمة لبدء إشعال مادة الفيول و هي 500 درجة مئوية من ناحية، و من ناحية أخرى ما يترتب على الاقتصاد الوطني من منفعة كون أن هذه المادة التي يصنعها الفرن تعتبر من المواد شديدة الطلب في الأماكن الحارة و كون هذا المعمل من المعامل القليلة التي يصنع هذا النمط في منطقة الشرق الأوسط و بالتالي تأمين دخل بالقطع الأجنبي للاقتصاد الداخلي.

6. الدراسات السابقة Literature Review

تناولت العديد من الدراسات كلا من الصيانة الوقائية والصيانة التنبؤية من خلال العديد من المحاور فمنها من ركز على الشق الاقتصادي والمنفعة التي يمكن الحصول عليها عبر تطبيقها وإيضاح التقنيات المستخدمة لتنفيذ عملية التنبؤ بالأعطال، ومنها من اتجه نحو الشق العملي والتطبيقي عن طريق الاستفادة من عمليات تحليل البيانات واستثمارها في الصيانة الوقائية ضمن بعض خطوط الإنتاج. تقدم الفقرة التالية بعضا من تلك الدراسات بشكل موجز:

الدراسة الأولى (الدراسة الخاصة بالقسم الاقتصادي والمنفعة من تطبيق الصيانة الوقائية)

تناول كل من **Rubén Ruiz1 &, J. Carlos García–Díaz** في دراستهما **Considering Scheduling and Preventive Maintenance in the Flow shop Sequencing Problem 2005** الصادرة عن جامعة فالنسيا في اسبانيا دائرة الأبحاث والإحصاء عام 2005 حيث يتم دراسة سياسات الصيانة الوقائية المختلفة على الآلات فيما يتعلق بمشاكل الإنتاج التدفقي والحفاظ على الحد الأدنى من الموثوقية خلال سير العملية الإنتاجية حيث يقترح معيارا بسيطا لجدولة أسس الصيانة الوقائية ضمن مراحل الإنتاج المتسلسلة ويوضح أهمية مراعاة الصيانة الوقائية وتزامنها حسب المواعيد المجدولة مسبقا مع عمليات الإنتاج.

حيث تم في هذه الدراسة تقييم أبحاث الصيانة الوقائية لستة باحثين على 7200 حالة على وباستخدام نموذجين هما خوارزمية مستعمرة النمل **Ant Colony Algorithms** ل **Rajendran and Ziegler** وخوارزميات الجينات الحديثة **modern genetic algorithms** ل **Ruiz et al** حيث تم تقسيم النماذج نفسها على هذه الخوارزميتين.

وجاء في وصف الصيانة حسب هذه الدراسة بأنها العمليات أول التقنيات التي تسمح بصيانة أو استعادة المعدات إلى حالة معينة وضمان خدمة معينة، وكما هو معروف فإن عملية الصيانة تعارض عملية الإنتاج حيث يتم التعامل مع جدول الصيانة بشكل منفصل عن جداول الإنتاج ومن المعروف أن تأخير عمليات الصيانة يسمح بزيادة الإنتاج على حساب عمر الألة الافتراضي وبالتالي زيادة احتمال توقف الألة بشكل مفاجئ.

ويعد الهدف الأساسي من هذا البحث هو توفير الأدوات التي تسمح بالإنتاج التدفقي **Flowshop** متضمنا عمليات الصيانة الوقائية لتحقيق أعلى مستوى من الموثوقية في الآلات وإدخالها جنب إلى جنب مع العمليات الإنتاجية بحيث لا تتعارض مع العملية الإنتاجية.

- **خوارزمية الجينات الحديثة modern genetic algorithms**

حيث تم الافتراض في هذه النظرية النظام الإنتاجي نظام يتزايد الفشل به بمرور الوقت وبالتالي يتأثر بالفشل بسبب الشيخوخة أو التآكل وتتمثل هذه السياسة بإجراء الصيانة الوقائية خلال فترات تشغيلية محددة لضمان الحد الأدنى من الموثوقية لإنتاج الآلات حيث بعد كل صيانة تبدأ دورة جديدة وتعود الآلات إلى حالته الجديدة حيث يتم تنفيذ الصيانة على فترات منتظمة أي TPM 1 ,TPM 2 , TPM 3 , TPM n.

- **خوارزمية مستعمرة النمل Ant Colony Algorithms**

في نظرية الصيانة الكلاسيكية يتم تحديد فترة الصيانة الكلاسيكية المثلى لنظام إنتاجي من خلال التوافق بين أثار الفشل وأثار الإصلاح أي وفقا لهذه الصيانة يتم تنفيذ الصيانة الوقائية وفقا لفترة الصيانة المثلى، تفترض أن وقت الفشل يتبع توزيع وايبل الاحتمالي **Weibull Distribution** والتي تتمثل بالمعادلة التالية:

$$f(x;\lambda,k)=\begin{cases}\frac{k}{\lambda}\left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1}e^{-(x/\lambda)^k} & x\geq 0,\\ 0 & x<0,\end{cases}$$

حيث $k>0$,$\lambda>0$ متثابتا التوزيع

وفي نهاية هذه الدراسة بعد إجراء الدراسات على النماذج وبكلتا الحالتين تم التوصل على أن السياسة الأولى هي الأفضل من ناحية العمل جنبا إلى جنب بحيث لا يتم إيقاف العملية الإنتاجية بشكل كامل مع العلم أن نتائج كلتا النظريتين كانت تحقق أرباح تفوق ال 89% مع تفوق طفيف للدراسة الأولى بمقدار 2%، حيث تم في السياسة الأولى الاعتماد على تعظيم توافر الآلات و الأخرى تهدف إلى الحفاظ على الحد الأجنى من الموثوقية بعد فترة الإنتاج، حيث يوضح هذا المعيار أهمية الصيانة الضمنية في عمليات الصيانة الوقائية في تسلسل الإنتاج. **[8]**

الدراسة الثانية (الدراسة الخاصة بالقسم العملي والتطبيقي من تطبيق الصيانة التنبؤية وإدخالها في أقسام الصيانة الوقائية)

لقد اهتمت هذه الدراسة التطبيقية والتي تم عرضها في الندوة العلمية الخاصة بالمعرض الوطن للإصلاحات غير المدمرة **Proceeding of the National Seminar & Exhibition on Non–Destructive Evaluation** بعنوان **Preventive Maintenance of Kiln Furnace used for Production of Ceramic Insulators using Thermography** والتي تتكلم عن مراحل تصنيع السيراميك نهاية بدخولها إلى الفرن لإصدار المنتج النهائي والمشاكل التي تواجه التصنيع في مختلف المراحل وعمليات الصيانة وكيف يمكن حلها باستخدام التصوير الحراري والقيام حسب النتائج الظاهرة بعمليات الصيانة الوقائية.

وكما جاء في الندوة بأن التصوير الحراري هي وسيلة غير مدمرة مثبتة التأثير في مجالات مختلفة حيث يصف هذا البحث استخدام كاميرات الأشعة تحت الحمراء لفحص ومراقبة فرن المعالجة المبطن بالعوازل والمستخدم لإنتاج السيراميك، حيث تكون العوازل المبطنة داخل الفرن مقاومة لدرجات الحرارة العالية حيث تحمي غلاف الفرن من الغاز الساخن المتواجد داخل الفرن حيث يكون لتلف هذه العوازل عواقب تدميرية على المنتج النهائي.

حيث في الحالة التقليدية كان يتم الفحص عن طريق النظر المباشر إليه عندما يتم إغلاق الفرن وتكمن أهمية هذه الدراسة في تحديد مناطق العوازل الداخلية التالفة كم أنها تعمل على اكتشاف الأعطال الخاصة بنظام التبريد داخل العوازل والتي تكون غير مرئية بالتواصل البصري، وبالتالي تمكن هذه الطريقة المشغل من تخطيط نطاق العمل لإيقاف العمل بخلاق الوقت المخطط له، كما وانه من أهم مزايا استخدام هذه الميزة القدرة على استنتاج الأعطال باستخدام انترنت الأشياء **IoT** وإرسال التنبيهات عبر الايميل للمشغلين.

ولفهم طبيعة عمل البطانات العازلة يجب في البداية التكلم عن طريقة عمل الفرن بشكل مختصر، يتألف الفرن من أربعة مناطق:

1- منطقة التجفيف

2- منطقة الشواء

3- منطقة التلبيد

4- منطقة التبريد

في المنطقة الأولى يتم المحافظة على درجة الحرارة 150 درجة مئوية لإزالة الرطوبة من المواد الأولية المطحونة، في المنطقة الثانية تتم عملية الشواء على درجة حرارة 800 درجة مئوية وفي هذه المرحلة تبدأ الأكاسيد الخاصة في إعادة التبلور وبالتالي يحدد التمدد والانكماش في العوازل، وفي المرحلة الثالثة تتم على درجة 1100 درجة مئوية حيث تندمج الأكاسيد لتصبح منتجا كاملا للسيراميك، وأخيرا في المنطقة الرابعة وكما يوحي اسمها يتم تبريد المنتجات لتجنب الصدمات الحرارية المفاجئة.

ويكون عمل البطانة المقاومة للحرارة للفرن هي عزل درجة الحرارة عن المناطق المحيطة وتوفير فقد الطاقة، حيث يجب أن تكون درجة الحرارة على السطح الخارجي للفرن حوالي 80 درجة مئوية ويستخدم التصوير الحراري السلبي لمعرفة حالة الفرن إن كان قيد التشغيل أم لا.

تكمن أهمية هذه العوازل في حماية بنية الفرن من التآكل والحفاظ على العزل الحراري أولا وفي الحفاظ على هيئة المنتج النهائي وتلفه حيث تعد فشل هذه العوازل من أهم أسباب إطفاء الفرن وإيقاف العملية الإنتاجية.

مبدأ التصوير الحراري وإعداد الكاميرا: هو التقاط الأشعة تحت الحمراء التي يسقط طيفها في نطاق 1-4 مايكرومتر أو 7-11 مايكرو متر من خلال عدسة الجرمانيوم حيث يتم استلام البيانات ومعالجتها ضمن الكاميرا لتحويلها إلى صورة، حيث يتم مسح الجسم بشكل ضوئي مع العلم أن قبل مسح الجسم تحتاج الكاميرا إلى معايرة مثل معايرة (انبعاثية الحرارة، التوهج الحراري، إلخ).

بعد تطبيق هذه الألية على الفرن المذكور سابقا توصل الباحث إلى النتائج التالية:

1- أكثر مناطق التضرر الحاصلة بالفرن كانت بالأجزاء التالية مناطق بداية التشغيل أو ما يدعى بالحراق في منطقة التلبيد.

2- يتم الحفاظ على الفرن من التآكل أو الاهتراء عن طريق تخفيف فقدان الضغط المستمر بواسطة منع تسرب الغازات بواسطة العوازل. **[9]**

الدراسة الثالثة (الدراسة الخاصة بالقسم العملي والتطبيقي، تطبيق الصيانة التنبؤية باستخدام الPLC)

قام **Prabha. Doss** بدراسة تطبيقية لنيل درجة الدبلوم في أنظمة التحكم الألي من جامعة **Ostrava** بعنوان **(Design and Implementation of Predictive Maintenance in Mechatronic System,2019)**
بتطبيق الصيانة التنبؤية على نظام مخبري مصغر يحاكي خطوط الإنتاج الصناعية باستخدام مجموعة من المحركات والحساسات المختلفة عن طريق وصلها بنظام **PLC**.
في بداية التجربة قام الباحث بربط نظام ال **PLC** مع المنصات السحابية المتخصصة لكل نوع **PLC** والتي تتيح للمستخدمين تخزين البيانات القادمة من جميع الحساسات المرتبطة مع ال **PLC** لتحليلها ثم معالجتها واستنتاج النتائج وإظهارها عبر واجهات **HMI** والقيام حسب الخوارزميات المدخلة سابقا بالتنبؤ بالأعطال الممكن حدوثها وإظهار الإنذارات بشكل مرئي وصوتي وعبر الرسائل الإلكترونية.
وفي هذه الدراسة استخدم الباحث منصة **IBM Cloud** بالإضافة إلى نظام **PLC** من نوع سيمنس **S7-1500** مع تقنيات الاتصال عبر الانترنت التي تؤمن الاتصال عبر الانترنت بالشكل الذي يتيح إيصال و تبادل البيانات بين ال **PLC** و ال **IBM Cloud** و قد عزى الباحث استخدام المنصة السحابية لما توفره من تكاليف كبيرة عوضا عن استخدام معدات صلبة على أرض الواقع و السرعة الكبيرة التي توفرها في معالجة البيانات و توفير المعلومات اللازمة بالتنبؤ بالأعطال و عرض القراءات الخاصة بالحساسات المرتبطة بال **PLC** و بعملية الصيانة و إبلاغ المشرفين لإجراء الصيانة في الوقت المناسب.
وفي نهاية الدراسة أوضح الباحث أهمية استخدام برامج معالجة البيانات التي تستخدم في السحب الالكترونية مثل برنامج **SPSS** والذي يقوم بمعالجة ما يقارب ال 10000 من البيانات المدخلة في الثانية الواحدة وتحليلها ومعالجتها وإظهار النتائج ومن ثم التنبؤ بالحالة الفنية لخط الإنتاج ككل. **[10]**

الدراسة الرابعة (الدراسة الخاصة بالقسم الإداري والرياضي، تطبيق الصيانة الوقائية باستخدام البرمجة الخطية)

قام كلا من د. م. فارس مهدي علوان وغصون حربي عباس وهما مدرسان في كلية الإدارة والإحصاء قسم الإحصاء في جامعة بغداد بنشر بحث مجلة كلية مدينة العلم الجامعة المجلد رقم 10 العدد 1 لسنة عام 2018 بتحضير بحث بعنوان **إيجاد وقت الصيانة الوقائية الأمثل باستعمال البرمجة الخطية.**

حيث تكلما فيه عن استخدام طرق البرمجة الخطية لتحديد الأوقات المثلى للقيام بالصيانة الخاصة بالمعدات ضمن مستشفى العلوم العصبية في بغداد وتم الارتكاز على تقارير الصيانة في المشفى المذكور على مدار الثلاث سنوات الماضية على 4 أجهزة وهم جهاز عربة التخدير وجهاز التنفس الصناعي **وجهاز** العرض وجهاز التعقيم.

حيث بدأ الباحثان بالتكلم عن التكاليف العالية التي يتم صرفها لإجراء الصيانة شهريا لبعض الأجهزة و سنويا للأجهزة الأخرى و أن عمليات الصيانة تتم في مراحل متأخرة عدا عمليات التزييت و التشحيم مما يكلف المستشفى بشكل دوري إيقاف الأجهزة بشكل تام حتى إجراء الصيانة بشكل كامل و في بعض الأحيان كان يؤدي هذا الأمر إلى تلف أجزاء حساسة ضمن الأجهزة مما يتطلب استيراد القطع من البلد المنشأ لها لعدم توفرها ضمن المستودعات، ناهيك على أن هذه الأعطال قد تكلف أرواح المرضى كون أن بعض الحالات تكون حرجة للغاية و لا يمكن انتظار إصلاح المعدات.

في بداية الأمر قام الباحثان بجمع المعلومات من مدون تقارير المستشفى وتم الاستفادة من خبرة المهندسين الموجودين لدمج خبراتهم مع المعلومات للتوصل إلى حسابات مقبولة.

ثم قاموا بشرح أسلوب البرمجة الخطية وعرفوها على أنها أداة تحليلية لإيجاد أفضل الاستعمالات للإمكانيات المتاحة لدى المنشأة وتساعد على اتخاذ القرارات ولهذا الأسلوب جانبان هما البرمجة وتعني إمكانية استخدام هذه الأداة لإيجاد البرامج المختلفة للاستعمال الأمثل، والثانية هي الخطية والتي تعني إن جميع معادلات البرمجة الخطية (القيود) تكون من الدرجة الأولى وأيضا يمكن تمثيلها على شكل خط مستقيم.

ومن ثم تم التكلم عن الطرق الثلاثة التي تتبع في البرمجة الخطية وهي:

1- **الطريقة البيانية Graphical Method**

2- **الطريقة الجبرية Algebraic Method**

3- **طريقة الجدولة المبسطة Simplex Method**

ومن ثم تم إجراء التجارب على الأجهزة الأربعة على التوالي من خلال البيانات التي تم الحصول عليها من التقارير الخاصة بالصيانة وكانت النتائج على الشكل التالي إذا تم تطبيق أسلوب البرمجة الخطية سوف يتم توفير ما مقداره (6,902,200) دينار عراقي حيث كانت التكلفة الكلية للصيانة في العام (19,752,200) دينار عراقي قبل إجراء أسلوب البرمجة الخطية وأصبح (12,850,000) دينار عراقي بعد إجرائها بالإضافة توفير وقت توقف الأجهزة عن العمل. **[2]**

الدراسة الخامسة (الدراسة الخاصة بالقسم التقني، تطبيق أنظمة الميكاترونيك في الصيانة التنبؤية)

في مقالة علمية بعنوان **Mechatronics Technology in Predictive Maintenance Method** لكل من الباحثين **Nurul Afiqah A.Majid & Asan G.A.Muthalif** التي نشرت عام 2017 في مجلة **Materials Science and Engineering**

حيث يتم التكلم فيها عن الدور المهم التي تلعبه أنظمة الميكاترونيك في الصيانة التنبؤية من خلال الجمع بين أداة الصيانة الذكية والتنبؤية و اتخذ كمثال عن أنظمة الميكاترونيك نظام محاكاة خطأ الاهتزاز **VFSS** حيث غالبا ما يستخدم هذا المؤشر كمقياس رئيسي لمعرفة حالة الآلة الفنية حيث يدور هذا البحث حول اختيار الاستراتيجية المناسبة تبعا للنظام الميكانيكي المتبع و بشكل خاص النظام الميكانيكي الدوار، حيث تم في هذا البحث التنبؤ بالأعطال عن طريق تحليل البيانات القادمة من الفحص المباشر و بيانات الحساسات حول المواضيع التالية التوازن، الرخاوة الميكانيكية، خطأ المشفر و موازن الكتلة و السرعة الحرجة.

ومن أجل هذا الهدف تم إنشاء جهاز محاكاة أخطاء الاهتزاز **VFSR** لمحاكاة وفهم توقعات الأخطاء، حيث تعتمد هذه التقنيات على معالجة البيانات الترددية الواردة نتيجة للاهتزازات ثم تم العمل على تطوير برنامج محلل للإشارة على برنامج **LabVIEW** لاستخراج المعلومات من إشارات التردد من الحساسات.

وفي نهاية البحث أوضح الباحثين أن نظام محاكاة خطأ الاهتزاز **VFSS** هو من أفضل أنظمة التنبؤ الخاصة بالأعطال للآلات التي تحتوي على عناصر دوارة وخاصة باستخدام جهاز استشعار طيف الآلة الدوار، كما وثبت أن جهاز محاكاة أخطاء الاهتزاز **VFSR** يمكنه تحديد أماكن الأعطال بمختلف أجزاء الألة الدوارة وفي أن واحد. **[11]**

7. أوجه الاستفادة من الدراسات السابقةThe Benefits of Literature Review

في الدراسات السابقة تم القيام باستعراض 5 أنواع من الدراسات الأولى تهتم بالشق الإداري للصيانة والثانية بالشق التقني بدمج كلا نوعي الصيانة المراد دراستهما معا والدراسة الثالثة أولت اهتمامها بالشق التقني باستخدام أنظمة ال **PLC** مع الخدمات السحابية لتحليل البيانات والتنبؤ بالأعطال والرابعة تتكلم عن استخدام الخوارزميات الرياضية في دراسة حالات الصيانة الوقائية للتخفيف الاقتصادي على المنشأة وأخير الدراسة الخامسة في استخدام أنظمة الميكاترونيك للتنبؤ بالأعطال وبالتالي يمكن القول بأن:

تم الاستفادة من **الدراسة الأولى** بأن التخطيط السليم للعمليات الإدارية الخاصة بالصيانة الوقائية باستخدام الخوارزميات الصحيحة وتطبيقها بشكل سليم يؤدي إلى تلافي الخسائر الكبيرة سواء بالإنتاج أو بالآلات.

واستطعنا عبر **الدراسة الثانية** الفهم الصحيح لكيفية الدمج الصحيح لشقي الصيانة المقصود وخاصة ضمن الأماكن التي يصعب على الإنسان التحكم بها لأنها تخضع لظروف صعبة التحكم وباستخدام تقنيات تعتبر بسيطة نوعا ما ولكنها شديدة الدقة ومشابهة للحالة المدروسة من الناحية الفنية للظروف المحيطة.
ومن ناحية أخرى تم الاستفادة من **الدراسة الثالثة** بالفهم السليم للطريقة التي اتبعها الباحث بالربط بين نظام ال**PLC** والحساسات الموجودة على طول الخط والمسؤولة عن إرسال البيانات لتحليل حركة خط الإنتاج لمعرفة أماكن الأخطاء وإرسالها إلى السحابة الإلكترونية لتحليل البيانات ومعالجتها والتنبؤ بالأعطال الممكنة وإرسال التنبيهات عبر أنظمة ال **HMI** والبريد الالكتروني للمشرفين، و في **الدراسة الرابعة** تم اعتماد الأساليب الرياضية لتحليل تقارير الصيانة السابقة و اتخاذ الإجراءات الوقائية لتخفيف الأثار الاقتصادية على المنشأة مما يساهم في تخفيف الأعباء المالية و بالتالي خلق حالة من المنافسة في الأسواق و بين الشركات و أخيرا في **الدراسة الخامسة** أوضح الباحث كيف يمكن استغلال التقنيات الحديثة التي تدمج بين مختلف نظم الصناعة من برمجة و تحكم لخلق نوع من الوعي المعرفي لكيفية عمل الألة و تنبؤ الأعطال الممكنة ضمن الآلات.

8. حدود البحث Research Limitations

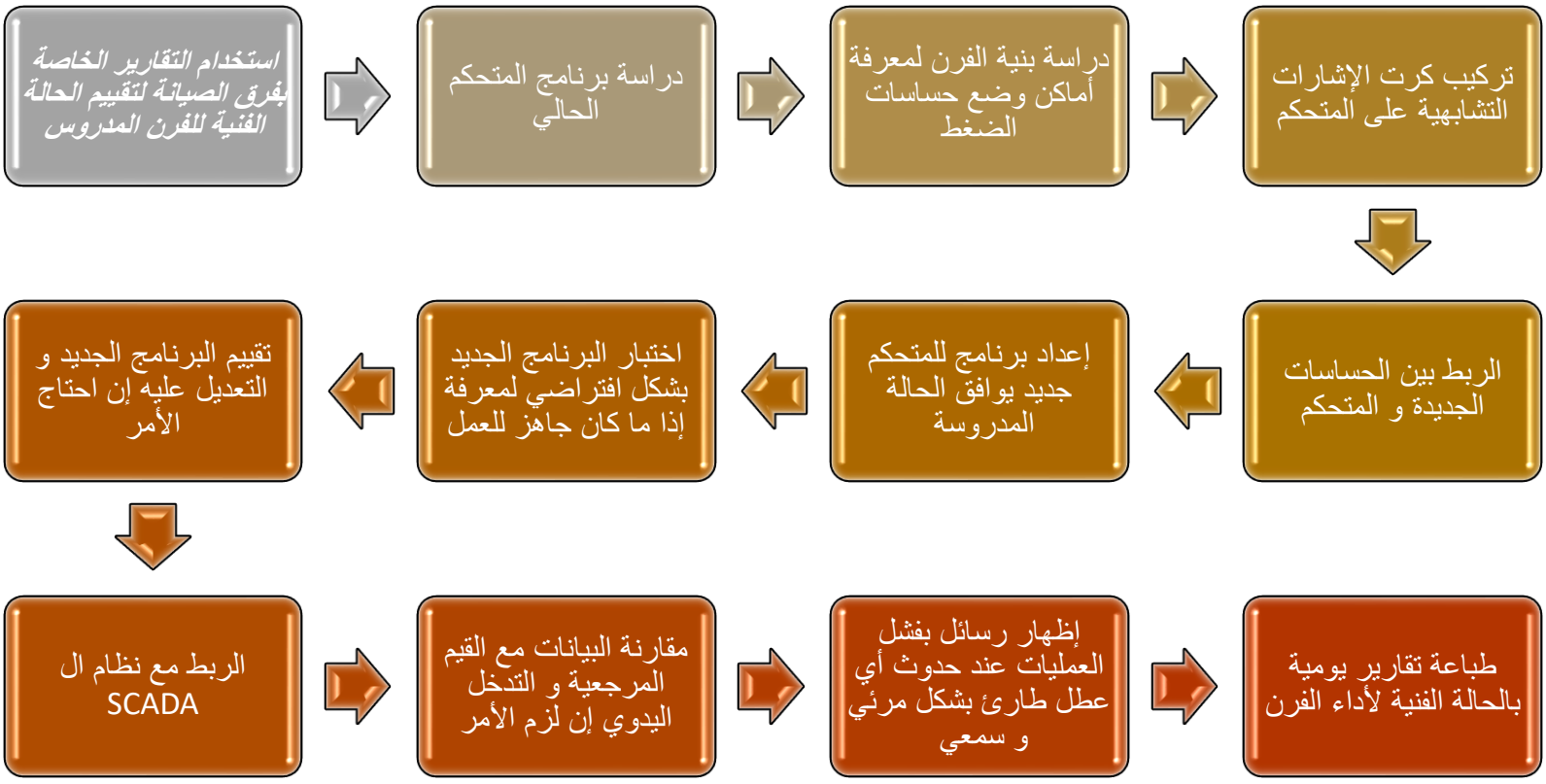
- **الحدود الزمانية:** الفصل الدراسي **F22** سنة **2023**
- **الحدود المكانية:** معمل كليكو لصناعة الآجر
- **الحدود البشرية:** مدير الإنتاج ورئيس قسم التحكم والمتابعة ورئيس قسم الصيانة في معمل كليكو لصناعة الآجر.

9. خطة البحث Research Plan

يعتمد هذا البحث على تطوير برنامج المتحكم الآلي القابل للبرمجة **PLC** الخاص بالفرن ضمن معمل قرميد الأسطح وربطه بمجموعة جديدة من بحساسات الضغط المتموضعة على امتداد طول الفرن بطريقة النمذجة للتحكم بمنافذ التهوية وبمروحة مدخنة الفرن الرئيسية لضمان استقرار الضغط داخل الفرن وبالتالي المحافظة على البنية الداخلية للفرن من التلف وبالتالي إبقائه قيد التشغيل لأطول فترة زمنية ممكنة.
تكمن المشكلة الأساسية في حالة البحث الذي ندرسها هي نقص مادة الفيول الخاصة بإشعال الفرن و هي إحدى أثار الحرب الاقتصادية التي تخوضها بلدنا العزيزة و التي تعيق العملية الصناعية و الإنتاجية في مختلف المجالات و كون أن مثل هذه الحالات لا تدخل في المواصفات الفنية التي يتم وضعها داخل البرامج

التصميمية للمعامل في الخارج، علاوةً على ذلك فإن من أكثر المواضيع الأخرى التي تعاني منها الصناعة السورية هو صعوبة استيراد قطع التبديل و خاصة أن معظم قطع الصيانة التي تفتقد لا يمكن استبدالها بالقطع نفسها مما يجعل فرق الصيانة تعتمد على قطع بديلة من إنتاج شركات أخرى غير الموص بها و انطلاقا مما ذكر يبرز دور هذا البحث في التغلب على تلك المشكلات للمتابعة بالعملية الانتاجية في الظروف الراهنة و سوف نعتمد في حل هذه المشكلة على خطوتين أساسيتين و هما:

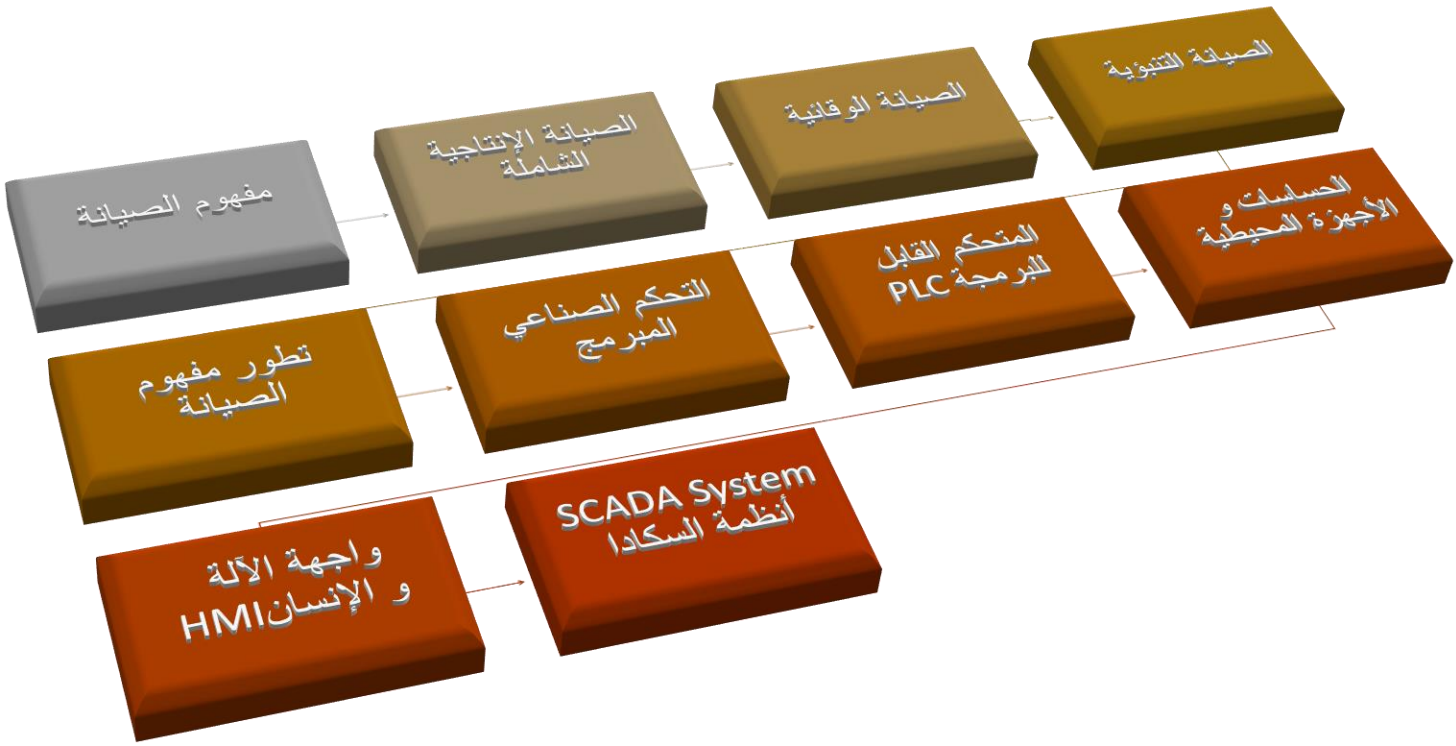
- **الخطوة الأولى:** نمذجة تركيب حساسات ضغط على امتداد الفرن بالإضافة إلى تعديل وتطوير برنامج تشغيل ال **PLC** وإضافة معدات تشغيلية وربطها مع ال **PLC** لاستقبال إشارة مختلف إشارات حساسات الضغط المتوافرة في الأسواق، كما ويشمل التعديل على البرنامج الاستفادة من بيانات جميع الحساسات المتوافرة ضمن الفرن بما يخدم المهمة.
- **الخطوة الثانية:** نمذجة الربط بين نظام ال **PLC** ونظام ال **SCADA** لعرض بيانات حساسات الفرن بشكل كامل مع إمكانية الإدخال اليدوي لمشرفين النظام مع إصدار أوامر مرئية وصوتية للتحذير عند وجود خطأ في أحد المعدات لتنبيه فرق الصيانة وإصلاحه في أسرع وقت.



الشكل (3) مخطط خطة البحث

الفصل الثاني Chapter 2

الدراسة النظرية للمشروع



تمهيد

مر العالم الحديث بالعديد من التطورات التي غزت جميع المجالات ولم يبق مجالا إلا وحدثت فيه العديد من الطفرات المتطورة التي جعلته يختلف بشكل كبير عن الماضي، ومن اهم هذه المجالات هي الصيانة وما مرت به من مراحل مختلفة بدءا بالصيانة الإسعافية تتالياً بالصيانة القائمة على الجداول الزمنية نهاية بالصيانة القائمة على التقانة سواء كانت ناتجة عن إحصائيات تراجع يدويا بمساعدة المتحكمات القابلة للبرمجة أو أنظمة تعلم ذاتية تعتمد على الذكاء الصنعي **AI**.

1. مفهوم الصيانة

لا شك إن مفهوم الصيانة تطور تدريجيا مع تعقد النشاط الصناعي ففي ظل التطورات الكبيرة في حجم الوحدات الصناعية، والاستخدام الواسع للآلات والمعدات التي تتميز بسرعتها ودقتها (المؤتمتة) وارتفاع ثمنها يتطلب الاهتمام بوضع برامج متكاملة لصيانتها، فالآلات والمعدات ونتيجة للاستعمال المتكرر تتوقف جزئيا عن العمل في بعض الاحيان أو قد تتوقف كليا عن العمل في أحيان أخري مما ينعكس ذلك سلبا على كمية وجودة الإنتاج وعليه فان المحافظة على هذه الموجودات الإنتاجية أمراً ضروريا حتى يمكن استخدامها بأقصى فعالية ممكنة. وانعكس ذلك على اختلاف الكتاب والمفكرين في وضع تعريف جامع يحدد مفهوم الصيانة بالنظر لزيادة أهمية الصيانة ودورها في مجالات الحياة المختلفة.

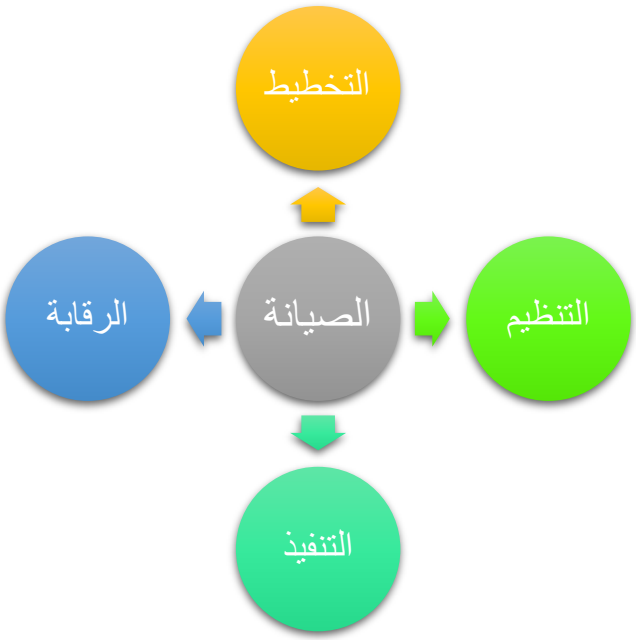
سيتركز الاهتمام على إبراز الوجهتين الفنية والإدارية للصيانة وبناء عليه سيكون التعريف المعتمد للصيانة بأنها (مجموعة الفعاليات الفنية والادارية التي تهدف الى حفظ الجزء أو الألة أو اعادتها الى حالة التشغيل الطبيعية لأداء الغرض المطلوب منها بأقل وقت وكلفة) .

أما **إدارة الصيانة** فقد عرفت على أنها تخطيط وتنظيم وتنفيذ الرقابة على الموارد (المادية والمالية والبشرية) المخصصة لقسم الصيانة لأجل الوصول إلى الأهداف الموضوعة بفاعلية وكفاءة وتشمل:

- **التخطيط:** وضع الأهداف الخاصة بالصيانة وتهيئة وتوفير كافة المستلزمات المطلوبة لإنجاز هذه الأهداف
- **التنظيم:** إنشاء هيكل تنظيمي ووضع المهام وتشكيل فرق الصيانة وتنسيق الأنشطة لغرض تنفيذ مهام الصيانة بنجاح.
- **التنفيذ:** تطبيق الخطط للوصول إلى الأهداف الموضوعة في مرحلة التخطيط.

- **الرقابة:** قياس الأداء لمعرفة الانحرافات بين المتحقق والمخطط ووضع الإجراءات التصحيحية لغرض إعادة الآلات والمعدات ومستلزمات الإنتاج إلى الحالة الطبيعية. **[1]**

وتتمثل بالشكل التالي:



الشكل (4) يوضح مفهوم إدارة الصيانة

1.1. تعريف الصيانة

لم يتم التوصل إلى تعريف شامل يحدد مصطلح الصيانة بشكل دقيق لشموليتها وأهميتها ودورها في المجالات المختلفة ومن هذه التعاريف:

عرف المعهد البريطاني للمقاييس **BSI** الصيانة على أنها: مجموعة من جميع الإجراءات التقنية والإدارية والتنظيمية التي تتم خلال دورة حياة العنصر بهدف الاحتفاظ به أو استعادته إلى الحالة التي يمكنه من خلالها أداء الوظيفة المطلوبة. **[12]**

في حين عرفت هيئة القياسات الفيدرالية الأميركية **USFSM** الصيانة على أنها: أي نشاط مثل الاختبارات والقياسات الاستبدالات والتعديلات والإصلاحات التي تهدف إلى استعادة أو الاحتفاظ بأي وحدة وظيفية في حالة محددة تمكنها من تأدية وظائفها المطلوبة. **[13]**

ومن ناحية أخرى عرفت أيضا بأنها: مصطلح يستخدم لوصف الطريقة التي تحاول بها المنظمات تجنب العطل من خلال العناية بموجوداتها التي تعد جزء مهما في نشاطاتها التشغيلية والتي تلعب دورا مركزيا في خلق سلعها وخدماتها. **[1]**

وتعرف الصناعة الألمانية القياسية **DIN 30150** على أنها: ضمان صيانة الآلة والتجهيزات والمعمل لتلبي متطلبات المستوى الإنتاجي لقسم الإنتاج. **[14]**

وتعرف الصناعة حسب الجمعية الفرنسية للتنميط **AFNOR** بأنها: هي مجموعة الأعمال التي تسمح بحفظ أو إعادة المعدات إلى حالتها التشغيلية لضمان تحقيق الخدمة المطلوبة منها. **[15]**

وحسب اللجنة الأوروبية للتنميط **CEN** هي: مجموع الأعمال التقنية والإدارية طوال حياة المعدات الموجهة لحفظها وإعادتها إلى الحالة التي تسمح لها بإكمال الوظيفة المطلوبة منها. **[16]**

وفي هذه الدراسة يمكن أن يتم تعريف الصيانة بأنها: مجموعة من العمليات المنفذة بهدف الحفاظ على الأشياء في حالة جيدة هذه العمليات قد تكون مخفية أو ظاهرة فالمخفية تتعلق بعمليات التموين لكل أدوات الصيانة من التجهيزات والمعدات وقطع الغيار أما الظاهرة تتعلق بمراقبة التجهيزات.

أهمية الصيانة

هناك عدة مؤسسات خاصة منها الصناعية تسعى إلى تحقيق معدلات أداء جيدة من خلال تخفيض تكاليف الإنتاج، وتحقيق الجودة من خلال الاستخدام العقلاني للموارد المتاحة. حيث نجد التجهيزات التي قيمتها المالية كبيرة من جهة دائما عرضة للتوقفات والتلف ومن جهة أخرى نلاحظ أن أثرها يظهر بسرعة على نشاط المؤسسة. من هذا المنطلق ظهرت أهمية الصيانة خاصة في ظل التطورات التكنلوجية وتعقد نظم الإنتاج بالإضافة إلى المنافسة الشديدة ونتيجة لهذه المتغيرات بدأت الإدارات العليا تهتم بوظيفة الصيانة ليس فقط عند وقوع العطل كما كان سابقا لكن للحفاظ على كل التجهيزات لتحقيق كل متطلبات الزبون سواء الداخلي أو الخارجي.

ويمكن عرض أهمية الصيانة في النقاط التالية:

- وجود الصيانة يضمن سير فعال للعملية الإنتاجية في الوقت والكمية والجودة المناسبة.
- المحافظة على السمعة التجارية للشركة من خلال المحافظة على جودة المنتجات ودقة مواعيد التسليم.
- المحافظة على المعدات ضمن حدود المواصفات التصميمية والتشغيلية لتأمين كفاءة إنتاجية عالية، على أن تقوم فعاليات الصيانة بإعادة تلك الآلات إلى المواصفات التصميمية.
- الإسهام في تقليل أعطال الآلات والتجهيزات المختلفة، وجعل العمليات الإنتاجية أكثر كفاءة وأقل تكلفة.
- تحقيق السلامة والأمان للمشغلين الذين يستخدمون الآلات، وضمان الاستخدام الآمن للمواد الخطرة
- زيادة موثوقية النظام وأداء التسهيلات والأفراد
- خفض تكاليف العمليات
- ضمان الجودة العالية للمنتجات والخدمات
- إطالة العمر التشغيلي الآلات، والمحافظة على مستوى أدائها
- تخفيض التكاليف الكلية للصيانة المتمثلة في أجور العاملين في ورش الصيانة، وثمن المواد الاحتياطية المستخدمة في عمليات الصيانة، والنفقات الناجمة عن توقف الإنتاج نتيجة العطل
- تحقيق أعلى درجات الكفاءة مع أعلى درجات السلامة للعاملين وذلك باتخاذ كافة الإجراءات اللازمة للحد من حوادث العمل التي تؤدى دائما إلى ضياع ساعات العمل سواء للعاملين أو للآلات والمعدات ولا تقتصر تلك الإجراءات على الحد من ساعات العمل اليومية بل تتضمن أيضا إجراءات منع التلوث والأمراض المهنية. **[1]**

2.1. أنواع الصيانة:

وتصنف الصيانة إلى نوعين أساسيين وهما الصيانة المخططة والصيانة غير المخططة.

- **الصيانة غير المخططة:**

ويقصد بها الصيانة غير المحددة ببرنامج زمني، وترتبط فقط بعطل الماكينة، أو توقفها عن العمل. ويعتمد زمن الصيانة على الإمكانات المتوافرة لأعمال الصيانة. ويمتاز هذا النوع من الصيانة بعدم وجود استعداد مسبق له، وبأنه مناسب للظروف والأحوال التي يصعب فيها التنبؤ بالأعطال الفجائية؛ لذا تعد الصيانة غير المخططة الخيار الوحيد

لتجنب الخسائر الناجمة عن الإرباك المفاجئ في سير العملية الإنتاجية، وهي تشمل ما يسمى الصيانة الاضطرارية.

الصيانة الاضطرارية (الطارئة): هي الصيانة التي تجري من دون تخطيط مسبق، والتي تتطلب التدخل الفوري لمنع حدوث عطل أكبر.

- **الصيانة المخططة:**

يشمل هذا النوع تنظيم أنشطة الصيانة وإنجازها، والسيطرة عليها وفق تقديرات مسبقة، وتوثيق هذه الإجراءات ضمن الخطة الموضوعة وتنقسم إلى:

1- **الصيانة الوقائية:** يقصد بها إجراء الصيانة قبل توقف الماكينة عن العمل؛ بغية المحافظة على استمراريتها في العمل، وخفض احتمال توقفها أو تعطلها.

يعد هذا النوع من الصيانة مهما جدا؛ نظرا لفاعليته في استمرار عمل الماكينات، وضمان المنتجات؛ إذ تستخدم فيه أساليب مبرمجة تتسم بالدورية في إجراءات الصيانة، مثل: الفحص، والاستبدال، والتزييت، والتنظيف.

2- **الصيانة الدورية:** تعرف الصيانة الدورية بأنها أعمال الصيانة اللازمة لإعداد المنتجات وفق المواصفات المحددة لها. وتتم جدولة الأعمال والأنشطة تبعا لحجم الصيانة المطلوبة بصوره دورية.

- **الصيانة التنبؤية**

وهي اجراءات الصيانة التي تجرى على الآلة قبل فشلها بمدة محددة، والتي تتضمن الصيانة الظرفية استمرار مراقبة مؤشرات الأعطال مثل الاهتزازات والحرارة او بعض الخصائص الاخرى التي تسهل التنبؤ بقرب حدوث العطل والتي على اساسها يتم اتخاذ القرار المناسب بإيقاف الآلة لغرض تنفيذ الصيانة او الاستمرار بعملية التشغيل.

- **الصيانة الهجينة Mixed Maintenance**

تميل معظم العمليات إلى تبني مزيجا من طرق مختلفة من الصيانة، بسبب تعدد الأجزاء المكونة للآلة، التي تمتلك خصائص مختلفة. فمثلا أجراء الصيانة على السيارات يتطلب استخدام أنواع متعددة من الصيانة حسب اختلاف الأجزاء. إذ يجري على بعض الأجزاء أنشطة الصيانة العلاجية فقط، وذلك بعد حدوث العطل والبعض الأخر من أنشطة الصيانة الوقائية والتي تشمل تبديل زيت الآلة أو فحص الأجزاء، أما الصيانة الظرفية فتتم من

ملاحظة الظروف المحيطة بالسيارة من أصوات غير اعتيادية صادرة من محرك السيارة وإلى غير ذلك من ظروف تصاحب القيادة.

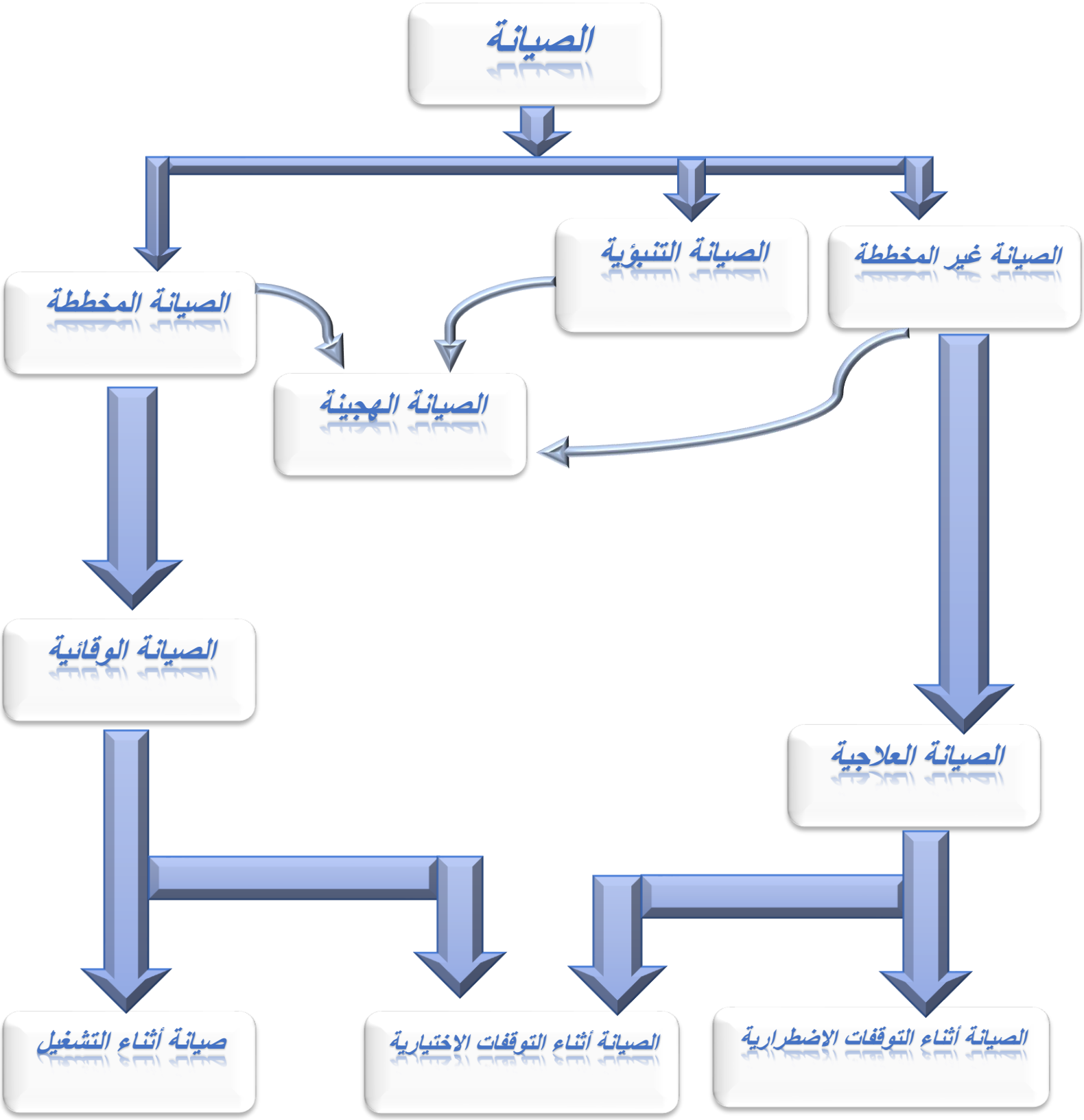
- **التصميم لأجل الصيانة Design for Maintenance**

ويقصد به تصميم الأجزاء التي تحتاج إلى الصيانة، لأي سبب من الأسباب بشكل يسهل القيام بعملية الصيانة. ففي تصميم منتج تجميعي تعد القابلية على الصيانة قضية أساس لتحديد فيما إذا كان بالإمكان إجراء الصيانة الروتينية للأجزاء فعلى سبيل المثال الأجزاء في الطائرة تحتاج إلى الاستبدال بعد مدة خدمة محددة، وهذه العملية تحصل بين رحلتين مجدولة ولتقليل كمية وقت خدمة الصيانة ولأجل الوصول إلى الأجزاء المعطلة من دون إزالة الأجزاء الأخرى غير المتعلقة وتسمى هذه الأجزاء بوحدة الاستبدال الخطي **LRU**. **[1]**

ويوضح **الجدول (1)** التالي أنواع الصيانة تبعا للنظرة القديمة والحديثة في مفهوم الصيانة: **[17]**

أنواع الصيانة	النظرة التقليدية	النظرة الحديثة
صيانة تصحيحية علاجية	%45	% 20-10
صيانة وقائية	%5	% 40-30
صيانة تحسينية	تجديد %25	%25
مشاريع أخرى	%25	%25

الجدول (1) أنواع الصيانة تبعا للنظرة القديمة والحديثة



الشكل (5) يوضح أنواع الصيانة

3.1. تخطيط عملية الصيانة

حتى نصل إلى هدف الصيانة والذي هو الخروج بخطة شاملة متوازنة ومنسقة تراعي متطلبات كلا من المصنعين والمستهلكين على حداً سواء يجب على المعنيين التقيد بالخطوات التالية:

1- تحديد الموارد والإمكانيات اللزمة لقسم الصيانة من موارد (بشرية، مادية، مالية...).
2- جمع المعلومات المتعلقة بالوضع الحالي لكل من التجهيزات والآلات الموجودة والتي تحتاج إلى صيانة.
3- صياغة الأهداف والغايات التي يمكن أن تحققها إدارة الصيانة من خلال المعلومات التي تم الحصول عليها سابقا من الخطوات السابقة.
4- إعداد خطط قابلة للقياس يمكن تحقيقها في فترات زمنية محددة وهذا بحسب نوع الخطة (استراتيجية، تكتيكية...) بالإضافة إلى تصميم برامج عمل حسب الأولويات بالتنسيق مع الإدارات الأخرى من أجل الاستغلال الأمثل للموارد.
5- إعداد خطط تشغيلية للصيانة يتم من خلالها تسيير الأنشطة الروتينية اليومية المتعلقة بأوامر العمل إلى غاية تنفيذه وتسيير مخزون قطع الغيار والمشتريات.
6- تنفيذ ومتابعة القصص السابقة لتقييمها وتحسينها قدر الإمكان.

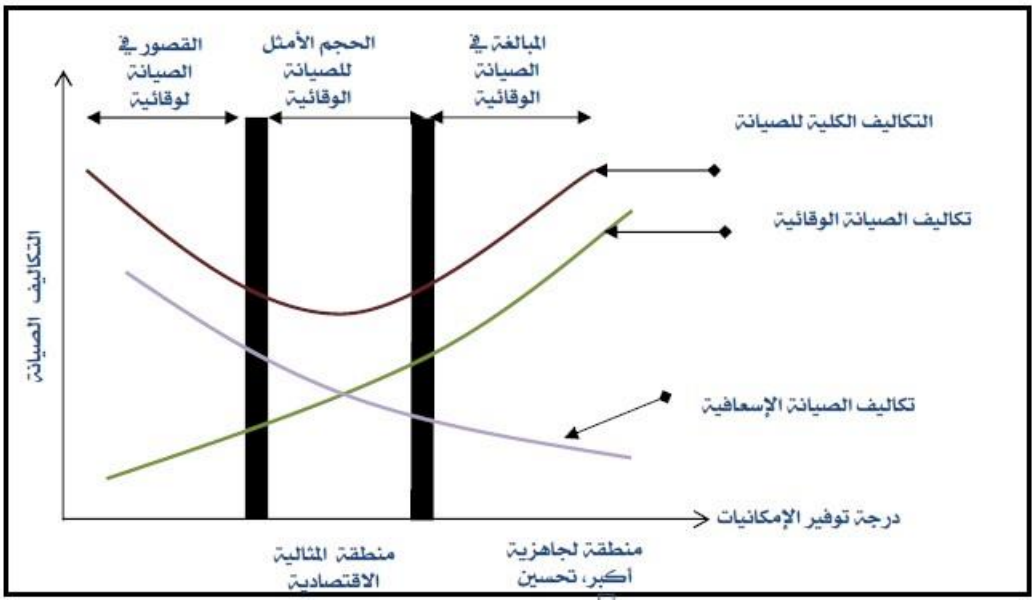
4.1. مقومات نجاح تخطيط عملية الصيانة

من أهم العناصر المساعدة في نجاح عملية التخطيط عند الإعداد أو التنفيذ:

1- كفاءة العنصر البشري المخطط والمنفذ.
2- توفر العمالة ومعدات الصيانة.
3- التنسيق الجيد بين إدارة الصيانة والإدارات الأخرى.
4- توفير جو عمل مناسب للتدخلات مع مراعاة عنصر الأمن والسلامة.
5- التقيد بالجدول الزمني لتسلسل أعمال الصيانة سواء كان الوقائية أول العلاجية.
6- دعم الجهات العليا في الإدارة لجهود العاملين في قسم الصيانة.

7- توفر المعلومات اللازمة حول كل ما تحتاجه عملية التخطيط حول كلا من الأهداف والإمكانيات المتاحة لعناصر قسم الصيانة. **[18]**

وفيما يلي مخطط يبين العلاقة بين الصيانة الوقائية والصيانة العلاجية من حيث التكاليف



الشكل (6) العلاقة بين الصيانة الوقائية والصيانة العلاجية من حيث التكاليف [19]

2. الصيانة الإنتاجية الشاملة TPM

يعد ناكاجيما سئيتشي الأب الروحي لنظام الصيانة الإنتاجية الشاملة حيث كان أول من طبقه في اليابان بين عامي 1950 و1970 وبدء بتجربتها عام 1971 في شركة دنسو التي كانت تنتج أجزاء لشركة تويوتا .أدت هذه التجربة إلى الاعتراف بأن عقلية القيادة التي تشرك فرق الخط الأمامي في نشاط تحسين المجموعات الصغيرة هي عنصر أساسي في التشغيل الفعال للعمليات الإنتاجية. قام بعدها المعهد الياباني للصيانة الإنتاجية (JIPM) بتطوير نظام الصيانة الإنتاجية الكلية ودمجه مع مبادئ التصنيع الرشيق. **[20]**

تسعى المؤسسات في الوقت الحالي إلى تحقيق مؤشرات إيجابية لأدائها في ظل المنافسة الشديدة لتحقيق الجودة، الكية، وتخفيض التكلفة بما يضمن لها تحقيق على الأرباح و الاستمرارية في العمل، و باعتبار أن الأعطال تعد أهم العوامل المؤثرة على توقف العملية الإنتاجية فقد تم التوصل إلى مفهوم الصيانة الإنتاجية

الشاملة TPM التي تتضمن استمرار العملية الإنتاجية عن طريق زيادة الإنتاجية و فعالية المعدات بالإضافة إلى جودة الصناعة، حيث أن جودة الصيانة تمنع وجود عيوب في المنتجات بالإضافة إلى جانب الأمن و السلامة الصناعي للعمال.

لقد تعدد التعاريف الخاصة بالصيانة الإنتاجية الشاملة ونذكر منها:

لقد عرف الباحث الفرنسي Jean Bufferne بأنها: هي منهج شامل للتحسين المستمر لموارد الإنتاج الموجه لتعظيم أداء المؤسسة الاقتصادية، بينما عرف الهيئة الفيدرالية الأميركية للمقاييس USFSM بأنها: مرحلة متطورة لطرق الصيانة تسعى لتحسين إنتاجية المعدات والحفاظ عليها من خلال منهجية شاملة منظمة تمس كل فرد داخل المؤسسة أي ليس فقط مسؤول الصيانة بل يتعدى الأمر إلى كل العاملين الأخرين. **[21]**

وبينما من منطلق أخر عرفت بأنها: هيكل للتطوير الدائم تحت مبدأ التحسين المستمر واستعمال وسائل للقياس لتحقيق الأداء الجيد للتجهيزات والعمال. **[22]**

وكما ويمكن أن نعرف الصيانة بصيغة شاملة بأنها: منهج جديد وشامل لتحسين فعالية موارد الإنتاج المتمثل في زيادة وثوقية التجهيزات ورفع الروح المعنوية للعمال من خلال تصميم نظام داخلي في موقع العمل يساعد على جعل كل من الأخطاء، العيوب، الحوادث والخسائر تؤول إلى الصفر وذلك على طول العمر الافتراضي للتجهيزات وبالاعتماد على العمل الجماعي الشامل لكل الوظائف وكل المستويات بغية الحصول على المنتج المثالي.

1.2. أهداف الصيانة الإنتاجية الشاملة

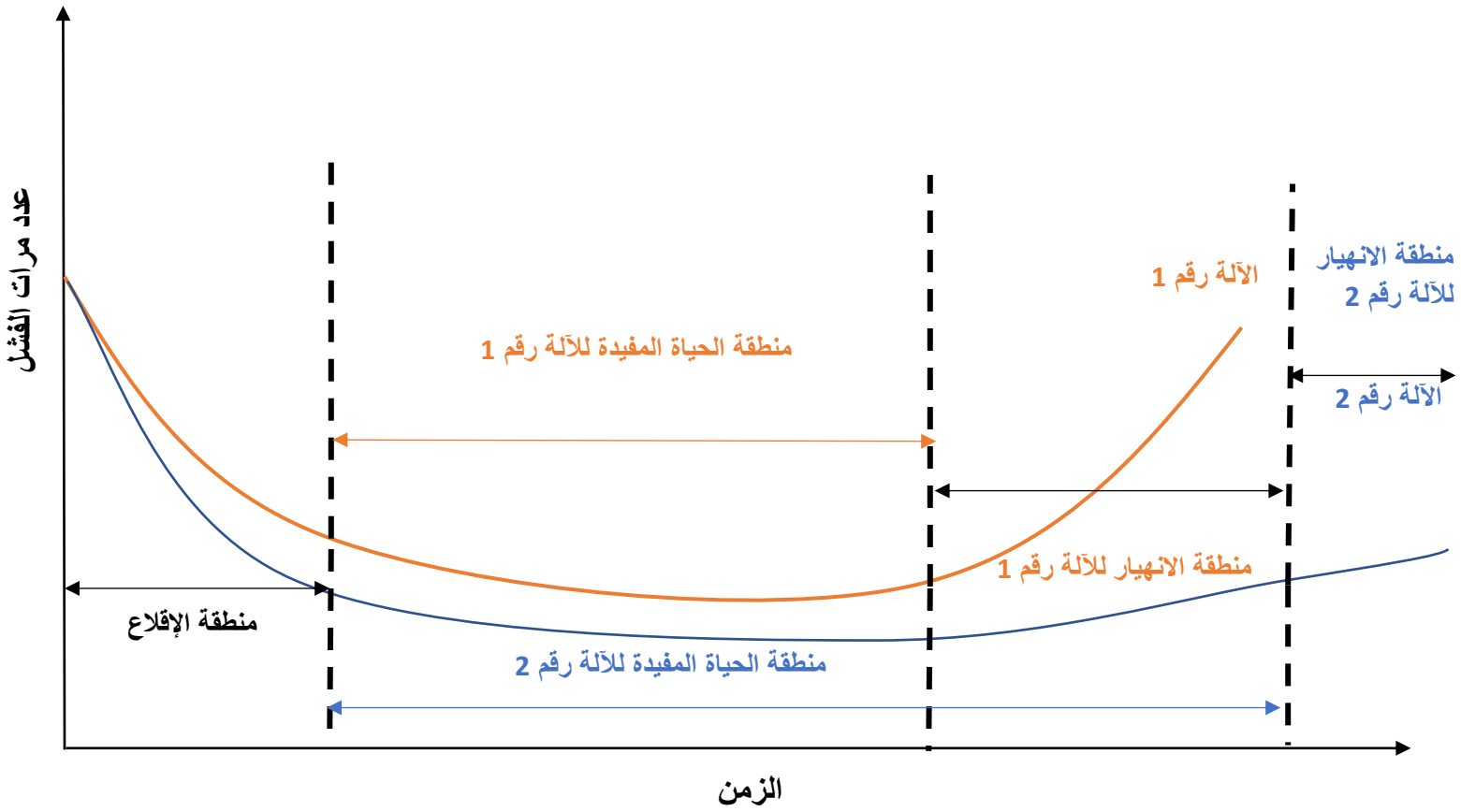
بصفة عامة تهدف الصيانة الإنتاجية الشاملة إلى تحقيق إخفاق، عيوب وحوادث صفرية وفي طيات هذا الهدف نصل إلى قيمة عملية وتغيير ثقافة المؤسسة من خلال الاهتمام بالعنصر البشري بالدرجة الأولى ثم تحسين نظام الإنتاج المتبع بالدرجة الثانية وبالتالي تحقيق النتائج التالية: **[23]**

1- تخفيض التكاليف بنسبة تصل إلى 30% بالاقتصاد في استهلاك المواد وموثوقية الوسائل المستعملة وتبسيط عمليات المتبعة وبالتالي تحقيق الزيادة في الإنتاج.
2- تخفيض قيمة رأس المال الخاص بالمعدات نتيجة إطالة عمرها الافتراضي والحرص على حمايتها من التهالك. **[3]**

3- تخفيض احتياجات رأس المال العامل من خلال التحول إلى سياسات التخزين الصفري والإنتاج بكميات صغيرة وبوقت قليل.

4- تحسين قدرات ومهارات العمال والإبداع وامتلاك القدرة على التحسين بصفة مستمرة. **[23]**

وفي الشكل التالي سوف نوضح الفرق بين آلة طبقت عليها ألية الصيانة الشاملة وأخرى طبق عليها فقط الصيانة الدورية والإسعافية:



الشكل (7): منحني حوض الاستحمام Bathtub curve [4]

3. الصيانة الوقائية

الصيانة الوقائية هي الصيانة التي يتم إجراؤها بانتظام وبشكل روتيني على المعدات والآلات المادية لتقليل فرص التعطل الغير المخطط لها والذي يمكن أن يكون مكلفا للغاية لفرق الصيانة ومديري الأقسام. يتم تخطيط الصيانة الوقائية الفعالة وجدولتها بناء على رؤى البيانات في الوقت الفعلي.

ويتم إجراء الصيانة الوقائية في المرحلة التي تكون فيها المعدات قيد العمل أي في المرحلة التي تسبق فيها الفشل أي تحاول عدم وقوع الأعطال غير المتوقعة.

ويتمركز نهج الصيانة الوقائية بين نهجي الصيانة الإسعافية والتنبؤية، حيث أنها تضع أساس إدارة المرافق العامة من خلال المحافظة على تشغيل الآلات والمعدات بكفاءة وبالتالي الحفاظ على السلامة للعاملين ضمن المنشأة كما وأنها على حد سواء تجنب الإصلاحات الكبيرة والمكلفة، بالمجمل يضمن نظام الصيانة الوقائية المخطط بشكل جيد تقليل الاضطرابات التشغيلية إلى الحد الأدنى.

وهنا يتم التساؤل ما هو أفضل وقت لجدولة الصيانة الوقائية وكيف يتم هذا الامر؟

يمكن القول بأن تنظيم مهام الصيانة الوقائية و تحديد أولوياتها يقع في المرتبة الأولى على عاتق مهندس الصيانة المشرف و الذي تتم مهمته بمتابعة تقارير عمل الآلات الدورية لمعرفة كيف يمكن توجيه فرق الصيانة، و في المرتبة الثانية على فني الصيانة الذي يقوم بالملاحظة المباشرة (العينية) على الآلات حيث يمكن لفني الصيانة اكتشاف أشياء قد لا يمكن قراءتها عن طريق التقارير الدورية و بالتالي هي مسؤولية مشتركة لضمان استمرار الأجهزة بكفاءة و أمان، و لكن في بعض الحالات يصعب الحفاظ على جداول الصيانة الوقائية منظمة مما يؤدي إلى تعقيد العملية و فيما يلي ثلاث خطط للصيانة الوقائية التي يمكن من خلالها المحافظة على العمل بالشكل السليم:

- **الصيانة الوقائية القائمة على الجدول الزمني:** حيث يقوم هذا النهج على القيام بالصيانة تبعا لفترات زمنية محددة مثال كل 10 أيام للمعدات العاملة بشكل دوري والأخرى تبعا للحالة المنصوح بها من قبل المصنَع.
- **الصيانة القائمة على الاستخدام:** في هذا النمط يتم إجراء الصيانة عندما يصل عمل الآلات إلى معيار معين (عدد كيلومترات، ساعات عمل، دورات إنتاج). ومن أمثلتها تغيير الزيت لسيارة بعد قطعها مسافة معينة.

الصيانة القائمة على الحالة الراهنة: وتعد شكل أِشكال الصيانة الاستباقية، أو بمعنى أخر تراقب الحالة الفعلية للآلة لتحديد مهمة الصيانة التي يجب القيام بها، ويتم الدلالة على أن الآلة بحاجة إلى صيانة عندما تظهر مؤشرات معينة مثل انخفاض السرعة لقسم معين من الآلة مما يدل على أن هذا القسم بحاجة إلى عملية تشحيم أو تزييت أو استبدال إحدى المكونات الموصولة مع المحرك. **[24]**

1.3. فوائد ومساوئ استخدام الصيانة الوقائية

يلخص الجدول (2) التالي كلا من فوائد ومساوئ استخدام الصيانة الوقائية

فوائد استخدام الصيانة الوقائية	مساوئ استخدام الصيانة الوقائية
تخطيط المهام وبالتالي عدم الحاجة للمراقبة الدائمة وبالتالي تخفيض زمن اللازم للصيانة	التكاليف الخاصة بالصيانة الوقائية مرتفعة مقارنة بالصيانة الإسعافية
زيادة الإنتاجية	إمكانية حصول أعطال مفاجئة نتيجة عدم المراقبة الدائمة
تدارك الأعطال الكارثية المكلفة	
توفير الوقت الضائع في الاستجابة للحالات الطارئة	
تحقيق الأمن الصناعي للعاملين	
زيادة وثوقية الآلات	

الجدول (2) فوائد ومساوئ استخدام الصيانة الوقائية

نستنتج مما يلي أنه يمكن استخدام الصيانة الوقائية في المجالات التالية:

تصلح للاستخدام في المجالات التالية	لا تصلح للاستخدام في المجالات التالية
في الآلات والمعدات التي لها حالات فشل يمكن منعها عبر الصيانة الدورية	في الآلات التي تكثر فيه الأعطال العشوائية
في الآلات التي يزداد احتمال فشلها مع مرور الوقت أو الاستخدام ولها وظائف حرجة	لا تؤدي وظائف حرجة
المعدات التي يمكن أن تشكل خطر على حياة العمال	المعدات التي تكلف صيانتها الدورية أكثر من إنتاجها

الجدول (3) أماكن استخدام الصيانة الوقائية [24]

4. الصيانة التنبؤية

تختلف الصيانة التنبؤية عن باقي استراتيجيات الصيانة الأخرى في أنها ترتكز على التنبؤ بالاعتماد على قراءة المعطيات التي تصف الحالة الحقيقية للآلة , فعلى سبيل المثال يقوم معظم الأشخاص باستبدال زيت المحرك

لسيارتهم ضمن حدود المسافة التي تتراوح بين 3000 إلى 5000 كم بهدف الحفاظ على محرك السيارة بسبب معرفتهم المسبقة بأن أي تأخير في عملية استبدال الزيت سوف تزيد من مخاطر تعطل المحرك بشكل مفاجئ أو تؤدي إلى جعل العمر التشغيلي للمحرك يتناقص وهو الأمر الذي يمثل بشكل ما جوهر "الصيانة الوقائية " التي تعتمد على الزمن أي أن عملية الصيانة بما تتضمنه من كلفة مادية وزمنية و نفذت فقط لأنه حان الوقت لتنفيذها, ولكن من ناحية أخرى دعنا نفترض وجود منهج آخر لعملية استبدال الزيت تعتمد على تحليل مدى جودة الزيت بشكل مستمر ومدى قدرته على أداء وظيفته عندها وبكل بساطة يمكن أن نطيل فترة استخدام الزيت لمسافة 10000 كم وهو ما يمثل جوهر" الصيانة التنبؤية. **[4]**

حيث أنها تقنية تستخدم أدوات وتقنيات تحليل البيانات لاكتشاف الحالات الشاذة في العمليات والعيوب المحتملة في المعدات والعمليات حتى تتمكن من إصلاحها قبل أن تؤدي إلى الفشل.، ففي الناحية المثالية تسمح الصيانة التنبؤية بأن يكون تكرار الصيانة منخفضا قدر الإمكان لمنع الصيانة التفاعلية غير المخطط لهادون تكبد تكاليف مرتبطة بإجراء الكثير من الصيانة الوقائية(الموقع)، و على الرغم من التقدم الحاصل في تقنيات الصيانة الوقائية إلا أن الإحصائيات التي أجريت في السنوات الأخيرة تشير أن 30% من الصناعات لا تستفيد من هذه التقنيات و تعتبر الصيانة الوقائية هي الاستراتيجية المتبعة في باقي المنشآت، فما هي النتائج التي سوف نحصل عليها بتطبيق كلا من الصيانتين؟ **[25]**

الصيانة الوقائية	الصيانة التنبؤية
صيانة محددة وفق أوقات محددة	**هي صيانة استباقية**
يستخدم برامج لجدولة أوقات الصيانة	**تستخدم لمعالجة المشاكل المحتملة قبل حدوث الفشل**
تعتمد على تنبيهات من مقاييس الآلة	**ترتكز على أداء المعدات والتحليلات التنبؤية للآلات**
يعطي على مؤشرات عن كفاءة الآلة	**يحسن المخزون نظرا لقلة الأعطال المحتملة**
لا بد من حدوث أعطال بين فترات الصيانة	**نسبة تعطل الآلات يكون قليل نسبيا**

الجدول (4) مقارنة بين الصيانة التنبؤية والصيانة الوقائية [25]

وحسب دراسة أجراها موقع Sap.com بالتعاون مع شركة Emerson المتخصصة بصناعة المقاييس الالكترونية الخاصة بأجهزة الضغط تبين أنه باستخدام الصيانة الوقائية كانت 70% من الأجهزة المرتبطة بهذه الحساسات سليمة وبينما عند استخدام أساليب الصيانة التنبؤية أصبحت 90%. **[26]**

وبالتالي يمكننا أن نعرف الصيانة التنبؤية بأنها تلك الإجراءات التي تتخذ لمعرفة مستوى وسير عملية التدهور في النظام أي انخفاض مستوى الإنتاجية مما يسمح باستبعاد العوامل العرضية قبل حدوث أي تدهور كبير في حالة المعدات. **[4]**

1.4. كيف تعمل الصيانة التنبؤية؟

تستعمل الصيانة التنبؤية كلا من البيانات التاريخية للآلة والبيانات الفعلية ضمن الزمن الحاضر لتوقع المشكلات قبل حدوثا وهناك ثلاث مجالات رئيسية تؤثر على تلك الصيانة:

1- مراقبة المؤشرات حسب المقاييس لمعرفة حالة المعدات وأدائها.
2- تحليل البيانات المقروءة من المقاييس.
3- استخدام التقارير الموثقة سابقا.

تسعى الصيانة التنبؤية إلى تحديد أفضل وقت للقيام بالعمل على أحد المعدات بحيث يكون تكرار الصيانة منخفضا قدر الإمكان وتكون الموثوقية عالية قدر الإمكان دون تكاليف غير ضرورية، ويستخدم مديرو الصيانة التنبؤية وبيانات الحساسات وأدوات والذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي لمساعدة فرقهم على اتخاذ قرارات أفضل بشأن موعد إجراء الصيانة، حيث يعد استخدام إنترنت الأشياء أمرا أساسيا لتنفيذ برنامج صيانة تنبؤي ناجح، وكذلك استخدام مستشعرات وتقنيات الصيانة التنبؤية، مثل تحليل الاهتزاز وتحليل الزيت والتصوير الحراري ومراقبة المعدات، و على الرغم من وجود بعض العيوب للصيانة التنبؤية مثل (ارتفاع تكاليف بدء التشغيل ، والحاجة إلى مهارات متخصصة ، وقيود بعض المعدات) ، إلا أنها تسمح بإجراء الصيانة فقط عند الحاجة ، مما يساعد المرافق على خفض التكاليف وتوفير الوقت وزيادة الموارد إلى أقصى حد، حيث يجب إجراء التشاور مع مصنعي المعدات وخبراء المراقبة قبل تحديد ما إذا كانت الصيانة التنبؤية هي الأفضل لأصول معينة.

والجدول التالي يتكلم عن المواقع التي ينصح بإجراء الصيانة التنبؤية فيها والتي لا ينصح بتجربتها فيها:

تصلح للاستخدام في المجالات التالية	لا تصلح للاستخدام في المجالات التالية
معدات ذات وظيفة تشغيلية حاسمة	**معدات ليس لها وظائف تشغيلية حاسمة**
لدى المعدات أوضاع فشل يمكن التنبؤ بها بشكل فعال التكلفة من خلال المراقبة المنتظمة	**ليس لدى المعدات وضع فشل يمكن التنبؤ به بشكل فعال من حيث التكلفة**

الجدول (5) أماكن استخدام الصيانة التنبؤية [25]

5. تطور مفهوم الصيانة عبر الزمن عبر الثورات الصناعية

يوضح الجدول (6) التالي تقدم القدرات التكنولوجية من خلال الثورات الصناعية والتأثير الناتج على استراتيجيات الصيانة وفعالية المعدات: [26]

رقم الثورة الصناعية	الثورة الصناعية الأولى	الثورة الصناعية الثانية	الثورة الصناعية الثالثة	الثورة الصناعية الرابعة
الابتكار التكنولوجي	الآلات التي تعمل بالطاقة البخارية	الإنتاج الضخم باستخدام الطاقة الكهربائية	الأتمتة باستخدام أجهزة الحاسوب	عصر التحول الرقمي واستخدام انترنت الأشياء والبرامج السحابية
سياسات الصيانة المتبعة	الصيانة التشغيلية	الصيانة الوقائية	الصيانة الوقائية	الصيانة التنبؤية
طريقة الفحص	الفحص البصري	الفحص الآلي	المراقبة بالحساسات	استشعار البيانات والتحليلات التنبؤية
فعالية السياسات المتبعة	أقل من 50%	50-70 %	70-90 %	أكثر من 90%

الجدول (6) تطور مفهوم الصيانة عبر الزمن عبر الثورات الصناعية [26]

6. التحكم الصناعي المبرمج (الأتمتة الصناعية)

هو مصطلح مستحدث يطلق على كل شيء يعمل ذاتياً بدون تدخل بشري، فيمكن تسمية الصناعة الآلية بالأتمتة الصناعية مثلا. وهي عملية تهدف إلى جعل المصانع أكثر اعتمادا على الآلات بدلا من الإنسان، وتعتبر كنوع من أنواع الروبوت لكنها مازالت بحاجة إلى الإنسان لتكملة عملها.

تهدف الأتمتة إلى زيادة الإنتاج حيث تستطيع الآلة العمل بسرعة ودقة أكبر من الإنسان ووقت أقل بمئات المرات، ففي السابق برغم وجود الآلات لكنها كانت تحتاج إلى وقت طويل للإنتاج وكذلك الإنتاج لم يكن بالدقة المطلوبة على يد الإنسان. [5]

1.6. أنماط العملية الصناعية

لتسهيل الإدارة الصحيحة للمصانع تقسم العمليات الصناعية استناداً إلى طبيعتها، وبنيتها، وتنظيمها المادي. ضمن فئتين:

- **عمليات محلية:** تتواجد العملية المحلية ضمن منطقة فيزيائية صغيرة نسبياً، وتكون جميع عملياتها الفرعية أو عناصرها مترابطة بإحكام.
- **عمليات موزعة:** تتواجد العملية الموزعة ضمن منطقة فيزيائية كبيرة نسبياً، وتكون جميع عملياتها الفرعية أو عناصرها مترابطة بشكل فضفاض. تمثل هذه العملية شبكة من العديد من العمليات المحلية الموزعة على منطقة فيزيائية كبيرة. **[5]**

2.6. نظام أتمتة العمليات

نظام أتمتة العمليات هو ترتيب لمراقبة العملية الصناعية والتحكم بها آلياً للحصول على النتائج المرجوة دون أي تدخلات يدوية. ينقسم سلوك العمليات إلى ثلاث:

- غير مراقبة.
- مراقبة يدويا.
- مراقبة ألياً. **[5]**

3.6. فوائد الأتمتة

بالإضافة لتحقيق الجودة المطلوبة وفعالية التكلفة للمنتجات، والخدمات، فإن للأتمتة أيضاً فوائد أخرى:

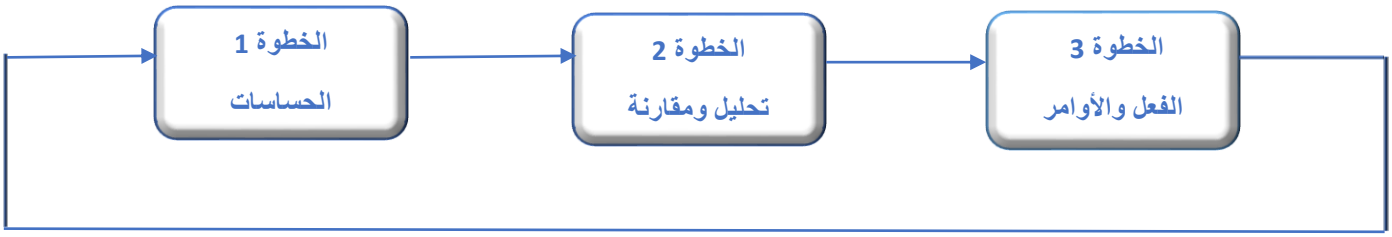
- الحد من الخسائر من خلال استعادة نشاط الإنتاج بأسرع ما يمكن أو إعادة تشغيل المصنع، وذلك بعد الحالات التالية: توقف المصنع عن العمل – إعادة تهيئة المصنع لكي يتكيف مع المتطلبات الجديدة.
- من الناحية العملية يمكن أيضاً أن يوصف الحد من خسائر الإنتاج كانخفاض في الوقت غير المنتج للمصنع. بهذه الطريقة يتم زيادة إنتاج السلع أو الخدمات، والمساهمة في ارتفاع العائدات والأرباح. يعرف ذلك أيضاً بزيادة التوافر العام للمصنع.
- الاستغلال الأمثل للموارد من خلال تخفيض الاعتماد على القوى العاملة من ذوي المهارات العالية.
- سلامة أعلى للأفراد والمعدات على اعتبار أنه لا يوجد اتصال مباشر مع العمل ضمن المصنع.

- موثوقية وأمان أعلى في تشغيل المصنع.
- استجابة ونتيجة أسرع لأنه لا يتطلب تدخل بشري.

كل هذه الفوائد تؤدي إلى تكاليف تشغيل أقل، وكفاءة تشغيلية عالية. **[5]**

4.6. خطوات الأتمتة

ينفذ نظام الأتمتة النموذجي خطوات الأتمتة بالتتابع وبشكل دوري، كما هو مبين في الشكل التالي. يعمل ذلك على إحداث تصحيحات مستمرة لتشغيل العملية وتنتج دائماً النتائج المطلوبة. يتم شرح الخطوات الأتمتة على النحو التالي: **[5]**



الشكل (8): خطوات ودورة الأتمتة النموذجية [5]

❖ **الخطوة الأولى: اكتساب المعلومات عبر إشارات الحساسات**

في هذه الخطوة يتم الحصول على معلومات عن سلوك العملية عن طريق تحسس أو قياس بارامترات العملية المهمة.

❖ **الخطوة الثانية: تحليل المعلومات ومقارنتها واتخاذ القرار**

يتم في هذه الخطوة تحليل سلوك العملية بمقارنة المعلومات المكتسبة مع النتيجة المطلوبة. ومن ثم يتم أخذ قرار حول تعليمات أو أوامر جديدة مطلوبة لإحداث أية تصحيحات.

❖ **الخطوة الثالثة: تنفيذ التحكم**

يتم في هذه الخطوة التحكم فعلياً بسلوك العملية بإرسال تعليمات أو أوامر جديدة لإحداث تصحيحات. تسمى هذه التعليمات بمخارج الأوامر.

5.6. بنية نظام التشغيل الآلي المؤتمت

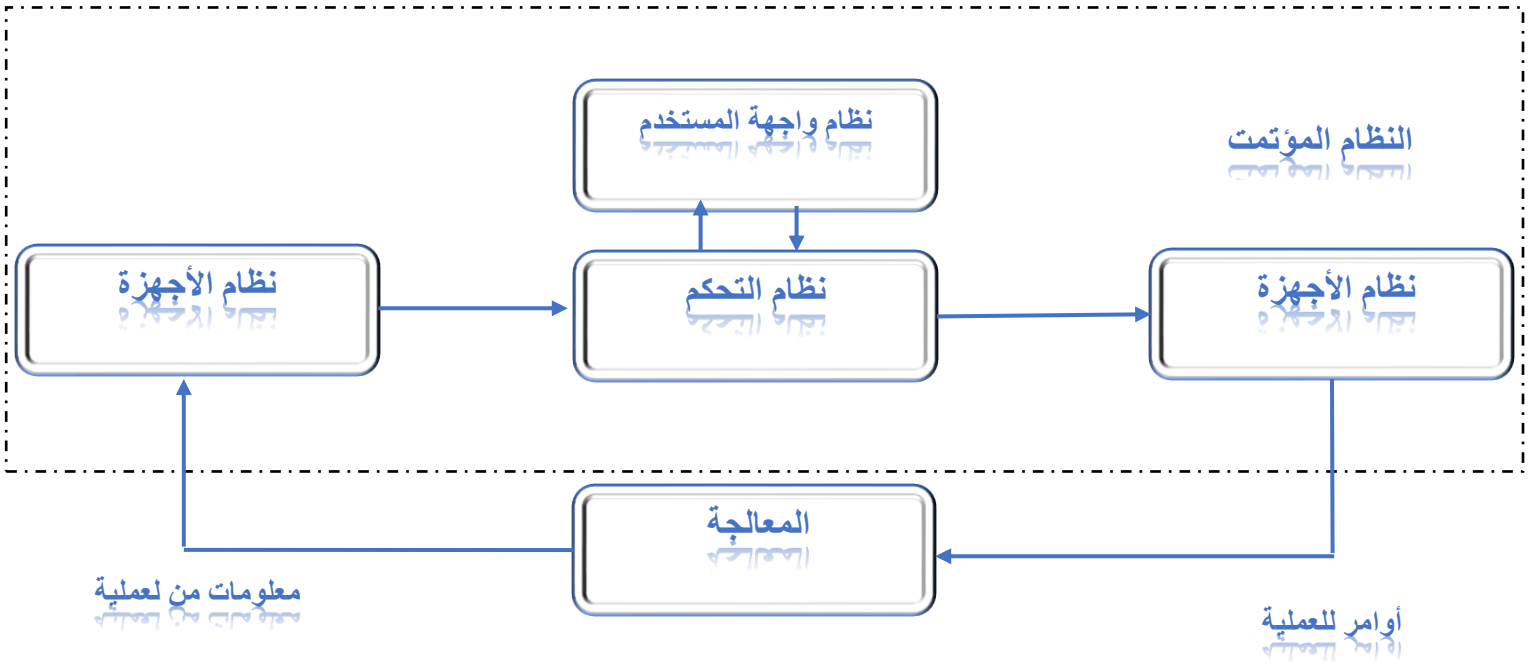
ينقسم نظام التشغيل الآلي المؤتمت إلى ثلاثة أنظمة فرعية على النحو التالي:

1- نظام الأجهزة **Instrumentation subsystem**

2- نظام التحكم **Control subsystem**

3- نظام واجهة ربط المستخدم **Human interface subsystem**

ويوضح الشكل التالي كيفية ترابط وتبادل المعلومات بين هذه النظم الفرعية. **[5]**



الشكل (9): البنية الرئيسية لنظام التشغيل الآلي [5]

7. المتحكم القابل للبرمجة PLC

المتحكم القابل للبرمجة ال PLC هو جهاز الكتروني رقمي مبني على المعالج الصغري والذي يستخدم ذاكرة قابلة للبرمجة لتخزين التعليمات وتنفيذ الوظائف المتنوعة (المنطقية، التتابعية، الوقت، العد والعمليات الحسابية وذلك للتحكم بالآلات والمعالجات المختلفة. وبالتالي فإن وظيفة المتحكم هي الإشراف على المداخل والمخارج وفقا للبرنامج والتي تكون مخزنة في ذاكرة المتحكم. **[6]**

1.7. تطور المتحكم القابل للبرمجة PLC تاريخيا

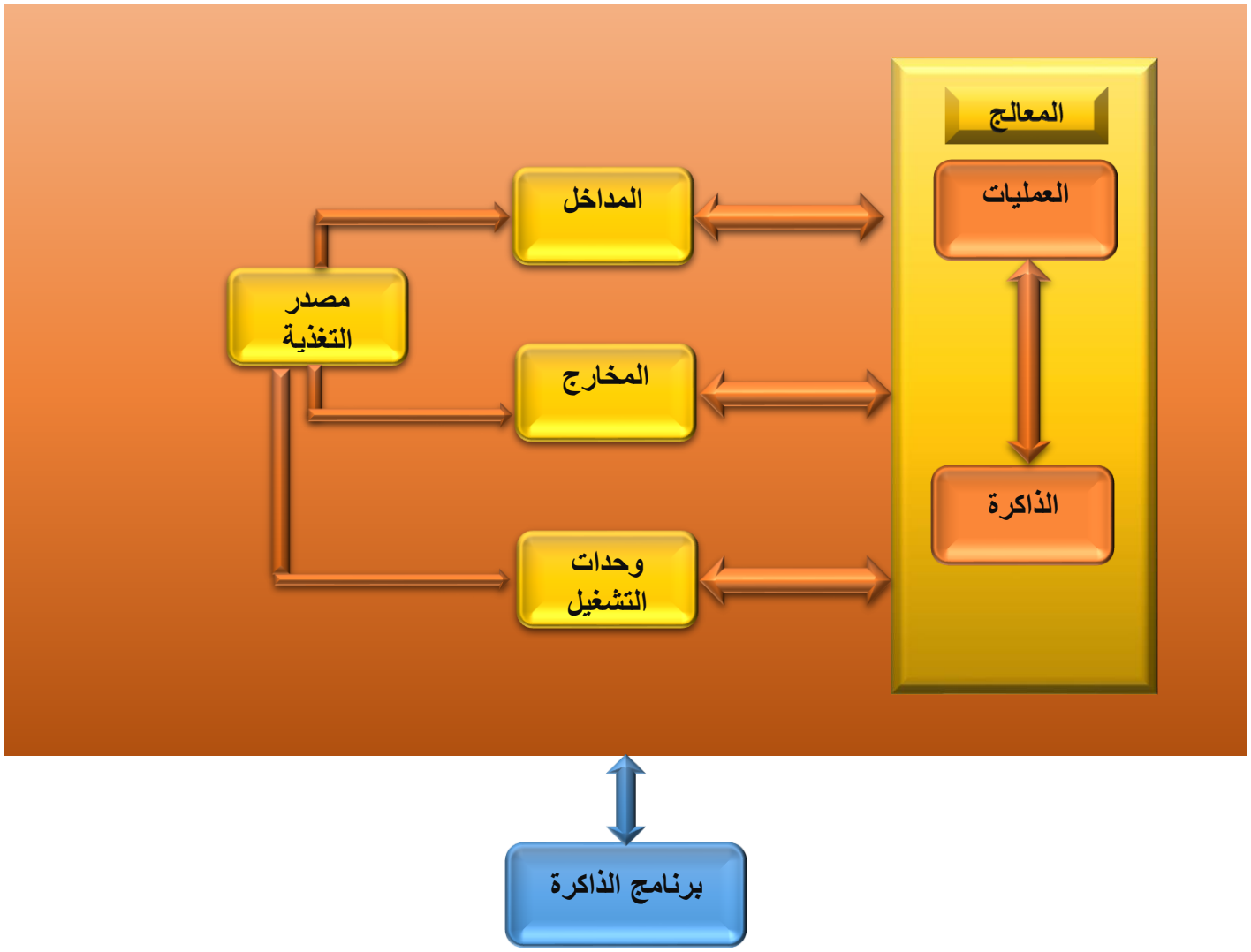
تطورت هندسة التحكم الآلي بمرور الوقت. ففي الماضي كان العاملين هم الطريقة الرئيسية للتحكم في النظام. ومن ثم بعد الثورة الصناعية الأولى تم الاستعانة بالآلات والمشغلين للتعامل مع الآلات ومن ثم في الآونة الأخيرة، تم استخدام الكهرباء للتحكم وكان التحكم الكهربائي المبكر يعتمد على المرحلات Relays. تسمح هذه المرحلات بتشغيل الطاقة وإيقاف تشغيلها بدون مفتاح ميكانيكي. من الشائع استخدام المرحلات لاتخاذ قرارات تحكم منطقية بسيطة. ومع تطور أجهزة الحاسوب واختراع المعالجات الصغرية أدى إلى إحداث ثورة في عصر التحكم، وبدأت في سبعينيات القرن العشرين إنتاج أجهزة التحكم القابلة للبرمجة **PLC**، وأصبحت الخيار الأكثر شيوعا لضوابط التصنيع.

وكان من أهم الأسباب التي أدت إلى اختراع هذه الوحدة هي الحاجة الملحة لمصانع السيارات الأميركية التي احتاجت إلى وحدة تحكم فريدة من نوعها لتلبي احتياجاتها وتنقص الأعداد الهائلة للمؤقتات والحاكمات ومتحكمات الحلقات المغلقة لإنجاز مهام التحكم لأنظمة الزمن الحقيقي وتتالي الأوامر الرقمية وحماية قيمها من التشويش.**[27]**

2.7. مكونات أجهزة التحكم القابل للبرمجة PLC

1. وحدات الدخل
2. وحدات الخرج
3. وحدة مصدر التغذية
4. وحدة المشغل
5. جهاز البرمجة

ويمثل الشكل التالي مكونات المتحكم القابل للبرمجة:



الشكل رقم (10): مكونات المتحكم القابل للبرمجة PLC

- **وحدات الدخل Input**

تقوم هذه الوحدات باستقبال إشارات الدخل وتجهيزها لكي تستطيع وحدة المعالجة المركزية التعامل معها وتتوزع المداخل إلى نوعين:

1- وحدات دخل رقمية: ويعبر عمها بحالتين **ON** أو **OFF** مثل مفتاح ضاغط أو حساس تقاربي.

2- وحدات دخل تماثلية: وهي متغيرة في الشكل والقيمة مثل حساس قياس مستوى سائل حيث ينخفض ويرتفع الجهد بتغير مستوى السائل.

- **وحدات الخرج Output**

تقوم بإخراج الإشارات الكهربائية المطلوبة للتحكم وهي مثل المداخل إما أن تكون رقمية (مصباح كهربائي، شاشة إظهار **LCD**) وإما أن تكون تماثلية (فتحات مراوح التكييف والتسخين...)

- **وحدة المشغل Operator Module**

هي وحدة تمكن المشغل من استخدام الجهاز مثل شاشة العرض التي تقوم بعرض معلومات العمليات المختلفة المتحكم بها وإدخال معلومات جديدة أو تعديل العوامل المستخدمة.

- **وحدة المعالجة المركزية CPU**

وتتكون من عنصريين أساسيين وهما:

المعالج: وهو العنصر الذي يقوم بتنفيذ الأوامر التي يتكون منها برنامج التحكم.

الذاكرة: وهي التي تقوم بتخزين المعلومات ولها 3 أنواع:

- ❖ **ذاكرة القراءة (ذاكرة ميتة) ROM**: وهي ذاكرة يمكن قراءة محتواها ولكن لا يمكن الكتابة عليها وهي تحتوي على جزء من نظام تشغيل المتحكم والذي يتم طباعته بشكل نهائي أثناء صنع الذاكرة.
- ❖ **ذاكرة عشوائية RAM**: وهي ذاكرة يمكن الكتابة فيها وقراءة محتواها ولكن هذا المحتوى يفقد عند انقطاع التغذية الكهربائية عنها لذلك يتم وضع وصلها ببطاريات خارجية.
- ❖ **ذاكرة قراءة قابلة للبرمجة كهربائيا EEPROM**: وهي نوع من أنواع الذواكر الميتة التي يمكن برمجتها كهربائيا بحيث يمكنها الاحتفاظ بمحتواها حتى بعد انقطاع التغذية عنها. **[6]**

وفي الجدول (7) يوضح أنواع الذواكر:

النموذج	البرمجة	قابلية المسح	محتوى الذاكرة في حال فصل التيار الكهربائي
RAM	من قبل المستخدم في جهاز التحكم والمراقبة	عند انقطاع التغذية الكهربائية	تحذف
ROM	من قبل المنتج	غير قابلة للمسح	تبقى
PROM	بواسطة جهاز البرمجة	غير قابلة للمسح	تبقى
EPROM	من قبل المستخدم بواسطة جهاز البرمجة	بواسطة الأشعة فوق البنفسجية	تبقى
EEPROM	من قبل المستخدم بواسطة جهاز البرمجة	كهربائيا	تبقى

الجدول (7) أنواع الذواكر [6]

- **مصدر القوة Power Supply**

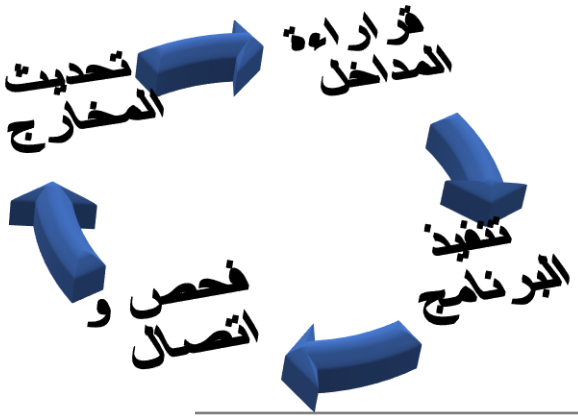
وتنقسم إلى نوعين تيار مستمر V (12،24،48) أو تيار متناوب V220.

- **جهاز البرمجة Programming Device**

وهو جهاز يتم من خلاله إعداد البرنامج ونقله إلى ذاكرة الوحدات المنطقية المبرمجة ومن ثم إلى وحدة المعالجة المركزية التي تقوم بتحويلها إلى ما يعرف بلغة الآلة كما يستخدم أيضا لاختيار البرنامج. **[6]**

3.7. دورة عمل نظام ال PLC

أي جهاز **PLC** يقوم بتنفيذ برامجه في 4 مراحل:



الشكل (11): دورة مراحل عمل برنامج ال المتحكم القابل للبرمجة

قراءة المداخل: أي قراءة الإشارات القادمة من الحساسات، الضواغط ...

تنفيذ البرنامج: ويتم بعد تفحص الإشارات القادمة إلى المداخل وتطبيق الأوامر حسب البرنامج المحمل مسبقا في الذاكرة.

الفحص والاتصال: ويتم للمكونات الداخلية والذي يفحصها نظام التشغيل.

تحديث المخارج: وهي إخراج الإشارات إلى المخارج ومنها إلى الأدوات المحيطية المتصلة مع المتحكم والمسؤولة عن تنفيذ أوامر .**[6]**

4.7. برمجة المتحكم القابل للبرمجة

تبدأ عملية البرمجة بتحديد دراسة النظام المراد التحكم فيه وتحليله من خلال تحديد نقاط الدخل (مفاتيح التشغيل مثل الضواغط أو الحساسات. كما يتم تحديد نقاط الخرج مثل المصابيح الكهربائية، شاشات ال **LCD** والمرحلات. ثم يتم ترقيم هذه النقاط بما يتناسب مع وحدات الدخل والخرج المتوفرة في النظام ومن بعد ذلك يتم تحديد طريقة البرمجة المناسبة.

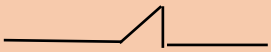
وتقسم برمجة ال **PLC** إلى ثلاثة أنواع هي:

1- المخطط السلمي Ladder Diagram Method واختصارها **LAD**.
2- مخطط البوابات المنطقية أو كما تمسى Function Block Diagram واختصارها **FBD**.
3- مخطط قائمة الإجراءات Statement List واختصارها **STL**. **[6]**

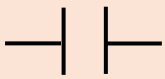
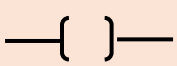
5.7. المخطط السلمي LAD

هذه الطريقة هي أقرب ما يكون للمخطط الكهربائي ودوائر التحكم مع فارق بسيط وهو أنه يتم رسمه بشكل أفقي وتعتبر هذه الطريقة من أكثر الطرق استخداما في تمثيل الدوائر الكهربائية ودوائر التحكم في الآلات الكهربائية بأنواعها.

والجدول (8) التالي يوضح دلات كل رمز يستخدم في المخطط السلمي:

الوظيفة	شكل الرمز في برنامج الدارة الكهربائية	
	شكل الرمز	مسمى الرمز
مفتاح مفتوح أو ضاغط توصيل		S1, N.O
مفتاح مغلق أو ضاغط فصل		S0, N.C
حمل (خرج) لمبة، متمم أو محرك		Q3,M,H1

الجدول (8) دلالات الرموز كهربائيا في المخطط السلمي [6]

الوظيفة	شكل الرمز في برنامج ال PLC	
	شكل الرمز	مسمى الرمز
مفتاح مفتوح أو ضاغط توصيل		I0.0
مفتاح مغلق أو ضاغط فصل		I0.1
حمل (خرج) لمبة، متمم أو محرك		Q3.3

الجدول (9) دلالات الرموز برمجيا في المخطط السلمي [6]

ويكون ترميز نقاط الدخل والخرج على الشكل التالي، x,y (I,Q) حيث I تمثل نقطة الدخل وQ تمثل نقطة الخرج أما x يمثل رقم الوحدة التابع للدخل أو للخرج وy يمثل رقم المفتاح داخل الوحدة x.

ومما يلي نستنتج أن أي برنامج يمر عبر ثلاثة مراحل:

- ❖ دراسة النظام المراد التحكم فيه (دائرة التحكم).
- ❖ ترميز نقاط الدخل والخرج.

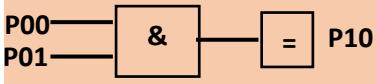
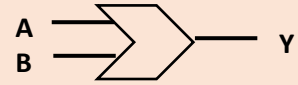
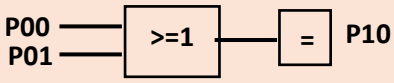
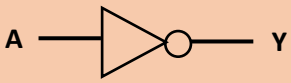
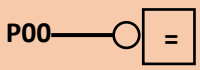
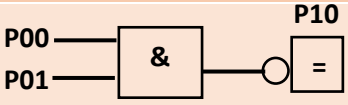
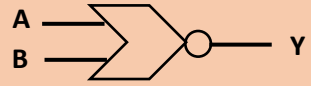
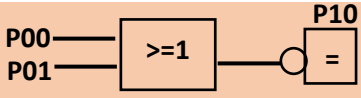
❖ كتابة البرنامج. **[6]**

6.7. مخطط البوابات المنطقية FBD

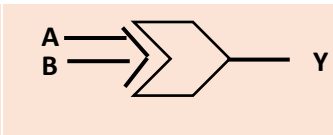
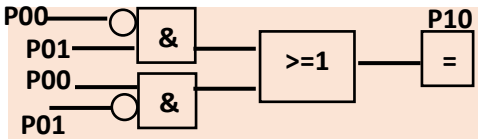
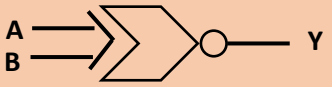
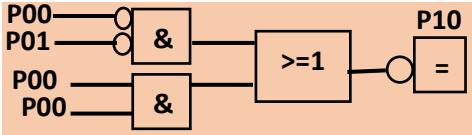
يمكننا أن نستنتج من اسمها دلالة البرمجة المنطقية التي تقوم عليها حيث تعتمد على مخطط البوابات المنطقية للربط بين الأوامر وبرمجتها وهي:

- بوابة **AND**.
- بوابة **OR**.
- بوابة **NOT**.
- بوابة **NAND**.
- بوابة **NOR**.
- بوابة **XOR**.
- بوابة **XNOR**.

ويمكن تجسيد أشكالها المنطقية وأشكالها ضمن البرنامج بالشكل في الجدول (10) التالي:

نوع البوابة	الرمز المنطقي	المخطط الصندوقي حسب لغة FBD
بوابة AND		
بوابة OR		
بوابة NOT		
بوابة NAND		
بوابة NOR		

P00

بوابة XOR		
بوابة XNOR		

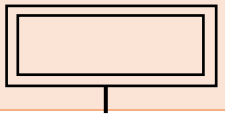
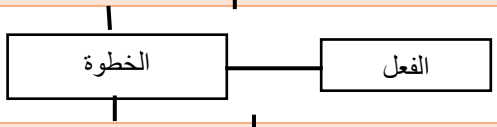
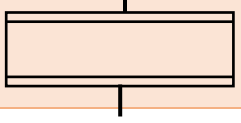
الجدول (10) أشكال البوابات المنطقية في المخططات الصندوقية [6]

هذه الصيغة من لغة **FBD** تصلح لجميع الأنواع من المتحكمات ما عدا التي من انتاج شركة SEIMINS والتي لها لغة شبيهة بلغة ال FBD وتدعى **Sequential Function Chart** واختصارا **SFC** وتعرف على أنها: لغة برمجية رسومية تمكن المبرمج من وصف أحداث متتالية من أجل فهم أفضل لعمل الأنظمة والانتقال بشكل سهل إلى وضع البرنامج من أجل عملية الأتمتة وتعتبر مخططات ال **SFC** مجموعة فرعية من شبكات بتري **Petri Net**.

وتتألف هذه اللغة من **SFC** من قسمين خطوات والأفعال وانتقالات.

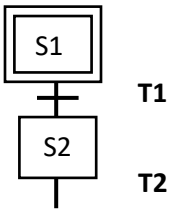
- **الخطوات:** تكون على شكل صندوق مستطيل وكل خطوة تمثل حالة من حالات النظام المراد التحكم به، وعادة ما ترتبط الخطوة بالفعل ويتم إنجاز الفعل عندما تكون الخطوة فعالة.

وفي الجدول (11) التالي أنواع الخطوات:

النوع	الشكل
الخطوة الابتدائية	
الخطوة العادية	
مجموعة خطوات مرتبطة مع بعضها	

الجدول (11) أنواع الخطوات في لغة ال SFC [6]

❖ **الأفعال:** عندما يتحقق شرط الانتقال T1 الموجود بعد الخطوة الابتدائية S1 تصبح الخطوة الابتدائية S1 بعد تحققه غير فعالة، وتصبح الخطوة S2 فعالة كما في الشكل التالي:



❖ **الانتقالات:** ترتبط الخطوات مع بعضها البعض بوساطة الانتقالات. والانتقال عبارة عن خط يصل بين خطوتين، كل انتقال يكون مصحوبا بشرط.**[6]**

7.7. مخطط قائمة الإجراءات STL

هي لغة لا تستخدم مخططات أو رسومات بل تعليمات برمجية ومن أشهر هذه التعليمات لغة STEPS الخاصة بشركة SEIMINS وفي الجدول (12) التالي يوضح معاني رموز قائمة التعليمات:

الرمز	الوظيفة
A	بوابة AND
O	بوابة OR
N	بوابة NOT
AN	بوابة NAND
XO	بوابة XOR
=	تعبر عن يساوي
(	بدء البرمجة على التوازي
)	نهاية البرمجة على التوازي
BE	نهاية البرنامج

الجدول (12) معاني الرموز في لغة ال STL [6]

8.7. مزايا استخدام أجهزة التحكم القابلة للبرمجة PLC

- المرونة في تعديل البرامج.
- سرعة استجابة الجهاز على التغييرات الحاصلة في النظام.
- استخدام أبسط وأقل للأسلاك.
- تعتبر الأجزاء الخاصة به أجزاء ثابتة لا تتحرك.
- تصميم مرن قابل للإصلاح والتوسع.
- قابل للتعامل اليدوي بشكل أبسط من الأجهزة المعقدة.

توفر مجموعات للتطوير المستمر وبالتالي خفض التكاليف. **[28]**

8. الحساسات والأجهزة المحيطية

1.8. الحساسات

يعرف الحساس الكهربائي بأنه جهاز أو دائرة إلكترونية متكاملة تكشف علامة فيزيائية (جسم معين) أو حركة محددة ثم تُحولها إلى إشارة كهربائية، حيث تُعالج الإشارة خارج المستشعر الكهربائي ثم تُستخدم لتوفير قياس ما واتخاذ إجراء بخصوصه، ولهذه الحساسات عدد كبير من التصميمات كل منها يستخدم لغرض معين؛ كقياس درجة الحرارة، أو قياس البعد عن جسم ما، أو كمية الإشعاعات وغيرها، وقد تأتي الحساسات بأحجام صغيرة للقياسات الدقيقة كالتي توضع في الهاتف الخلوي.
تستخدم الحساسات في العديد من التطبيقات؛ كاستشعار الحرارة، والضوء، والصوت، والبعد، والميلان، والرطوبة، وغيرها الكثير من التطبيقات الأخرى التي تستخدم في مجالات الحياة المختلفة، وتعرف الحساسات بأنها أجهزة أو دارات إلكترونية تلتقط إشارة معينة وتعالجها وتستجيب لها، مما يزيد من الكفاءة ويقلل الوقت والتكاليف اللازمة. **[29]**

2.8. تصنيف الحساسات

تصنف الحساسات الكهربائية إلى عدة أقسام:

- **أجهزة الاستشعار النشطة:** والتي تنتج إشارات بمساعدة المؤثرات الخارجية المطبقة عليها.
- **أجهزة الاستشعار السلبية:** والتي تنتج إشارات دون مساعدة أو محفز أو جهد إضافي.

- **أجهزة الاستشعار التناظرية والرقمية:** والتي تستخدم لقياس الكثير من الخصائص الفيزيائية: كالتسارع ودرجة الحرارة والإزاحة وغيرها. **[30]**

3.8. وظائف الحساسات

من أهم وظائف الحساسات الكهربائية:

- تقليل الوقت وعدم الحاجة للصيانة كثيرا نظرا لقلة الأعطال.
- تشخيص الأعطال في الأجهزة ومعالجة إشارات الاتصال بالشبكات.
- توصيل عدد أكبر من أجهزة الاستشعار بالشبكات، مما يزيد من دقتها وصحتها.
- تحسين كفاءة ودقة المعلومات وتقليل التكاليف الإجمالية
- تحسين كفاءة ودقة المعلومات وتقليل التكاليف الإجمالية. **[30]**

4.8. أنواع الحساسات الكهربائية

- **حساسات الضوء:** للكشف عن الضوء وقياس شدّته.
- **حساسات الرطوبة:** لحساب مستوى الرطوبة في الهواء.
- **حساسات الدخان والغاز والكحول:** والتي تكشف عن وجود الحرائق أو الغازات، في حين يكشف حساس الكحول عن وجودها من خلال أجهزة خاصة.
- **حساسات الألوان:** المُستخدمة في معالجة الألوان وتحديدها.
- **حساسات اللمس:** كالتي تستخدم في الهاتف.
- **حساس الإجهاد والوزن:** والذي يستخدم لحساب الأوزان.
- **الحساسات المغناطيسية:** والتي تقيس كثافة التدفق المغناطيسي.
- **الميكروفون:** وهو مستشعر صوت.
- **حساس الإمالة:** والذي يختص باستشعار الميل أو في التوجيه.
- **الحساسات التناظرية:** التي تُنتج إشارات مستمرة مع مرور الوقت، تتناسب مع المدخلات أو القيم المقاسة، ومن أمثلتها؛ مستشعرات التسارع، والضغط، والإجهاد، والحركة، والإزاحة، ودرجة الحرارة.

- **حساسات الأشعة تحت الحمراء :** والتي لها طيف ذات نطاق تردد أعلى من الموجات الدقيقة وتردد أقل من الضوء المرئي، وعادةً ما يُستخدم في إصدار أو استشعار الإشعاعات تحت الحمراء للكشف عن العوائق أو الأجسام، وتقسم هذه الحساسات إلى:

1- حساسات الأشعة تحت الحمراء السلبية: والتي لا تستخدم أي مصدر للأشعة تحت الحمراء في الكشف عن الطاقة المنبعثة من العوائق أو الأجسام، مثل الكاشف الكهربائي الحراري، ومقاييس الإشعاع.

2- حساسات الأشعة تحت الحمراء النشطة: والتي تستخدم مصدر للأشعة تحت الحمراء وآخر مستقبل لها، إذ يعمل الثنائي الباعث الضوئي أو الليزري كمصدر للأشعة تحت الحمراء، في حين يعمل الثنائي الضوئي أو الترانزستور الضوئي ككاشف للأشعة تحت الحمراء.

- **حساسات الحرارة:** هي مستشعرات تناظرية تقيس التغير في درجات الحرارة، ولها أنواع عديدة منها: المزدوجات الحرارية، والمقاوم الحراري، وأجهزة درجة الحرارة المقاومة.
- **حساس المسافات:** هي مستشعرات لا تلامسيه تستخدم للكشف عن الأشياء عن طريق قياس المسافات مع الجسم الهدف، وتستخدم هذه المستشعرات الأشعة تحت الحمراء أو الإشعاع الكهرومغناطيسي في الكشف عن المسافات، كما تستخدم في تحديد السرعة والدوران والعدّ، وفي مستشعرات اصطفاف السيارات.
- **حساس الموجات فوق الصوتية:** والذي يستخدم في قياس المسافة أو الوقت اللازم لقطع مسافة معينة، إذ يتم استخدام مصدر للموجات فوق الصوتية والتي تصطدم بالهدف وتنعكس ليتم الكشف عن الإشارة وتحليلها، ويستخدم هذا النوع من المستشعرات جهازًا واحدًا لإرسال الموجات واستقبالها.
- **حساسات التسارع:** والتي تكشف عن التغيرات في الموقع والسرعة والاهتزاز عن طريق استشعار الحركة، وقد تكون هذه المستشعرات تناظرية أو رقمية، بحيث تعتمد التناظرية منها على إنتاج جهد مستمر يعتمد على مقدار التسارع. مستشعرات التوجيه: والتي تحدد الاتجاه بالاعتماد على جاذبية الأرض، إذ إنها تقيس السرعة الزاوية، وتستطيع هذه المستشعرات الكشف عن الدوران بغض النظر عن التسارع.

كما ويجب الذكر بأنه يمكن إضافة لواحق تشابهية ورقمية إلى المتحكم لمضاعفة مداخله ومخارجه بما يضمن حرية المجال للمبرمج بالقيام بالبرنامج المطلوب بشكل مرن. **[29]**

5.8. المؤقتات

تعد المؤقتات واحدة من أكثر القطع استخداماً مع المتحكم ولها 5 أنواع أكثر انتشارا:

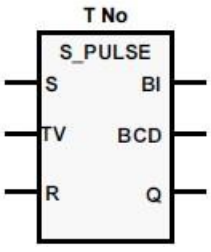
- **المؤقت النبضي**
- **المؤقت النبضي الممتد**
- **المؤقت ذو التوصيل المتأخر**
- **المؤقت ذو الفصل المتأخر**
- **المؤقت ذو التوصيل المتأخر الثابت**

كما وأن كل أنواع المؤقتات تحتوي على المداخل والمخارج الأتية المفصلة في الجدول (13):

الرمز	الوظيفة
S	**مدخل التشغيل**
TV	**المدة الزمنية**
R	**مدخل التوقف**
T No	**رقم المؤقت**
BI	**خرج ثنائي**
BCD	**خرج عشري ترميزه ثنائي**
Q	**خرج المؤقت**

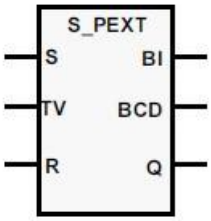
الجدول (13) معاني رموز مداخل ومخارج المؤقتات

وفيما يلي شرح بسيط لأشهر المؤقتات:



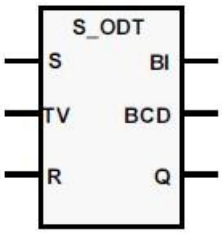
المؤقت النبضي: يكون شكله

عند تغير قيمة المدخل **S** من 0 إلى 1 فإن الخرج **Q** يتحول من 0 إلى 1 لمدة زمنية محددة ب **TV** بشرط أن يستمر المدخل **S** على الحالة 1 وبمجرد تحول المدخل **R** من 0 إلى 1 فإن الخرج Q ينتقل إلى 0 فورا.



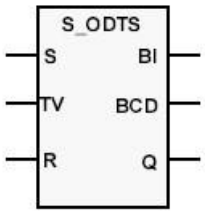
- **المؤقت النبضي الممتد: يكون شكله**

عند تغير قيمة المدخل **S** من 0 إلى 1 فإن الخرج **Q** يتحول من 0 إلى 1 لمدة زمنية محددة ب **TV** ولا يشترط هنا أن يستمر المدخل **S** على الحالة 1 وبمجرد تحول المدخل **R** من0 إلى 1 فإن الخرج Q ينتقل إلى 0 فورا.



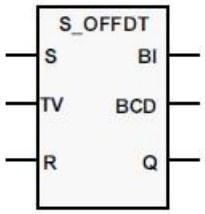
- **المؤقت ذو التوصيل المتأخر: ويكون شكله**

عند تغير قيمة المدخل **S** من 0 إلى 1 فإن الخرج **Q** يتحول من 0 إلى 1 ولكن بعد مرور مدة زمنية محددة ب **TV** وبشرط أن يستمر المدخل **S** على الحالة 1 وبمجرد تحول المدخل **R** من 0 إلى 1 فإن الخرج Q ينتقل إلى 0 فورا.



- **المؤقت ذو التوقيت المتأخر الثابت: ويكون شكله**

عند تغير قيمة المدخل **S** من 0 إلى 1 فإن الخرج **Q** يتحول من 0 إلى 1 ولكن بعد مرور مدة زمنية محددة ب **TV** ولا يشترط أن يستمر المدخل **S** على الحالة 1، أما إذا تحول المدخل **S** من 0 إلى 1 والمزمن يعمل فإنه يتم العد من جديد. وبمجرد تحول المدخل **R** من 0إلى 1 فإن الخرج Q ينتقل إلى 0 فورا.



- **المؤقت ذو الفصل المتأخر: ويكون شكله**

عند تغير قيمة المدخل **S** من 0 إلى 1 فإن الخرج **Q** يتحول من 0 إلى 1 وعند تغير من 1 إلى 0 فإن الخرج يظل على القيمة 1 لمدة زمنية محددة ب **TV**، وبمجرد تحول المدخل **R** من 0 إلى 1 فإن الخرج Q ينتقل إلى 0 فورا. **[6]**

6.8. العدادات

يمكن حصر استخدام العدادات في النقطتين الآتيين:

- العد إلى قيمة محددة ثم تنفيذ أمر ما.
- تنفيذ أمر ما ثم التوقف بعد الوصول إلى عدد محدد

وتنقسم العدادات المستعملة إلى 3 أقسام:

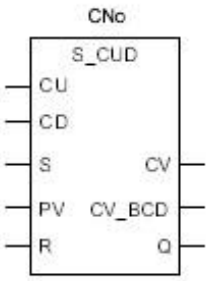
1. العداد التصاعدي التنازلي

2. العداد التصاعدي
3. العداد التنازلي
4. كما وأن كل أنواع العدادات تحتوي على المداخل والمخارج الأتية المفصلة في الجدول (14):

الرمز	الوظيفة
No	**رقم تعريف العداد**
CU	**طرف العد التصاعدي**
CD	**طرف العد التنازلي**
PV	**قيمة العد من 0 إلى 999 وتدخل كالتالي: C#Value**
S	**أمر التحميل**
CV	**قيمة العد الحالية في صورة عدد صحيح**
R	**طرف تصفير العداد**
CV_BCD	**قيمة العد الحالية في صورة عدد BCD**
Q	**حالة العداد**

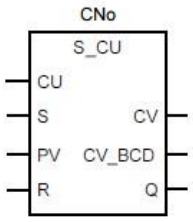
الجدول (14) معاني رموز مداخل ومخارج العدادات

وفيما يلي شرح بسيط لأشهر العدادات:



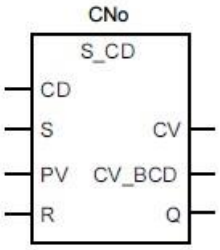
- **العداد التصاعدي التنازلي: ويكون شكله**

عندما ينتقل المدخل S من 0 إلى 1 فإنه يتم تحميل العداد بالقيمة المحددة ب PV، وعند تغير CU من 1 إلى 0 فإن قيمة العداد تزيد ب 1 إلى أن تصبح قيمة العداد 999 ، بينما عند تغير CD من 1 إلى 0 فإن قيمة العداد تنقص ب 1 إلى أن تصبح قيمة العداد 0، عند تغير R من 0 إلى 1 فإنه يتم تحميل العداد بالقيمة 0، أما حالة العداد Q فإنها تساوي 1 ما دامت قيمة العداد لا تساوي 0.



العداد التصاعدي: ويكون شكله

عندما ينتقل المدخل S من 0 إلى 1 فإنه يتم تحميل العداد بالقيمة المحددة ب PV، وعند تغير CU من 1 إلى 0 فإن قيمة العداد تزيد ب 1 إلى أن تصبح قيمة العداد 999، وعند تغير R من 0 إلى 1 فإنه يتم تحميل العداد بالقيمة 0، أما حالة العداد Q فإنها تساوي 1 ما دامت قيمة العداد لا تساوي 0.



العداد التنازلي: ويكون شكله

عندما ينتقل المدخل S من 0 إلى 1 فإنه يتم تحميل العداد بالقيمة المحددة ب PV، بينما عند تغير CD من 1 إلى 0 فإن قيمة العداد تنقص ب 1 إلى أن تصبح قيمة العداد 0، عند تغير R من 0 إلى 1 فإنه يتم تحميل العداد بالقيمة 0، أما حالة العداد Q فإنها تساوي 1 ما دامت قيمة العداد لا تساوي 0. **[6]**

9. واجهة التحكم بين الإنسان والألة HMI

إن من أهم المتطلبات في نظام التحكم الصناعي هو القدرة الدائمة على التحكم بهذا النظام وإعطائه بيانات ومعلومات عن حالة النظام الذي يتحكم بها عند الحاجة لذلك، فمثلاً عند قيادة سيارة أو مركبة معينة يستخدم السائق المقود للتحكم بجهة العجلات، وبالتالي جهة المركبة، والمكابح والمبدل السرعة للتحكم بسرعتها، يقوم بعملية التحكم هذه من خلال النظر إلى الخارج من خلال الواجهة الزجاجية للسيارة ومؤشر السرعة وهو كمثال نظام مصغر لواجهة تعامل الإنسان بالألة أو كما يطلق عليها **HMI**. **[5]**

10. أنظمة السكادا SCADA System

إن واجهات التفاعل المباشر بين نظام التحكم والعنصر البشري تتطلب برمجيات فائقة في القدرة لتحقيق هذا الغرض والملائمة مع المزايا التي توفرها الواجهة وبالتالي كان نظام ال SCADA نظاما حاسوبيا رائعا لتحقيق الهدف حيث يتيح تحكما كامل بجميع الوحدات الموصولة مع المتحكم وذلك باستخدام جهاز حاسوب بعيد عن مكان التصنيع.

ويعرف على أنه: هي اختصار لنظام التحكم الإشرافي وتحصيل البيانات وهي تشير إلى أنظمة التحكم الصناعي، وهي نظام حاسوبي للمراقبة والتحكم في العمليات، وتتغير طبيعة هذه العمليات طبقاً للأنظمة المعدة لها. **[31]**

1.10. أجزاء نظام السكادا

يتألف غالبا من:

- واجهة استخدام للنظام المتحكم به أو كما يعرف ب **HMI**
- نظام المراقبة العمومي عن طريق الحاسوب وهو الذي يقوم بتجميع البيانات عن العمليات ويقوم بإرسال أوامر التحكم فيه أيضا.
- وحدات التحكم الطرفية أو كما تعرف ب **RTU** وتكون مربوطة بالحساسات المتصلة بالعملية مثل قياس درجة الحرارة أو قياس الضغط الجوي ضمن حجرة وتقوم وحدات التحكم الطرفية بتحويل البيانات الخارجة من الحساسات إلى بيانات رقمية وإرسالها إلى نظام المراقبة العمومي (السكادا).

التواصل وهو الجزء المسؤول عن ربط وحدات التحكم الطرفية بنظام السكادا. **[31]**

الفصل الثالث Chapter 3

الدراسة العملية للمشروع

تمهيد

يهدف هذا البحث كما وتم الإشارة سابقا إلى الاعتماد على التقنيات الحديثة من أجل تخفيف أثار الأضرار المترتبة على معمل القرميد من إيقاف الإنتاج وتلف في المواد المصنعة من خلال إضافة حساسات للضغط ومتابعة قراءاتها لاتخاذ القرارات الفعالة ومتابعة العمل بدون صعوبات بشكل ألي بالنسبة للعمل وعند حصول أعطال تنبيه فرق الإشراف لتقييم الوضع وإخبار فرق الصيانة بضرورة إجراء صيانة فورية أو الانتظار لدورة الصيانة الوقائية التالية، مع العلم أن الدراسة الحالية سوف تكون بشكل نمذجة و محاكاة كون أن المعمل المذكور متوقف عن العمل.

1. معمل كليكو لصناعة الآجر

لقد تم الإشارة في القسم الأول من هذه الدراسة بالسرة الذاتية الخاصة بالمعمل منذ بداية تأسيسه إلى بداية إقلاع العمل فيه في المرحلة الأولى عام 2009 وتاليا عام 2018، كما وقد تم التكلم عن بعض المشاكل التي تواجه عملية التصنيع ولكن في هذه القسم سوف نتكلم عن الأقسام المكونة للمعمل وأهمية كل قسم في العملية الإنتاجية وبعض المشاكل التي تواجه كل قسم على حدا:

- **قسم التحضير:** يعد الغضار هو المكون الرئيسي الذي يصنع منه الآجر ويعرف الغضار بأنه نوع من أنواع التراب ولكن يتمتع بخصائص معينة حيث يحتوي على أنواع من الأكاسيد المتضمنة في التربة، حيث يأتي هذه النوع من التربة بشكله البدائي والقاسي ويتم البدء بتجهيزه في قسم التحضير على 3 خطوات ليتم تنعيمه بواسطة آلات ضخمة مخصصة لهذا الغرض، وعند الانتهاء من هذا المراحل الثلاث يتم بدء المرحلة التالية التي تتضمن خلط الغضار بكمية من الماء لترطيبه وتجهيزه للمرحلة التالية.

  في المرحلة الثانية بعد تحضير الغضار بالشكل الصحيح يتم خلطه مع الرمل وهو المكون الثاني التي يتم فيه تحضير العجينة الخاصة لصنع الآجر وبنسبة لا تتجاوز 11%.

  المشاكل الممكن مواجهتها في قسم التحضير هي:

  1- أعطال في الآلات المخصصة لطحن مادة الغضار كوننها تتكون من معدات ثقيلة وبالتالي أي عطل بسيط ممكن أن يؤدي إلى توقف العملية الإنتاجية لأيام كون أن إصلاحه يتطلب روافع

ثقيلة لفك وإعادة تركيب القطع، ولتفادي هذا النوع من الأعطال تم إنشاء خط إضافي من تأسيس المعمل.

2- نقص المواد الأولية كون أن الغضار يجب أن يحتوي على خصائص معينة لا تتوافر إلا في مناطق جغرافية معينة.

- **قسم الإنتاج:** يتم في هذا القسم الخلط النهائي للمواد لإنتاج العجينة النهائية تحت في آلات مخصصة تحت ضغط عالي وتقطيع هذه العجينة وإدخالها إلى المكبس وهو الآلة المخصصة لإعطاء العجينة الشكل النهائي الخاص بالقرميد وإدخالها إلى المجفف.

ومن الأعطال التي يمكن أن تواجه هذه القسم:

1- كسر الحلزونات الخاصة بمزج الغضار والرمل مع المياه نتيجة للاستخدام المتواصل أو نتيجة لنقص المياه دون المتابعة الدورية، وبالتالي زيادة الضغط ضمن آلة المزج.

2- الأعطال الكهربائية كون أن الخط بشكل كامل يعتمد على الحساسات، ونتيجة البيئة الخاصة بالإنتاج مليئة بالغبار فإن قراءة هذه الحساسات عرضة دائما للتشويش.

3- قوالب المطاط الخاصة بطباعة الشكل من القوالب الرئيسية، حيث يجب أن يكون المطاط مصنوع من مواد قابلة لتحمل الضغط الشديد كون أن هذه المنطقة تتعرض لضغط من المكبس بشكل متكرر.

- **قسم التحميل:** يتم في هذه القسم تفريغ القرميد الخارج من المجفف ووضعه ضمن صناديق مخصصة وتحميله على عربات الفرن لإدخاله إليه.

ويعتبر هذا القسم من الأقسام قليلة الأعطال هو وقسم التفريغ حيث أن جميع أعطاله تكون بالآلات المكونة للقسم وهي عبارة عن آلات رفع ونقل فقط وتتكون من أعطال كهربائية وميكانيكية فقط.

- **قسم التفريغ:** ويتم في هذا القسم تفريغ القرميد بعد خروجه من الفرن وفرزه إلى صنفين، الصنف الأول وهو النخب الممتاز والصنف الثاني وهو الذي يحتوي على عيب معين سواء بدرجة اللون أو اعوجاج طفيف في الشكل وتتم هذه المرحلة بشكل نصف آلي حيث يتم تفريغ محتويات العربات بشكل آلي ولكن يتم الفرز بشكل يدوي بواسطة عمال، وكما ذكرنا سابقا فإن أعطال هذا القسم قليلة وتندرج تحت الأعطال الكهربائية والميكانيكية الخاصة بالآلات.

- **قسم التحكم والمتابعة:** ويعد هذا القسم من أكبر وأكثر الأقسام أهمية من المعمل، حيث أن مهامه الرئيسية تكمن في التحكم في كل من فرن الشيً والمجفف، حيث أن أي عطل في أي قسم قد يكلف المعمل خسائر كبيرة وقد يوقف المعمل عن العمل لفترة ليست بقصيرة.

1. **المجفف:** يأتي في المرتبة الثانية من حيث الأهمية حيث تتمحور مهمته في تجفيف القرميد الداخل إليه من قسم الإنتاج خلال فترة قصيرة حيث أن في المعمل اليدوية كان يوضع القرميد في الهواء الطلق لعدة أيام حتى يتم تحضير للشيً أما عن طريق هذا المجفف فإنه يتم تجفيف القرميد بنزع الرطوبة منه بشكل تدريجي عن طريق تسخينه وذلك عبر قنوات خاصة موصولة مع نهاية الفرن مما يساعد أيضا في عملية تبريد الفرن بعد عملية الشيً.

ويتكون المجفف من:

- مروحة سحب عملاقة.
- مراوح عامودية لتحريك الهواء ضمن المجفف.
- فتحات ضخ للهواء الساخن على طول المجفف.
- ناقلين لنقل العربات الداخلة والخارجة من المجفف.

ومن الأعطال التي يمكن أن تواجه المجفف تعطل علبة السرعة التي تدير حركة المراوح العامودية، أو تعطل الناقلات التي تنقل العربات ضمن مجريي المجفف.

2. **فرن الشيً:** يأتي في المرتبة الأولى من حيث الأهمية لجميع أقسام المعمل وذلك لأن أي عطل جوهري فيه قد يؤدي إلى إيقافه وبالتالي إيقاف المعمل ككل، ومن أبرز صعوبات التي تواجه المعمل هي عملية إقلاع الفرن وعملية إطفائه، والعائق الرئيسي لكل مرحلة هو الفترة الزمنية الطويلة المطلوبة لكل مرحلة، حيث أن عملية الإقلاع قد تطلب وقتا يصل إلى 30 يوما في فصل الصيف أما في فصل الشتاء فقد تتطلب العملية من 37 إلى 45 يوم على حسب امتداد الفرن و قدرة مدفع اللهب المتوفر، و بالتالي فإن قيمة الوقود اللازمة لإشعال الفرن كبيرة جدا لهذا السبب هذا النوع من الأفران لا يتم إطفائه إلا في الحالات الطارئة أو عند الحاجة إلى صيانة بنيته الداخلية و هي التي تكون عرضة للتخريب بشكل مباشر بعد عملية الإطفاء.

ويتكون الفرن من الأجزاء التالية:

- مدخل ومخرج.
- مروحة سحب.
- 6 حراقات تعمل على مادة الفيول ولكل منها 11 مدفع لهب متموضعة على ظهر الفرن.
- أنابيب لنقل الحرارة بعد مرحلة الشواء تخرج إلى المجفف.

ومن المشاكل التي تواجه الفرن:

1. التفاوت الكبير في درجات الحرارة على امتداد مدخل الفرن مما قد يؤدي إلى عملية تكسير للقرميد قبل البدء بعملية شوائه.
2. نقص مادة الفيول المشغلة للفرن مما يؤدي إلى إبطاء سرعة الفرن وبالتالي صعوبة تخفيف الحرارة والضغط المتواجد ضمن الفرن بشكل صحيح مما يؤدي إلى تلف القرميد لإبقائه فترة أطول من اللازم في الفرن وتلف البنية الداخلية للفرن نتيجة لزيادة الضغط ونقصانه بشكل مستمر وبالتالي الحاجة إلى إيقاف الفرن عن العمل.
3. الأعطال الكهربائية المتمثلة في أعطال الحساسات سواء كانت من حساسات حرارة وحساسات نهاية شوط أعطال في مقطعات التشغيل الخاصة بكل من الحراقات ومروحة السحب الأساسية.
4. الأعطال الميكانيكية المتمثلة بتعطل محركات التشغيل الخاصة بضخ مادة الفيول ضمن الحراقات، الموزعات الميكا هيدروليكية المختصة بتوزيع مادة الفيول على مدافع اللهب، محركات الفتح والإغلاق الخاصة بأنابيب نقل الحرارة ومحركات الأبواب.

من أهم الطرق الحديثة المعتمدة هي النمذجة و المقصود بالنمذجة أي بناء المنظومات بشكل تخيلي ضمن برامج الحاسوب مثل نمذجة منظومة خط سير إنتاج أو نمذجة تشغيل آلة قبل صناعتها ويكون الهدف منها إعطاء فكرة عن ألية التشغيل المحتملة ومعرفة أماكن الخلل في البرنامج وتصحيحه بشكل برمجي لتفادي الخسائر بعد تركيب المعدات وفي نفس الوقت إعطاء فكرة صحيحة وكافية عن عمل المعدات قبل تركيبها والقيام بالتعديلات المطلوبة لتلبي حاجات العمل بأفضل وأسرع الطرق الممكنة، وفي هذا المجال يوجد عدد كبير من الشركات التي تسعى إلى تطوير منتجاتها البرمجية منها شركة شنايدر الألمانية ومن أهم البرمجيات

الخاصة بهذه الشركة هو برنامج Zelio و هو البرنامج الذي سوف نقوم بعملية النمذجة عليه كون أنه يوفر خيارات عديدة من الأجهزة و بلغات برمجة مختلفة.

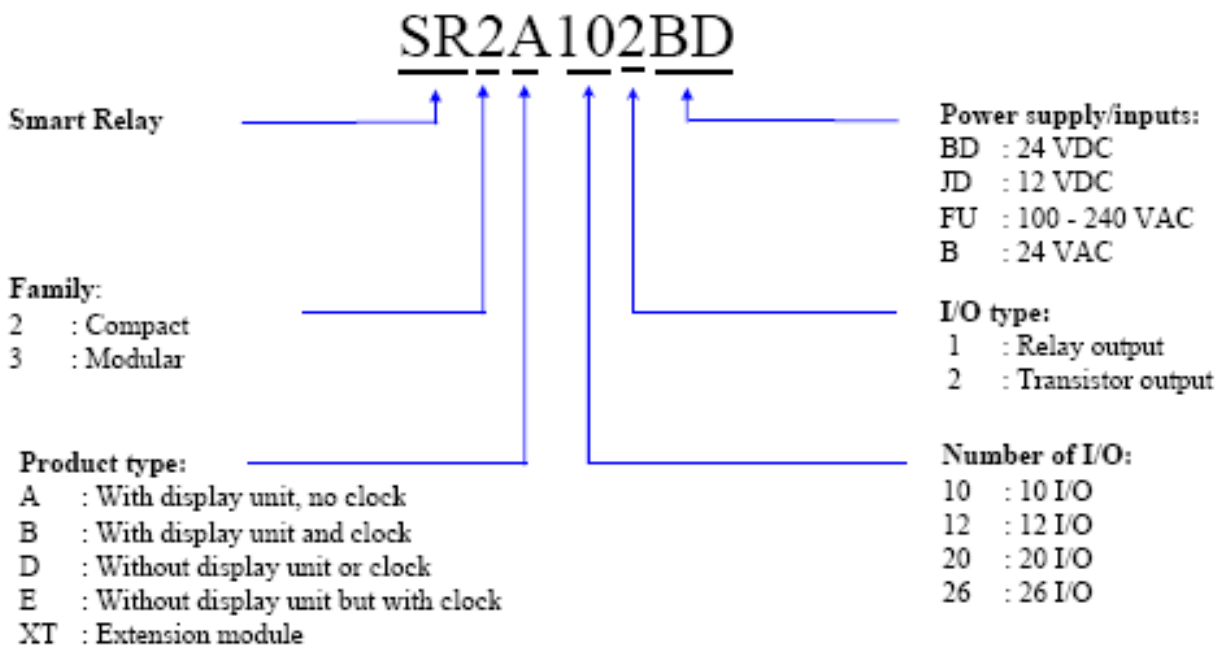
وفي حالتنا العملية سوف نقوم على بنمذجة إضافة حساسات الضغط كما ذكرنا سابقا لمعايرة الضغط ضمن البنية الداخلية للفرن وهي إحدى الحالات الناتجة عن نقص العنصر الخاص بمادة الإشعال الفيول وبالتالي الحفاظ على البنية الداخلية للفرن وبالتالي إبقاء الفرن في حالة تشغيل دائمة وتلافي الخسارات الكبيرة من إطفائه وإعادة تجديده.

وتكمن أهمية هذا البحث في الحلول التطويرية التي يمكن القيام بها برمجيا لتلافي الأعطال غير المخطط لها في البرنامج الرئيسي وخاصة في الأوقات العصيبة التي تمر بها البلدان للمساعدة في عدم توقف العمليات الصناعية بمختلف أشكالها.

2. برنامج Zelio

وبرنامج مختص ببرمجة المتحكمات القابلة للبرمجة والحاكمات الذكية من إنتاج شركة **Schneider Electric** وهذا البرنامج من ضمن عائلة Zelio logic تضم منتجات الحاكمات الذكية وملحقاتها من كابلات وبرمجيات وذواكر ومودمات اتصال.

ويعرف المتحكم من هذا النموذج برقم مرجعي يشرح نوع المتحكم وفئته ويكون على الشكل التالي:



- **العائلة أو Family:** وتشير إلى قابلية التوسع أو عدمها وتكون كالتالي:

يشير الرقم 2 Compact أي جهاز غير رقم للتوسع، بينما يشير الرقم 3 إلى Modular وهو جهاز قابل للتوسع بإضافة وحدة أو وحدتي توسيع حسب نظام الوصل المبين.

- **نوع المنتج أو Product Type:** ويشير إلى نوع المنتج حسب الجدول (15) التالي:

الرمز	الدلالة
A	مع شاشة، بدون ساعة
B	مع شاشة، مع ساعة
C	بدون شاشة، بدون ساعة

D	بدون شاشة، مع ساعة
XT	وحدة توسيع

الجدول (15) نوع المنتج حسب الجدول

- **مجموع المداخل والمخارج أو Number of I/O:** ويشير إلى إجمالي المداخل والمخارج.
- **نوع المدخل أو المخرج أو I/O Type:** وتشير إلى نوع الدخل أو الخرج ويكون كالتالي: 1 ترمز إلى حاكمة، و2 يرمز إلى ترانزستور.
- **مدخل الطاقة Power Supply Input:** وتشير إلى مجال التغذية حسب الجدول (16) التالي:

الرمز	الدلالة
JD	12VDC
BD	24VDC
B	24VAC
FU	(10/240) VAC

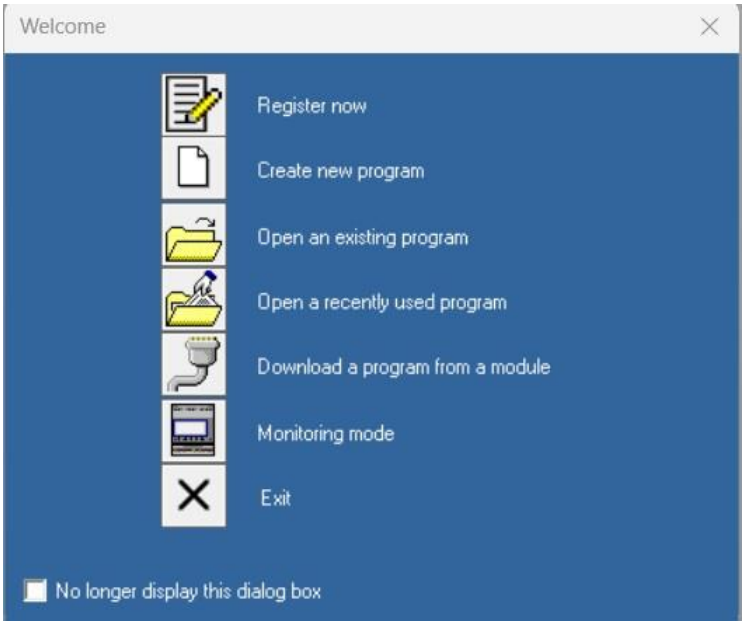
الجدول (16) مجال التغذية لمدخل الطاقة

أنواع التماسات الموجودة كالتالي:

- **الحاكمة أو Relay:** وهو عبارة عن تماس ميكانيكي، يتحمل تيار حتى 8 أمبير عمره قصير بالنسبة للترانزستور وسرعة استجابته بطيئة بالنسبة للترانزستور حيث زمن الاستجابة للوصل 10ms وللفصل 5ms.
- **الترانزستور:** وهو عبارة عن مفتاح سريع يتحمل تيار حتى 2 أمبير عمره أطول وسرعة استجابته أعلى حيث أن زمن الاستجابة أصغر أو تساوي 1ms للوصل والفصل.

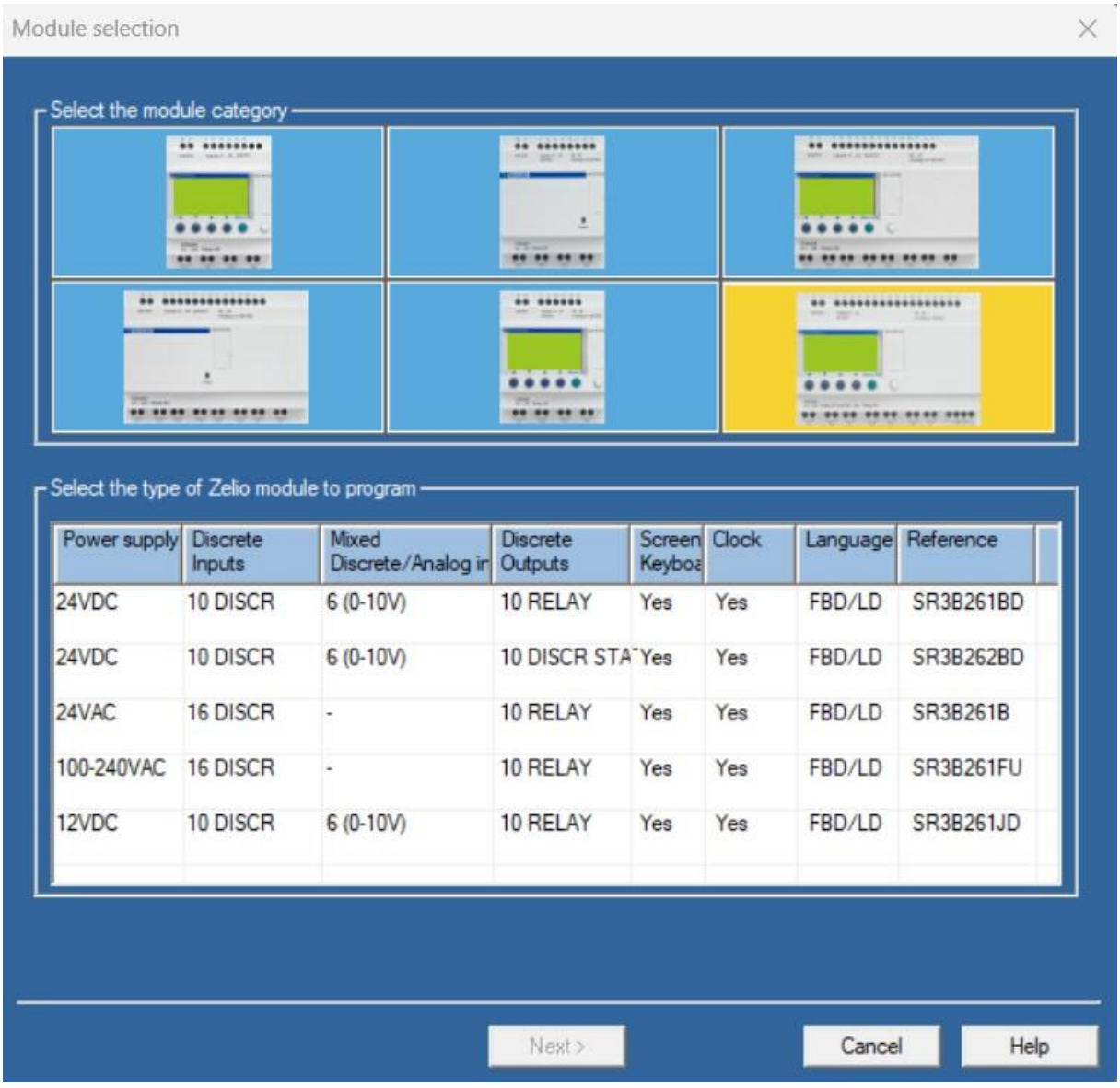
1.2. بنية برنامج Zelio

عند تشغيل البرنامج تظهر الشاشة التالية:



عند اختيار إنشاء برنامج جديد تظهر النافذة التالية:

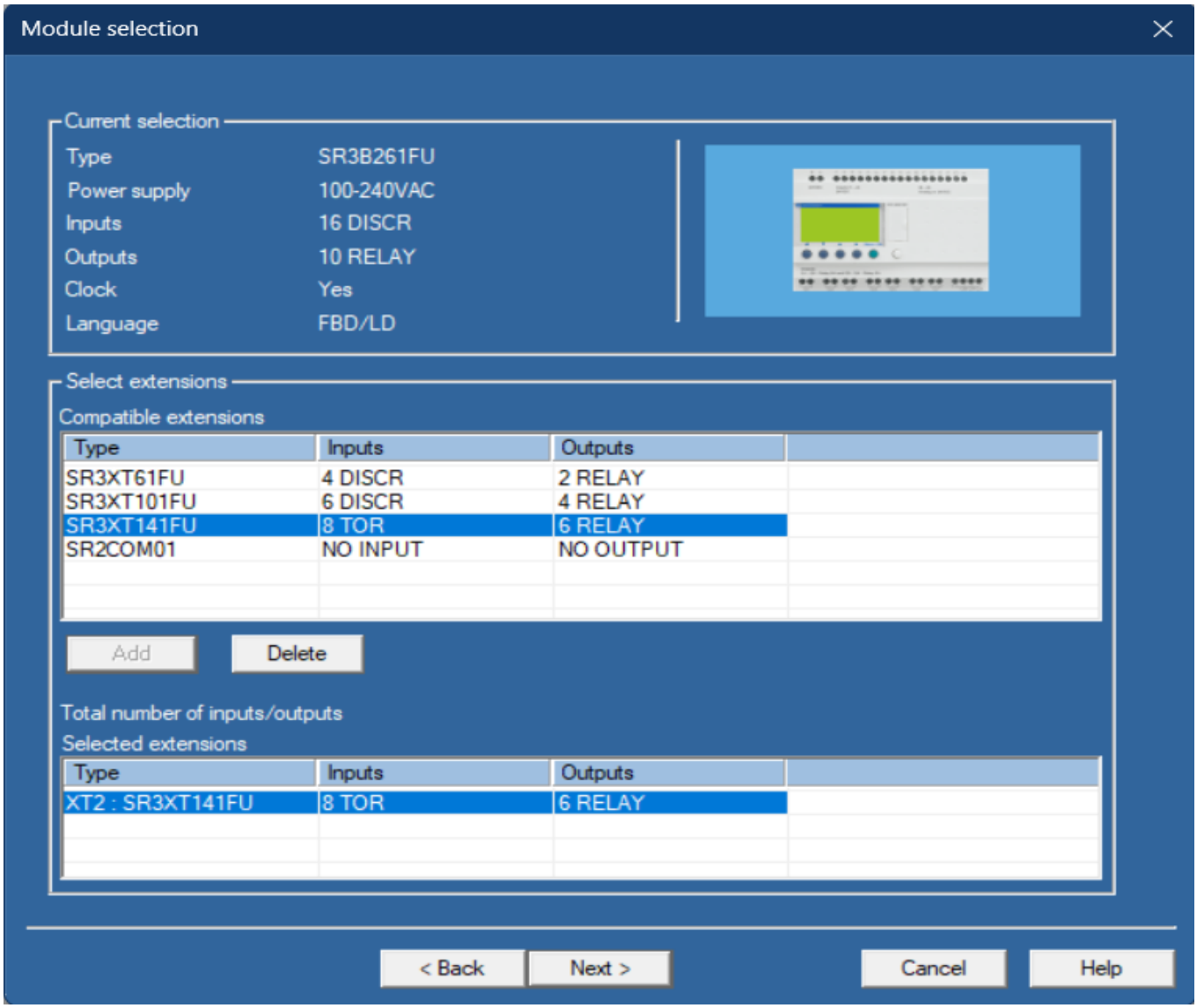
الصورة (1): واجهة البدء للبرنامج



الصورة (2): أنواع الأجهزة بمختلف إمكانياتها ولغة البرمجة المستخدمة لكل منها

ومن هذه النافذة يتم اختيار اسم الجهاز ونوعه حيث يتبين من الشكل وجود ست خيارات وعند اختيار أيا منها تظهر عدة خيارات تدل على اسم الجهاز وعدد مداخله ومخارجه والإضافات الخالصة به.

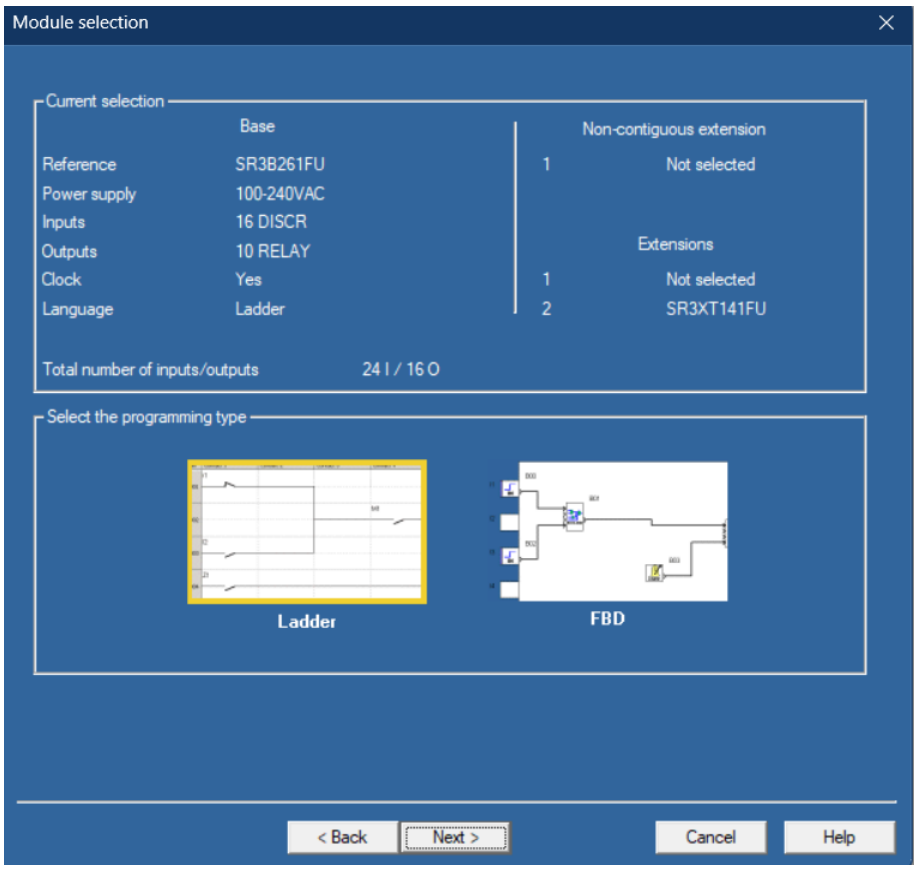
وفي حالتنا سوف نختار الجهاز رقم SR3B262BD وعند اختيار الجهاز تظهر لنا النافذة التالية:



الصورة (3): واجهة إضافة الملحقات إن وجدت

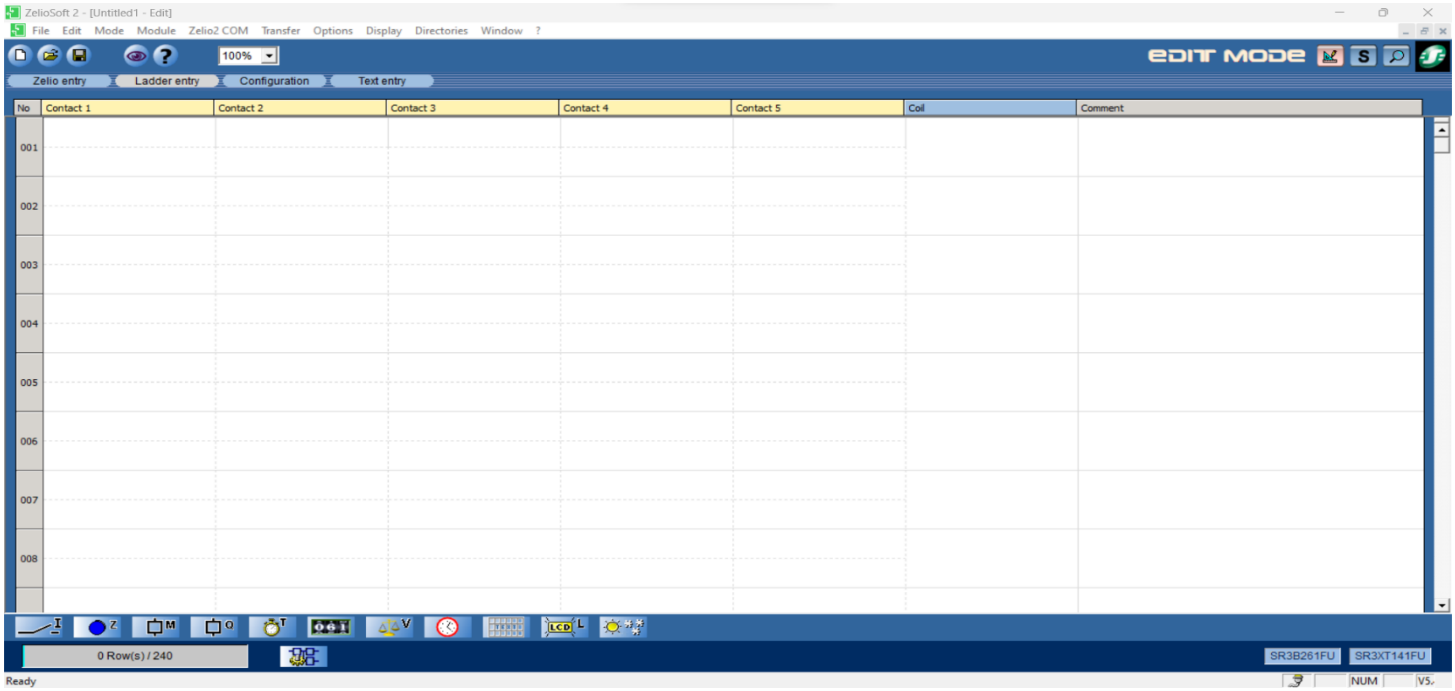
والجدول الذي في منتصف يوضح أنماط التوسعة إن وجدت وعند الضغط على زر Add يتم إضافة التوسعة في الجدول السفلي.

وعند المتابعة تظهر لنا الشاشة التالية، التي توضح نوع الجهاز المختار ولغة البرمجة المختارة بين Ladder و Function Block Diagram أو FBD.

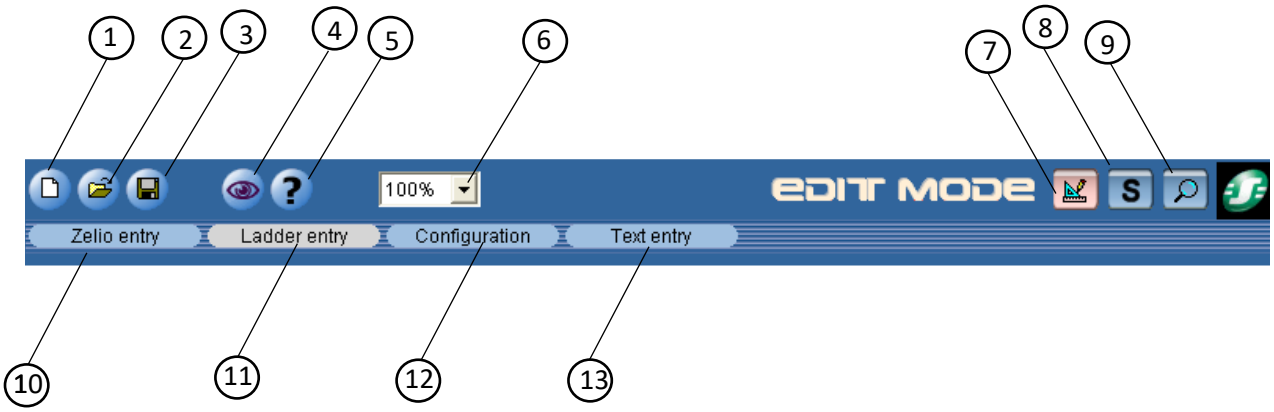


الصورة (4): واجهة اختيار لغة البرمجة

وفي حالتنا سوف نختار لغة ال Ladder فتظهر لنا النافذة التالية:



الصورة (5): واجهة العمل



وشرحها كالتالي:

1 إنشاء برنامج جديد.

2 فتح ملف.

3 حفظ ملف.

4 اختبار البرنامج.

5 تقديم المساعدة.

6 التكبير أو التصغير.

7 نمط التحرير.

8 نمط المحاكاة.

9 نمط المراقبة

10 نماط محاكاة البرمجة باستخدام واجهة الجهاز

11 نمط التحرير على نافذة المحرر في شاشة الحاسب

12 نمط الضبط.

13 أداة تحرير الرسائل النصية.

بعد اختيار نمط البرمجة Ladder يكون لدينا خيارين للبرمجة عن طريق نمط التحرير Ladder Entry والأخر عن طريق Zelio Entry.

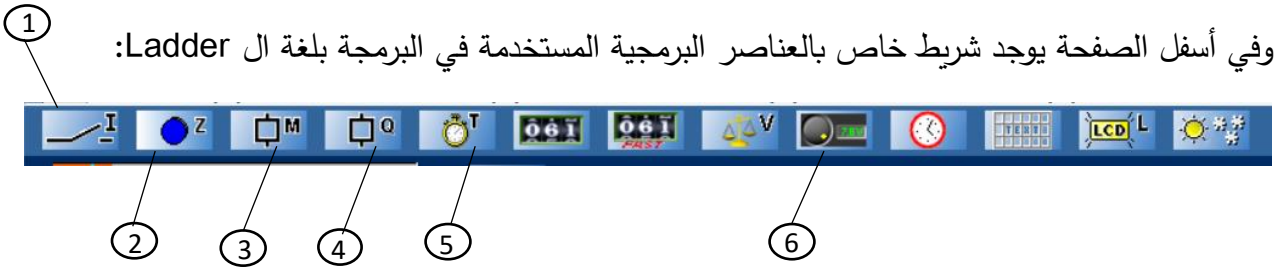
2.2. البرمجة عن طريق نمط التحرير Ladder Entry

عند اختيار نمط البرمجة عن طريق التحرير تظهر نافذة العمل الأساسية التالية:

الصورة (6): شرح واجهة العمل

تستخدم الخطوط المنقطة في هذه الساحة للقيام بالوصل بين العناصر البرمجية.

وفي أسفل الصفحة يوجد شريط خاص بالعناصر البرمجية المستخدمة في البرمجة بلغة ال Ladder:



وفيما يلي سوف نشره هذه العناصر البرمجية المرقمة وهي التي تم استخدامها في البرنامج العملي الخاص بالمشروع.

No		Comment
01	I1	
02	I2	
03	I3	
04	I4	
05	IB	
06	IC	
07	ID	
08	IE	

❖ **المداخل المنفصلة I**

عند وضع مؤشر الفأرة على الرقم 1 تظهر قائمة بالمداخل الموجودة كما في الصورة التالية:

ولإدراج مدخل في ساحة العمل نضغط على المدخل ونقوم بسحبه ووضعه في المكان الملائم من ساحة العمل، إن التماس الذي يوضع يكون في حالته العامة Normally Open أي مفتوح بشكل تلقائي ولتغيير حالته إلى Normally Closed ننقر بزر الفأرة الأيمن –ونخار خيار Normally Closed.

إن المداخل المنفصلة هي I1,I2 أما المداخل المشتركة فتمثل مداخل منفصلة أو مداخل تماثلية IA,IB.

❖ **المفاتيح النبضية Z**

إن هذه المفاتيح تستخدم كمفاتيح خارجية وهي مفاتيح نبضية تتصرف كحساس ميكانيكي خارجي، ويتم وضعه في ساحة العمل كالمداخل المنفصلة تماما.

❖ **الحاكمات المساعدة M**

عند وضع مؤشر الفأرة على الرقم 3 تظهر قائمة الحاكمات التالية:

No				S	R	Comment	No				S	R	Comment
01	M1	⌊	▯	S	R		15	MF	⌊	▯	S	R	
02	M2	⌊	▯	S	R		16	MG	⌊	▯	S	R	
03	M3	⌊	▯	S	R		17	MH	⌊	▯	S	R	
04	M4	⌊	▯	S	R		18	MJ	⌊	▯	S	R	
05	M5	⌊	▯	S	R		19	MK	⌊	▯	S	R	
06	M6	⌊	▯	S	R		20	ML	⌊	▯	S	R	
07	M7	⌊	▯	S	R		21	MN	⌊	▯	S	R	
08	M8	⌊	▯	S	R		22	MP	⌊	▯	S	R	
09	M9	⌊	▯	S	R		23	MQ	⌊	▯	S	R	
10	MA	⌊	▯	S	R		24	MR	⌊	▯	S	R	
11	MB	⌊	▯	S	R		25	MS	⌊	▯	S	R	
12	MC	⌊	▯	S	R		26	MT	⌊	▯	S	R	
13	MD	⌊	▯	S	R		27	MU	⌊	▯	S	R	
14	ME	⌊		S	R		28	MV	⌊		S	R	

وفيها 28 حاكمة مساعدة. إن الحاكمة المساعدة تشبه عنصر الخرج Q ولكنها تبقى داخلية ولها أربعة أنواع للملف ويوجد تماس.

أنواع الملفات المساعدة:

الملف العادي: وهو الملف الذي يفعل فقط في حالة ورود إشارة من المدخل ويطفئ في حالة عدم وجود إشارة من المدخل.

الملف القلاب: وهو الملف الذي يفعل في حالة ورود إشارة من المدخل (نبضة كاملة) ويلغي التفعيل في حالة ورود إشارة أخرى من المدخل (نبضة كاملة).

الملف الماسك: وهو الملف الذي يفعل في حالة ورود إشارة من المدخل ويبقى محافظا على هذه القيمة بعد إلغاء هذه الإشارة.

R الملف المصفر: وهو الملف الذي يلغي التفعيل ويصفر الخرج في حالة ورود إشارة من المدخل.

M1 التماس: وهو تماس الحاكمة وله نوعين كالمعتاد Normally Open و Normally Closed.

مع العلم أنه إذا تم استخدام أي نوع من ملف الحاكمة فلا يمكن إعادة استخدامه مرة أخرى، كما وأنه عند استخدام الماسك SET يجب استخدام هذا الخرج مرة أخرى كتصفير Reset.

❖ **الخرج Q**

No					Comment
01	Q1	⌊	⌋	S	R
02	Q2	⌊	⌋	S	R
03	Q3	⌊	⌋	S	R
04	Q4	⌊		S	R

عند وضع مؤشر الفأرة على الرقم 4 تظهر هذه القائمة:

وهذه المخارج لها نفس خصائص الحاكمة المساعدة حيث توجد أربعة أنواع للملفات (عادي، قلاب، ماسك ومصفر) والتماس له وضعين Normally Open و Normally Close.

❖ **المؤقتات الزمنية T**

No				Comment
01	T1	T	R	
02	T2	T	R	
03	T3	T	R	
04	T4	T	R	
05	T5	T	R	
06	T6	T	R	
07	T7	T	R	
08	T8	T	R	
09	T9	T	R	
10	TA	T	R	
11	TB	T	R	
12	TC	T	R	
13	TD	T	R	
14	TE	T	R	
15	TF	T	R	
16	TG	T	R	

عند وضع مؤشر الفأرة على الرقم 5 تظهر هذه القائمة:

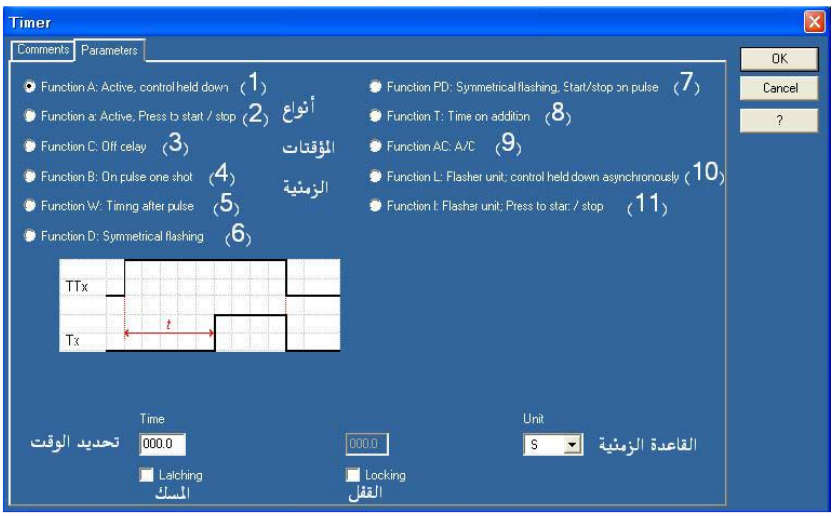
وفي هذا القسم يوجد 16 مؤقت زمني ولهذه المؤقتات 11 صنف، وتكون ملفاتها كالتالي:

T الملف العادي.

R الملف المصفر.

كما يوجد للمؤقت تماس T1 وله نوعين Normally Open و Normally Closed.

وعند وضع المؤقت الزمني في ساحة العمل والضغط عليه مرتين تظهر لوحة الخصائص التالية:

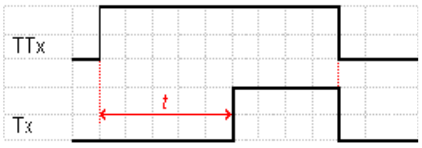


الصورة (7): أنواع المؤقتات الموجودة

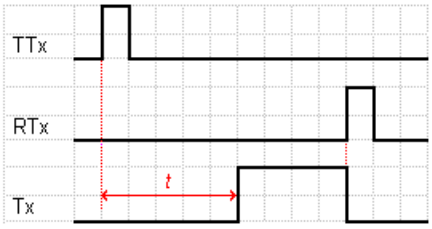
يرمز للملف بالرمز TTx والتماس بالرمز Tx والتصفير بالرمز RTx.

أنواع المؤقتات المستخدمة:

1- مؤقت الوصل المتأخر وطريقة عمله كم في الرسم البياني التالي:



2- مؤقت الوصل المتأخر مع وجود ملف تصفير وطريقة عمله كما في الرسم البياني التالي:



وسوف نكتفي بهذا القدر من الشرح كوننا استخدمنا هذا الأنواع فقط ضمن البرنامج.

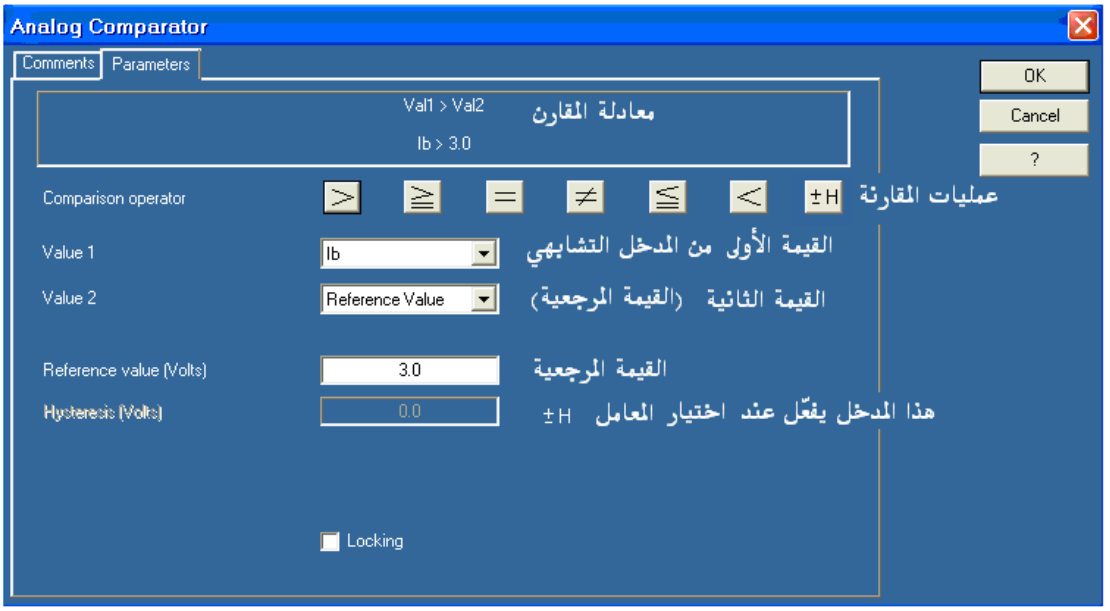
❖ المقارن التماثلي

عند وضع مؤشر الفأرة على الرقم 9 تظهر قائمة المقارنات العددية التالية:

No		Comment
01	A1	
02	A2	
03	A3	
04	A4	
05	A5	
06	A6	
07	A7	
08	A8	
09	A9	
10	AA	
11	AB	
12	AC	
13	AD	
14	AE	
15	AF	
16	AG	

ويستخدم هذا النوع من المقارنات في التطبيقات التي تتطلب معالجة معلومات تماثلية ويمكن مقارنة القيم التماثلية المقاسة بقيم داخلية أو يمكن مقارنة قيمتين مقاستين.

وعند تحقق شرط المقارنة يفعل التماس وتكون واجهة خصاص هذا النوع من المقارنات:



الصورة (8): المقارن التشابهي ونوع المقارنة

3. البرنامج العملي

يتكون البرنامج المبني عليه هذا البحث من 12 مدخل رقمي، مدخلين نبضين، 16 خرج جميعها موصولة على محركات أجهزة صوت إنذار، 4 مؤقتات زمنية و5 مقاييس تشابهية.

ويتكون الفرن من 3 أقسام للشيّ القسم الأول يتم معايرته على 800 درجة مئوية، القسم الثاني يتم معايرته على 830 درجة مئوية والقسم الثالث والأخير على 870 درجة مئوية، كما ويتم وصل كل من قسم من الأقسام على عاكس رقمي (انفيرتر) والذي يكون مسؤول عن إعطاء التغذية المناسبة لمحركات ضخ مادة الفيول في الحراقات وبالتالي التحكم في قدرة رفع درجة الحرارة في المناطق المذكورة سابقا بحسب قيمة الجهد المدخل من حساسات الحرارة.

أما بالنسبة للقسم الثاني فيتكون من حساسات الضغط التي تم إضافتها وهي المقصد من دراستنا على الفرن، حيث يجب بالاعتماد عليها في الحفاظ على الضغط داخل الفرن بمعدل 1 ضغط جوي، حيث يتم وصل أربع حساسات داخل الفرن وتكون هذه الحساسات مربوطة بكل من:

1- مروحة السحب الأساسية في الفرن.

2- محركات فتح أنابيب نقل الحرارة الموجودة في قسم التبريد للتحكم بكمية الهواء الذي يمر منها.

أما في القسم الثالث من البرنامج فيتم العمل عن كيفية إدخال العربات بشكل ألي إلى الفرن ومن ثم القيام بدفع العربات داخل الفرن بشكل أوتوماتيكي.

من ناحية الأمن الصناعي للعمال تم إضافة عدة أزرار أمان ميكانيكية لضمان سلامة العمال تقوم بفصل الدارة بشكل كامل ويمكن الوصول إليها في عدة مناطق على ظهر الفرن أو في الأقسام القابلة للدخول وإجراء عمليات الصيانة داخله في مقدمة ونهاية الفرن، ومن ناحية الصيانة تم إضافة عدة إنذارات على مختلف أجزاء الفرن لإعطاء تنبيهات للمشرفين بحدوث أعطال وتحديدها بشكل دقيق بالإضافة إلى وضع محرك طوارئ لمروحة الفرن الرئيسية كون أن هذه يجب ألا تتوقف عن العمل طوال فترة عمل الفرن.

داخل البرنامج يتكون من 40 سطر برمجي سوف يتم شرح كل سطر بشكل مفصل بحيث تتوضح ألية عمل الفرن الجديدة حسب الترتيب التالي:

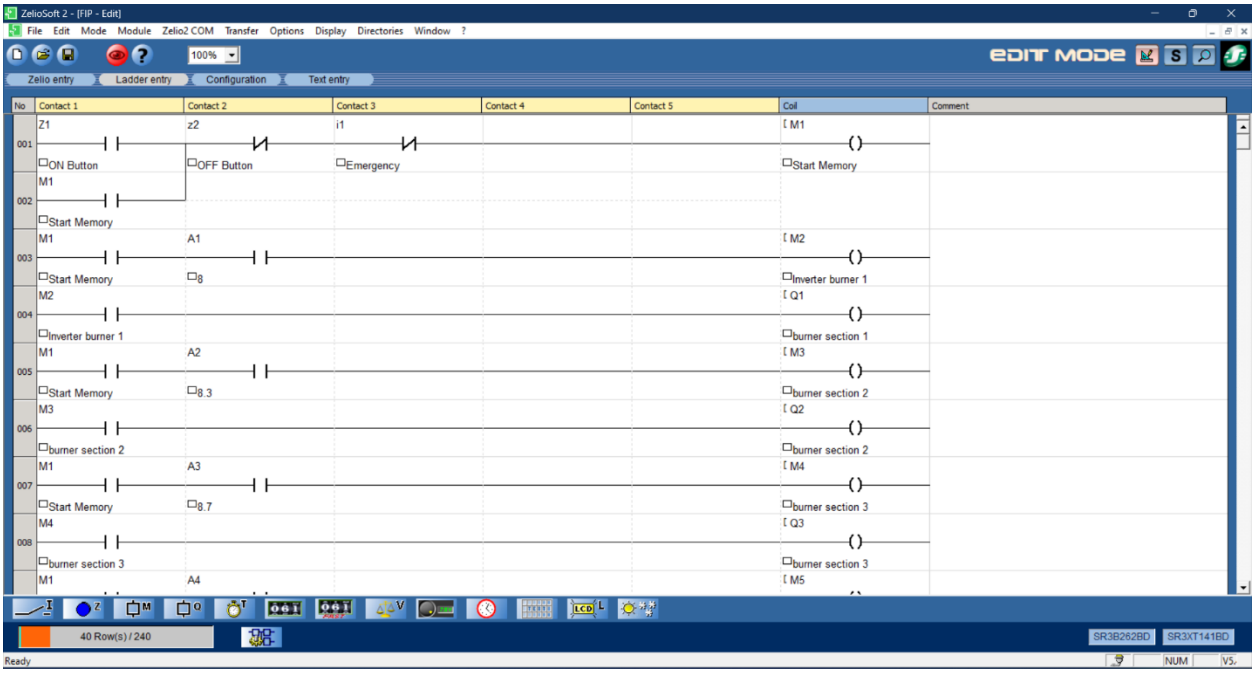
السطر الأول: يتكون من مفتاح نبضي للتشغيل، مفتاح نبضي للإيقاف ومدخل رقمي ميكانيكي للحالات الطارئة وفي منطقة الخرج يتكون من ذاكرة لتشغيل برنامج وموصول على كافة أطراف البرنامج.

السطر الثاني يتكون من تغذية راجعة دائمة لا يتم فصلها إلا عن طريق زر الإيقاف أو زر الطوارئ.

في السطر الثالث: كما في كل السطور يتم وضع ذاكرة الإقلاع ومن ثم يعنى هذا السطر بحرارة القسم الأول من الحراقات من خلال وضع مقارن يوصل من جهة مع حساس الحرارة ومن جهة أخرى مع المتحكم القابل للبرمجة والذي يتم معايرته على 800 درجة مئوية ويوصل خرج هذا السطر على ذاكرة لعاكس (انفيرتر)، والذي بدوره في السطر الرابع يتم وصل خرج العاكس الناتج عن طريق الذاكرة السابقة إلى محرك ضخ مادة الفيول في القسم الأول.

أما في السطر الخامس فيتم وضع مقارن أيضا معاير على 830 درجة مئوية يوصل على التوالي مع حساس الحرارة الموجود في القسم الثاني ومع المتحكم القابل للبرمجة ويكون الخرج عبارة عن ذاكرة توصل إلى عاكس للتحكم أيضا في محركات ضخ الفيول في القسم الثاني، وفي السطر السابع أيضا كم في الأسطر السابقة يوجد مقارن للقسم الثالث من حراقات الفرن والذي يعاير على درجة حرارة 870 درجة مئوية.

ويكون بداية البرنامج كما هو موضح في الصورة التالية:



الصورة (9): قسم من البرنامج

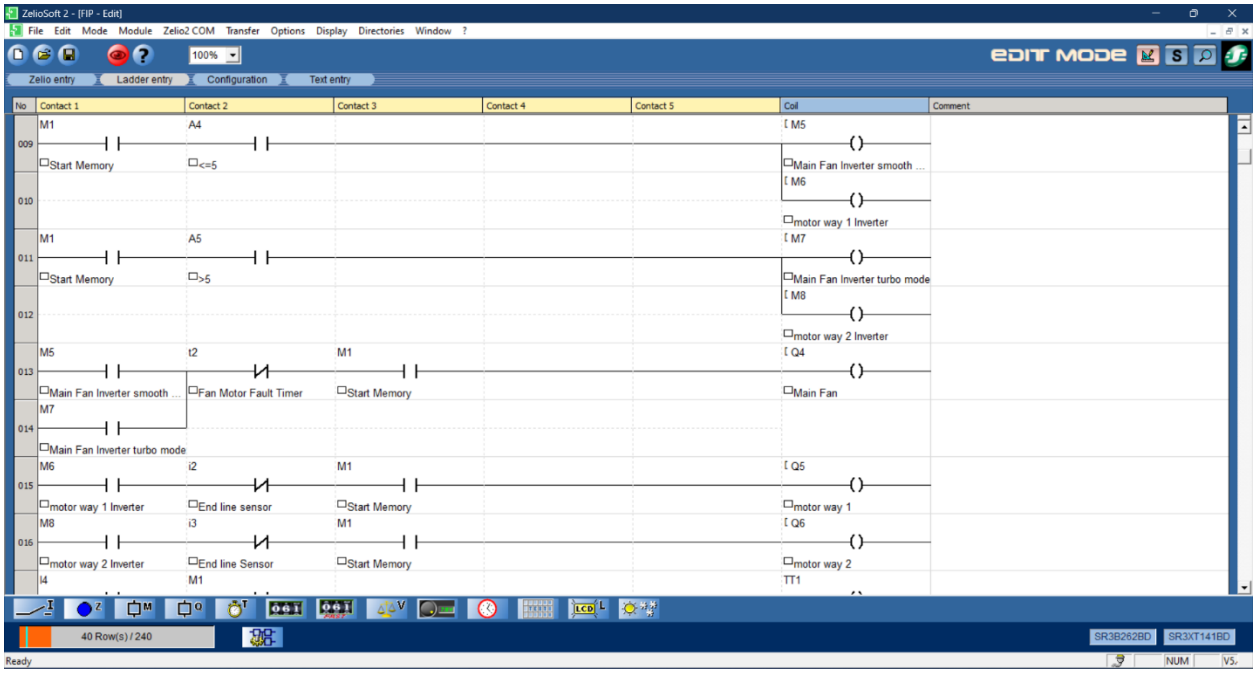
في السطرين التاسع والحادي عشر يتم وصل مداخل حساسات الضغط الجديدة على مقارنين أحدهما مختص بالضغط المنخفض والأخر بالضغط المرتفع ويكون ألية عملهما كالآتي:

في البداية يجب معرفة الحالة التي يعبر عنها حساس الضغط، يتم معايرة المقارن على رقم 5 والذي يعبر عن حالة 1 بار جوي، في الحالة الأولى يتم معايرة المقارن على أقل أو يساوي ال 5 وبهذه الحالة يكون خرج المقارن على عاكسين أحدهما لمرحة الفرن بالوضع الناعم والأخر لمحركات إغلاق فتحات نقل الحرارة في

منطقة التبريد، أما في الحالة الثانية والي يكون معاير المقارن أكبر من القيمة 5 فإنه يتم وصله على عاكس مروحة الفرن المعززة ومحركات فتح فتحات نقل الحرارة.

أما في السطر رقم 13 و14 فيتم وصل مخارج عواكس مروحة الفرن الرئيسية إلى المحرك الخاص بها لإدارة سرعة محرك المروحة.

في الأسطر 15 و16 ولكون أن محرك فتح وإغلاق الفتحات يعمل باتجاهين مختلفين فإن العاكس الأول يختص بعملية الإغلاق للفتحات والعاكس الثاني يختص بفتح الفتحات، ومع الأخذ بعين الاعتبار بأن في السطر 13 يوجد قاطع لمؤقت بوضع Normally Closed والذي يعمل على إيقاف عملية التغذية الكهربائية للمحرك في حال عدم الدوران، أما في الأسطر 15 و16 فيتم إيقاف المحركات عند الوصول إلى حساسات نهاية الشوط في الاتجاهين، وكما هو موضح في الصورة التالية:



الصورة (10): قسم من البرنامج

في الأسطر 18،19 و20 فإنه يتم إعطاء إنذار بصري وصوتي لوجد عطل في محرك فتح وإغلاق فتحات نقل الحرارة بثلاث حالات، الأولى وهي توقف المحرك عن الدوران لفترة زمنية معينة بشرط ألا يكون أحد حساسات نهاية الشوط مفعل، الثانية وهي إبقاء حساس نهاية الشوط الخاص بالإغلاق مفعل مع دوران المحرك باتجاه الفتح وبالتالي فإن حساس نهاية الشوط بحالة عطل وبحاجة إلى إصلاح والأخيرة بعكس الحالة السابقة حساسا نهاية الشوط الخاص بحالة الفتح الكامل والمحرك يتحرك بحالة معاكسة.

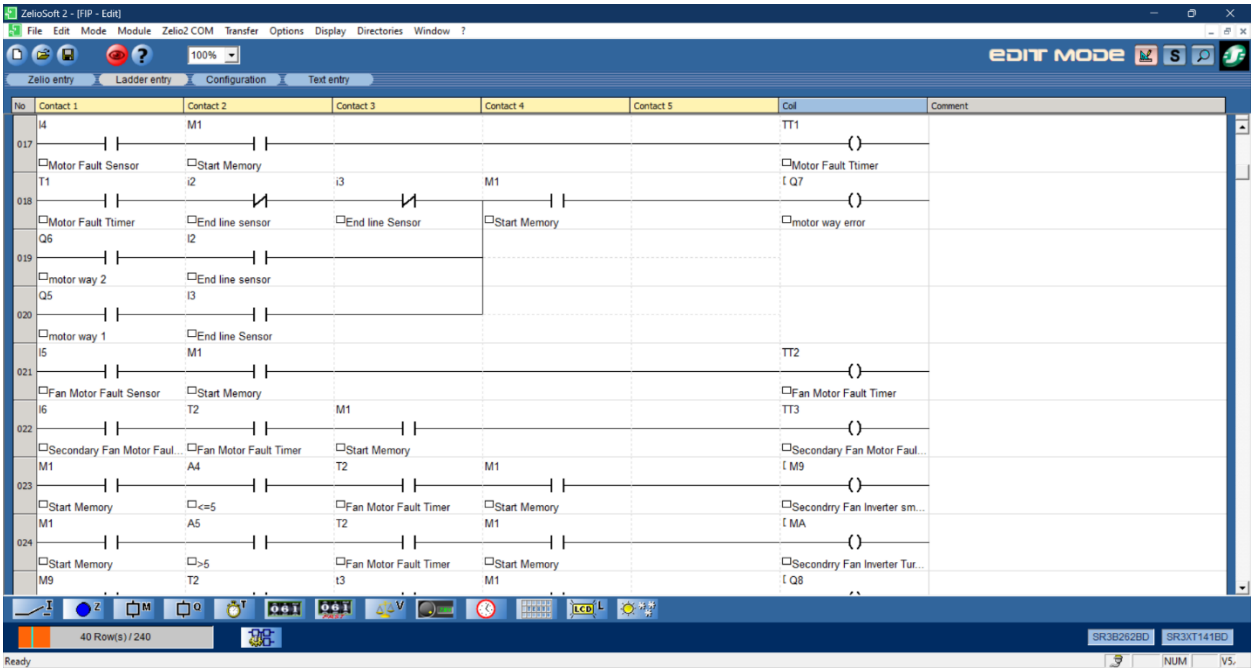
في السطر 21 يوجد حساس العطل لمحرك مروحة الفرن الأول وموصول على مؤقت لتفعيل حالتين:

الأولى تشغيل إنذار صوتي ومرئي للمشرفين لتدارك الأمر، والأخرى لتعطيل التغذية الكهربائية عن المحرك الأول وتشغيل المحرك الاحتياطي.

في السطر 22 يوجد حساس توقف المحرك الاحتياطي أيضا عن العمل ليعطي إنذار ولكن بشرط أن يكون المحرك الأساسي أيضا متوقف عن العمل.

في الأسطر 23، 24 و25 يتم معرفة كيفية عمل المحرك الاحتياطي عند توقف المحرك الأساسي.

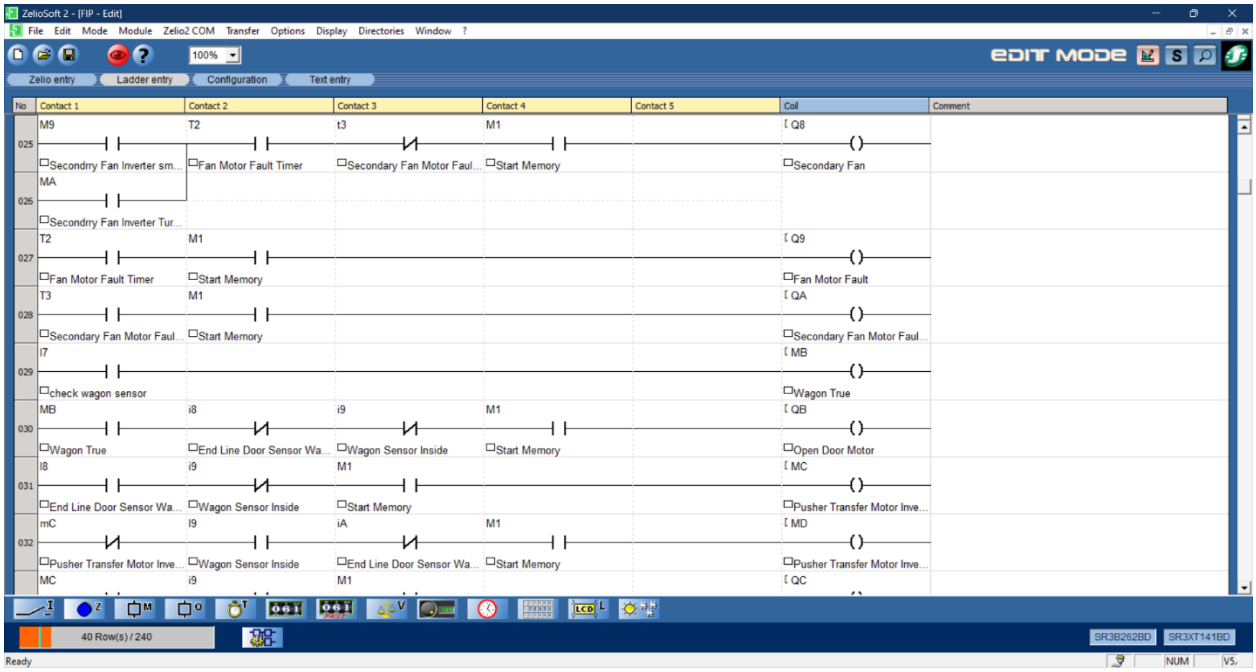
كما هو موضح في الصورة التالية:



الصورة (11): قسم من البرنامج

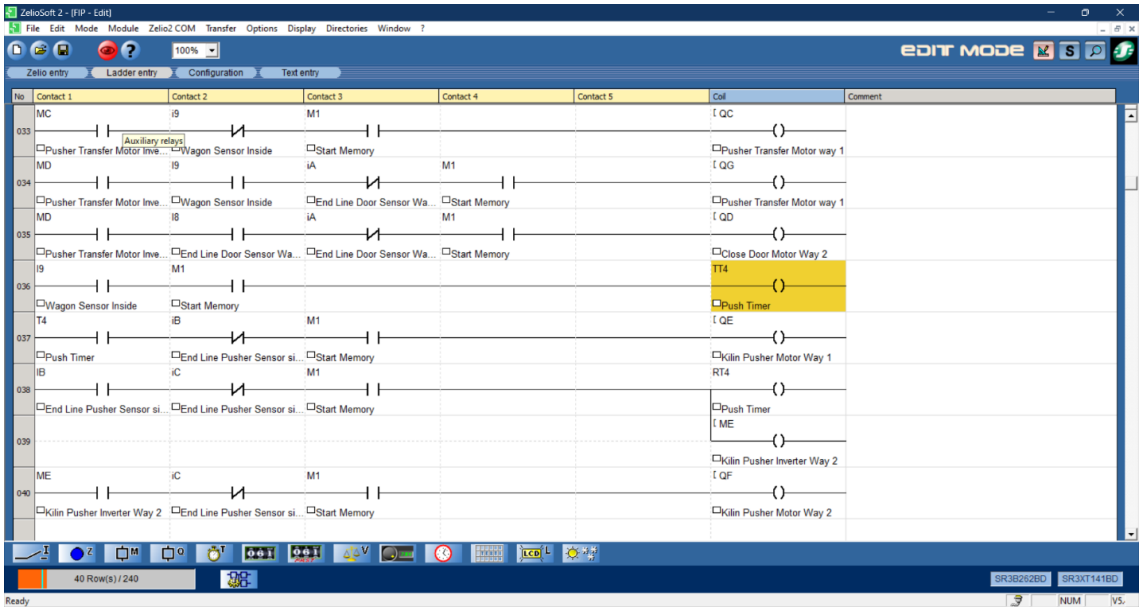
في القسم الأخير من البرنامج و الذي يمتد من السطر 29 إلى السطر 40 يتم العمل على إدخال العربة من إلى الفرن و عملية الدفع داخل الفرن لإخراج العربات، في السطر رقم 29 تبدأ العملية بتحسس حساس كهرومغناطيسي لوجود عربة لتأتي المرحلة التالية و التي تتلخص ب بفتح باب الفرن فب الداية و الذي يعبر عنها السطر 30 و لكن بشرط حيث يجب أن يكون مكان العربة خالي في الداخل و يتم التأكد من خلال حساس كهرومغناطيسي داخل الفرن، في السطر 31 يبدأ عملية دفع العربة إلى داخل الفرن باستخدام دافع الناقل الخاص بالعربة، وفي السطر 32 يتم عودة دافع الناقل إلى الوراء بعد التأكد من وصول العربة إلى

الداخل، أما في السطر 33 و34 فيتم تفعيل المحركات بعد إعطاء الأوامر من التعليمات السابقة من عواكس الدافع بالاتجاهين.



الصورة (12): قسم من البرنامج

في السطر 35 بعد التأكد من وجود العربة في الداخل يتم العمل على إغلاق باب الفرن حتى وصول باب الفرن لحساس نهاية الشوط الخاص بالإغلاق، في الأسطر 36 و37 يتم العمل على عملية الدفع داخل الفرن حيث تتم عملية الدفع عن طريق مؤقت يتم معايرته بعد دخول العربة إلى الفرن والبدء بعملية الدفع للداخل، وعند الوصول إلى حساس نهاية الشوط يتم التوقف عن الدفع في الاتجاه الأول وعودة الدافع إلى الخلف ليتوقف



الصورة (13): قسم من البرنامج

عند حساس نهاية الشوط الموجود في الجهة المقابلة وهذا المعمول به في الأسطر الأخيرة من البرنامج 38، 39 و40، كما هو موضح في الصورة التالية:

وفيما يلي بصورة توضيحية للواجهة النهائية من برنامج الPLC وسوف نقوم بشرح مفصل للعناصر المتوافرة بها:

الصورة (14): واجهة النمذجة

القسم رقم 1: ويدل على واجهة العمل والتي يتم العمل عليها لإنشاء البرنامج ونجد فيها كما تم الشرح مسبقا الأسطر البرمجية المكونة للبرنامج.

القسم رقم 2: ويدل على المداخل النبضية المتمثلة في زر التشغيل وزر الإطفاء.

القسم 3: ويدل على المداخل الرقمية المتمثلة في إشارات حساسات نهاية الشوط، أزرار الطوارئ، الحساسات الكهرومغناطيسية وحساسات الاهتزاز للمحركات.

القسم رقم 4: ويدل على المقارنات التشابهية وهي التي توصل على الحساسات التشابهية والتي تحول إشارة الحساس إلى جهد كهربائي متغير يتم التعامل معها في المقارن لتوجيه الإشارة إلى عاكس كهربائي وخرج هذا العاكس إلى المحركات لتلبي الغاية المخصصة منها، وهذه المقارنات تتمثل في حراقات الفرن الثلاث ومقارن الضغط الخاص بالفرن.

القسم 5: ويدل على الخرج الخاص بالنظام من محركات وأجهزة انذار صوتية وعند تشغيل البرنامج والبدء بالعمل، سوف نلاحظ البدء بالتغير على جميع الأقسام المذكورة لتراعي الحالة الراهنة وليصل النظام إلى الحالة المستقرة والتي نسعى إليها في هذا البحث.

القسم رقم 6: ويدخل هذا القسم في الحيز البرمجي فقط ولا يكون له أثر على المخارج وإنما هو عبارة عن ذواكر داخل المتحكم PLC لمساعدة المبرمج إيصال الإشارات إلى أكبر عدد من المخارج في آن واحد وبالتالي التخفيف من التوصيلات الخارجية والمخارج والمداخل ضمن المتحكم نفسه.

كما وأن للبرنامج 4 مؤقتات 3 منها نوعها مؤقت الوصل المتأخر ومؤقت واحد من نوع الوصل المتأخر مع وجود ملف تصفير.

وفيما يلي قائمة بالمداخل والمخارج والمؤقتات والمقارنات الموجودة في البرنامج:

Discrete inputs

01	I1	Emergency
02	I2	End line sensor
03	I3	End line Sensor
04	I4	Motor Fault Sensor
05	I5	Fan Motor Fault Sensor
06	I6	Secondary Fan Motor Fault Sensor
07	I7	check wagon sensor
08	I8	End Line Door Sensor Way 1
09	I9	Wagon Sensor Inside
10	IA	End Line Door Sensor Way 2
11	IB	End Line Pusher Sensor site 2
12	IC	End Line Pusher Sensor site 1

Discrete outputs

01	Q1	burner section 1
02	Q2	burner section 2
03	Q3	burner section 3
04	Q4	Main Fan
05	Q5	motor way 1
06	Q6	motor way 2
07	Q7	motor way error
08	Q8	Secondary Fan
09	Q9	Fan Motor Fault
10	QA	Secondary Fan Motor Fault Timer
11	QB	Open Door Motor
12	QC	Pusher Transfer Motor way 1
13	QD	Close Door Motor Way 2
14	QE	Kilin Pusher Motor Way 1
15	QF	Kilin Pusher Motor Way 2
16	QG	Pusher Transfer Motor way 1

Analog comparators

01	A1	800 Celsius degree
02	A2	830 Celsius degree
03	A3	870 Celsius degree
04	A4	<=5 /<=1 bar
05	A5	>5 />1 bar

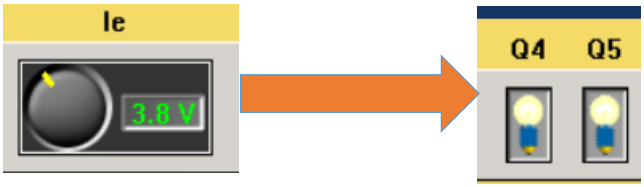
Timers

01	T1	Motor Fault Timer
02	T2	Fan Motor Fault Timer
03	T3	Secondary Fan Motor Fault Timer
04	T4	Push Timer

الصورة (15): المداخل والمخارج والمؤقتات والمقارنات الموجودة

وفيما يلي سوف يتم مناقشة عدد من الحالات النمذجيّة الأولى خاصة بعمل تفريغ أو حبس الضغط والثانية خاصة بأمان العمل التي تم تطويرها في البرنامج:

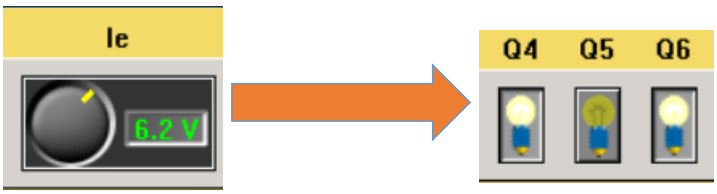
- **الحالة الأولى**



الصورة (16): حالة عملية رقم 1

في هذه الحالة عندما يكون الضغط أقل من 1 ضغط جوي تكون المروحة الرئيسية في حالة عمل ولكن ببطء لكي تحافظ على الضغط داخل الفرن كما وأن محركات إغلاق الفتحات الأنابيب التي تنقل الحرارة في قسم التبريد بعد قسم الشيّ أيضا للحفاظ على الضغط.

أما في الحالة المعاكسة

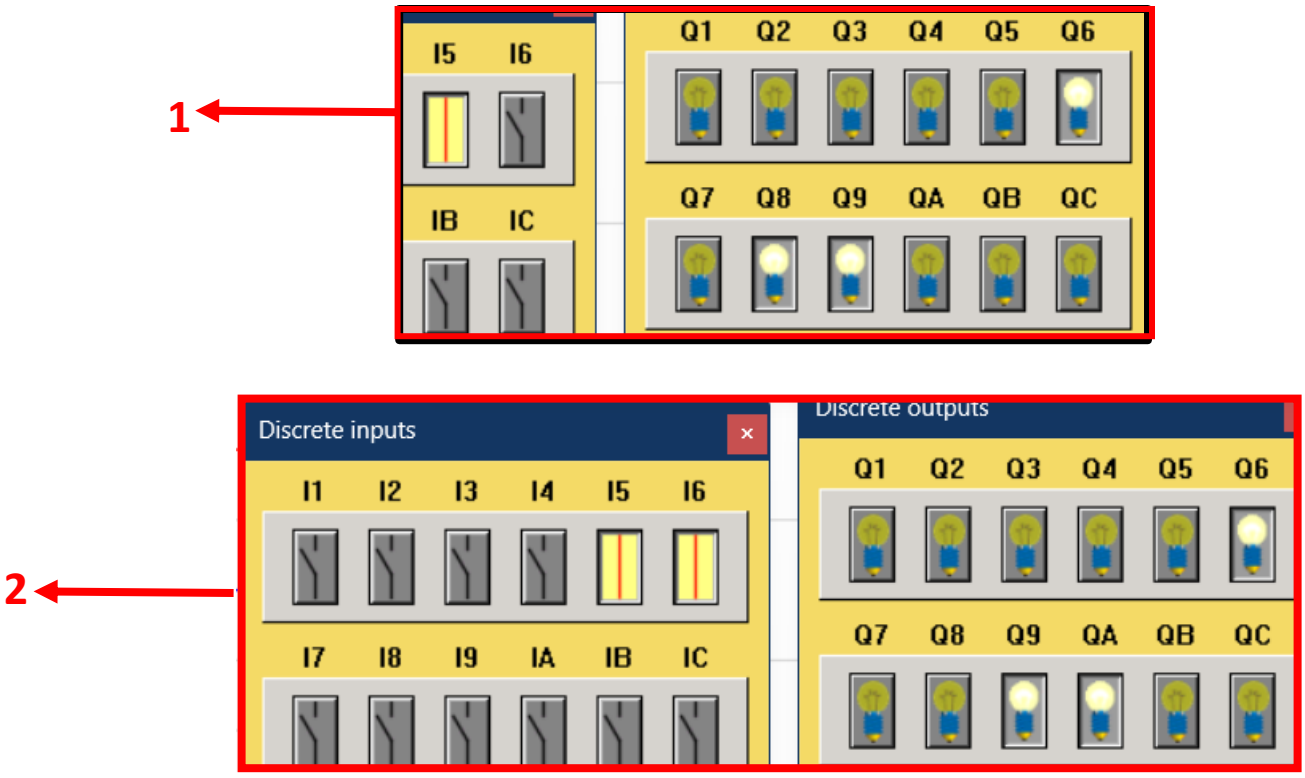


الصورة (17): حالة عملية رقم 2

عندما يرتفع الضغط داخل الفرن فإن مروحة الفرن الأساسية تقوم بدور أعلى لسحب الضغط ومحركات فتح أنابيب النقل الحرارة مما يساعد أيضا على عملية تفريغ الضغط من الفرن ومن الجدير بالذكر أن عملية حبس أو تفريغ الضغط تتم بشكل مدروس من خلال عاكس للتحكم بسرعة مروحة الفرن الرئيسية لمعرفة الجهد المحول من حساسات الضغط المتوفرة ضمن الفرن.

- **الحالة الثانية**

وهي حالة تعبر عن مستوى الأمان الخاص بالبرنامج وتكون على الشكل التالي:



الصورة (18): حالة عملية رقم 3

في الحالة الأولى عند توقف مروحة الفرن عن العمل عند إعطاء حساس عدد الدورات عن العد فإن خرج هذا الحساس موصول على مؤقت زمني هذا المؤقت من نوع الوصل المتأخر أي بعد مدة زمنية محددة يتم فصل التغذية عن الخرج Q4 ويتم تشغيل Q8 وهو محرك لحالات الطوارئ كون أن هذه المروحة من العناصر الرئيسية بالفرن ويجب ألا تتوقف عن العمل أبدا، وبالتزامن مع تشغيل Q8 فينطلق إنذار صوتي ومرئي على شاشة الحاسب لتنبيه عناصر الإشراف ويفيد عنصر الإنذار الصوتي في حالات تواجد عناصر الإشراف خارج غرفة التحكم.

أما في الحالة الثانية عند وجود حالة أخرى وتوقف المروحة الاحتياطية عن العمل فأيضا يتم إعطاء إنذار بتوقف المحرك الاحتياطي عن العمل مع العلم أن هذا الإنذار لا يطلق إلا في حال توقف المروحة الأولى والثانية لأنه في أوضاع العمل الطبيعية يكون محرك المروحة الاحتياطية متوقف عن العمل بشكل افتراضي.

كما ويجب التنويه بأن البرنامج يحتوي على عدد كبير من أنظمة الأمان في جميع الأقسام مثل عدم دفع العربات إلى داخل الفرن في حال وجود عربة في مدخل الفرن أو عند تشغيل محركات باتجاه يعاكس اتجاه الحركة مع ثبات الإشارات الواردة في حساسات نهاية الشوط.

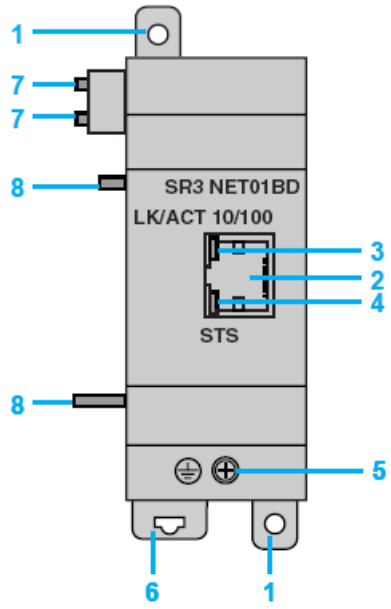
4. تحميل البرنامج على المتحكم وربطه مع برنامج السكادا

في البداية حتى تتم العملية بشكلها الصحيح يجب تركيب مجموعة من الملحقات حتى تتم العملية على أرض الواقع ولكن ولأن برنامج البحث الخاص بنا يعتمد على النمذجة والمحاكاة يمكن اعتبار هذه الفقرات بمثابة فقرة تعليمية عند تطبيق البحث ضمن المعمل في فترة التشغيل القادمة كون أن البحث يجب أن يكون جاهز للتطبيق العملي.

- **لاحقة مدخل كبل الايثرنت للتواصل NET01BD SR3**

ويكون الهدف من استخدامه متابعة الأعمال بواسطة ربط المتحكم بجهاز الحاسوب ولاحقا ربطه ببرنامج السكادا المخصص لهذا الغرض، كما ويمكننا عن طريقه ربط المنظومة عن طريق الانترنت ويبين الشكل التالي شكل اللاحقة مع أقسامها.

- **مثبتان**
- **منفذ الشبكة RJ 45**
- **ضوء الاتصال**
- **ضوء الحالة**
- **منفذ لتأريض التوسعة**
- **لاقط التثبيت على الشبكة**
- **منافذ الوصل مع المتحكم**
- **أرجل تثبيت التوسعة بالمتحكم المنطقي**



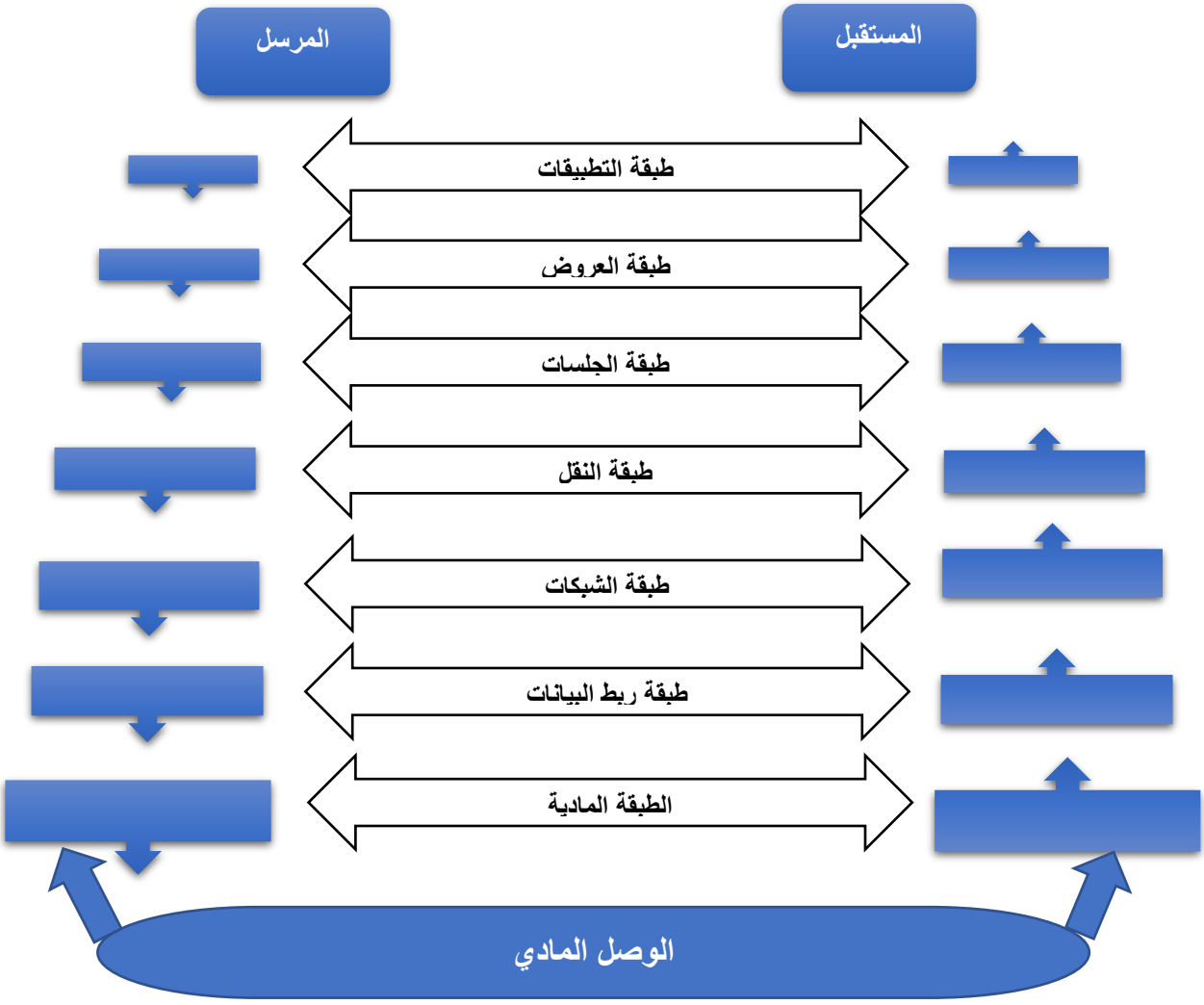
الشكل (12) شكل لاحقة مدخل كبل الايثرنت

ويبين الجدول التالي ظروف عمل ملحق الايثرنت

Environment characteristics			
Type			SR3 NET01BD
Product certifications			UL, CSA, GL (pending), C-TICK, GOST
Conformity with the low voltage directive	Conforming to 2006/95/EC		EN (IEC) 61131-2 (open equipment)
Conformity with the EMC directive	Conforming to 2004/108/EC		EN (IEC) 61131-2 (Zone B) EN (IEC) 61000-6-2, EN (IEC) 61000-6-3 *(1)* and EN (IEC) 61000-6-4
Degree of protection	Conforming to IEC/EN 60529		IP 20 (terminal block) IP 40 (front panel)
Overvoltage category	Conforming to IEC/EN 60664-1		3
Degree of pollution	Conforming to IEC/EN 61131-2		2
Ambient air temperature around the device Conforming to IEC/EN 60068-2-1 and IEC/EN 60068-2-2	Operation	°C	0... + 55 (+ 40 in non-ventilated enclosure)
	Storage	°C	- 40... + 70
Max. relative humidity	Conforming to IEC/EN 60068-2-30		95% without condensation or dripping water
Maximum operating altitude	Operation	m	2000
	Transport	m	3048
Mechanical resistance	Immunity to vibration		IEC/EN 60068-2-6, test Fc
	Immunity to mechanical shock		IEC/EN 60068-2-27, test Ea
Resistance to electrostatic discharge	Immunity to electrostatic discharge		IEC/EN 61000-4-2, level 3
Resistance to HF interference(immunity)	Immunity to electromagnetic radiated elds		IEC/EN 61000-4-3
	Immunity to fast transients in bursts		IEC/EN 61000-4-4, level 3
	Immunity to shock waves		IEC/EN 61000-4-5
	Radio frequency in common mode		IEC/EN 61000-4-6, level 3
	Voltage dips and breaks (~)		IEC/EN 61000-4-11
	Immunity to damped oscillation waves		IEC/EN 61000-4-12
Conducted and radiated emissions	Conforming to EN 55022/11 (Group 1)		Class B *(1)*
Earthing			Yes (please refer to installation instructions supplied with the product).

الجدول (17) ظروف عمل ملحق الايثرنت

وتكون مرحلة الربط باستخدام عدد من الأجهزة لوصول المعلومات إلى الحاسب بطريقة يمكن فهمها بشكل صحيح وتشتمل هذه الأدوات على معيار **OSI** ومعيار يعبر عن مراحل تكون البيانات من الجهاز المرسل إلى الجهاز المستقبل ويشتمل على 7 موضحة في الشكل التالي:



الشكل (13) طبقات معيار OSI

المكرر

تتعرض الإشارة أثناء النقل إلى التشويش والتشويه وخاصة عند النقل لمسافات طويلة وهنا يأتي دور المكرر والذي يعد دوره جوهري في إعادة إنعاش الإشارة المرسلة وله نوعان تشابهي يقوم بتضخيم الإشارة ورقمي يعيد بناء الإشارة لتصبح قريبة جدا من الأصلية.

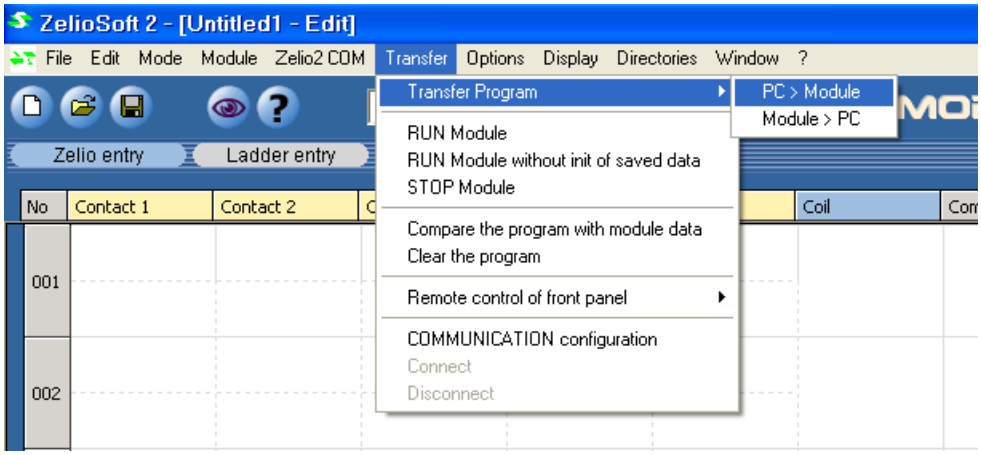
البوابة

ويعتبر هذه الجهاز من أذكى أجهزة الربط ويعمل في كل مستويات **OSI Model** وهو جهاز في غاية الأهمية لأنه يربط بين شبكتين مختلفتين كليا ويعمل كمترجم أو وسيط بين الشبكتين، ويكون شكله كالتالي:

الصورة (19): صورة توضيحية عن جهاز البوابة

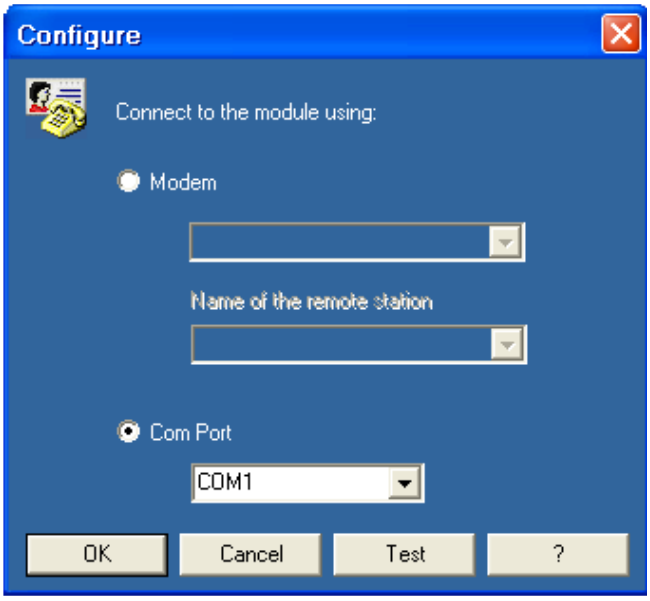
ومن ثم تأتي مرحلة نقل البرنامج للجهاز وتتم عبر الخطوات التالية:

من القائمة Transfer نختار Transfer Program ثم PC>Module كما في الصورة التالية:



الصورة (20): صورة تدل على تهيئة البرنامج للوصل مع المتحكم

ولكن قبل البدء بنقل البرنامج يجب تأهيل واجهة الاتصال التسلسلية ويتم ذلك عن طريق البند Communication Configuration من القائمة Transfer حيث يتم اختيار واجهة الاتصال التسلسلية COM1 أو COM2 .... حسب توصيل الجهاز إلى المأخذ التسلسلي وإذا كان هناك مودم ملائم يمكن نقل البرنامج عن طريقه، مع العلم أنه لا يمكن نقل البرنامج وهو في حالة تشغيل لذلك ننقر على STOP Module في قائمة Transfer لإيقاف البرنامج.



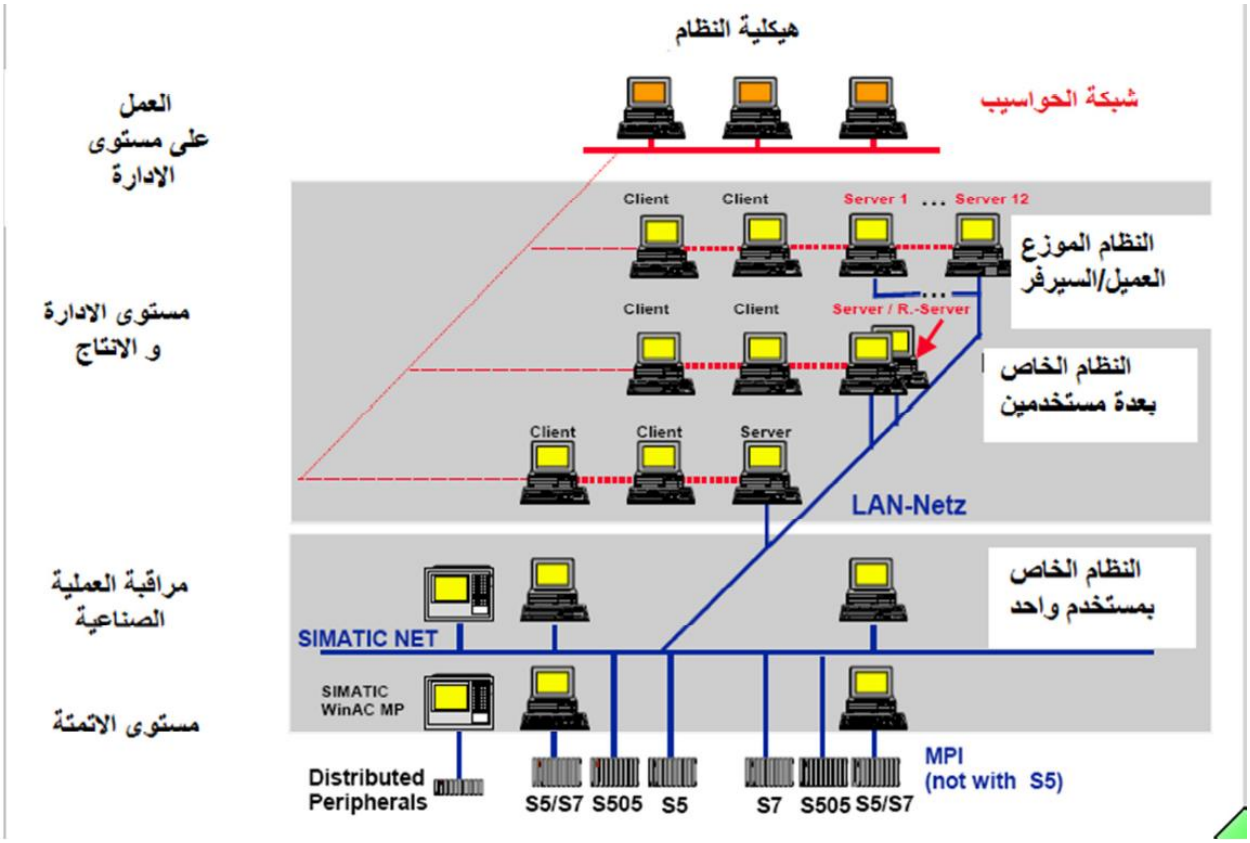
الصورة (21): صورة تعبر عن تهيئة نظام الاتصال

5. برنامج SIAMATIC WINCC

وهو عبارة عن حزمة من البرامج مع إمكانية عرض واجهة الإنسان والألة من خلال نظام ويندوز وتمكننا هذه البرامج من العمل مع مختلف الأجهزة من خلال قاعدة بيانات تتفاعل مع برنامج Step 7، بالإضافة إلى مجموعة من البرامج الجاهزة، كما وأنه يمتلك خصائص متنوعة هي:

- محرر لواجهات الرسومية من أجل واجهات العمل ضمن ال **SCADA** وال **HMI**.
- نظام الرسائل باستخدام الأرشفة.
- أرشفة القيم المقاسة.
- نظام التقارير.
- التحكم في إعدادات النظام.
- قاعدة بيانات مشتركة.

والشكل التالي يبين هيكلية النظام في برنامج **WinCC**:

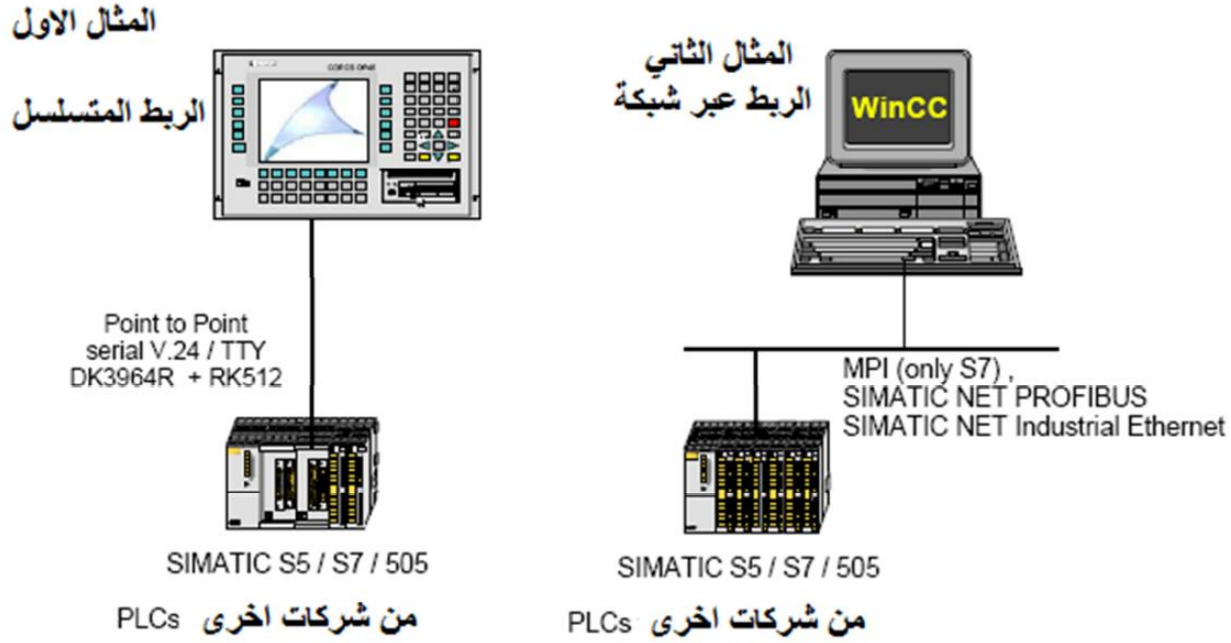


الشكل (13) هيكلية النظام لعدة مستخدمين

وهنا يمكن أن نوضح أن لهذه الهيكلية 3 مستويات رئيسية وهي مستوى المشرفين المباشرين، مستوى الإدارة المتوسطة مثل مدير الإنتاج أو مدير الوردية وأخر مستوى هو مستولى الإدارات العليا كمدير المعمل أو أصحاب المنشأة.

وهو نظام يوضح عدة مستخدمين في آن واحد ولكن في نظامنا سوف نتكلم عن هيكلة النظام لمستخدم واحد ويتمثل بالشكل التالي:

هيكلية النظام الخاص بمستخدم واحد

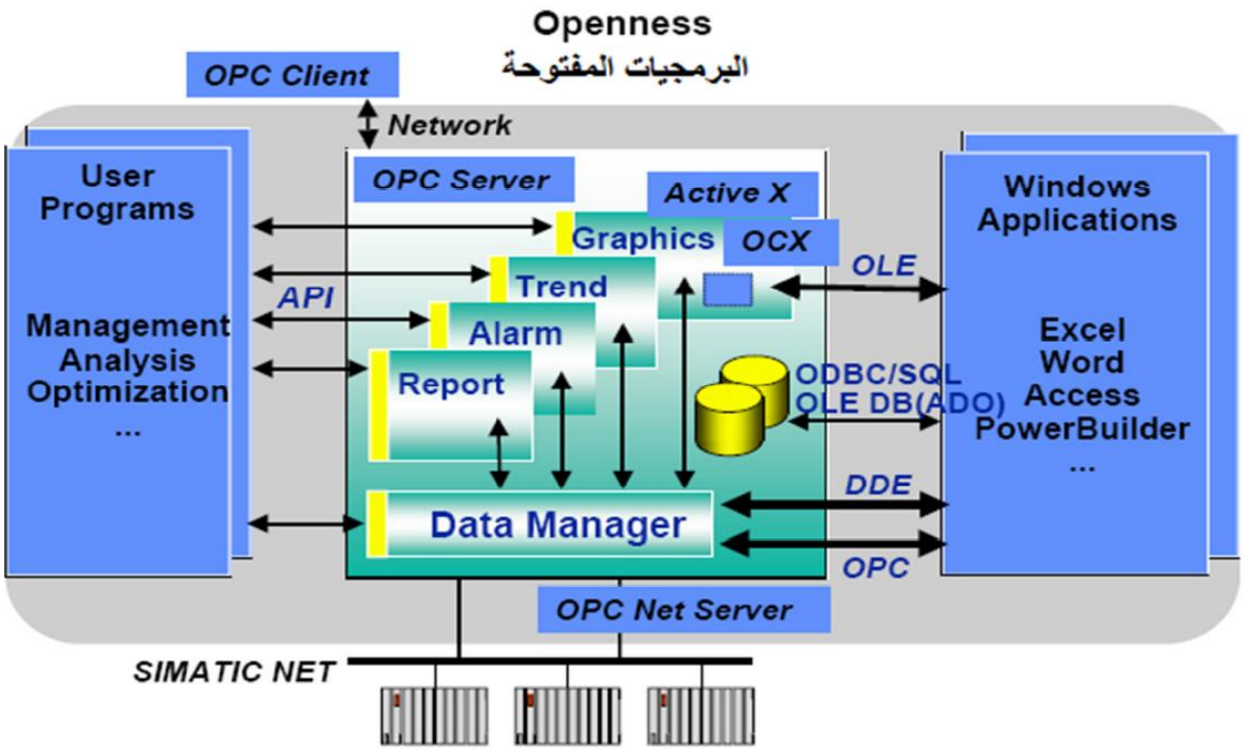


الشكل (14) هيكلية النظام لمستخدم واحد

ومن الأمور المهمة التي دفعتنا لاختيار هذا البرنامج هو أنه يمكن أن يتعامل مع عدة أنواع من مختلف الشركات المصنعة للمتحكمات القابلة للبرمجة وإمكانية استخدامه عن بعد عن طريق الشبكة أو عن طريق الربط المتسلسل داخل المنشأة.

وقبل البدء بالخطوات العملية يجب التنبه أن برنامج WinCC يستخدم قاعدة بيانات SQL Server ولذلك لابد من تنزيل البرنامج الخاص ب SQL مع الحزمة الخاصة ب WinCC، وأيضا يجب أخذ العلم بأن هذا البرنامج يعد برنامج مفتوح المصدر يمكن العمل والتعديل عليه كما يريد للمستخدم ويساعد البيئة الصناعية على التعامل مع برمجيات windows كما وكونه يحتوي على عدة وحدات للمهام والتي تقوم بالوظائف المختلفة لنظام السكادا وتشمل:

- ❖ مصمم الواجهات.
- ❖ محرر النصوص.
- ❖ نظام الولوج إلى الانذارات.
- ❖ نظام الولوج إلى الإشارات.
- ❖ منظم التقارير.



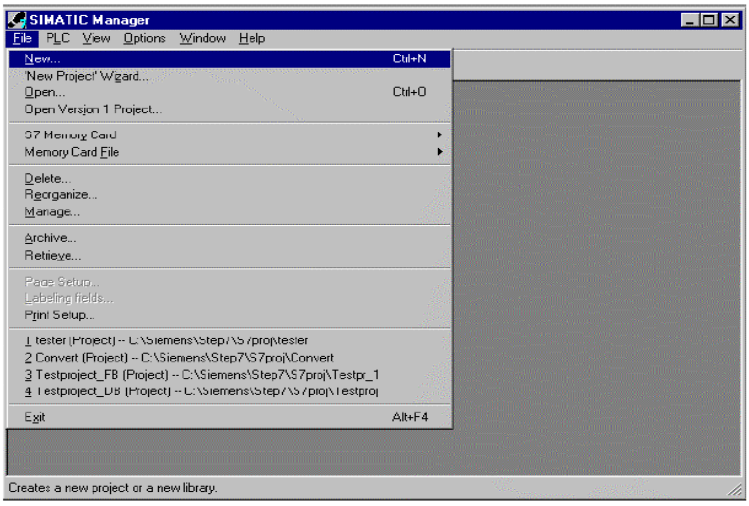
الشكل (13) البنية الخاصة لبرنامج WinCC

كيفية تجهيز البرنامج:

بعد تثبيت البرنامج والقاعدة بيانات ال SQL وتجهيز المتحكم بالملحقات والتوصيلات الصحيحة يبدأ القسم البرمجي:

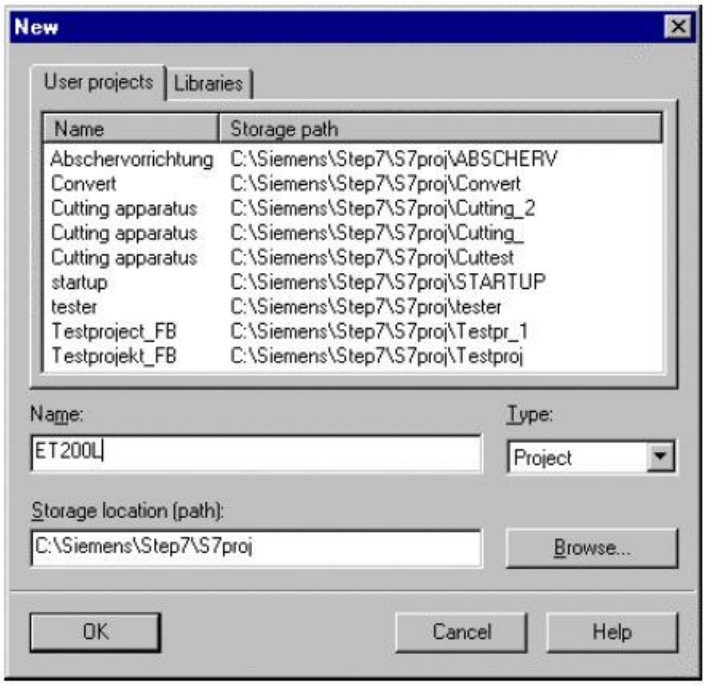
1- النقر على أيقونة البرنامج

2- من خيار File> new



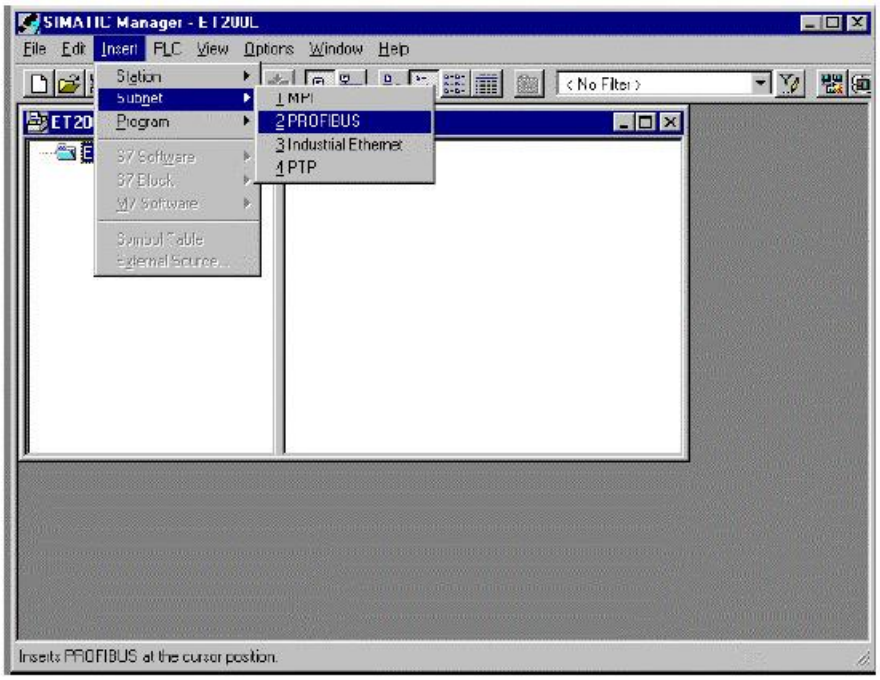
الصورة (22): صورة تعبر عن بداية العمل على برنامج ال SCADA

3- ندخل اسم المشروع ونضغط على OK.



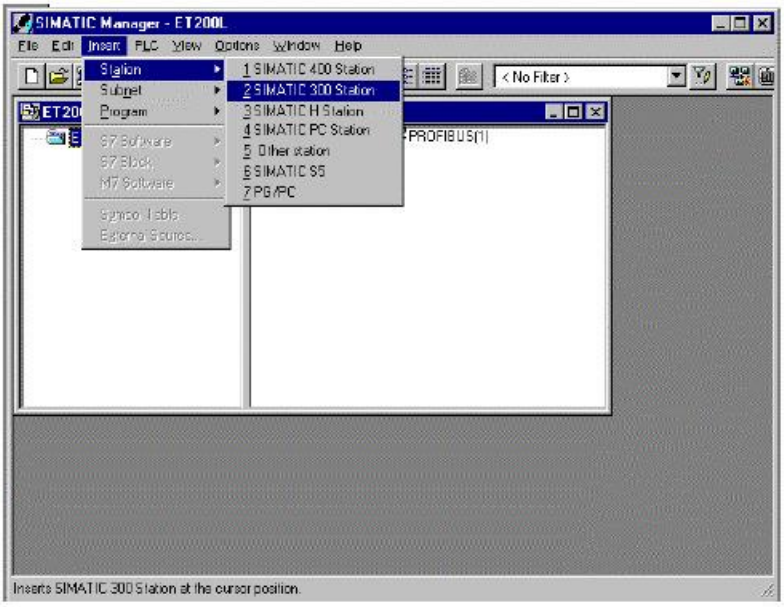
الصورة (23): صورة تعبر عن اختيار البرنامج

4- بعد تحديد المشروع نختار من قسم insert> subnet> PROFUBUS Subnet



الصورة (24): صورة تعبر عن تهيئة قناة الاتصال

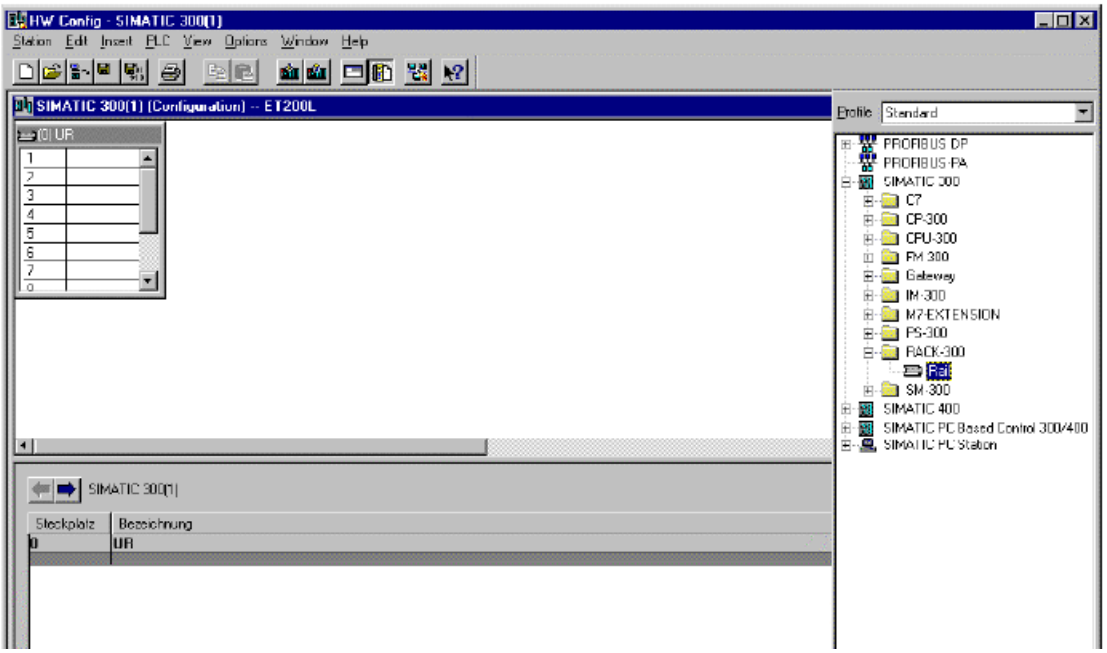
5- ثم أيضا من قسم insert> station> SIMATIC 300-Station



الصورة (25): صورة تعبر عن اختيار الجهاز المتوافق

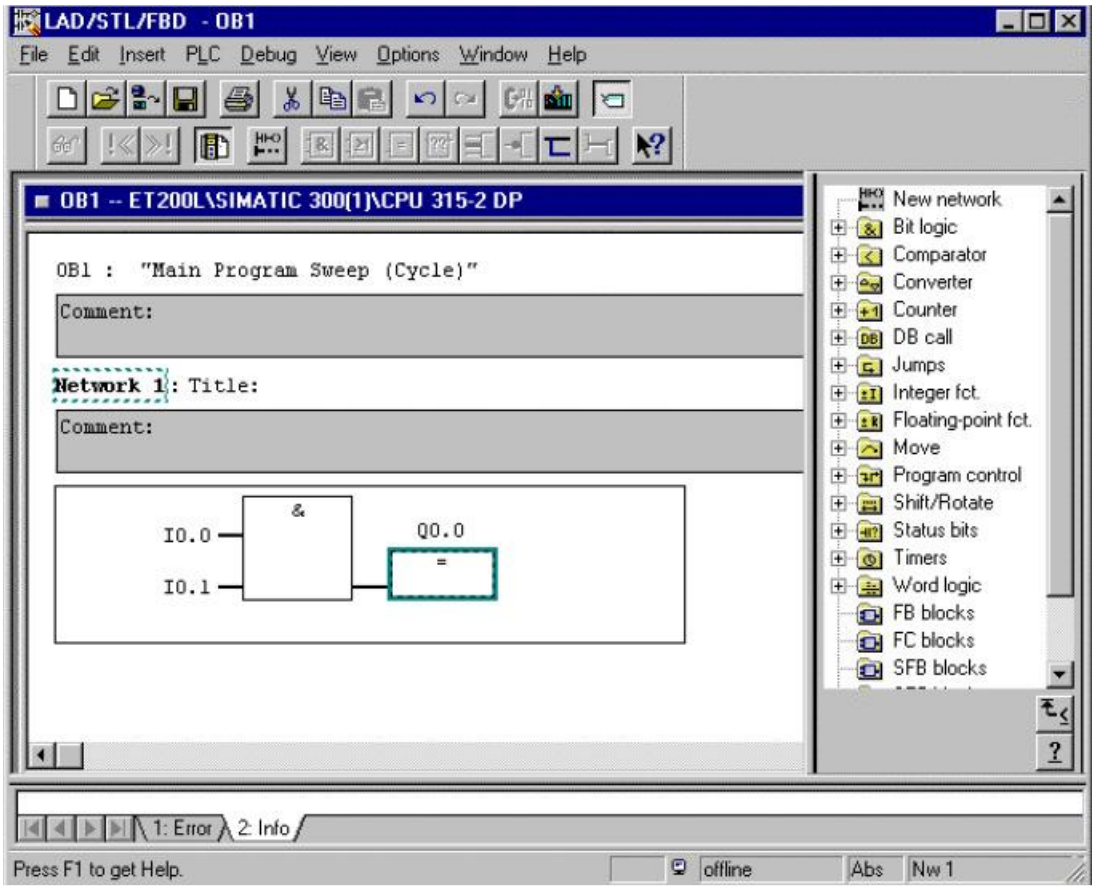
6- ثم من الواجهة نختار خيار Hardware

ومن ثم من خلال الايقونة التالية والتي تعني Hardware Catalog نختار خيار Rail من كما في الصورة التالية:



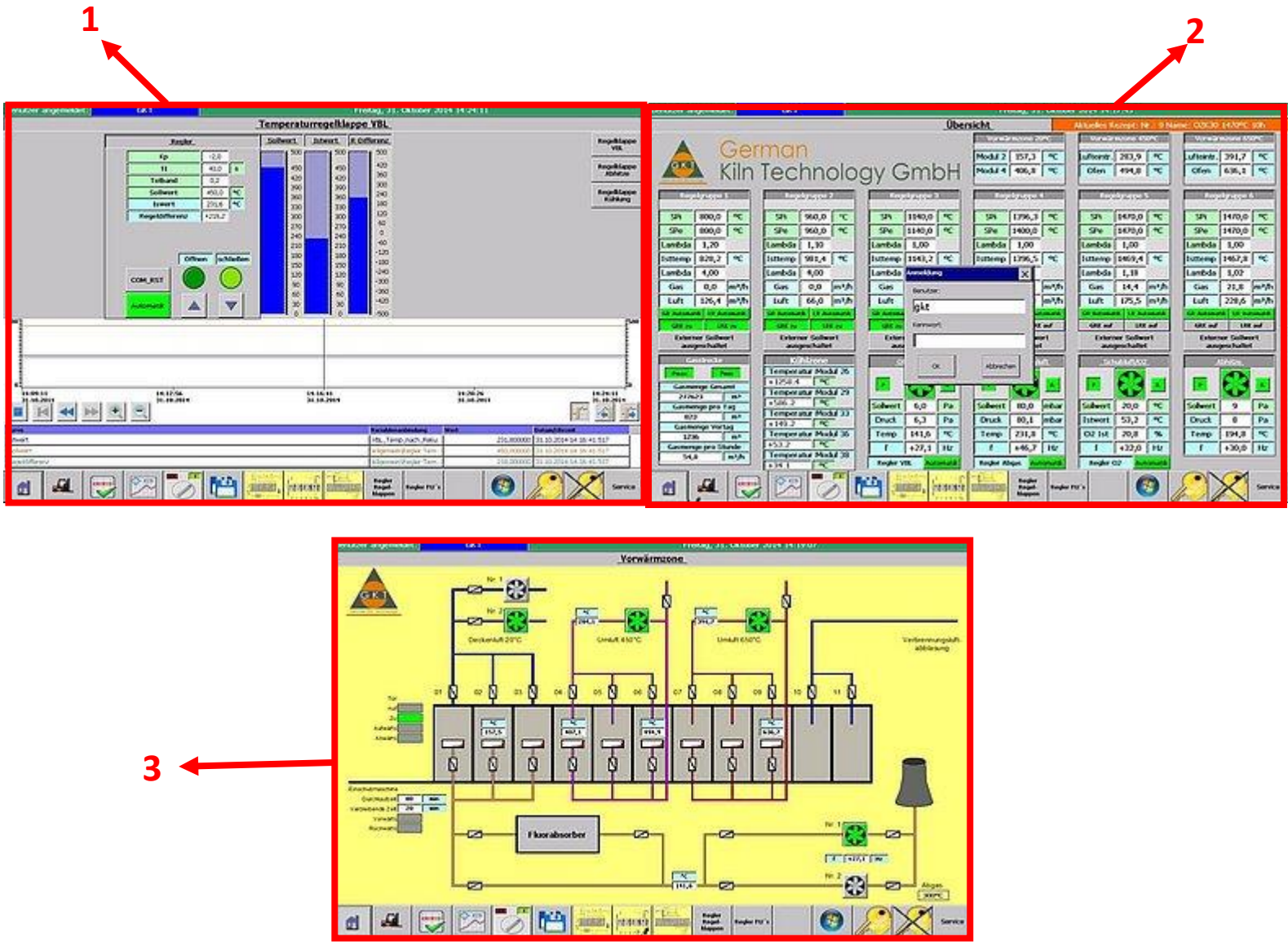
الصورة (26): صورة تعبر عن نوع أنواع الأجهزة

بعد عملية الإدخال يظهر لنا جدول لضبط المنظومة بشكل ألي ومن بعدها نقوم باختيار المكونات التي نرغب في إضافتها مثل مزود الطاقة، المتحكم القابل للبرمجة نوعه وفئته، نوع الاتصال ومعدل نقل البيانات وفي النهاية يتم الوصل مع ال PLC حتى ينشأ بروتوكول الاتصال بينهما من خلال الايقونة وبهذا يتم الربط كل من جهاز الحاسب مع الPLC على شبكة PROFIBUS ويكون الشكل النهائي للبرنامج كالتالي:



الصورة (27): صورة تعبر عن العمليات المنطقية والربط المستخدم مع المتحكم

وفي النهاية يتم إنشاء الرسوميات عن طريق منشئ الواجهات الرسومية وهي أداة تمكن المبرمج من إنشاء الواجهات الرسومية، الصفحات والمجسمات لتسهيل العمل على واجهة بيئة التشغيل، فيكون الشكل النهائي للبرنامج كمثال:



الصورة (28): صورة واجهات السكادا

حيث وأنه في الصورة رقم 1 يظهر لنا مقاييس الحرارة في الأقسام الثلاثة، وفي الصورة رقم 2 يظهر لنا المقاييس لحساسات الحرارة على مختلف أقسام الفرن ومقاييس الضغط الجوي المضافة، أما في الصورة رقم 3 فهو النظام بشكل كامل مع العلم أنه في برنامج البحث الخاص في المشروع الحالي تم العمل على إعادة بناء برنامج المتحكم بشكل كامل في قسم الضغط والإشعال أما في نظام SCADA فقد تم الاستعانة بصور من البرنامج الرئيسي كون أنه قابل للتعديل المرن.

6. مقارنة التحسينات بين النظامين

في الجدول التالي رقم 18 نوضح الفروق بين النظام القديم والنظام الحديث المقترح في هذه الدراسة والتحسينات التي تم إضافتها.

نمط المقارنة	النظام القديم	النظام الحديث
حساسات الضغط	لا يوجد	تم إضافة حساسات ضغط على امتداد طول الفرن
محرك احتياطي لمروحة السحب	لا يوجد	تم تركيب محرك إضافي وإضافة برمجة التشغيل الخاصة به وتم إضافة حساس أمان لمعرفة حالة الحركة الخاص بكلا المحركين
حساسات أمان لمحركات فتحات نقل الحرارةُ	لا يوجد	تم إضافة نوعين من حساسات الأمان الأول معني بحركة المحرك وربطه مع مؤقت خاص والثاني معني بخاصية أمان حساسات نهاية الشوط
حساسات أمان خاصة بالأبواب	يوجد فقط إذا تخطى المؤقت الخاص بالفتح والإغلاق	تم إضافة حساسات أمان لإعطاء إنذارات خاصة إذا تم تشغيل المحرك باتجاه يعاكس اتجاه حساس نهاية الشوط المفعل دون إلغاء تفعيل حساس نهاية الشوط

الجدول (18) مقارنة بين النظامين

7. الآفاق المستقبلية لتطوير العمل

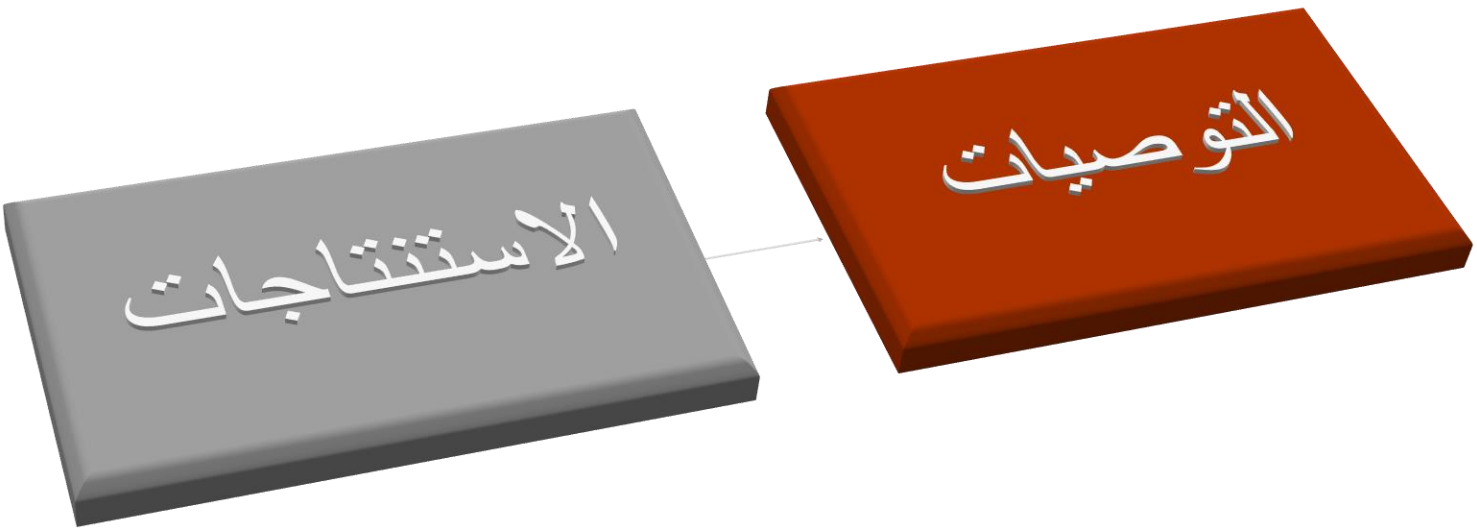
من المؤكد أن التطور التقني المستمر يمّكن المستثمرين والمستفيدين من هذه الخدمات من الاستفادة القصوى للخدمات المشتراة من قبل المبرمجين والمصنعين لا و بل يدفعهم لأن يكونوا سبّاقين في الحصول على أحدث التقنيات المبتكرة وفي بعض الأحيان يكون لهم رأي تقبل فكرة قبول مخاطرة بعض المنتجات أو الابتكارات التي تكون قيد التجريب ليكونوا السبّاقين في امتلاك هذه التقنيات.

ولذلك ومن هذا المنطلق وبما أن التطور سمة من سمات هذا العصر لا بد لنا كمطورين لهذا البحث التفكير الدائم بكيفية تطوير هذا العمل مع المحافظة على استقرار نظام العمل وأمان العاملين في هذا المجال ومن هذه الأفكار:

- العمل على تجهيز المتحكم القابل للبرمجة بمودم اتصال يدعم الشبكات المحلية WIFI أو شبكات الاتصال الخليوي.
- العمل على تطوير برنامج خاص بالأجهزة كمثال استخدام برنامج Flutter وهو برنامج برمجي مفتوح المصدر يمكن المبرمج من إنشاء تطبيقات خاصة بالأجهزة الذكية ومن مميزاته أن الكود البرمجي المكتوب عليه يمكن أن يتم تطبيقه على أنظمة تشغيل Android وأنظمة IOS.
- الاستعانة بمخدمات خارجية لقواعد البيانات مثل Firebase لإنشاء قاعدة بيانات خاصة بكل من المشرفين والإدارات العليا وأصحاب المنشأة.
- استخدام السحابات الالكترونية الخاصة بالشركات التقنية التي يتبع لها المتحكم مثل ,Siemens IBM Schneider, و غيرها من الشركات الخاصة بإنتاج المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة PLC و رفع خوارزميات يتم تطويرها من الذكاء الاصطناعي للتحكم غير المباشر في العمل ضمن المنشأة في حال حدوث أحداث طارئة و تنبيه جميع المستخدمين عبر إرسال تنبيهات ضمن البرنامج و رسائل قصيرة و الكترونية إلى العناوين المخزنة مسبقا، كما ويمكن إضافة خاصية التحكم اليدوي عن بعد ضمن هذه البرامج عن طريق المخدمات السحابية.

الفصل الرابع Chapter 4

الاستنتاجات والتوصيات



تم المحاولة في هذا البحث تسليط الضوء على واقع الصيانة في المنشآت الصناعية في بلدنا والمشاكل التي واجهت هذه المنشآت ما بعد فترة الحرب التي خاضها بلدنا والأثار المترتبة عليها، كما وأننا حاولنا لفت انتباه المعنيين على هذه المنشآت بإمكانية استغلال الخبرات الوطنية الشابة للتعديل على البرامج الصناعية الموجودة مسبقا للاستفادة من حالات لا تكون ضمن التصميم الخاص للمنشأة.

1. الاستنتاجات

لقد خلص هذا البحث إلى النتائج التالية:

- قدرة استخدام التقنيات الحديثة على إدارة واقع إدارة الصيانة في المنشآت الصناعية وخاصة في الأماكن التي يصعب تدخل العامل البشري فيها، وبالتالي تقليل الأعطال الجوهرية التي تكلف توقف العملية الصناعية داخل المنشأة.
- قدرة الصيانة الهجينة ما بين الصيانة الوقائية والصيانة التنبؤية على المحافظة على الحد الأدنى من الأعطال وخاصة في المحركات الرئيسية مثل مراوح السحب الضخمة التي تم الإشارة إليها في البحث والمحركات العامة التي تدير عمل المنشأة.
- يزيد هذا النوع من الصيانة في الحفاظ على مستوى الجودة للمنتجات ومستوى الأمن الصناعي ضمن المنشأة من خلال المحافظة على وثوقية الآلة أو المعدات عبر المراقبة الدائمة ولمختلف بارامترات الآلة والبيئة المحيطة.
- يمكن استخدام هذا النوع من الصيانة في تخفيض التكاليف والمحافظة على استمرارية العمل ضمن المنشأة بعد الإقلاع النهائي في الحالات التي تشابه حالة البحث المذكور والذي يعد من الأمور المكلفة جدا كون أنه يحتاج كميات كبيرة من المحروقات وعدد كبير من الأيام.
- يعد استخدام هذا النموذج من الأعمال عن طريق تطوير المنشآت بشكل دائم ودوري لمواكبة الحالات الخاصة التي قد تتعرض لها المنشآت باعتماد التقنيات الحديثة مثل **(PLC,SCADA)** وتحديد التجهيزات المطلوبة وبأقل التكاليف.

2. التوصيات

لقد تم القيام بتنفيذ هذا البحث بطريقة النمذجة والمحاكاة لصعوبة التطبيق العملي لهذا البحث ضمن المعمل كونه متوقف عن العمل من فترة سنتين وقد حصلنا على الاستنتاجات السابقة عن طريق المحاكاة ولذلك لا بد لنا من رفع التوصيات التالية:

- ضرورة استغلال فترة الصيانة الحالية لإضافة حساسات الضغط التي تم القيام بإضافتها في البحث للمحافظة على عمل الفرن لأطول فترة ممكنة.
- اعتماد خطة زمنية مناسبة لتمّكين مهندسي الصيانة المسؤولين عن المعمل الآن من التأكد من كل المعدات وكفاءتها التشغيلية في مرحلة أولى لتطبيق برنامج ال **PLC** المعدل الذي أقيم عليه هذا البحث.
- تطبيق التحديثات المطورة ضمن البرنامج المحدث لإضافة كل من محرك مروحة السحب الاحتياطي وكل من حساسات الأمان والمؤقتات بما يتوافق مع البرنامج الحديث.
- الانتقال بشكل تدريجي لجميع المعدات المكونة للفرن ومن ثم لجميع الأقسام المتصلة بالفرن والقيام على تطوير برنامج ال **PLC** ليشمل جميع أقسام الفرن مع الخزانات الخارجية المزودة للفرن من المحروقات وإضفاء ألية جديدة تمكن المعمل من الاستهلاك الأمثل للمحروقات.
- القيام بتطوير ألية عمل ال **PLC** بحيث يتم ربطها مع شبكة الانترنت والاستفادة من تقنية انترنت الأشياء **IoT** عن طريق إضافة ملحقات إضافية للمتحكم مما يسمح للإدارات المتوسطة والعليا للمنشأة من المتابعة الدورية لعمل المنشأة.
- متابعة أبرز التطورات الحاصلة في مجال الصيانة الهجينة مع تطبيق معايير الصيانة الإنتاجية الشاملة ضمن المعمل للوصول إلى أفضل نتائج مرجوة، وعدم التوقف عن التطوير الدائم والمستمر على جميع أقسام المعمل.

Reference *المراجع*

Arabic Reference *المراجع العربية*

[1] كتاب إدارة الصيانة كلية الإدارة والاقتصاد قسم الإدارة الصناعية – جامعة بغداد– للمدرس جاسم حسين زناد.

[2] مجلة كلية مدينة العلم الجامعة – المجلد 10 – العدد 1 – السنة 2018 – ايجاد وقت الصيانة الوقائية الأمثل باستعمال البرمجة الخطية – م. د. فارس مهدي علوان غصون حربي عباس.

[3] الشمري زهرة محمد, تصميم قائمة فحص لتقييم الصيانة الإنتاجية في الشركات الصناعية مجلة كلية بغداد للعلوم الاقتصادية العدد 35 2013 ص 167

[4] د. عماد شلفون. (2021) محاضرات مادة الجودة والوثوقية والصيانة. الجامعة الافتراضية السورية.

[5] مقرر الأتمتة الصناعية الدكتور حسام الوفائي – جامعة البعث – عام 2018 قسم الميكاترونيك.

[6] مقرر المتحكم القابل للبرمجة PLC – الدكتور مسعود الأتاسي – جامعة البعث – عام 2017 قسم الميكاترونيك.

[7] Poor, P. and Zenisek, D. and Basel, J. (2019) "Historical Overview of maintenance Management ", Industrial Engineering and Operations Management.

[8] Considering Scheduling and Preventive Maintenance in the Flow shop Sequencing Problem 15th October 2005 Rubén Ruiz1, J. Carlos García-Díaz.

[9] Proceedings of the National Seminar & Exhibition on Non-Destructive Evaluation -Preventive Maintenance of Kiln Furnace used for Production of Ceramic Insulators using Thermography- 10-12, 2009- M. Mahesh, M. Swamy, K. Appa Rao, V.J. Thomas, G. Swaminathan* and M.S. Rawat

[10] Doss, Design and Implementation of Predictive Maintenance in Mechatronic System". Diploma Thesis Assignment, - P. (2019)." - Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, University of Ostrava

[11] IOP Conference Series: Materials Science and Engineering - Mechatronics technology in predictive maintenance method-2017- Nurul Afiqah A. Majid and Asan G.A. Muthalif IOP Conf. Ser.: Mater. Sci

[12] British Standards Institute. (2010) Maintenance Terminology, UK, British Standards Institute.

[13] National Communication System Technology and Standards Division. (1996) Telecommunication: Glossary Of Telecommunication Terms, USA, General Services Administration Information Technology Service.

[14] https://www.deutschland.de/en/topic/business/germanys-industry-the-most-important-facts-and-figures

[15] Jean Hèng « Pratique de la maintenance préventive » -p3 2017 -4 èm Édition DUNOD

[16] François Monchy « Maintenance méthode et organisation » -2003 p7- 2 édition dunod paris

[17] Marc-st.marseille , Jean bumo lapointe-1997 page 04- « la gestion des équipements » bibliothèque national du Québec Canada

[18] Renaud Cuignet « management de la maintenance » 3éd DUNOD 2018 paris page 09

[19] François Manchy-Claude Kojchen « Maintenance ,outils, mhéthodes et organisation pour une meilleure perfomance »4 -2015 p 10- ed DUNOD paris

[20] Administrative consulting: a guide to the profession book – Milan Cooper – 2015

[21] Jean Bufferne 2011 page17 « le guide de la TPM » ed organisation paris

[22] Christian HOHMANN « TECHNIQUES DE PRODUCTIVITÉ » -2009 page105- Éditions d'Organisation paris

[23] Joel Levitt,Complete 2011 P 109 Guide to Preventive and Predictive Maintenance, Industrial Press Inc.USA

[24] https://www.fiixsoftware.com/maintenance-strategies/preventative-maintenance/

[25] https://www.fiixsoftware.com/maintenance-strategies/predictive-maintenance/

[26] https://www.sap.com/products/scm/apm/what-is-predictive-maintenance.html#:~:text=Predictive%20maintenance%20definition,effective%2C%20and%20efficient%20maintenance%20protocols.

[27] Automated Manufacturing system PLC (Second Draft) – Hugh Jack- 2001- page 14.

[28] Introduction to programmable Logic controller -MME486- Fall 2006- page 5

[29] What is the sensors different types of sensors and their Applications- Ravi Teja- 2021 pages (6-18)

[30] Introduction to sensors – National Academies Press – 2009 – Washington DC – pages (9-21).

[31] Dictionary, Electronics, communications – Omar Cheipzig - 2016