الجمهورية العربية السورية

جامعة المنارة

كلية الهندسة

قسم الميكاترونيكس

تصميم وتنفيذ نظام تحكم لتعبئة السوائل

(مشروع تخرج 2)

اعداد:

سمير محمد ناصيف

ديب عناد جرجس

إشراف:

الدكتور بسام عطية

الدكتور رامز قدسية

المهندس أحمد زبيدي

العام الدراسي 2022-2023

جَـامعة
المَـنارة
MANARA UNIVERSITY

جدول المحتويات

المقدمة:---------- **6**

الهدف من المشروع:---------- **7**

الباب الأول **8**

1. **الفصل الأول (التحكم)** ---------- **8**

1.1. أنظمة التحكم(control systems) ---------- 8

1.2. مكونات نظام التحكم---------- 10

2. **الفصل الثاني**---------- **11**

2.1. (SCADA)---------- 11

3. **الفصل الثالث (عناصر التحكم)**---------- **19**

3.1. الكونتاكتور(Contactor) ---------- 19

3.2. ريليه الحالة الصلبة SSR (Solid State Relay) ---------- 22

3.3. قاطع حماية المحرك(Motor Protection Circuit Breaker) ---------- 24

3.4. الضواغط والمفاتيح (Push button and Switches): ---------- 26

3.5. الريليه (Relay):---------- 29

4. **الفصل الرابع (الحساسات)**---------- **31**

4.1. تعريف الحساسات:- ---------- 31

4.2. أهمية الحساسات:---------- 31

4.3. الحساس التقاربي السعوي (Capacitive Proximity Sensor) :---------- 31

4.4. الحساس التقاربي الضوئي (Optical Proximity Sensor):---------- 33

4.5. حساس الحرارة(RTD) : ---------- 37

4.6. ريليه التحكم بمستوى السائل (Liquid Level Relay Controller):---------- 40

5. **الفصل الخامس (المشغلات)**---------- **42**

5.1. المحرك التحريضي أحادي الطور(Singel-Phase Motors):---------- 42

الباب الثاني **46**

6. **الفصل السادس (التجارب العملي)**---------- **46**

6.1. التحكم بمستوى سائل في خزان واحد:---------- 46

6.2. التحكم بمستوى سائل في خزانين:---------- 57

6.3. التحكم بمستوى ودرجة حرارة سائل في خزانين:---------- 63

6.4. التحكم بتعبئة وتفريغ خزان الى مستوى محدد:----- ---------- 75

النتائج:---------- **82**

التوصيات:---------- **87**

المراجع:---------- **88**

جدول الأشكال

الشكل 1 المخطط الصندوقي للحلقة المفتوحة 8
الشكل 2 المخطط الصندوقي للحلقة المغلقة 9
الشكل 3 بنية نظام SCADA 12
الشكل 4 أجهزة الكمبيوتر الإشرافية 13
الشكل 5 الوحدات الطرفية البعيدة RTUs 13
الشكل 6 المتحكم المنطقي القابل للبرمجة 14
الشكل 7 كيفية عمل PLC 14
الشكل 8 مكونات نظام التحكم المنطقي المبرمج 15
الشكل 9 HMI 16
الشكل 10 نظام SCADA 18
الشكل 11 شكل الكونتاكتور 19
الشكل 12 بنية الكونتاكتور والرمز الصناعي للتماسات الرئيسية والتماسات المساعدة 20
الشكل 13 عمل الكونتاكتور 21
الشكل 14 شكل ريليه الحالة الصلبة (Solid State Relay) 22
الشكل 15 طريقة توصيل ريليه الحالة الصلبة (Solid State Relay) 24
الشكل 16 شكل قاطع المحرك والرمز الصناعي لقاطع المحرك 25
الشكل 17 تركيبة قاطع حماية المحرك 25
الشكل 18 الضواغط والمفاتيح 27
الشكل 19 ضواغط التشغيل والإيقاف الثابتة 27
الشكل 20 مفاتيح الاختيار 28
الشكل 21 ضواغط التشغيل المرتدة 28
الشكل 22 ضواغط الإيقاف المرتدة 29
الشكل 23 الريليه 29
الشكل 24 الرمز لصناعي للتماسات المساعد وملف الريليه 30
الشكل 25 مكونات الريليه 30
الشكل 26 شكل الحساس السعوي ورمزه الصناعي 31
الشكل 27 البنية الداخلية للحساس 32
الشكل 28 طريقة توصيل الحساس 33
الشكل 29 شكل الحساس الضوئي ورمزه الصناعي 33
الشكل 30 صورة توضيحية لحساس Through-Beam Sensors 34
الشكل 31 الية عمل الحساس Through-Beam Sensors 35
الشكل 32 شكل و البنية الداخلية للحساس Retro-Reflective Sensors 35
الشكل 33 مبدأ عمل حساس Retro-Reflective Sensors 36
الشكل 34 الية عمل الحساس Through-Beam Sensors 36
الشكل 35 طريقة توصيل الحساس الضوئي بحسب نوع الخرج 37
الشكل 36 وصل حساس الحرارة مع جسر واتستون 38
الشكل 37 يوضّح جهاز RTD 38

الشكل 38 جهاز **RTD** 39
الشكل 39 العلاقة بين المقاومة والحرارة لكاشفPT100 39
الشكل 40 ريليه التحكم بمستوى السائل 40
الشكل 41 المحرك التحريضي أحادي الطور 42
الشكل 42 الدارة الكهربائية للمحرك ذو الطور المشطور 43
الشكل 43 الدار المكافئة للمحركة أحادي الطور ذو مكثف الإقلاع 44
الشكل 44 سعة المكثف المطلوبة لبعض المحركات حسب استطاعتها 45
الشكل 45 اللوحة الأسمية للمضخة أحادية الطور 47
الشكل 46 قاطع المحرك Siemens 47
الشكل 47 كونتاكتور CHINT 48
الشكل 48 حساس مستوى السائل 48
الشكل 49 حساس سعوي 49
الشكل 50 PLC SINOVO 50
الشكل 51 طريقة توصيل المداخل الرقمية لل PLC 50
الشكل 52 طريقة توصيل المخارج الرقمية لل PLC 51
الشكل 53 طريقة توصيل المداخل التشابهية لل PLC 51
الشكل 54 طريقة توصيل المخارج التشابهية للPLC 52
الشكل 55 Haiwell HMI C7S 800*400 52
الشكل 56 مخطط التدفق لمبدأ عمل 53
الشكل 57 مخطط الاستطاعة 54
الشكل 58 توصيل مداخل PLC 54
الشكل 59 توصيل مخارج PLC 55
الشكل 60 برنامج PLC بلغة Ladder 55
الشكل 61 برنامج HMI 56
الشكل 62 المخطط التدفقي للتحكم بمستوى سائل في خزانين 58
الشكل 63 دارة الأستطاعة للتجربة الثانية 59
الشكل 64 توصيل مداخل PLC للتجربة الثانية 59
الشكل 65 توصيل مخارج PLC للتجربة الثانية 60
الشكل 66 برنامج PLC للتجربة الثانية 61
الشكل 67 تصميم شاشة HMI للتجربة الثانية 62
الشكل 68 المخطط التدفقي لمبدأ عمل التحكم بمستوى ودرجة حرارة خزانين 64
الشكل 69 توسعة حساس الحرارة H04RC 65
الشكل 70 طريقة توصيل حساس الحرارة مع توسعة الحرارة 66
الشكل 71 سخان المياه باستطاعة 1000 واط 66
الشكل 72 جدول يوضح تغير مقاومة حساس RTD بتغير درجة الحرارة 68
الشكل 73 مخطط الاستطاعة 69
الشكل 74 توصيل مداخل PLC 69
الشكل 75 توصيل مخارج PLC 70

الشكل 76 توصيل حساس الحرارة RTD 70
الشكل 77 برنامج PLC 72
الشكل 78 تصميم شاشة HMI 73
الشكل 79 تغير درجة الحرارة بدلالة الزمن 73
الشكل 80 تغير مقاومة حساس الحرارة بدلالة الزمن 74
الشكل 81 العلاقة بين ارتفاع السائل وزمن التعبئة 75
الشكل 82 مخطط الاستطاعة للتحكم بتعبئة وتفريغ خزانين 78
الشكل 83 برنامج PLC للتحكم بتعبئة وتفريغ الخزان 80
الشكل 84 تصميم واجهة HMI للتحكم بتعبئة وتفريغ الخزان 80
الشكل 85 تصميم واجهة المنصة 82
الشكل 86 تصميم صندوق المنصة 83
الشكل 87 واجهة المنصة بعد القص 84
الشكل 88 واجهة المنصة بعد التلوين 84
الشكل 89 واجهة المنصة بعد التلوين 85
الشكل 90 صندوق المنصة بعد التصنيع 85
الشكل 91 تركيب وتوصيل ال PLC مع الواجهة 86
الشكل 92 الشكل النهائي للمنصة بعد تركيب جميع القطع 86

المقدمة:

تتطلب العمليات التكنولوجية الحديثة أنظمة تحكم مدمجة بالتجهيزات المتعددة لإتمام تشغيل وترتيب دخول وخروج العمليات.

فإن التنظيم المنطقي العملي لعمليات التصنيع الإنتاجية وأتمتتها لا يتطلبان في الوقت الحاضر القيام بأتمتة الآلات المفردة فحسب، بل يشترط أيضا أتمتة كثير من الخطوات المرحلية للتصنيع وجعلها تسير بشكل تلقائي عند إنتاج المنتجات الصناعية.

إن تحقيق الأتمتة الصناعية وتطبيقاتها على المستوى الصناعي يشمل جوهريا كل من: أتمتة عمليات التصنيع والإنتاج، التحكم في الجودة، وكذلك التحكم في العمليات الخاصة بمناولة مواد التصنيع.

الأتمتة: هي تنفيذ مجموعة من الأعمال المتتابعة دون تدخل الإنسان (ما لم يكن ذلك من مقتضيات الأتمتة)، وذلك في كل مرة تعطي فيها إشارة بدء التنفيذ.

- تهدف الأتمتة إلى تحقيق جملة من الأمور منها:

1- تجنيب الإنسان الأعمال اليدوية.

2- تقليص دوره في تعامله مع الآلة.

3- جعله ينصرف إلى أعمال أكثر أهمية وفائدة.

4- تجنيب الإنسان القيام بأعمال خطرة.

5- تبسيط عمليات الانتقال من إنتاج نوع ما إلى إنتاج نوع آخر.

6- زيادة جودة المنتج.

7- مراقبة وحماية أنظمة التشغيل والآلات.

الهدف من المشروع:

بسبب غلاء منصات الاتمتة الصناعية التدريبية واحتكار الشركات لصناعتها وصيانتها، فعند حدوث أي خلل تتعذر عملية القيام بالإصلاحات بسبب عدم إمكانية الوصول الى العناصر المكونة لها كونها موجودة على هيئة صناديق مقفلة، بالإضافة لعدم إمكانية التطوير على المنصات المخبرية الجاهزة كونها مصممة ومبرمجة بشكل خاص لتغطية عملية محددة.

لذلك تم التفكير في تصميم وصناعة منصة مخبرية تدريبية توفر إمكانية الوصول الى العناصر المكونة لها وذلك للقيام بالصيانة في حال حدوث أي خلل، بالإضافة لإمكانية التعديل والتطوير عليها لتغطية أكثر من عملية، وذلك لدعم الشق العملي في العملية التدريسية.

الباب الأول

1. الفصل الأول (التحكم)

1.1. أنظمة التحكم (control systems) :

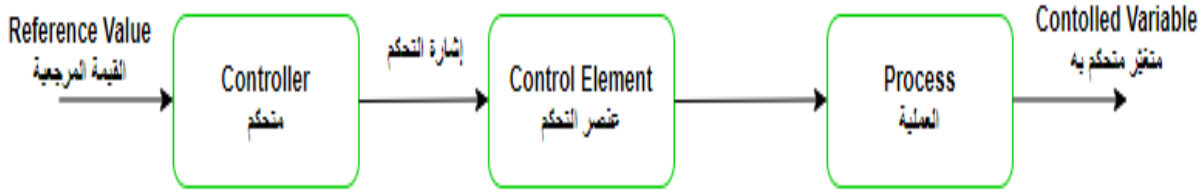
يجب أن يتوفر في عمل نظام التحكم الإستراتيجيات الأساسية المتوفرة في الكائنات الحية والتي تعمل على سبيل المثال للمحافظة على درجة حرارة الجسم ومستوى السوائلِ وبعض الوظائف البيولوجية الأخرى.

لقد اعتمدت تقنيات التحكم القديمة على تدخل الإنسان في ضبط أنظمة التحكم، وقد تم الاستغناء عن تدخل الإنسان في أنظمة التحكم الحديثة بالآلات والالكترونيات والكومبيوترات لتشكل أنظمة التحكم الآلية (**autom control**).

❖ **وهناك نوعين للتحكم:**

1. التحكم بحلقة مفتوحة (Open loop):

يتميز هذا النوع من الأنظمة بعد وجود تغذية عكسية (Feedback) من الخرج، أي ان قيمة إشارة الخرج ليس لها علاقة مع مقدار إشارة الدخل، يبين الشكل 1 المخطط الصندوقي للحلقة المفتوحة.



الشكل 1 المخطط الصندوقي للحلقة المفتوحة

- ميزات التحكم بحلقة مفتوحة:

1- البساطة في التصميم والتنفيذ.

2- قلة التكلفة.

❖ سلبيات التحكم بحلقة مفتوحة:

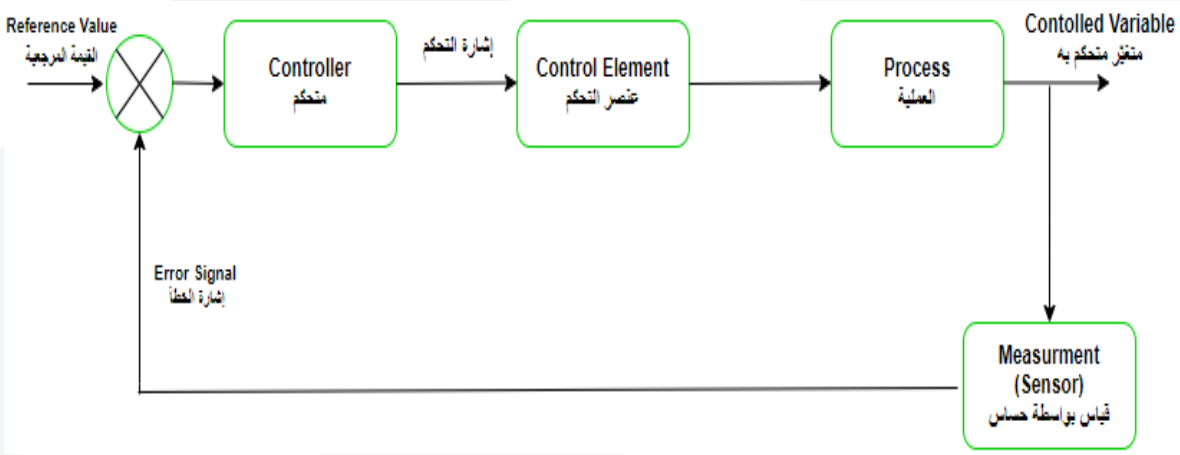
1- حساسة جدا للتغيرات التي تطرأ على النظام.

2- لا تستخدم في العمليات التي تتطلب درجات دقة عالية.

2. التحكم بحلقة مغلقة (Close loop):

هي الأنظمة الي تعاد فيها إشارة الخرج Output Signal لتقارن مع إشارة مرجعية Set Point لذلك تسمى بحلقة مغلقة أو أنظمة ذات تغذية عكسية سالبة، وتقسم إلى أنظمة التنظيم (Regulation) وأنظمة التحكم (Control).

يبين الشكل 2 المخطط الصندوقي للحلقة المغلقة.



الشكل 2 المخطط الصندوقي للحلقة المغلقة

❖ ميزات التحكم بالحلقة المغلقة:

1- دقة التنفيذ للعمليات المتحكم بها.

2- يتم التصحيح أوتوماتيكيا عند حدوث تغير في الخرج غير مرغوب به.

❖ سيئات التحكم بالحلقة المغلقة:

1- ارتفاع التكاليف بسبب استخدام تجهيزات معقدة.

2- معقد الصيانة والإصلاح.

1.2. مكونات نظام التحكم:

❖ يتكون نظام التحكم الآلي في الغالب من المكونات التالية:

1- إشارات الدخل (الحساسات ووسائل القياس والمفاتيح) أو مدخلات جهاز التحكم.

2- جهاز التحكم بما يحتويه من معالجات لإشارة الدخل.

3- مخرجات التحكم (الإشارات الخارجة من المعالج).

4- عناصر التحكم النهائية (العناصر المتممة لعملية التحكم).

يقوم نظام التحكم في عملية أو آلة معينة بمراقبة الأداء عن طريق القياس أو الكشف عن متغيرات معينة، ومنها الكشف عن الخطأ عن طريق مقارنة القيمة المقاسة أو الوضع الحالي بقيمة مطلوبة أو وضع مفترض، وهذا هو الجزء الخاص بالحساسات ووسائل القياس، بالإضافة الى ذلك تعمل المفاتيح بمختلف أنواعها لتشكل نظام التحكم. يستجيب جهاز التحكم لكل المدخلات، ويقوم تبعا لعلاقات منطقية ورياضية محددة بإنتاج رد الفعل المطلوب على شكل إشارات ميكانيكية أو كهربائية أو هوائية أو هيدروليكية.

يتم إرسال الإشارات إلى عناصر التحكم، وهي عبارة عن محرضات تحدث الأثر المطلوب من جهاز التحكم مثل إقفال أو فتح بوابة أو تحريك جسم أو تشغيل جهاز ما.

2. الفصل الثاني

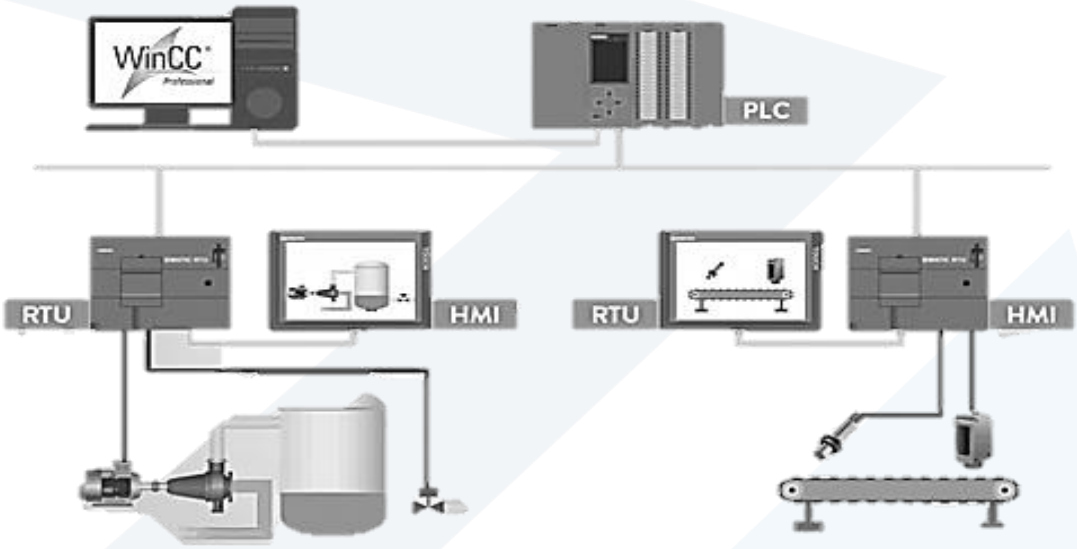
2.1. (SCADA)

في ظل التطورات الحديثة في عالم الصناعة، وخصوصا في زمن الانتشار للتكنولوجيا المختلفة ذات العلاقة بالعمل المصنعي، تم تطوير الإنتاج وتحسين الجودة وضبطها من خلال المراقبة لخطوط الإنتاج وصيانة الأعطال احترازيا وفعليا حال وقوعها.

من الأنظمة التكنولوجيا الحديثة الداعمة للصناعة وللخدمات هي نظام SCADA، وهي اختصار (Supervisor Control and Data Acquisition) أي نظام للمراقبة والتحكم وجمع البيانات حيث يسمح هذا النظام للمؤسسات الصناعية بما يلي:

- ❖ التحكم بالعمليات الصناعية محليا أو في أماكن بعيدة.
- ❖ مراقبة وجمع ومعالجة البيانات في الوقت الحقيقي.
- ❖ التفاعل المباشر مع الأجهزة مثل الصمامات والمضخات والمحركات وغيرها من خلال واجهة الإنسان والآلة (HMI).
- ❖ تسجيل الأحداث في السجلات.

لذلك فإن هذا النظام ضروري جدا للمؤسسات الصناعية لأنه يساعد في الحفاظ على كفاءة العمل ويقوم بمعالجة البيانات لاتخاذ القرارات والإبلاغ عن وجود خلل في الأجهزة والآلات للمساعدة في حل هذه المشكلات بسرعة وتقليل وقت التوقف عن العمل حيث يتم مراقبة البيانات من خلال واجهة رسومية بواسطة مشرف في غرفة التحكم الرئيسية لذلك يعد نظام SCADA من أهم الأمور التي تساعد في توفير الوقت والجهد في المؤسسات الصناعية الكبيرة، يبين الشكل 3 بنية نظام SCADA.



الشكل 3 بنية نظام SCADA

❖ مكونات نظام SCADA:

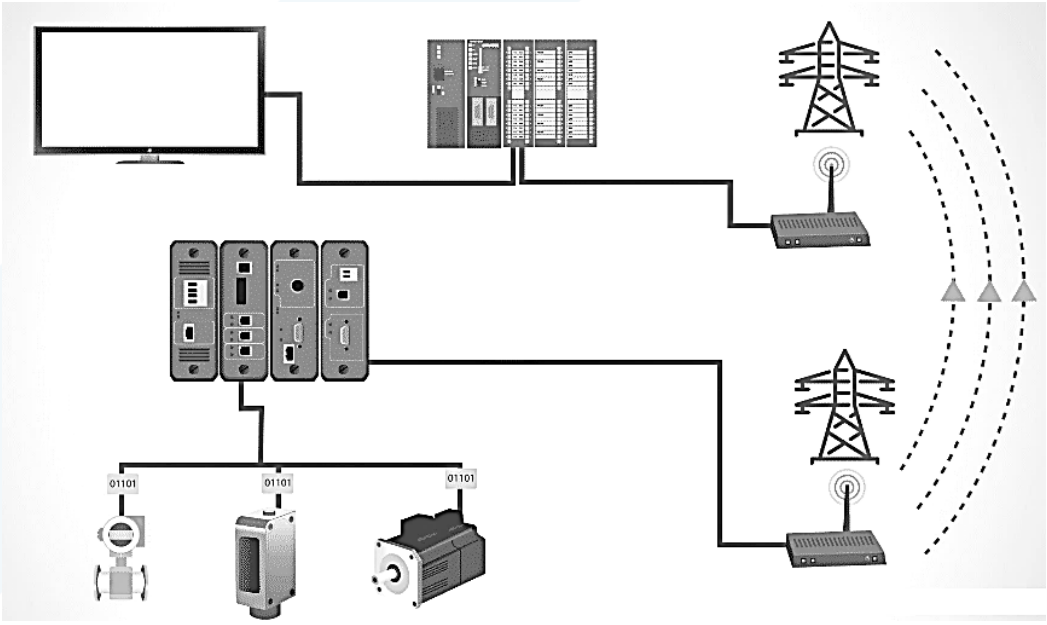
1- أجهزة الكمبيوتر الإشرافية:

هي المكون الأساسي لنظامSCADA ، تشير أجهزة الكمبيوتر الإشرافية إلى الكمبيوتر والبرامج المستخدمة للتواصل مع الأعضاء الآخرين حيث يقومون بجمع البيانات وإرسال أوامر التحكم إلى الأجهزة البعيدة .يمكن للمؤسسات الأصغر استخدام كمبيوتر إشرافي واحد بينما يمكن ألنظمة SCADA الأكبر استخدام محطات عمل متعددة، يبين الشكل 4 أجهزة الكمبيوتر الإشرافية.

الشكل 4 أجهزة الكمبيوتر الإشرافية

2- الوحدات الطرفية البعيدة(RTUs):

وحدة القياس عن بعد أو وحدة التحكم عن بعد هو جهاز قائم على المعالجات الدقيقة حيث يقوم بنقل الإشارات والقراءات إلى مركز التحكم عن طريق الإرسال اللاسلكي، يتم عادة نشر وحدات RTU في الأماكن والمواقع البعيدة، يبين الشكل 5 الوحدات الطرفية البعيدة RTUs.



الشكل 5 الوحدات الطرفية البعيدة RTUs

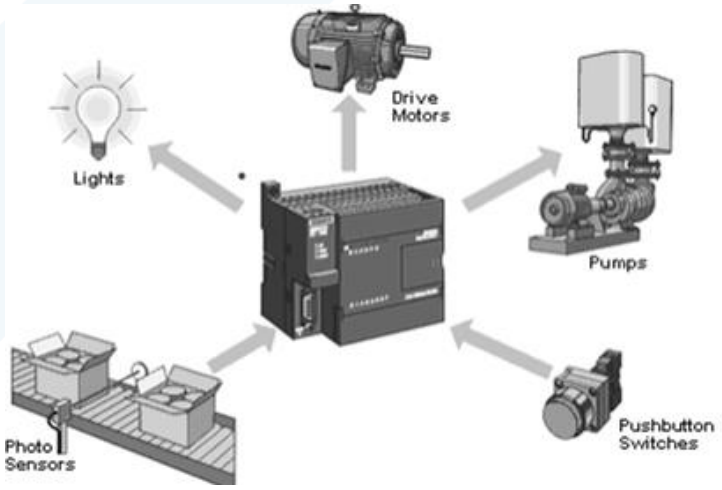
3- أجهزة التحكم المنطقية القابلة للبرمجة (PLCs) :

المتحكم المنطقية القابل للبرمجة أو (PLC) عبارة عن كمبيوتر صناعي تم تهيئته وتكييفه للتحكم في عمليات التصنيع، مثل خطوط التجميع أو الآلات أو الروبوتات الصناعية أو أي نشاط يتطلب موثوقية عالية وسهولة البرمجة وتشخيص الأخطاء في العملية الصناعية، يبين الشكل 6 المتحكم المنطقي القابل للبرمجة.

الشكل 6 المتحكم المنطقي القابل للبرمجة

❖ وظيفته:

التحكم في الأليات والعمليات حيث يقوم بمراقبة المداخل ومن ثم اتخاذ القرارات بناء على التوجيهات المعطاة له وبعد ذلك تنفيذ تلك القرارات على المخارج يبين الشكل 7 كيفية عمل PLC



الشكل 7 كيفية عمل PLC

- العناصر التي تتصل بمداخل ال PLC: المفاتيح ، الحساسات ، المقاييس .....

- العناصر التي تتصل بمخارج ال PLC: المحركات، المضخات، لمبات الإشارة، كونتاكتورات، ريليات .....

❖ مكونات أجهزة ال PLC:

حسب الشكل 8 نجد إن أجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة تتكون وظيفيا من الوحدات الأساسية وبعض الوحدات الإضافية التالية :

1- وحدات الدخل Input Modules: هي وحدات تقوم باستقبال إشارة الدخل وتجهيزها لكي تستطيع وحدة المعالجة المركزية التعامل معها، وهي إما ان تكون تماثلية أو رقمية.

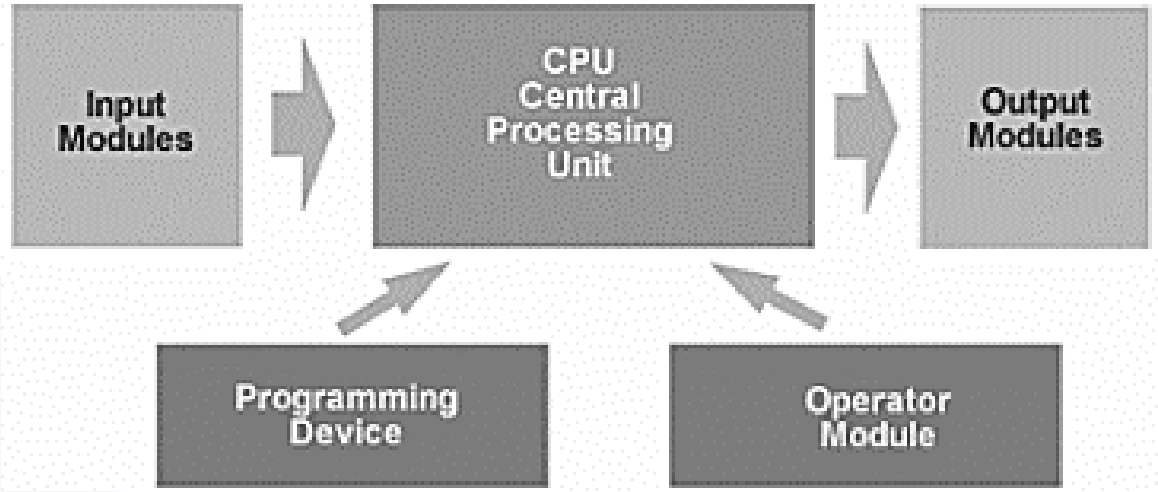
2- وحدة المعالجة المركزية CPU Unit.

3- وحدة الخرج Output Modules: هي وحدات تقوم بإخراج الإشارات الكهربائية المطلوب إخراجها من قبل وحدة المعالجة المركزية CPU، وهي إما ان تكون تماثلية أو رقمية.

4- وحدة مصدر الطاقة Power Supply Unit: توفر متطلبات الطاقة لجهاز ال PLC.

5- وحدة المشغل Operator Module: هي وحدة خاصة بالمستخدم العادي يتمكن من خلالها تشغيل جهاز ال PLC.

6- جهاز البرمجة Programming Device.



الشكل 8 مكونات نظام التحكم المنطقي المبرمج

❖ مميزات استخدام أجهزة PLC :

1- حجم صغير.

2- سهولة وسرعة في تغيير طريقة عمل نظام التحكم.

3- وظائف تحكم وكشف أخطاء متكاملة.

4- نظام مراقبة فوري.

5- انخفاض التكلفة.

6- دقة وموثوقية عالية.

والان سنقوم بالتحدث عن العناصر التي تتصل بمداخل المتحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC).

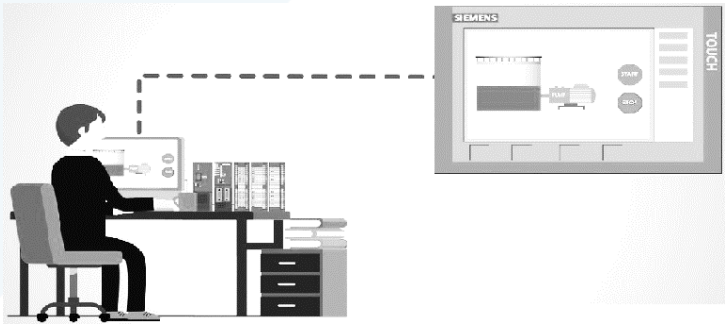
❖ البنى التحتية للاتصالات:

لكي تعمل أنظمة SCADA بكفاءة فإنها تحتاج إلى بنية تحتية للاتصالات تنقل البيانات من RTUs و PLCs البعيدة إلى النظام المركزي حيث يتم توصيل الأجهزة الميدانية بالكمبيوتر الإشرافي.

❖ واجهة الإنسان والآلة Human Machine Interface (HMI):

يعالج HMI البيانات ويوفر للمشغل البشري الذي يدير ويتحكم في النظام بيانات من وحدات RTU لاتخاذ القرار.

تتيح هذه التقنية للمشغلين بدء استجابات سريعة عندما تنطلق الإنذارات، يبين الشكل 9 HMI.



الشكل 9 HMI

❖ استخدامات نظام SCADA:

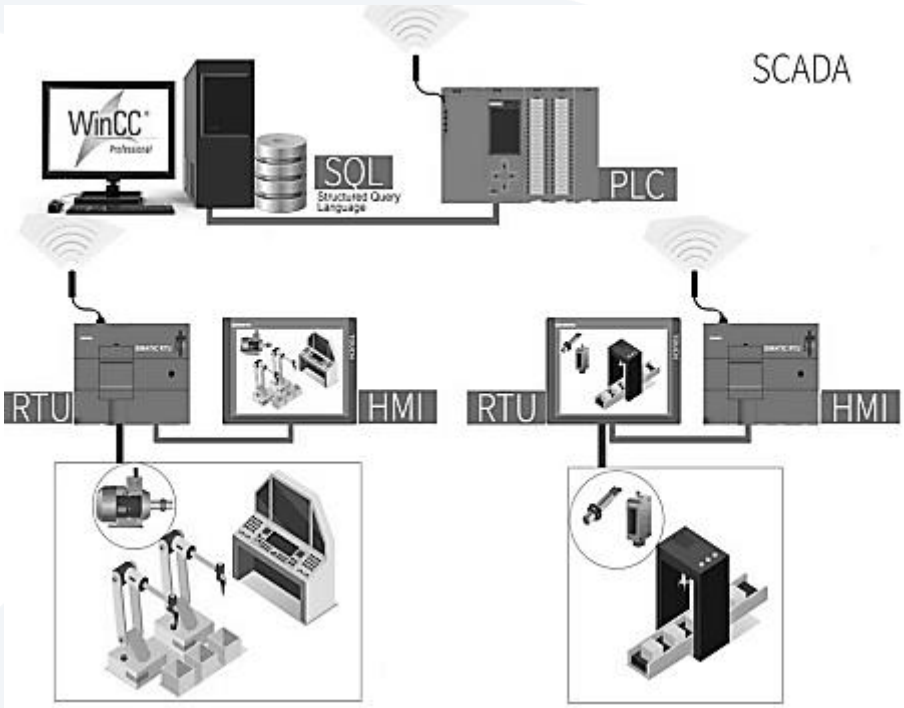
تعد أنظمة SCADA العمود الفقري للعديد من الصناعات الحديثة بما في ذلك مجالات:

1- الطاقة.
2- الأغذية والمشروبات.
3- النفط والغاز.
4- إعادة التدوير.
5- الاتصالات.

❖ آلية عمل SCADA:

يبدأ عمل نظام SCADA بمعالجة آلة HMI للبيانات في كل علامة ومن ثم إرسالها إلى العامل البشري ليتمكن من التحكم بالنظام ومراقبته، ثم يجمع النظام الإشرافي البيانات المرسلة من كل علامة لإرسال الأوامر أو العمليات اللازمة، وبما أن الحساسات متصلة بنظام SCADA عن طريق وحدات RTU تقوم هذه الوحدات بتوصيل الحساسات وتحويل إشارتها إلى بيانات رقمية ومن ثم إرسالها إلى النظام الإشرافي حيث تخزن في قاعدة البيانات الموزعة، وفي كثير من الأحيان تستخدم PLC كأجهزة ميدانية لأنها اقتصادية.

وفي المرحلة الأخيرة يأتي دور البنية التحتية للاتصالات التي توفر الاتصال بالنظام الإشرافي ثم إلى RTUs و PLCs، والبنية التحتية للاتصالات ضرورية جدا لنقل البيانات RTUs/PLCs المتواجدة بعيدا، والتي تمتد على طول الشبكات الكهربائية وإمدادات المياه وخطوط الأنابيب، لذلك هو الرابط الأهم على الإطلاق ليعمل نظام SCADA بالشكل الصحيح، وهذا لا يغني عن أهمية العناصر الأخرى، فمدى نجاح النظام في إدارة الاتصالات من HMI إلى RTUs و PLCs يحدد بشكل أساسي مدى نجاح نظام SCADA، يبين الشكل 10 نظام SCADA

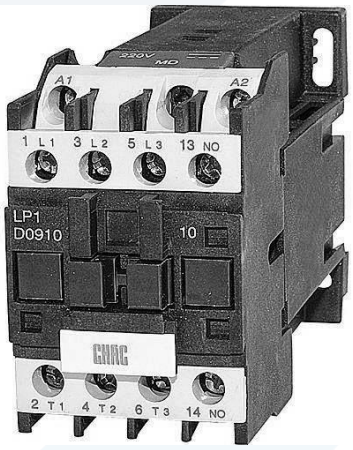


الشكل 10 نظام SCADA

3. الفصل الثالث (عناصر التحكم)

3.1. الكونتاكتور (Contactor) :

يعرف الكونتاكتور هو مفتاح كهرومغناطيسي يعمل على وصل وفصل دارة الاستطاعة عن طريق تغذيه ملفه بتيار تحكم، ويمكن تركيب تماسات مساعدة عليه لاستغلاله في العديد من وظائف التحكم الأخرى كالفصل والوصل عن جهاز تحكم آخر، يبين الشكل 11 شكل الكونتاكتور.



الشكل 11 شكل الكونتاكتور

❖ **يحتوي الكونتاكتور على ثلاث أجزاء رئيسية كالتالي:**

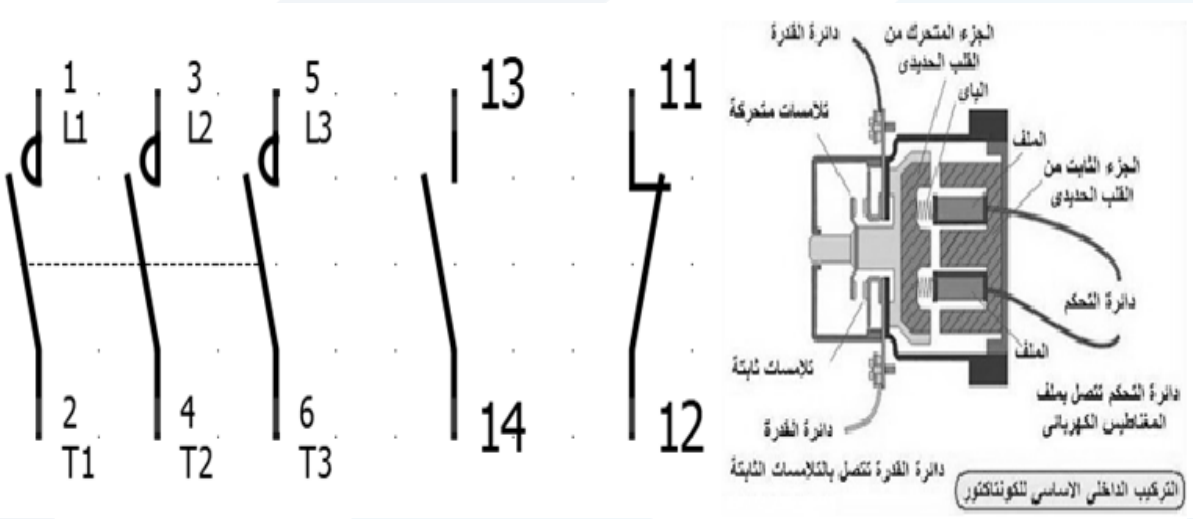
1- القلب الحديدي: يحتوي على جزء ثابت على شكل حرف E يتم وضع الملف الكهربائي عليه وجزء متحرك ينجذب إلى الأسفل لحظة تغذية الملف بالتيار الكهربائي، ولحظة فصل التيار عن الملف يعود الجزء المتحرك إلى أعلى بفعل الزنبرك.

ويأتي ملف الكونتاكتور بجهود مختلفة(24V,48V,110V,220V,380V) ، ويكتب جهد الملف على ورقة البيانات الملصوقة على جانب الكونتاكتور.

2- نقاط الكونتاكتور الرئيسية (Main contacts) : يرمز لنقاط مدخل التيار الرئيسي (تيار الحمل) بالرموز (L1,L2,L3)وعادة يكتب بجانب الرموز الأرقام 1,2,3، بينما يرمز لنقاط خرج الكونتاكتور الرئيسية بالرموز (T1,T2,T3)وعادة يكتب بجانب الرموز الأرقام 4,5,6.

3- نقاط الكونتاكتور المساعدة(auxiliary contacts) وتستخدم هذه النقاط في الدوائر التحكم، كما يمكن تركيب نقاط مساعدة مستقلة مع الكونتاكتور.

وتكون النقاط المساعدة اما نقاط تلامس مفتوحة(normally open) في الحالة الطبيعية وتختصر بالحرفين NO وترقم بالأرقام (13,14)، أو نقاط تلامس مغلقة (normally close) في الحالة الطبيعية، وتختصر بالحرفين NC وترقم بالرقمين(12,11) ، يبين الشكل 12 بنية الكونتاكتور والرمز الصناعي للتماسات الرئيسية والتماسات المساعدة.

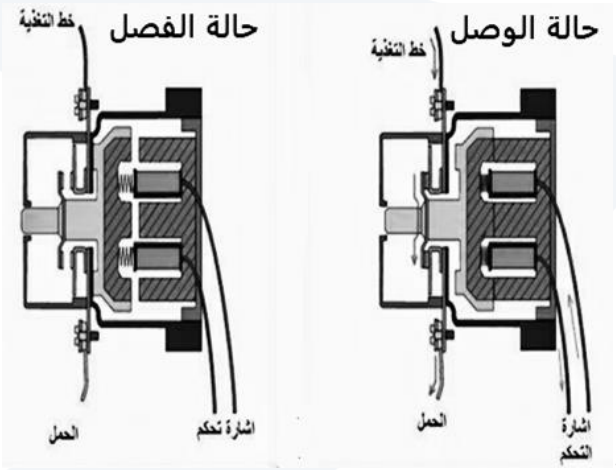


الشكل 12 بنية الكونتاكتور والرمز الصناعي للتماسات الرئيسية والتماسات المساعدة

❖ **مبدأ عمل الكونتاكتور:**

عند تغذية ملف الكونتاكتور بجهد مناسب، سوف يعمل على جذب جزء القلب الحديدي المتحرك إلى أسفل بفعل الزنبرك، مسبباً في توصيل النقاط الرئيسية ونقاط التلامس المفتوحة وفصل نقاط التلامس المغلقة عن بعضها البعض، مما يسمح بمرور تيار كهربائي كبير عبر نقاطه الرئيسية إلى الحمل الكهربائي.

عند فصل تيار التحكم عن ملف الكونتاكتور، فإن الجزء الحديدي المتحرك يعود إلى وضعة الطبيعي أي يرتفع لأعلى بفعل قوة الزنبرك، مما يؤدي إلى عودة نقاط التلامس الرئيسية (NO) إلى وضعها الطبيعية، إرجاع نقاط التلامس المساعدة المغلقة إلى وضعية الوصل والعكس مع النقاط المفتوحة، يبين الشكل 13 عمل الكونتاكتور.



الشكل 13 عمل الكونتاكتور

❖ تيار الكونتاكتور:

يتم حساب تيار الكونتاكتور المناسب للحمل الكهربائي بالعلاقة التالية:

$$I_K = 1.5 \times I_L$$

$$I_L = 1.89 \times P$$

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \emptyset$$

حيث أن:

I_K: تيار الكونتاكتور، وحدة القياس الأمبير A.

I_L: تيار الحمل الأعظمي، وحدة القياس الأمبير A.

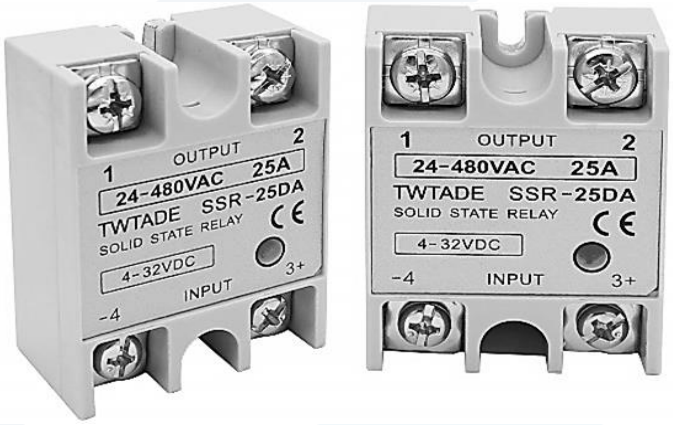
P: استطاعة الحمل وتكون معطاة ضمن اللوحة الأسمية للمحرك الكهربائي، وحدة القياس الواطW.

V: جهد تغذية الحمل الكهربائي ثلاثي الطور 380v، وحدة القياس الفولت V.

$\cos \emptyset$: عامل الاستطاعة.

3.2. ريليه الحالة الصلبة SSR (Solid State Relay) :

هو عنصر مهم من عناصر التحكم الآلي، حيث يؤدي نفس الوظيفة التي يقوم بها الريليه أو الكونتاكتور الكهروميكانيكي، ويستخدم للتحكم بتشغيل وإيقاف حمل معين على مخرج الريليه تبعا للإشارة الكهربائية المرسلة إلى مخرج الريليه، يبين الشكل *14* شكل ريليه الحالة الصلبة (Solid State Relay).



الشكل 14 شكل ريليه الحالة الصلبة (Solid State Relay)

❖ **مميزات ريليه SSR :**

1- يستخدم الريليه الإلكتروني مع الأحمال ذات القدرات العالية التي تستهلك تيارات عالية.

2- يستخدم في الحالات التي تحتاج لعملية فصل ووصل الإشارة بشكل كبير ومتكرر.

3- يحقق درجة حماية عالية ضدد الحريق لا سيما في المواقع التي تستعمل مواد سريعة الاشتعال حيث ان الريليه لا يحتوي على أجزاء ميكانيكية كما هو الحال في الريليه الميكانيكي مما يمنع صدور شرارة كهربائية أثناء عملية الفصل والوصل .

4- لا يتأثر بمشاكل تأكسد التماسات كما هو الحال في الريليه الكهروميكانيكي حيث إنه يتكون من مواد شبه موصلة.

5- إمكانية تطبيق إشارة دخل كبيرة.

❖ **أنواع الريليه SSR :**

1- من حيث الأطوار:

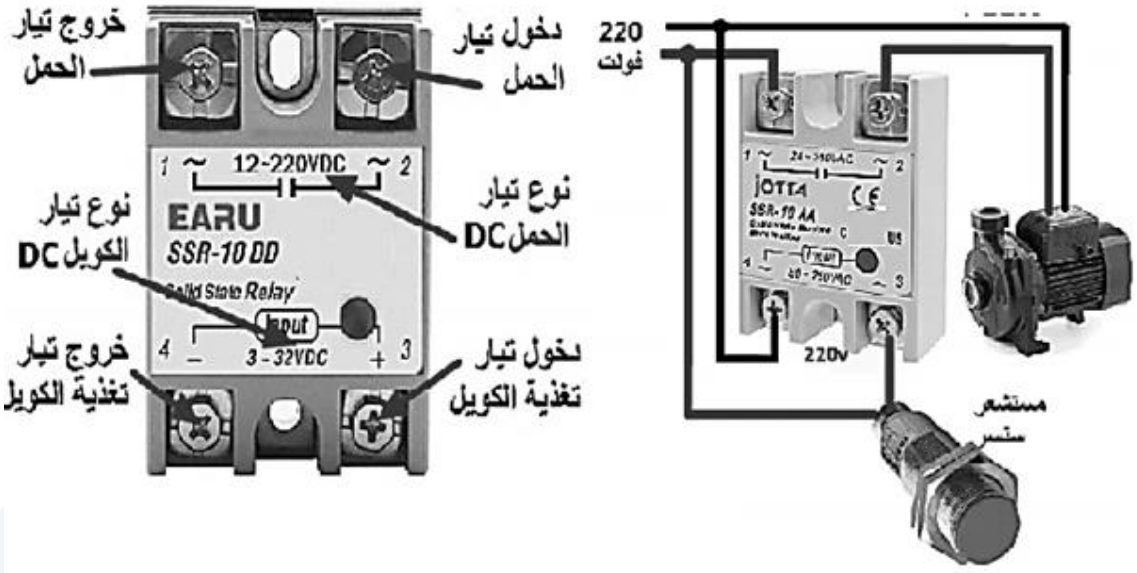
- أحادي الطور.
- ثلاثي الطور.

2- من حيث إشارة الدخل والخرج:

الدخل (Input)	الخرج (Output)
DC	AC
AC	AC
DC	DC

❖ **طريقة توصيل الريليه SSR:**

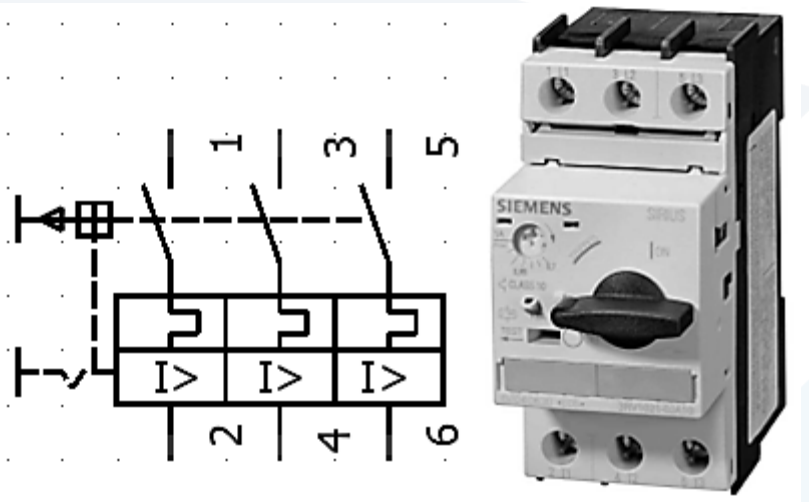
يبين الشكل *15* طريقة توصيل ريليه الحالة الصلبة (Solid State Relay).



الشكل 15 طريقة توصيل ريليه الحالة الصلبة (Solid State Relay)

3.3. قاطع حماية المحرك (Motor Protection Circuit Breaker):

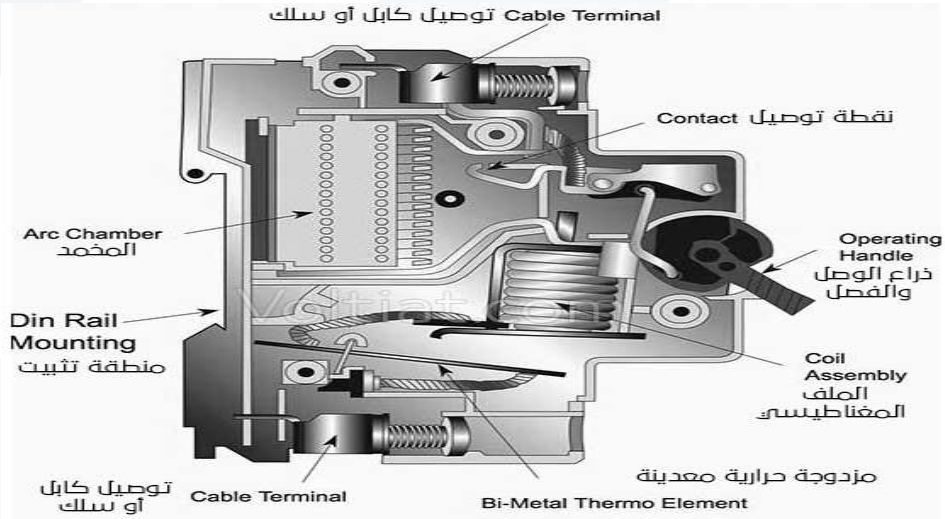
هو جهاز يستخدم لحماية المحرك من زيادة الحمل Overload إضافة الى الحماية من تيار القصر Short circuit current وبعضها توفر ميزات إضافية ويرمز له MPCB ، يبين الشكل 16 شكل قاطع المحرك والرمز الصناعي لقاطع المحرك، يبينالشكل *16* شكل قاطع المحرك والرمز الصناعي لقاطع المحرك



الشكل 16 شكل قاطع المحرك والرمز الصناعي لقاطع المحرك

❖ **تركيب قاطع حماية المحرك (MPCB):**

يحتوي على ملفات حرارية Bi–metallic strips للحماية من التحميل الزائد، إضافة الى ملفات مغناطيسية Magnetic Coils للحماية من تيار القصر، يبين الشكل 17 تركيبة قاطع حماية المحرك.



الشكل 17 تركيبة قاطع حماية المحرك

❖ **مبدأ عمل قاطع حماية المحرك (MPCB):**

عند حدوث حمل زائد للمحرك تتمدد الملفات الحرارية بسبب الحرارة الناتجة عن مرور التيار الكبير، ويؤدي هذا التمدد الى فصل التغذية عن المحرك.

❖ **مميزات قاطع حماية المحرك (MPCB):**

يمكن ان يوصل مباشرة الى المحرك او عن طريق كونتاكتور Contactor.

يوفر حماية من الآتي:

1- زيادة الحمل Overload.

2- تيار القصر Short circuit current.

3- سقوط أحد الفازات Phase loss.

4- انخفاض الجهد under voltage.

❖ **ضبط قاطع حماية المحرك(MPCB):**

يتم ضبطه حسب تيار الحمل الكامل للمحرك (Full Load Current) وفق العلاقة التالية:

$$I_{C.B} = 1.25 \times I_L$$

حيث أن:

$I_{C.B}$: تيار قاطع حماية المحرك، وحدة القياس الامبير A .

I_L: تيار الحمل الأعظمي، وحدة القياس الامبير A .

3.4. الضواغط والمفاتيح (Push button and Switches):

يبين الشكل *18* الضواغط والمفاتيح، ان من أجزاء الرئيسة في أي دارة تحكم هي الضواغط التي تتحكم بتشغيل الدارة وايقافها فبدونها لا يمكن ان تقوم بتشغيل دارة بالشكل الصحيح الا اذا استخدمتها وعمل هذه الضواغط يشبه عمل ضاغط الجرس المستخدم في المنازل وتقسم ضواغط التحكم من حيث العمل الى نوعين رئيسين هما:

1- ضواغط تشغيل (Push Button ON).

2- ضواغط الإيقاف (Push Button OFF).

اما من حيث النوع الى نوعين رئيسين هما:

1- ضواغط ثابتة عند الضغط عليها (Permanent Push Buttons).

2- ضواغط مرتدة عند الضغط عليها (Temporary Push Buttons).

الشكل 18 الضواغط والمفاتيح

❖ **ضواغط التشغيل والإيقاف الثابتة (Permanent Push Buttons):**

وهذا لنوع من الضواغط يبقى ثابتا بعد الضغط عليه وإزالة يدك عنه وأيضا يوجد له تلامس اما ان يكون مغلق او مفتوح، يبين الشكل 19 ضواغط التشغيل والإيقاف الثابتة.

الشكل 19 ضواغط التشغيل والإيقاف الثابتة

1- مفاتيح الاختيار (Selector Switches):

ان مفاتيح الاختيار تعتبر من المفاتيح الثابتة وهذه المفاتيح مكونة من تلامسات بالوضع الطبيعي مفتوحة وعند استخدامها تتحول الى تلامسا مغلقة لتغلق الدارة ويوجد منها أنواع مفردة او مزدوجة او اكثر، يبين الشكل *20* مفاتيح الاختيار.

الشكل 20 مفاتيح الاختيار

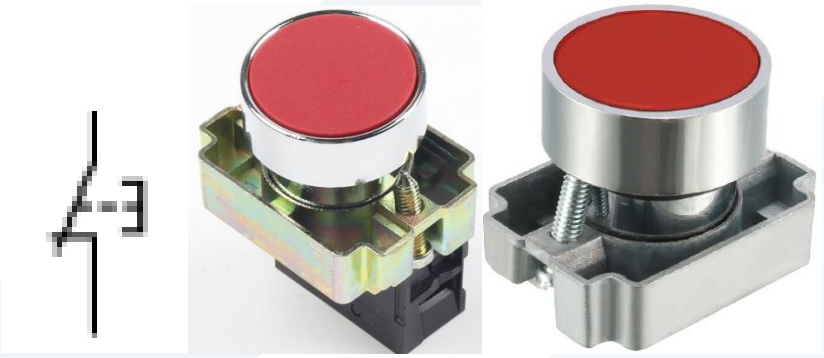
❖ **ضواغط التشغيل المرتدة (Temporary Push Buttons):**

وهذا النوع الرئيسي من أنواع الضواغط المستخدمة بالتشغيل وهي عبارة عن ضاغط يشبه ضاغط الجرس المستخدم في المنازل وعند الضغط عليه يقوم بإغلاق الدارة وعند رفع اليد عنه يقوم بفتح الدارة، يبين الشكل *21* ضواغط التشغيل المرتدة.

الشكل 21 ضواغط التشغيل المرتدة

❖ **ضواغط الإيقاف المرتدة (Temporary Push Button):**

هذه الضواغط تكون بالوضع الطبيعي ذات تلامسات مغلقة(Normally Close) وعند الضغط على الضاغط يتغير وضع التلامسات لتصبح مفتوحة، يبين الشكل *22* ضواغط الإيقاف المرتدة.



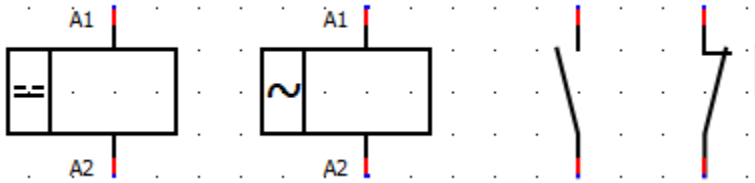
الشكل 22 ضواغط الإيقاف المرتدة

3.5. الريليه (Relay):

هي عنصر إلكتروني وكهربائي مهم للاستخدام في الكثير من التطبيقات المختلفة، مثل الدارات الإلكترونية، ولوحات التحكم الكهربائي.

حيث تتوفر الريليه بأنواع وأشكال وأحجام متنوعة بما يتناسب مع طبيعة الاستخدام، مثل جهد الريليه وعدد نقاط تلامساته، يبين الشكل 23 الريليه

الشكل 23 الريليه



الشكل 24 الرمز لصناعي للتماسات المساعد وملف الريليه

❖ **يتكون الريليه من عدة أجزاء وهي:**

يبين الشكل 25 مكونات الريليه.

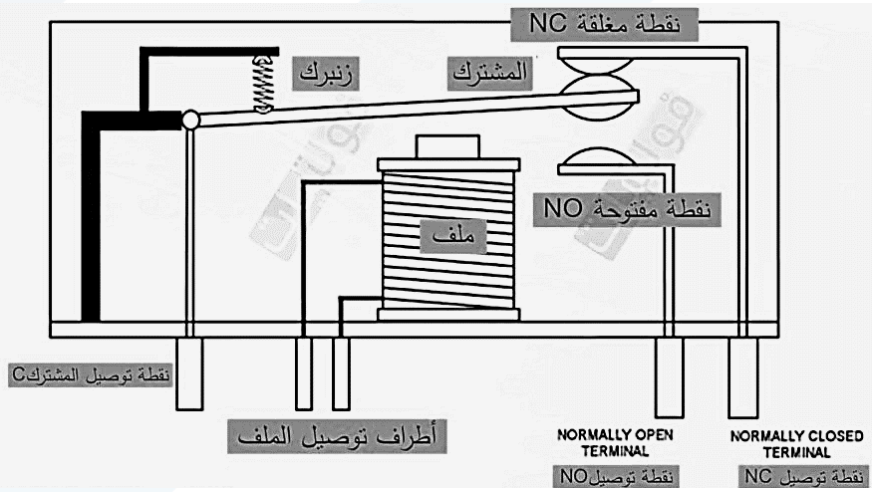
1- ملف نحاسي.

2- قلب الملف.

3- نقاط تلامس (نقاط مفتوحة Normally Open ونقاط مغلقة Normally Close ومشترك Common).

4- زنبرك.

5- أطراف التوصيل الخارجية.



الشكل 25 مكونات الريليه

❖ **مبدأ عمل الريليه :**

يعتمد مبدأ عمل الريليه على توصيل التيار الكهربائي بواسطة نقاط التلامس (Contact)، وذلك عند تغذية ملفه بتيار مستمر أو متردد، والفائدة الرئيسة من هذه العملية هو تشغيل حمل أو إعطاء إشارة م المتحكم المنطقي المبرمج او إشارة من لوحات الكترونية .....الخ.

4. الفصل الرابع (الحساسات)

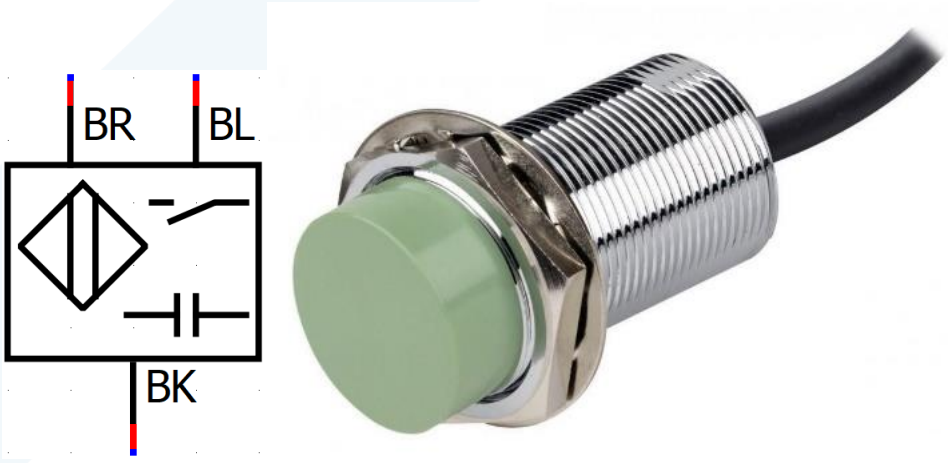
4.1. تعريف الحساسات:

هو أداة التحويل التي تقوم بتحويل المتغيرات الطبيعية إلى متغيرات كهربائية والمتغيرات الطبيعية هذه يمكن تسميتها بمتغيرات التحكم (Controlled Variables) وهي الضغط، درجة الحرارة، السرعة، الموضع، معدل التدفق، وشدة الإضاءة.....وغيرها.

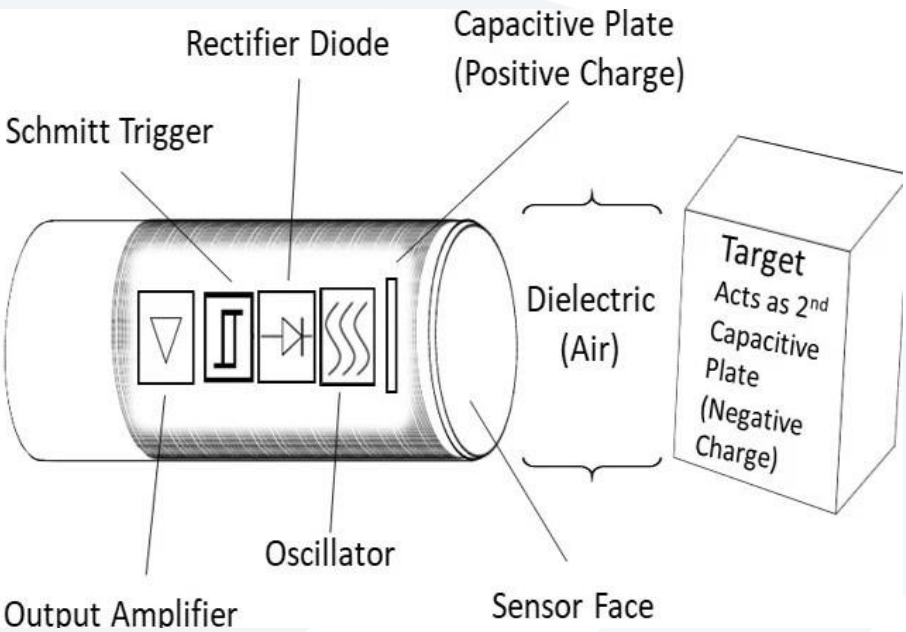
4.2. أهمية الحساسات:

القدرة على قياس المتغيرات الطبيعية بسرعة وبدقة لكي نتمكن من التحكم فيها وبالتالي في جميع العمليات الصناعية او عمل مراقبة لهذه العمليات وأفضل الطرق لقياس هذه المتغيرات الطبيعية هو تحويلها إلى إشارة كهربائية ومن ثم قياس هذه الإشارة بعنصر كهربائي مناسب.

4.3. الحساس التقاربي السعوي (Capacitive Proximity Sensor) :



الشكل 26 شكل الحساس السعوي ورمزه الصناعي



الشكل 27 البنية الداخلية للحساس

❖ **مبدأ العمل:**

وهذا النوع يستخدم مع الأجسام المعدنية والغير معدنية والفرق بينهما هو أن العنصر الحساس الموجود في نهاية الحساس عبارة عن مكثف (Capacitor) وهنا يتكون مجال كهربائي حول المكثف وعند تقريب أي جسم يتغير هذا المجال وبالتالي يتغير تيار المكثف وبعد ذلك إلى المقارن ثم المكبر ثم الخرج.

❖ **كيفية توصيل الحساس التقاربي السعوي (مكثف):**

يبين الشكل *28* طريقة توصيل الحساس، يعمل الحساس السعوي التحريض على جهد 24v

وهو من حيث الخرج نوعان:

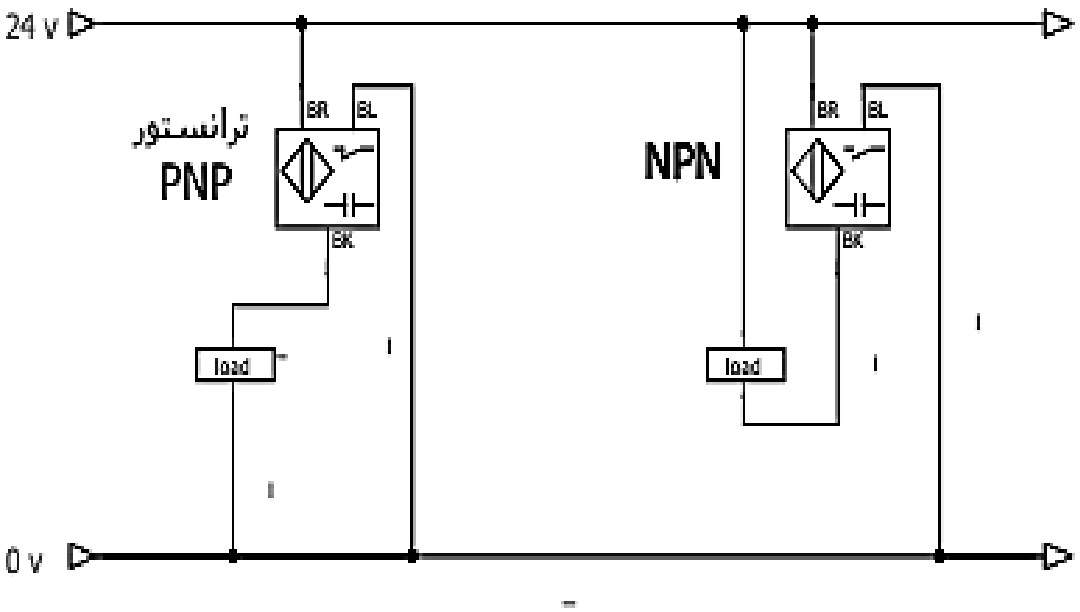
1- إذا كان خرج الحساس سلكين يتم توصيل سلك بمصدر التغذية والطرف الآخر بالحمل الذي سوف يتحكم به الحساس مثلا كونتاكتور او ريليه.

2- إذا كان خرج الحساس ثلاثة اسلاك يوجد منه نوعين:

- النوع الأول PNP أي يحتوي على ترانستور من نوع NPN.
- النوع الثانيPNP أي يحتوي على ترانستور من نوع NPN.

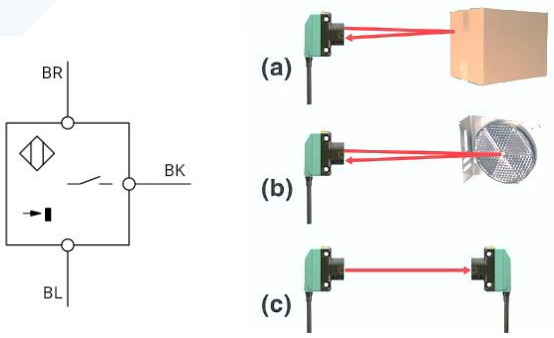
وفي النوعين غالبا يكون ألوان الأطراف الثلاثة هم:

- سلك بني اللون ويتم توصيله بالجهد الموجب للمصدر.
- سلك ازرق اللون يتم توصيله بالجهد السالب للمصدر.
- سلك اسود اللون يتم توصيله بالحمل المراد التحكم به مثل كونتاكتور او دخلPLC.



الشكل 28 طريقة توصيل الحساس

4.4. الحساس التقاربي الضوئي (Optical Proximity Sensor):



الشكل 29 شكل الحساس الضوئي ورمزه الصناعي

تتميز الحساسات الضوئية بمدى التشغيل الكبير الذي يتراوح ما بين عدة مليمترات إلى عدة أمتار كما انها تعمل مع أي نوع من الاجسام سواء كانت عازلة كهربياً أو موصلة كهربيا.

❖ **مبدأ العمل:**

تستخدم الحساسات الضوئية حزمة من الضوء لكشف الأجسام التي تعترض أو تعكس حزمة الضوء، فيؤمن المنبع الضوئي حزمة الضوء وتقوم عناصر التحسس الضوئية بكشف (تحسس) وجود أو غياب الضوء الصادر عن المنبع.

❖ **أنواع الحساسات التقاربية الضوئية:**

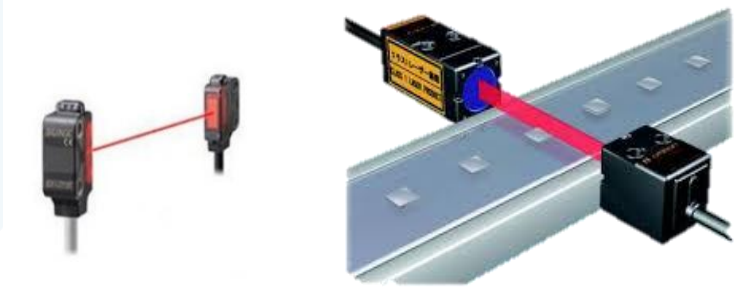
1. Through-Beam Sensors:

يتكون من جهازين منفصلين الأول مرسل والثاني مستقبل يتم وضعهما عكس بعضهما البعض.

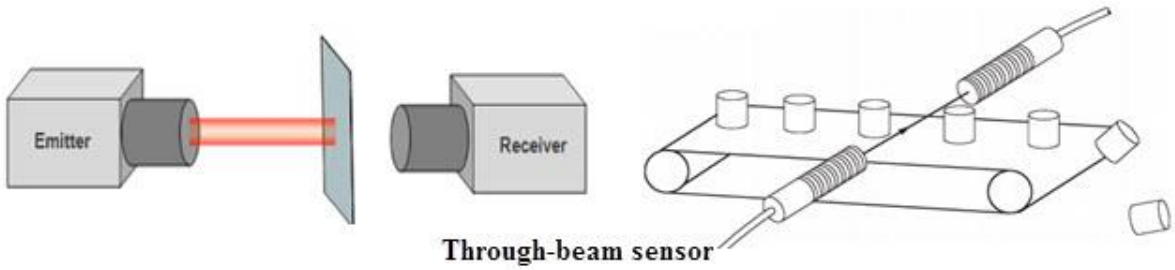
❖ **مبدأ عمل الحساس:**

يرسل المرسل شعاع خفيف الى المستقبل وعند مرور جسم غريب بين المرسل والمستقبل يحصل انقطاع للشعاع الضوئي وبالتالي يتحسس الحساس بمرور الجسم.

ومن ميزات هذا الحساس أنه يحقق مسافة تشغيل كبيرة حيث تصل المسافة بين المرسل والمستقبل الى 30 متراً.



الشكل 30 صورة توضيحية لحساس Through-Beam Sensors



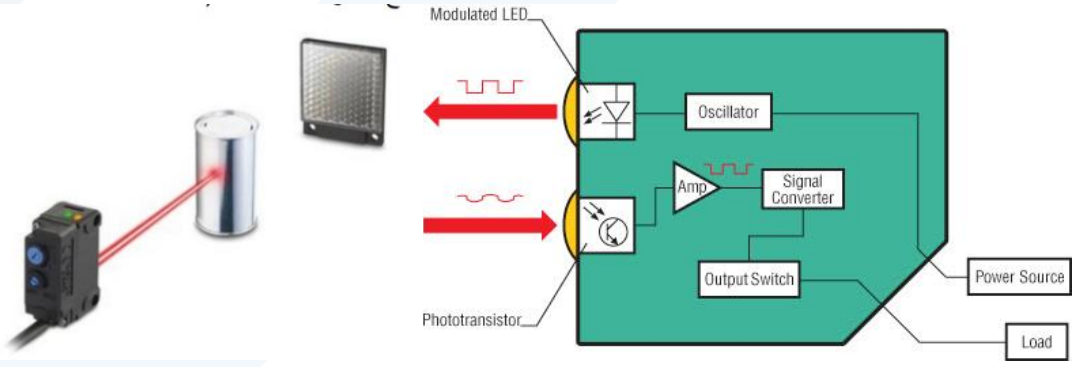
الشكل 31 الية عمل الحساس Through-Beam Sensors

2. Retro-Reflective Sensors :

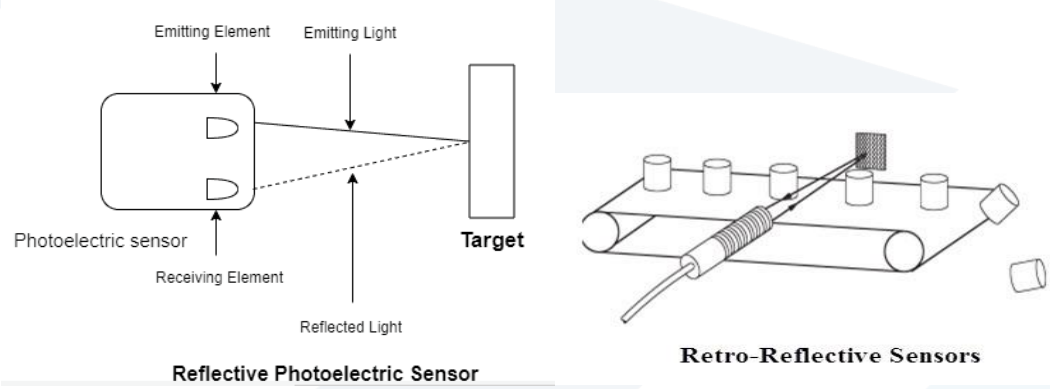
في هذا النوع يكون المرسل والمستقبل في نفس الجهاز بحيث يتم وضع الحساس ومقابله عاكس.

❖ **مبدأ عمل الحساس:**

يرسل المرسل شعاع ضوئي يصطدم بالعاكس وترتد الى المستقبل وعند مرور أي جسم غريب بين الحساس والعاكس يؤدي إلى انقطاع الشعاع الضوئي وبالتالي حساسية الحساس بمرور الجسم.



الشكل 32 شكل و البنية الداخلية للحساس Retro-Reflective Sensors



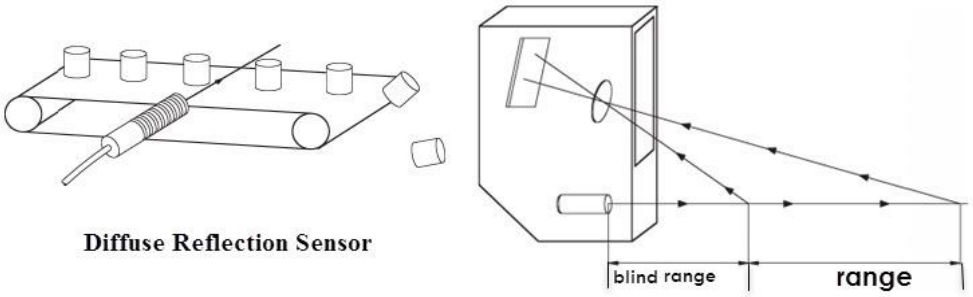
الشكل 33 مبدأ عمل حساس Retro-Reflective Sensors

3. Diffuse Reflection Sensors:

في هذا النوع كلا المرسل والمستقبل في نفس الجهاز.

❖ **مبدأ عمل الحساس:**

يرسل المرسل شعاع ضوئي يصطدم بالجسم المراد الكشف عنه ويرتد إلى المستقبل.



الشكل 34 الية عمل الحساس Through-Beam Sensors

❖ **كيفية توصيل الحساس التقاربي الضوئي:**

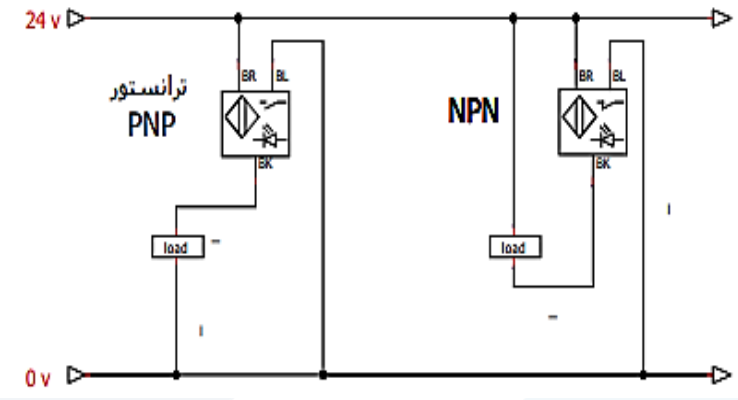
اذا كان خرج الحساس ثلاثة اسلاك يوجد منه نوعين :

- النوع الأول PNP أي يحتوي على ترانستور من نوع PNP.
- النوع الثاني NPN أي يحتوي على ترانستور من نوع NPN.

يتم توصيل اغلبية الحساسات بنفس الطريقة عن طريق الأسلاك الخارجة من الحساس والتي تكون بالألوان التالية:

- احمر او بني وهو طرف تغذية الحساس بجهد 24v مستمر.

- ازرق وهو الطرف السالب.
- الأسود وهو خرج الحساس ويوصل مع دخل المتحكم.



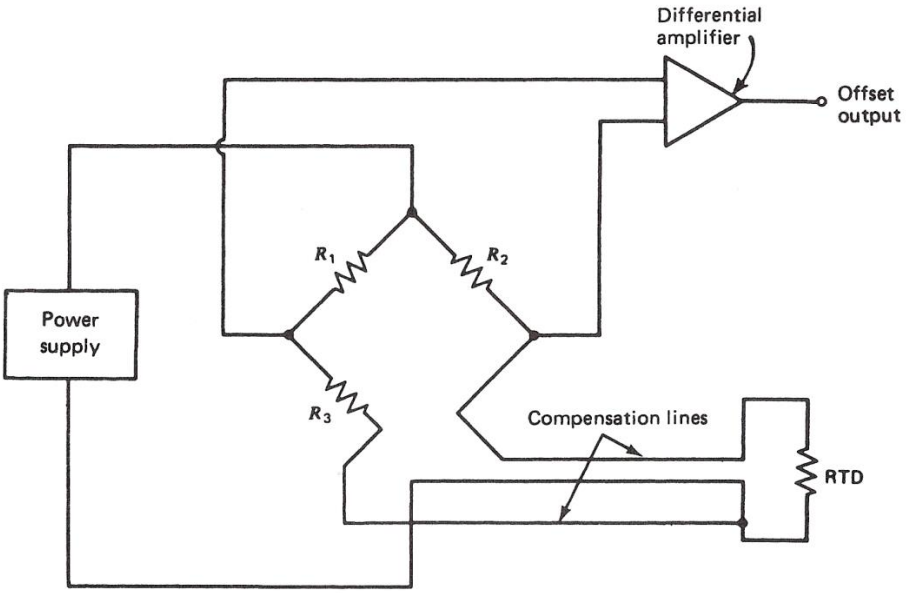
الشكل 35 طريقة توصيل الحساس الضوئي بحسب نوع الخرج

4.5. حساس الحرارة(RTD) :

الآن لنَعُد إلى التقنيّات المختلفة لناقل الحرارة، لدينا الـ RTD أو Resistance Temperature Detectors، كاشف الحرارة المعتمد على الممانعة تستخدم المقاومة الكاشفة لدرجة الحرارة (RTD) لقياس درجات الحرارة. وتمتاز RTD بالاستقرار (stability) والدقة (accuracy) على مجال عريض من درجات الحرارة. وتتألف RTD من سلك معدني ملفوف (wire coil) أو طبقة رقيقة (film) من معدن صافي (pure) وهو جهاز تختلف مقاومته وفقاً لدرجة الحرارة وذلك وفق العلاقة (1) التالية:

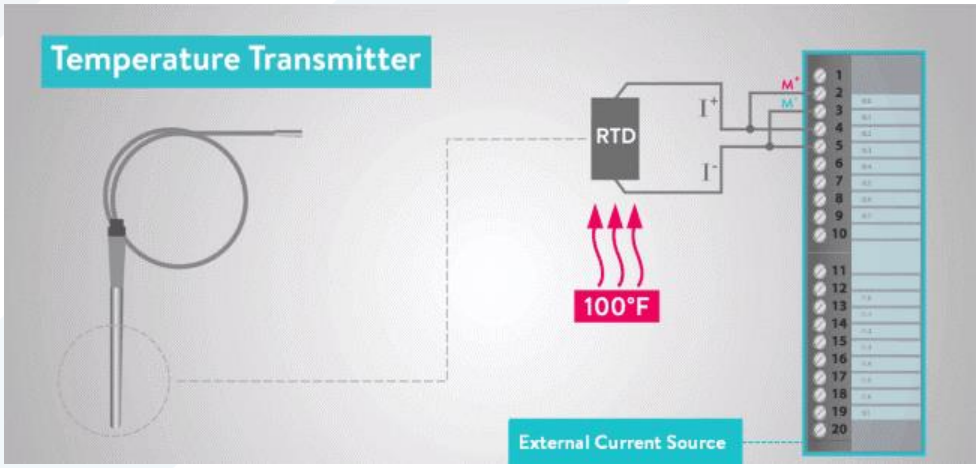
$$R(T) = R(T_0)[1 + \alpha_0 \Delta T] \qquad (1)$$

ونظراً لأنّه جهاز غير فعّال "PASSIVE" فيجب تطبيق تيّار كهربائيّ خارجيّ عليه، ومن ثمّ يمكن قياس هبوط الجهد عبرهُ؛ بحيث أنّ هذا الجهد هو تعبير عن درجة الحرارة وذلك عن طريق جسر واتستون.



الشكل 36 وصل حساس الحرارة مع جسر واتستون

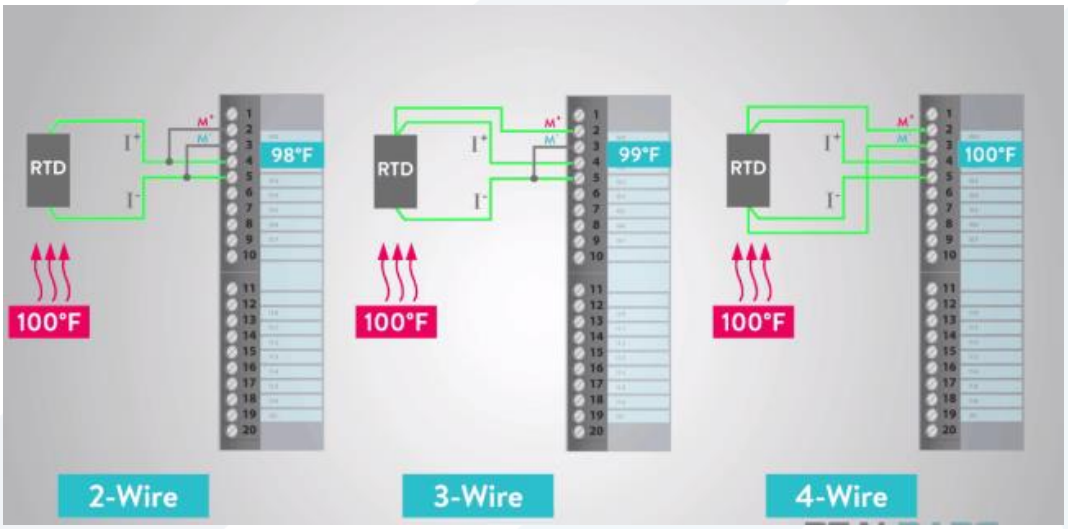
ومن الجدير ذكره أنّه عندما نقول عن جهاز ما أنّه غير فعّال، فهذا يعني أنّ الجهاز يحتاج مصدر تيّار (أو جهد) خارجيّ.



الشكل 37 يوضّح جهاز RTD

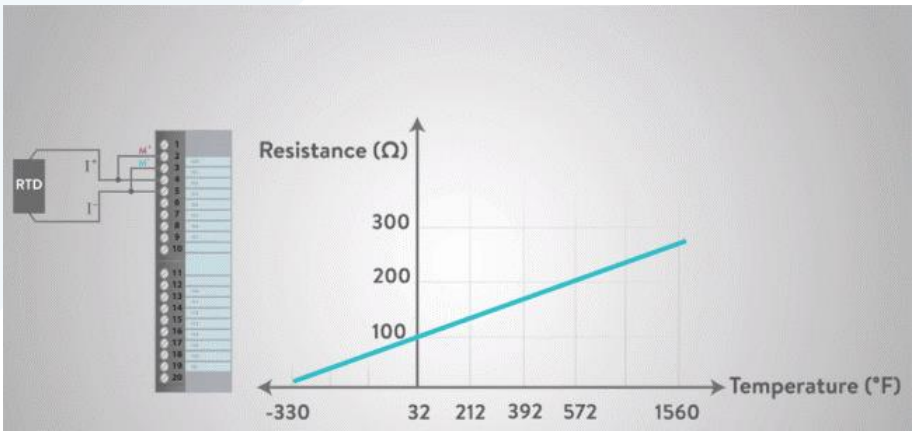
عند تطبيق تيّار خارجيّ كبير سيتسبّب بتبديد الطاقة في مقاومة جهاز RTD ؛ ممّا سيؤدي إلى حرارة زائدة، لذلك ولتجنّب هذا النّوع من الخطأ يجب أن يبقى التيار في أدنى مستوى، وهنا يُظهِر مخطط توصيل لكاشف RTD والذي يُدعى توصيلة ثُنائيّة الأسلاك "two-wire" ، ولكن لقراءة أكثر دقة نحتاج توصيلة الثلاث أسلاك أو الأربعة

أسلاك، في الواقع تتطلّب المسافة بين نقطة تحسّس الحرارة ونظام القياس وجود الأسلاك، وبما أنّ الأسلاك لها مقاومتها الخاصّة فإنّ بعض أخطاء القياس قد تحدث أيضًا، ولذلك طُوِّرت حلول الـ 3أسلاك 3 wireوالـ 4أسلاك 4 wire لإزالة تلك الأخطاء.



الشكل 38 جهاز **RTD**

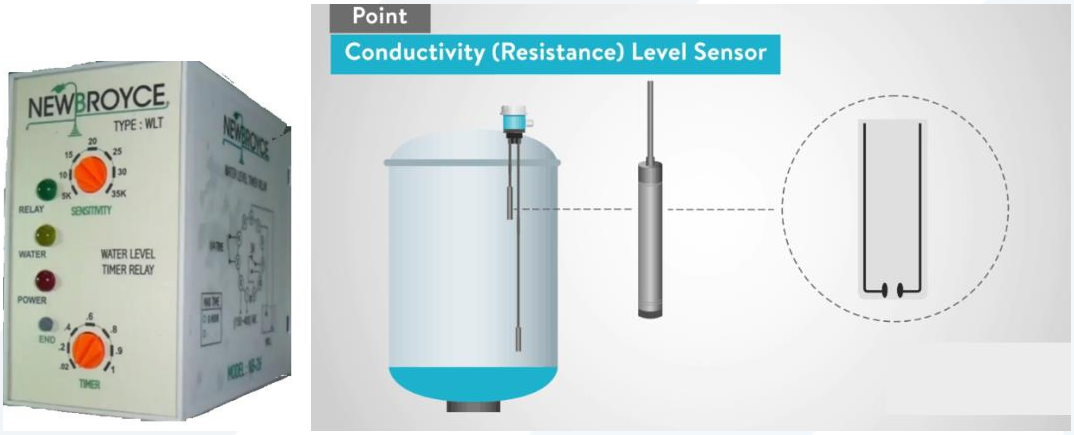
يُعتبر كاشف "PT100" من أكثر كواشف RTD شهرةً، والّذي يتكوّن من طبقة رقيقة من البلاتينيوم (platinum) مُغطّى بغشاء بلاستيكي، ويظهر مقاومة 100 أوم عند الدرجة 32 فهرنهايت، حيث تختلف مقاومتها وفقاً لدرجة الحرارة، ويمكنها أن تقيس الحرارة في المجال من 330- درجة وحتى 1560 درجة فهرنهايت، ومع العلم أنّ العلاقة بين المقاومة والحرارة لكاشف PT100 هي علاقة خطيّة نسبياً.



الشكل 39 العلاقة بين المقاومة والحرارة لكاشفPT100

إنّ حساس PT100هو فقط مثال عن حساسات البلاتينيوم، وفي الصناعة بإمكانك إيجاد أنواع مختلفة من كواشف RTD بحيث تكون مناسبة لمختلف التطبيقات، مثل النحاس والنيكل.. إلخ.

4.6. ريليه التحكم بمستوى السائل (Liquid Level Relay Controller):



الشكل 40 ريليه التحكم بمستوى السائل

❖ **يتكون من:**

1- ثلاث الكترودات.

- الكترود علوي (High level probe).
- الكترود سفلي (Low level probe).
- الكترود مشترك (Common probe).

2- ملف تشغيل (Coil) بجهد 220v.

3- تلامسات.

4- برغي لزيادة الحساسية.

❖ **الالكترودات:**

الالكترودات هي مسابر خاصة من الفولاذ المقاوم للصدأ AISI 316 ، تستشعر قابلية التوصيل الكهربائي، حيث يوجد على المسبار قطبين يطبق عليهما تيار متناوب، وعندما ينغمر المسبار بالسائل يعمل على إغلاق الدارة الكهربائية بين القطبين مما يسمح للتيار الكهربائي بالمرور معطيا إشارة كهربائية.

❖ **مميزات الالكترودات:**

1- لا يدخل في تركيبها أجزاء متحركة.

2- انخفاض قيمتها.

3- سهولة استخدامها.

❖ **عيوب الالكترودات:**

1- تحتاج أن تكون على تلامس مع السائل.

2- تتحسس السوائل الناقلة للتيار الكهربائي فقط.

❖ **استخدامات ريليه التحكم بمستوى السائل:**

1- تحديد مستوى الماء في خزان في عملية التعبئة والتفريغ الالي لخزانات المياه.

2- حماية المضخة من الدوران على الناشف عند انقطاع المياه.

5. الفصل الخامس (المشغلات)

5.1. المحرك التحريضي أحادي الطور (Singel-Phase Motors):

الشكل 41 المحرك التحريضي أحادي الطور

يمكن القول بأن أغلب محركات التيار المتناوب ذات الاستطاعات الصغيرة هي محركات أحادية الطور، كما هناك العديد من التطبيقات الصناعية والتجارية وكذلك المنزلية لا تصلها إلا تغذية أحادية الطور، هذه التطبيقات تحتاج غالبا لمحركات صغيرة، وهذا ينطبق بشكل عام على المحركات أحادية الطور.

المشكلة الأساسية بالمحركات أحادية الطور أنه حين تغذيتها من منبع أحادي الطور سيتولد ي ملفات الثابت مجال مغناطيسي متردد، هذا المجال يمكن تحليله إلى مجالين لهما المطال نفسه ويدوران بالسرعة نفسها (سرعة التواقت) ولكن في اتجاهين متعاكسين، سيقوم هذان المجالان بتحريض تيارات تحريضية في الجزء الدائر وتوليد عزوم دورانية تحريضية، هذه العزوم متعاكسة بالاتجاه وبالتالي لن يدور المحرك.

يمكن القول باختصار أن المنبع أحادي الطور لا ينتج فيضا مغناطيسيا دوارا في العضو الدوار، وبالتالي فإنه لا يستطيع أن يقلع ذاتيا، في هذه الحالة لا بد من إضافة ترتيبات فنية خاصة لتوليد حقل مغناطيسي دوراني في الثغرة الهوائية لحظة تغذية المحرك، وهذا سيمكن المحرك من الإقلاع.

هذه الإجراءات تجعل من المحرك أحادي الطور أكبر من المحرك ثلاثي الطور بمقدار 30% من أجل الاستطاعة نفسها، من أهم المحركات أحادية الطور المستخدمة نذكر:

1- المحرك ذو الطور المشطور أو ذو ملف الإقلاع.

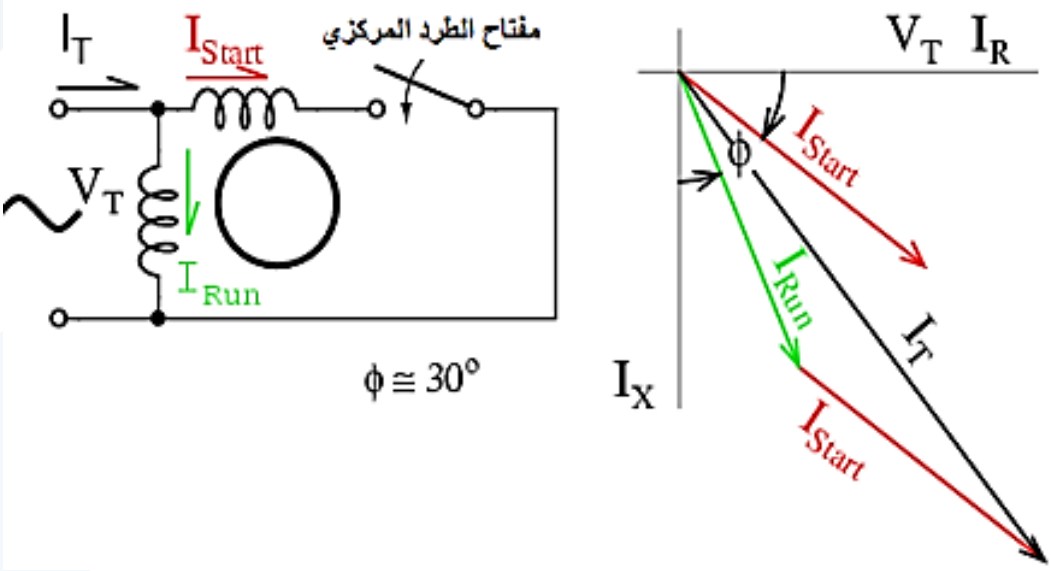
2- المحرك ذو مكثفة الإقلاع المؤقتة أو الدائمة.

1. المحرك ذو الطور المشطور أو ذو ملف الإقلاع:

محرك ذو استطاعة صغيرة يستخدم غالبا لتشغيل بعض الأجهزة المنزلية مثل الغسالات والمضخات الغيرة والمراوح.... وغيرها، من التجهيزات التي لا تحتاج إلى عزوم إقلاع عالية.

لا يستطيع هذا المحرك الإقلاع ذاتيا عند تغذية ملفه الأساسي من مصدر جهد احادي الطور لذلك فقد تم شطر ملفه الأساسي على ملفين: الأول يدعى بالملف الرئيسي أو ملف التشغيل والثاني هو ملف البدء أو الملف المساعد كما يوضح الشكل *42*، بحيث يكون محور أحدهما مزاحا عن الآخر فراغياً، ويمر فيهما تياران مزاح أحدهما عن الاخر بزاوية قدرها Φ ومتصلان تفرعيا مع الشبكة الكهربائية.

لخلق فرق صفحة بين الملفين فقد تم تصميم ملف البدء أو الملف المساعد لكون ذو مقاومة أومية كبيرة بالنسبة الى الملفات الرئيسية (إضافة ممانعة أومية أو استخدام ملفات بمقطع صغير)، وهذا يؤدي الى خلق فرق طور بين الفيضين، وبالتالي انتاج عزم دوراني، نحصل على أفضل حالة عند زاوية 90 درجة.



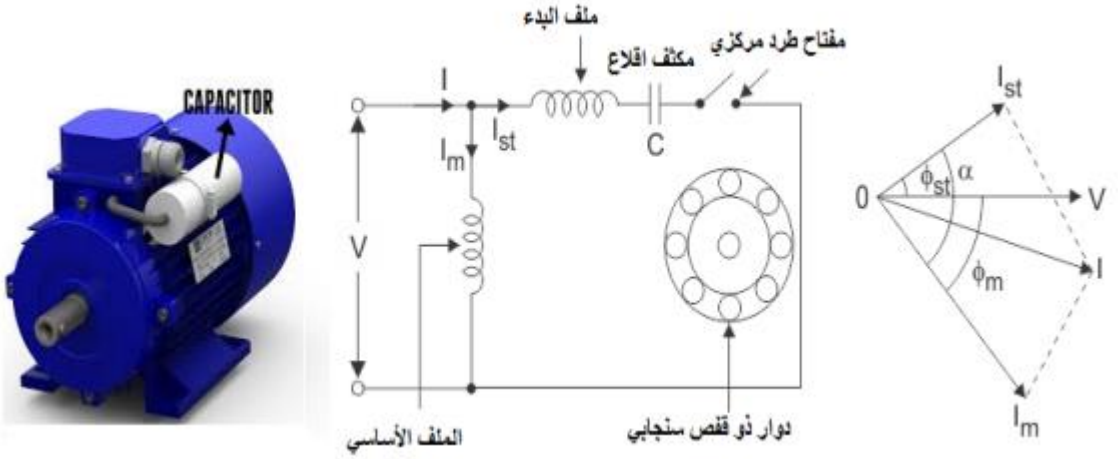
الشكل 42 الدارة الكهربائية للمحرك ذو الطور المشطور

الدارة الكهربائية توضح أن ملفات البدء تكون في داخل الدارة عند بدء التشغيل للمساعدة على توليد المجال المغناطيسي وتزول بعدها الحاجة لملفات البدء وتنفصل عن الدارة بوساطة مفتاح الطرد المركزي، وذلك عندما تصل سرعة المحرك الى(75%) من سرعته الاسمية تقريبا.

وظيفة مفتاح الطرد المركزي هو فصل ملفات البدء وبالتالي منع المحرك من سحب المزيد من التيار، وحماية ملفات البدء من التلف ونتيجة لارتفاع درجة الحرارة، يمكن عكس اتجاه الدوران بعكس قطبية أحد الملفين(ملف التشغيل أو ملف البدء)بالنسبة للملف الآخر.

2. المحرك ذو مكثف الإقلاع:

يعد المحرك ذو المكثف أو المحرك السعوي من أهم المحركات التحريضية أحادية الطور، بشكل مشابه للمحرك ذي ملف الإقلاع فإنه يحوي ملف رئيسي آخر مساعد(بدء)، تم تصميمه بحيث يحتل الملف الرئيسي ثلثي المساحة القطبية للمحرك، في حين الثلث المتبقي يتم تعبأته بالملف المساعد، يتم خلق فرق طور بين تياري الملف الرئيسي والمساعد عن طرق وصل ممانعة سعويه على التسلسل مع ملف البدء كما يوضح الشكل *43*، في هذه الحالة سنحصل على فرق صفحة أكبر من فرق الصفحة في حالة المحرك ذي الملف المشطور، وبالتالي عزم إقلاع أعلى.



الشكل 43 الدار المكافئة للمحركة أحادي الطور ذو مكثف الإقلاع

يمكننا ولزيادة قيمة عامل الاستطاعة إبقاء المكثف موصولا مع الشبكة الكهربائية، إلا أن السعة المطلوبة في هذه الحالة ستكون كبيرة، لذلك يفضل تصميم دارات كهربائية بحيث يتم فصل الملف المساعد عن التغذية بعد إتمام عملية الإقلاع وذلك بواسطة حاكمة تعمل على القوة النابذة وتفصل دارة الملف المساعد عند وصول السرعة إلى (75%) من قيمتها الاسمية.

يتم اختيار المكثف المناسب بحيث تكون استطاعته مساوية لاستطاعة المحرك الكلي، وبالتالي فإن استطاعة المحرك المطلوبة ذات قيمة كبيرة بين الشكل 44 قيم سعة المكثف المناسبة لبعض أنواع المحركات وذلك حسب استطاعتها وسرعتها .

	2 pole/3000 r.p.m. Type EK with running capacitor			4 pole/1500 r.p.m. TType EK with running capacitor		
Motor Type (model size)	P [kW]	I [A]	C_B [µF]	P [kW]	I [A]	C_B [µF]
EK56a	0.09	0.72	3	0.06	0.62	4
EK56b	0.12	1.0	5	0.09	0.85	5
EK63a	0.18	1.5	5	0.12	1.05	6
EK63b	0.25	1.7	10	0.18	1.45	8
EK71b	0.37	2.4	12	0.25	1.8	12
EK71c	0.55	3.6	16	0.37	2.65	16
EK80b	0.75	5.0	25	0.55	3.9	20
EK80e	1.1	7.0	30	0.75	5.2	25
EK90Sb	1.5	9.5	40	1.1	7.4	40
EK90Lb	2.2	12.9	50	1.5	9.6	50

الشكل 44 سعة المكثف المطلوبة لبعض المحركات حسب استطاعتها

تصمم هذه المحركات لتناسب التطبيقات التي تحتاج إلى عزوم إقلاع كبيرة نسبيا كضواغط والبرادات ذات درجات التبريد العالية وبعض المضخات ومنظمات الرطوبة وبعض الأجهزة الطبية.

❖ **حساب استطاعة المحرك أحادي الطور بالعلاقة التالية:**

$$P = V \times I \times \cos \Phi$$

P: استطاعة المحرك مقاسة بالواط(Watt) .

V: جهد تغذية المحرك مقاس بالفولت(Volt) .

I: التيار الذي يستجره المحرك مقاس بالأمبير (Ampere) .

cos Φ: معامل الأستطاعة.

الباب الثاني

6. الفصل السادس (التجارب العملي)

6.1. التحكم بمستوى سائل في خزان واحد:

في عملية التعبئة والتفريغ الآلي للخزان، يتم استخدام مضخة أحادية الطور لرفع المياه إلى خزان علوي.

حيث يستخدم حساس مستوى السائل (Liquid Level Relay Control) لإيقاف المضخة في حال كان الخزان ممتلئ وتشغيلها في حال كان فارغ، بالإضافة إلى حساس سعوي يقوم بإيقاف المضخة في حال امتلاء الخزان ويتم استخدام مفتاح من نوع Switch ومفتاح برمجي على واجهة HMI لإيقاف وتشغيل المنظومة وتايمرات برمجية للتحكم بزمن تشغيل وإيقاف المضخات.

❖ **مبدأ العمل:**

عندما يكون مفتاح (Switch) مفعل و حساس مستوى السائل (LLRC) غير مفعل والحساس السعوي غير مفعل هذا يعني أن الخزان فارغ وبالتالي تعمل المضخة (Pump).

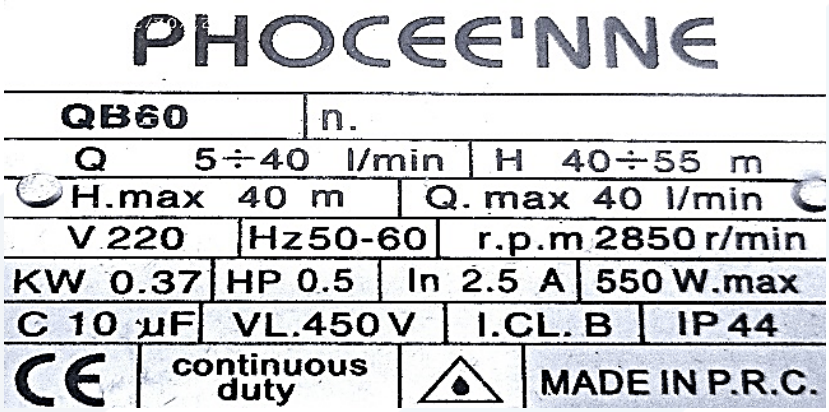
وعند امتلاء الخزان يتم تفعيل حساس مستوى السائل والحساس السعوي وبالتالي تقف المضخة عن العمل.

يتم إيقاف المنظومة عن طريق مفتاح Switch أو عن طريق مفتاح برمجي على شاشة HMI، بالإضافة الى مؤقتات برمجية يتم ضبطها عن طريق الشاشة تتحكم بزمن تشغيل وإيقاف المضخة.

❖ **العناصر المستخدمة :**

1- مضخة أحادية الطور.

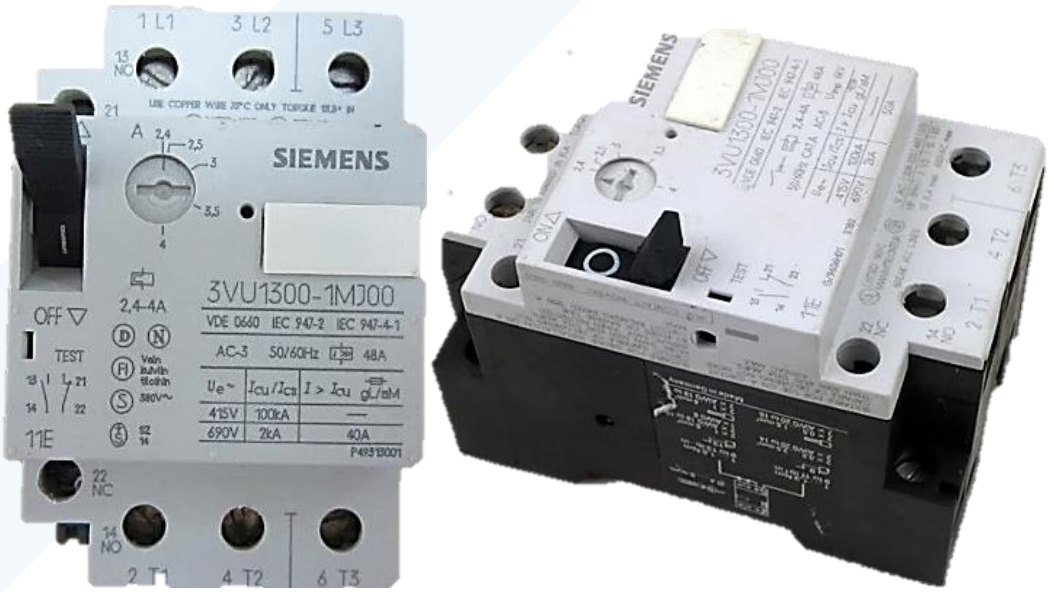
- تيار التغذية 220vAc بتردد 50Hz.
- استطاعة المحرك 0.37 واط (0.5 حصان).
- سرعة المحرك 2850 r.p.m.
- التيار الاسمي للمحرك 2.5 A.



الشكل 45 اللوحة الأسمية للمضخة أحادية الطور

2- قاطع محرك C-B.

التيار الأعظمي الذي يتحمله القاطع هو 4 A.



الشكل 46 قاطع المحرك Siemens

3- كونتاكتور KM.

الشكل 47 كونتاكتور CHINT

4- حساس مستوى السائل LLRC.

- تغذية الحساس 220 v.

الشكل 48 حساس مستوى السائل

5- حساس سعوي.

- تغذية الحساس v 24 .
- نوع الحساس NPN.

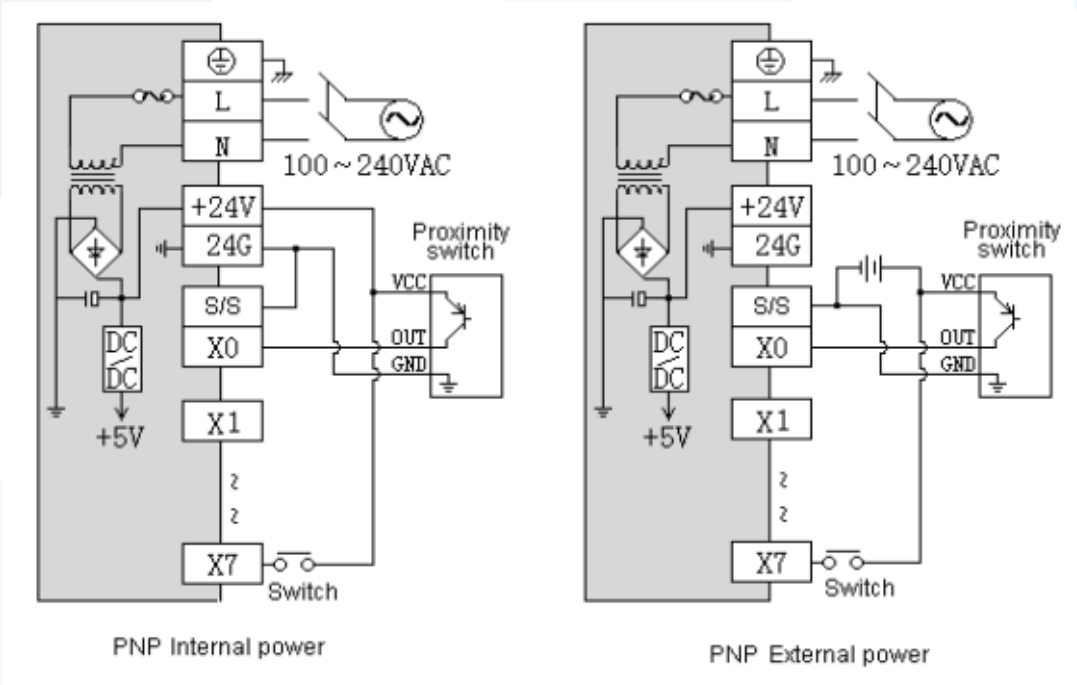
الشكل 49 حساس سعوي

6- المتحكم المنطقي المبرمج PLC.

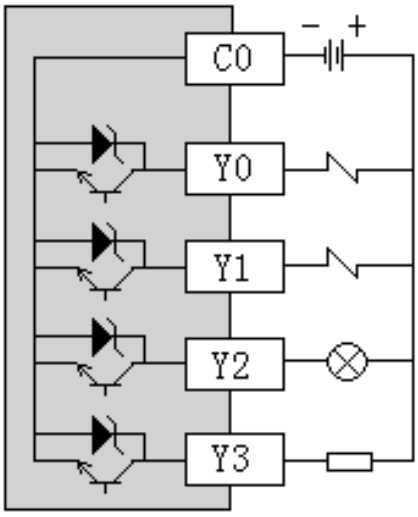
PLC SINOVO تتألف من 16 مدخل ديجتال ومن 8 مخارج ديجتال.

- تغذية ال PLC هي220vAC.
- تغذية المداخل هي24vDC.
- تغذية المخارج هي0vDC.

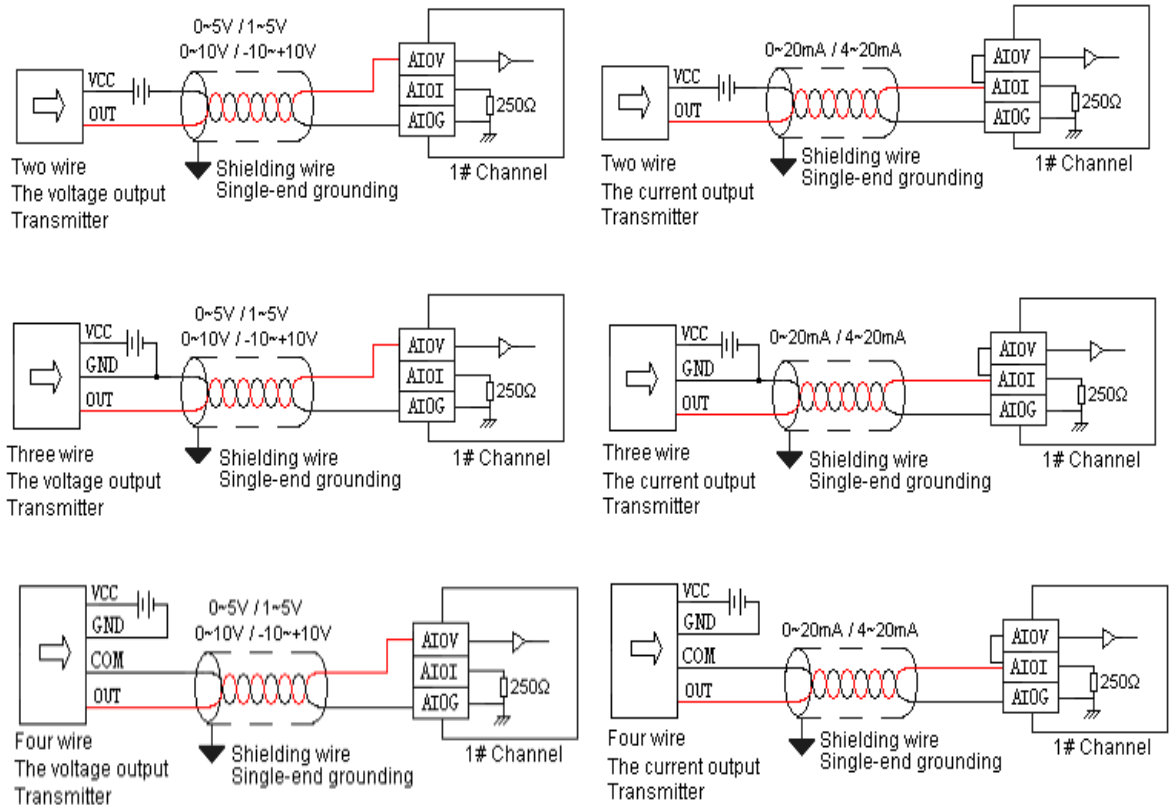
الشكل 50 PLC SINOVO



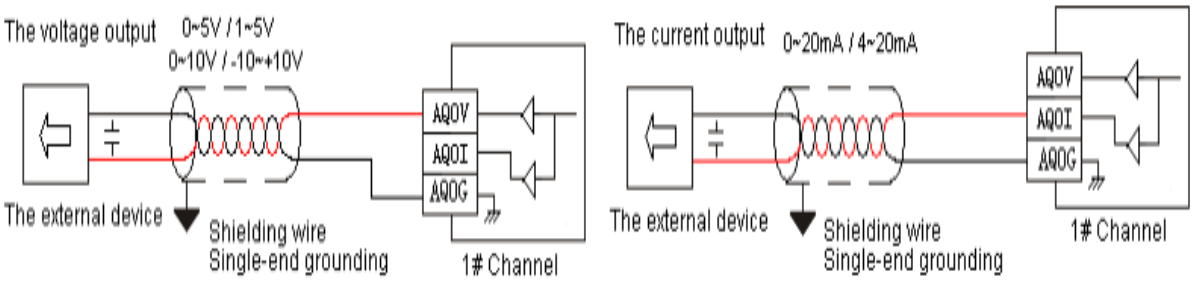
الشكل 51 طريقة توصيل المداخل الرقمية لل PLC



الشكل 52 طريقة توصيل المخارج الرقمية لل PLC



الشكل 53 طريقة توصيل المداخل التشابهية لل PLC



الشكل 54 طريقة توصيل المخارج التشابهية للPLC

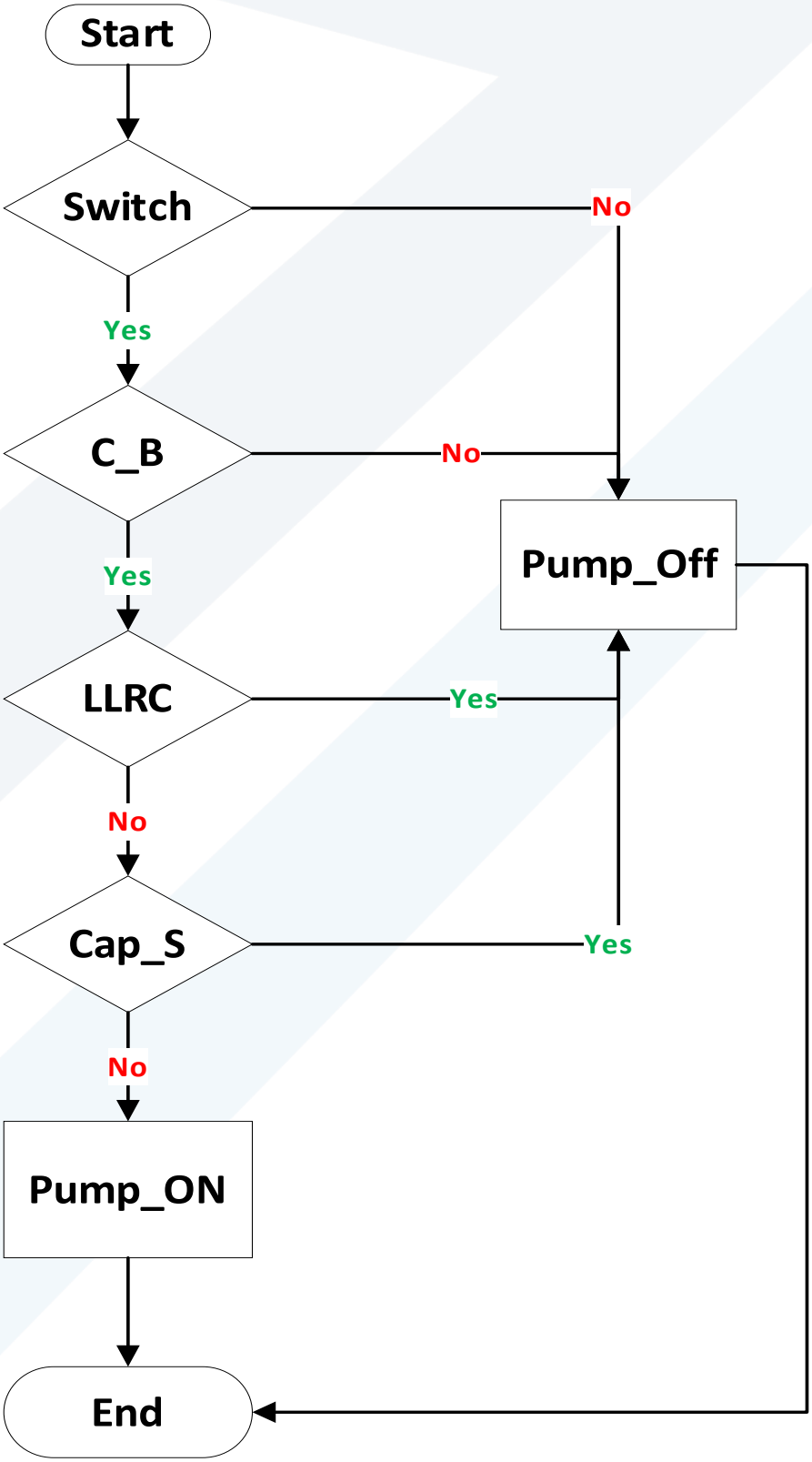
7- HMI.

- تغذية الشاشة 24 vDC.
- برمجة الشاشة عن طريق وصلة Ethernet.
- ابعاد الشاشة 400*800.

الشكل 55 Haiwell HMI C7S 800*400

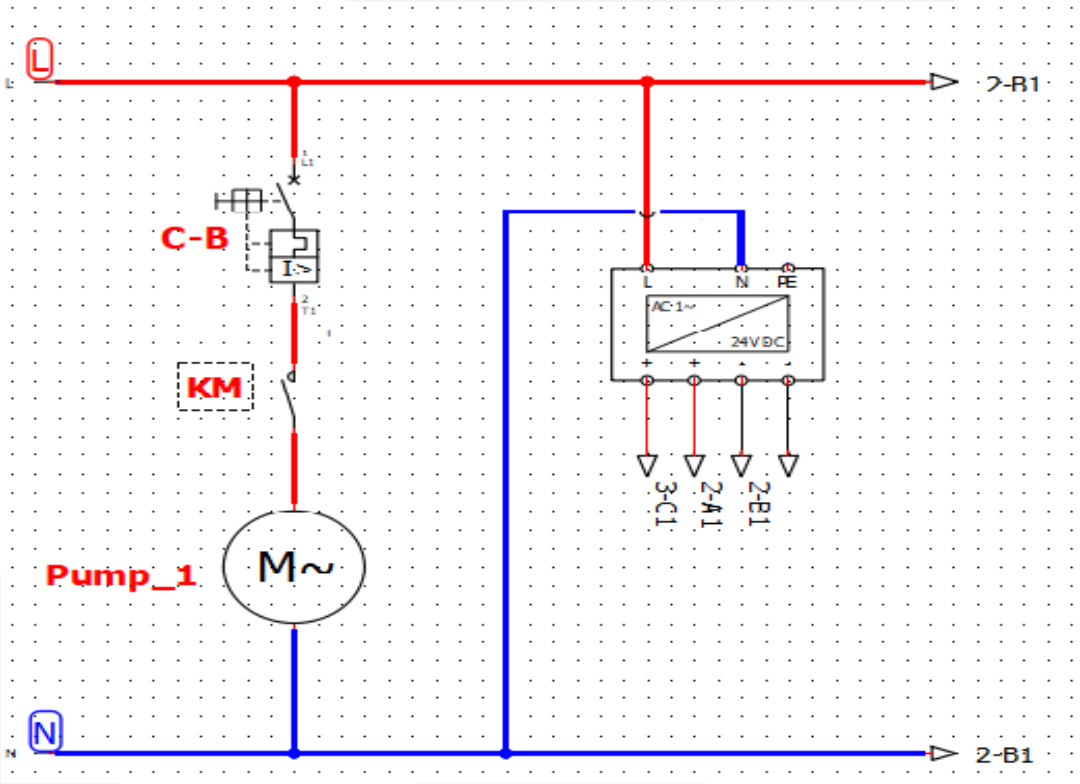
8- Switch.

❖ المخطط التدفقي لمبدأ العمل:

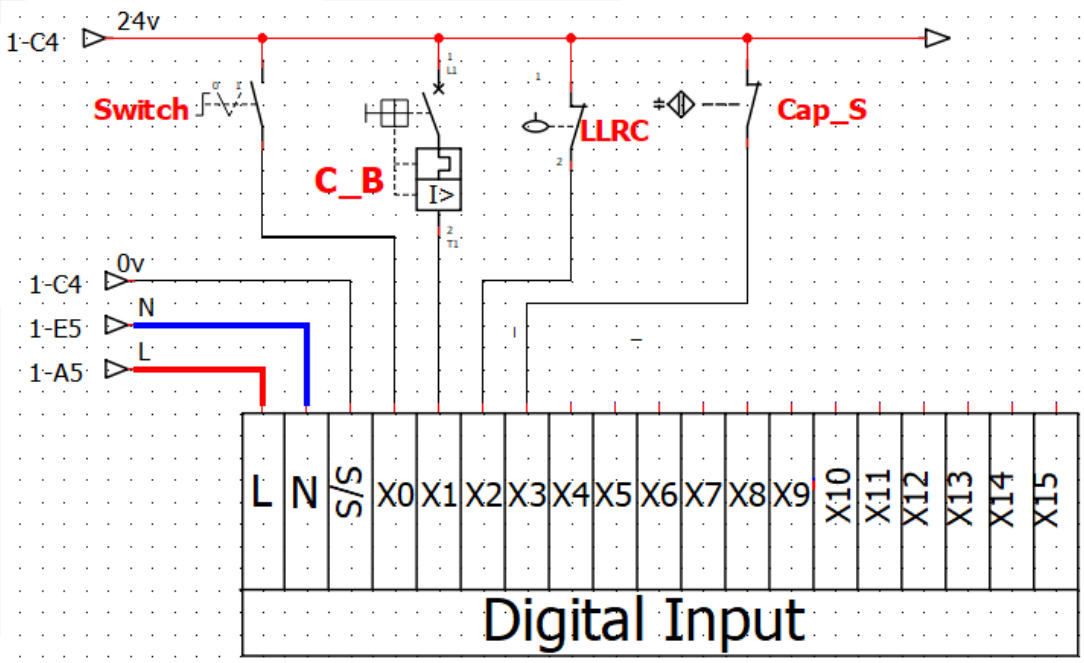


الشكل 56 مخطط التدفق لمبدأ عمل

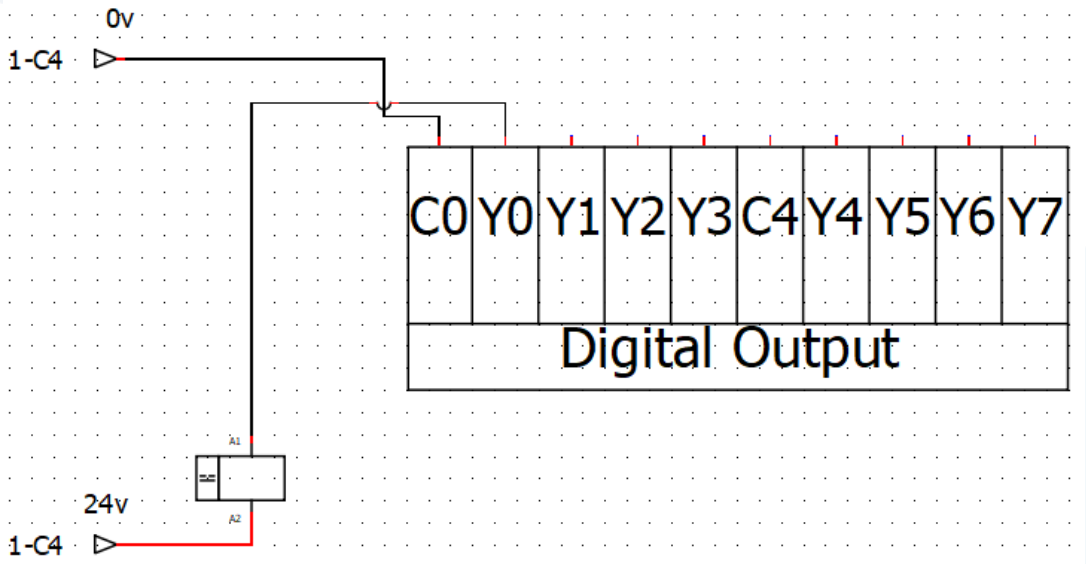
❖ مخططات التوصيل:



الشكل 57 مخطط الاستطاعة

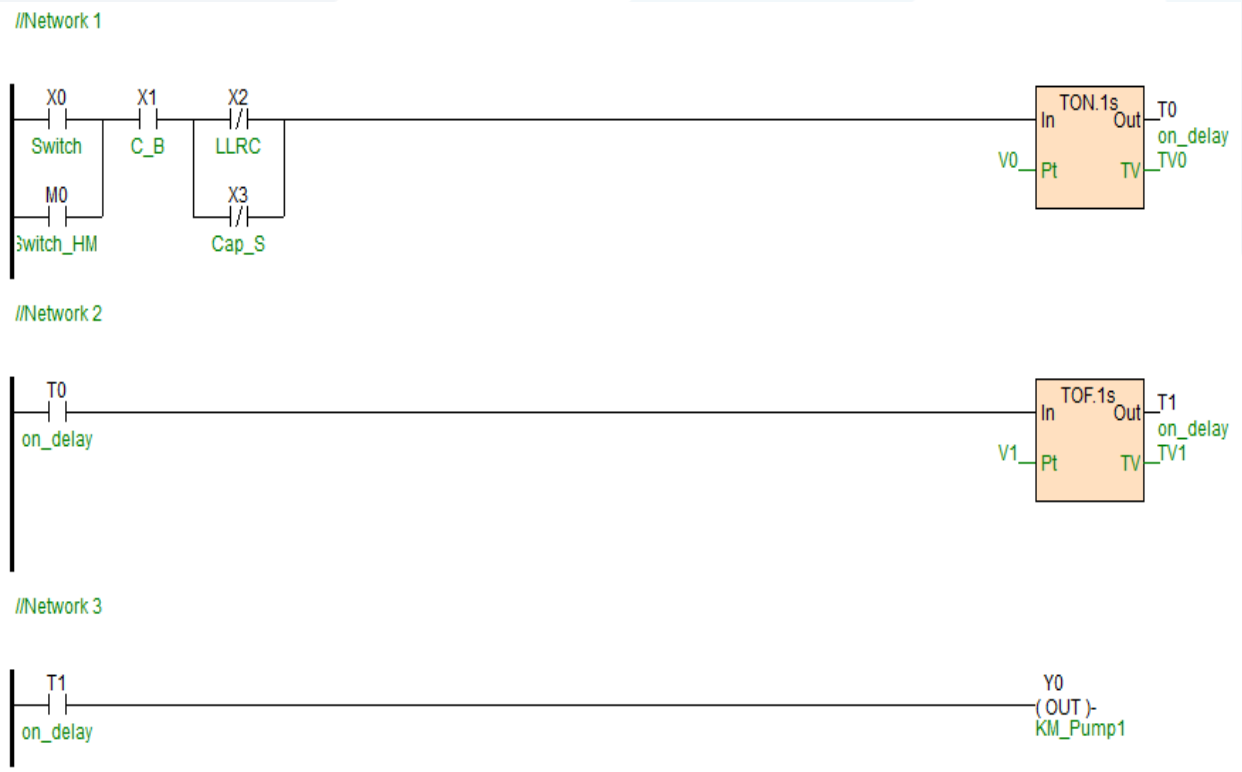


الشكل 58 توصيل مداخل PLC



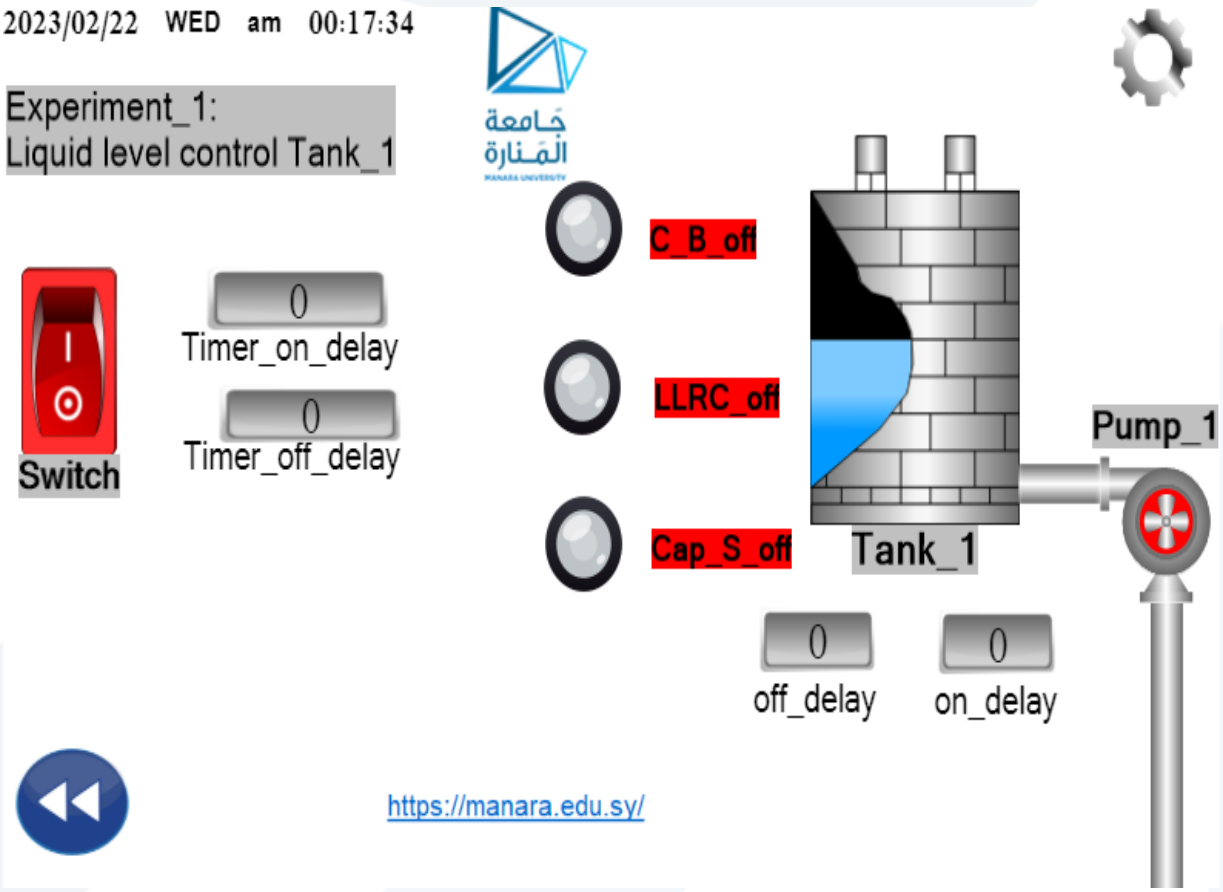
الشكل 59 توصيل مخارج PLC

❖ **برنامج ال PLC:**



الشكل 60 برنامج PLC بلغة Ladder

❖ تصميم واجهة HMI:



الشكل 61 برنامج HMI

Switch	مفتاح وضع واحد لإيقاف الدارة
Switch_HMI	مفتاح برمجي
LLRC	ريليه التحكم بمستوى السائل
Cap_S	الحساس السعوي
V0	قيمة وقت المؤقت on_delay
V1	قيمة وقت المؤقت off_delay
T0	مؤقتon_delay
T1	مؤقت off_delay
KM_Pump1	ملف الكونتاكتور 1
C_B	قاطع محرك للمضخة

6.2. التحكم بمستوى سائل في خزانين:

في عملية التعبئة والتفريغ الآلي للخزانات، يتم استخدام مضختين أحاديتي الطور لنقل المياه من خزان إلى أخر. حيث يستخدم في الخزان الأول والثاني حساسين مستوى السائل (Liquid Level Relay Control) و حساسين سعوي (Capacitive Sensor)لإيقاف وتشغيل المضخة في كل خزان بالإضافة الى مفتاح نوع Switch لتشغيل ولإيقاف المنظومة عن العمل.

❖ **مبدأ العمل:**

يتم تشغيل المضخة الأولى (Pump1)في الخزان الأول عندما يكون الخزان فارغ (حساس مستوى السائل LLRC1 والحساس السعوي Cap_S1 في الخزان الأول غير مفعلين) وعندما يمتلئ الخزان الأول يتم إيقاف المضخة الأولى (Pump1) وتشغيل المضخة الثانية (Pump2) لكي يمتلئ الخزان الثاني بشرط أن يكون (حساس مستوى السائل LLRC2 والحساس السعوي Cap_S2 في الخزان الثاني غير مفعلين) وعندما يمتلئ الخزان الثاني يتم إيقاف المضخة الثانية (Pump2) وتشغيل المضخة الأولى (Pump1) لإعادة المياه الى الخزان الأول ويتم تكرار هذه العملية حتى يتم إيقاف المنظومة عن طريق مفتاح Switch أو عن طريق مفتاح برمجي على شاشة HMI، بالإضافة الى مؤقتات برمجية يتم ضبطها عن طريق الشاشة تتحكم بزمن تشغيل وإيقاف المضخات.

❖ **العناصر المستخدمة:**

1- مضختين أحاديتي الطور.

2- قاطعي محرك لكل مضخة.

3- كونتاكتورين.

4- حساسين مستوى سائل.

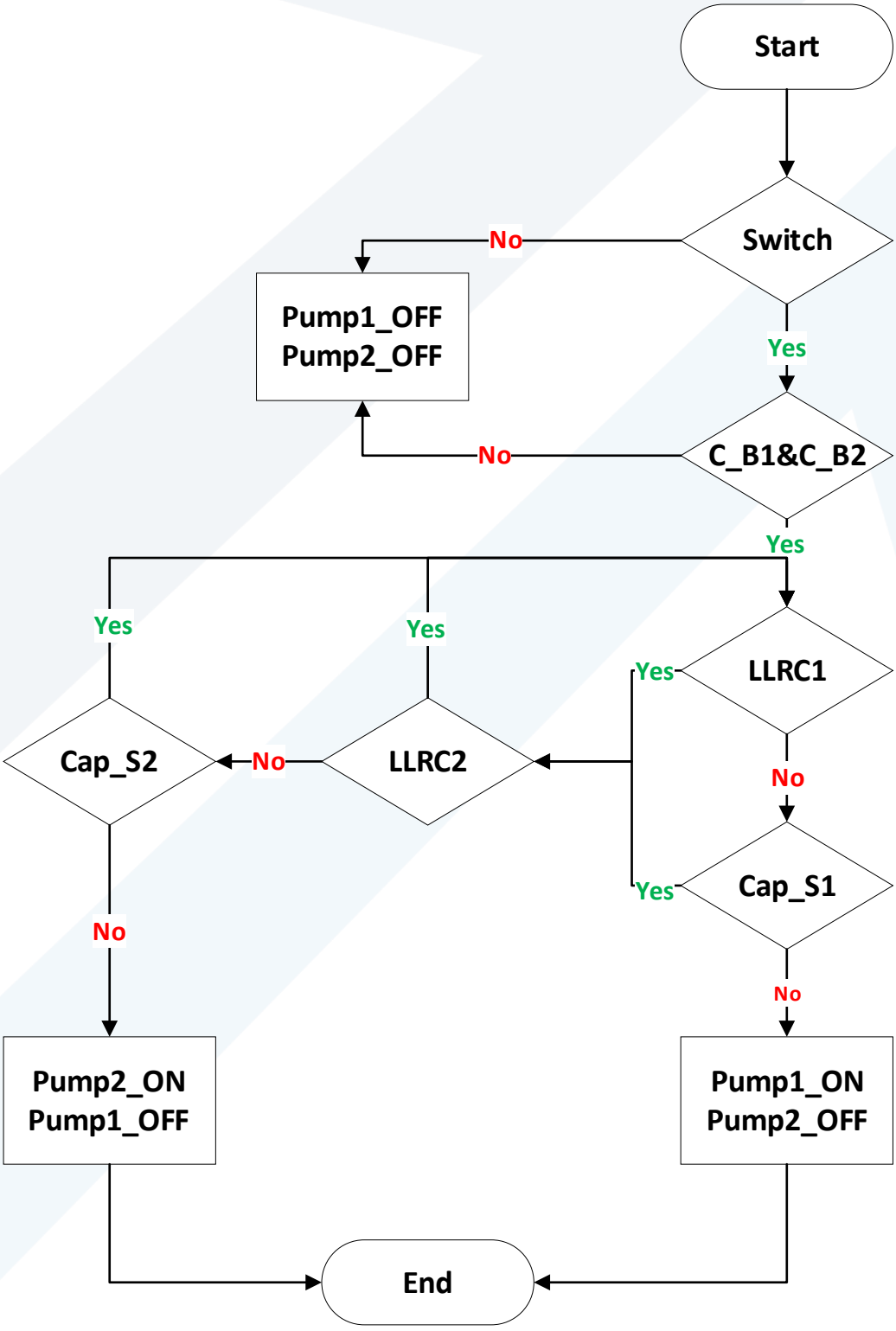
5- حساسين سعوين.

6- PLC.

7- شاشة HMI.

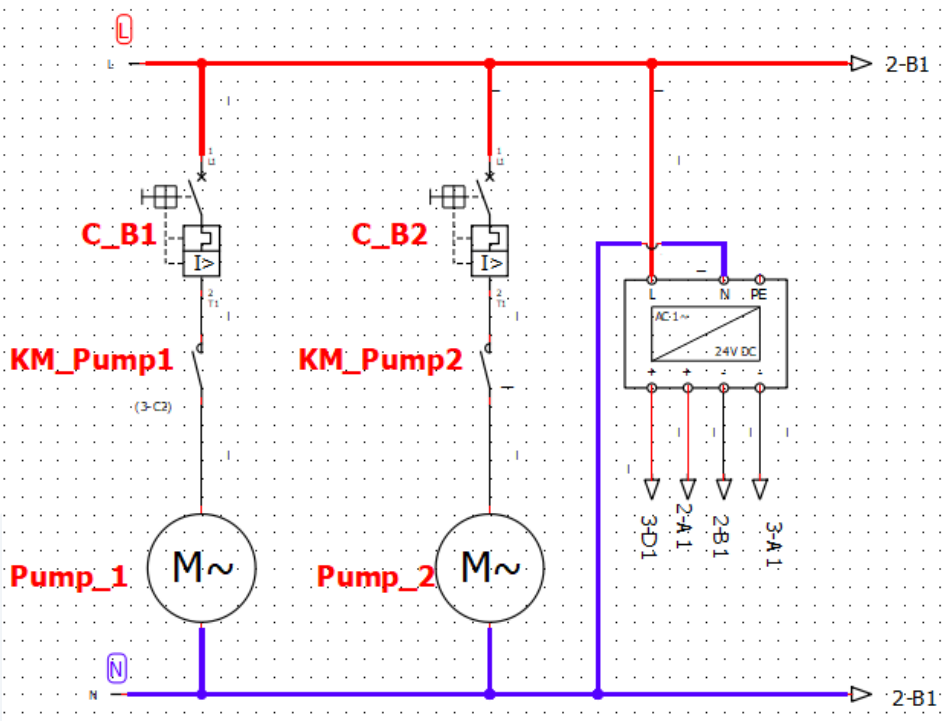
8- Switch.

❖ المخطط التدفقي لمبدأ العمل:

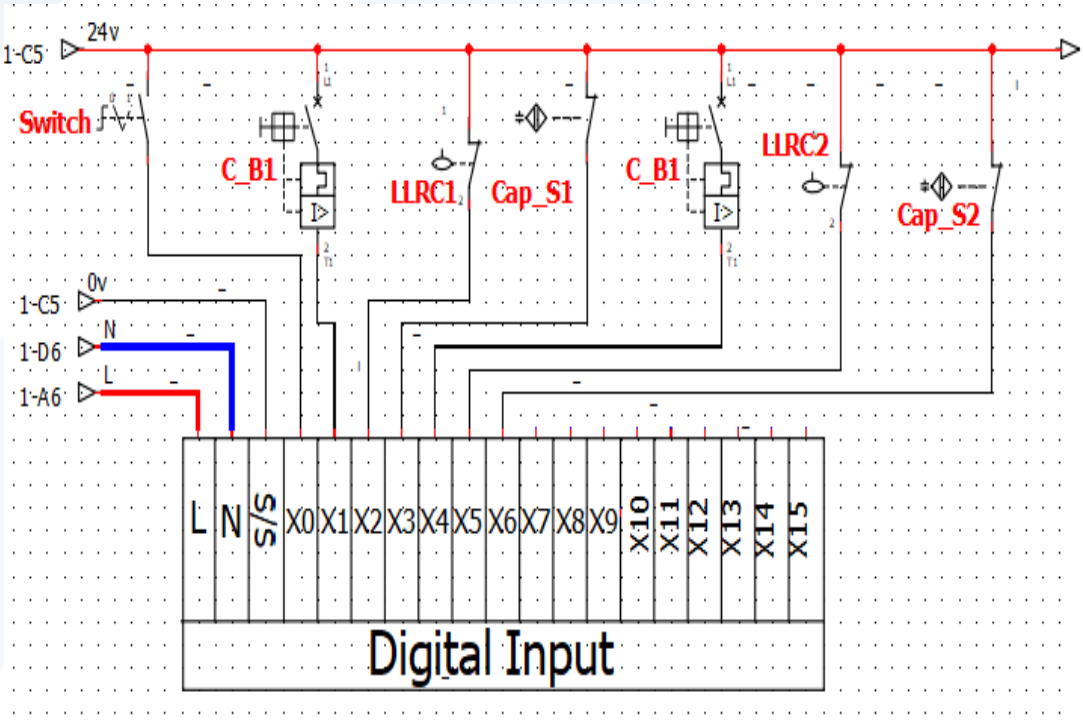


الشكل 62 المخطط التدفقي للتحكم بمستوى سائل في خزانين

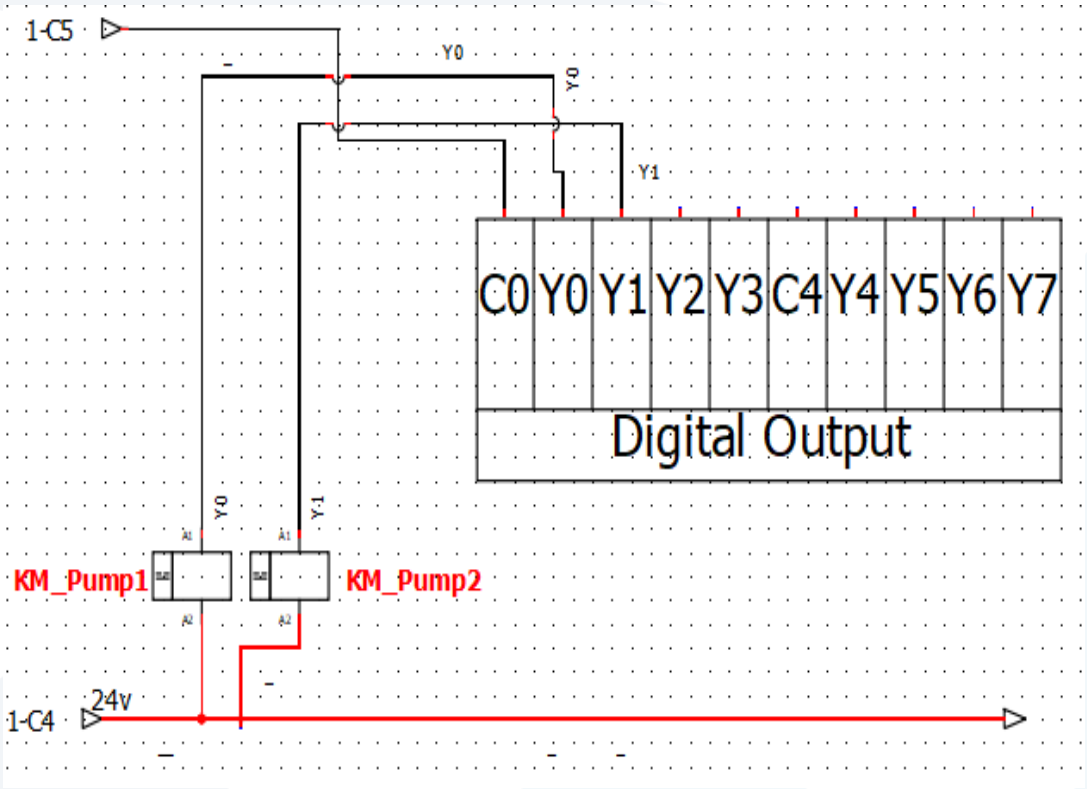
❖ **مخطط التوصيل:**



الشكل 63 دارة الأستطاعة للتجربة الثانية

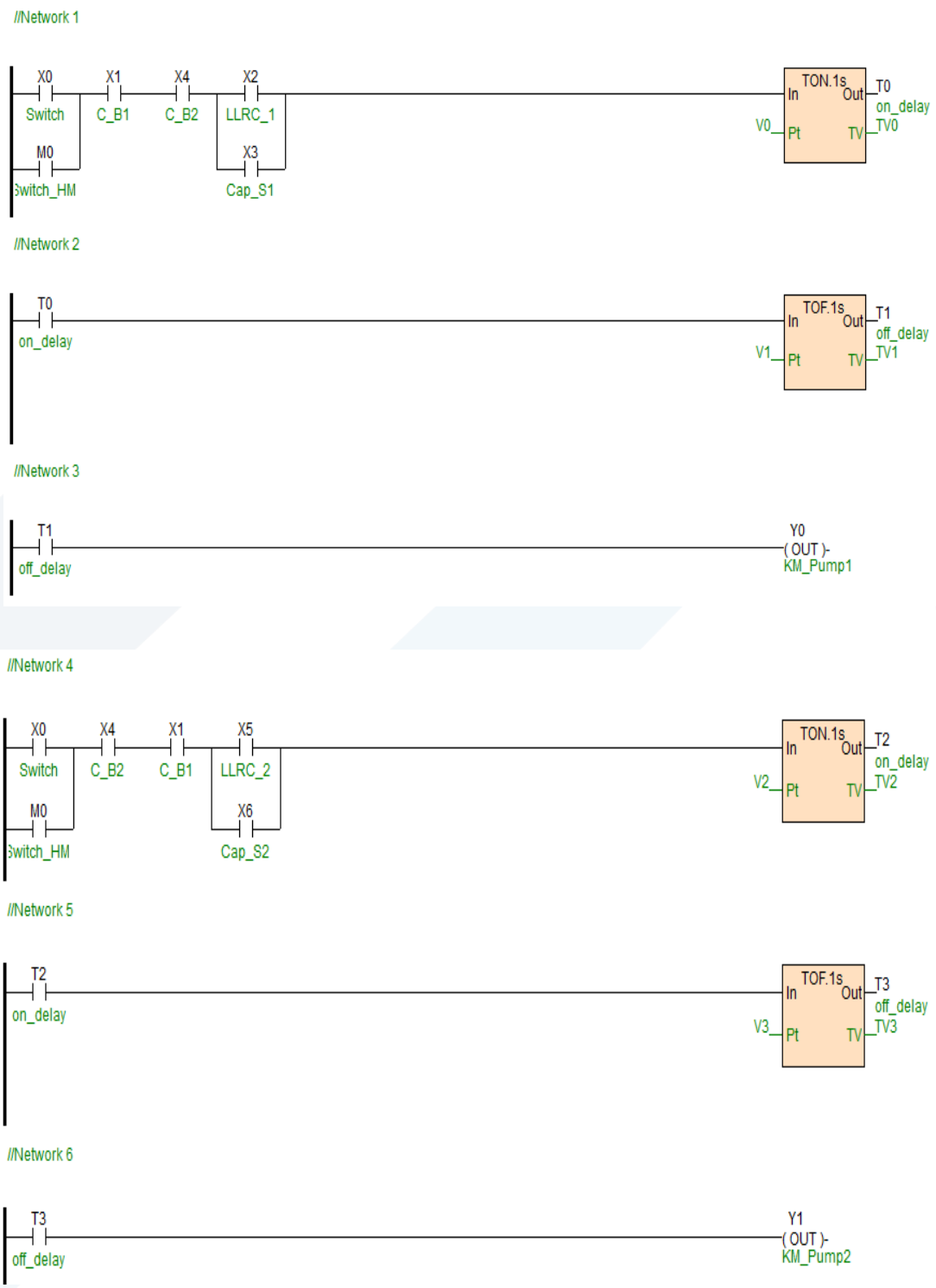


الشكل 64 توصيل مداخل PLC للتجربة الثانية



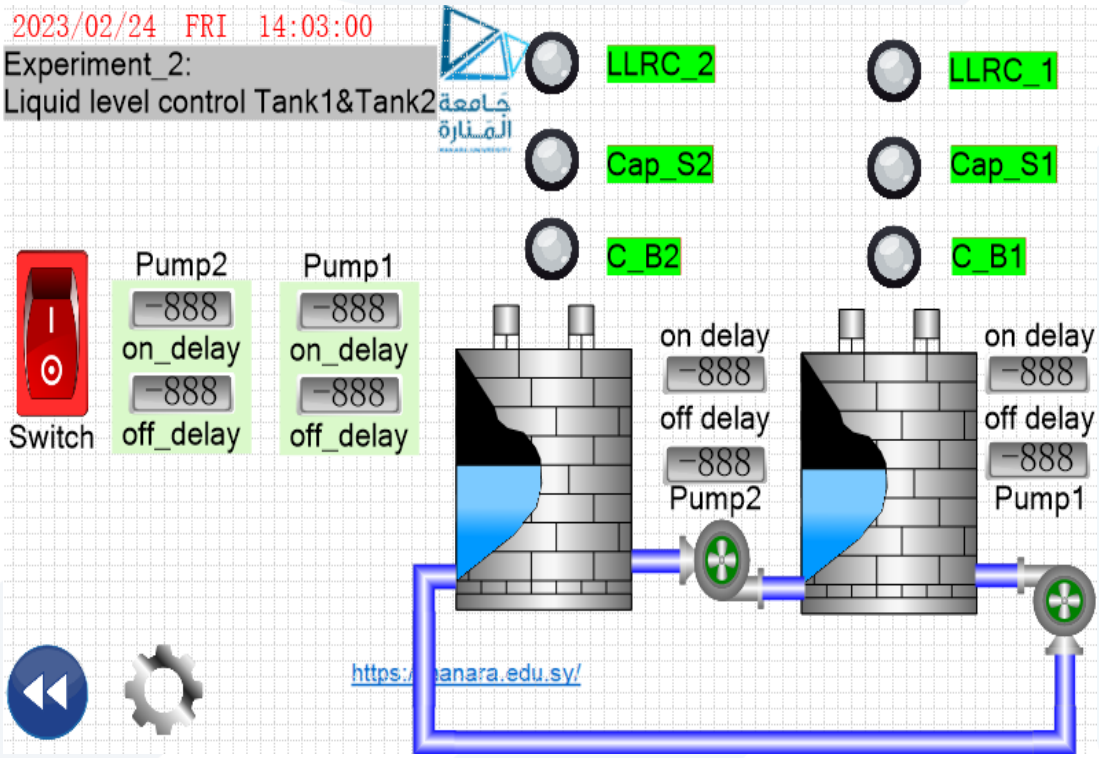
الشكل 65 توصيل مخارج PLC للتجربة الثانية

❖ **برنامج PLC:**



الشكل 66 برنامج PLC للتجربة الثانية

❖ تصميم شاشة HMI:



الشكل 67 تصميم شاشة HMI للتجربة الثانية

Switch	مفتاح وضع واحد لإيقاف الدارة
Switch_HMI	مفتاح برمجي
LLRC1	ريليه التحكم بمستوى السائل في الخزان الأول
Cap_S1	الحساس السعوي في الزان الأول
LLRC2	ريليه التحكم بمستوى السائل في الخزان الثاني
Cap_S2	الحساس السعوي في الخزان الثاني
V0	قيمة وقت المؤقت on_delay1 للمضخة الأولى
V1	قيمة وقت المؤقت off_delay1 للمضخة الأولى
V2	قيمة وقت المؤقت on_delay2 للمضخة الثانية
V3	قيمة وقت المؤقت off_delay2 للمضخة الثانية
T0	مؤقت on_delay للمضخة الأولى
T1	مؤقت off_delay للمضخة الأولى
T2	مؤقت on_delay للمضخة الثانية

T3	مؤقت off_delay للمضخة الثانية
KM_Pump1	ملف الكونتاكتور 1
KM_Pump2	ملف الكونتاكتور 2
C_B1	قاطع محرك للمضخة الأولى
C_B2	قاطع محرك للمضخة الثانية

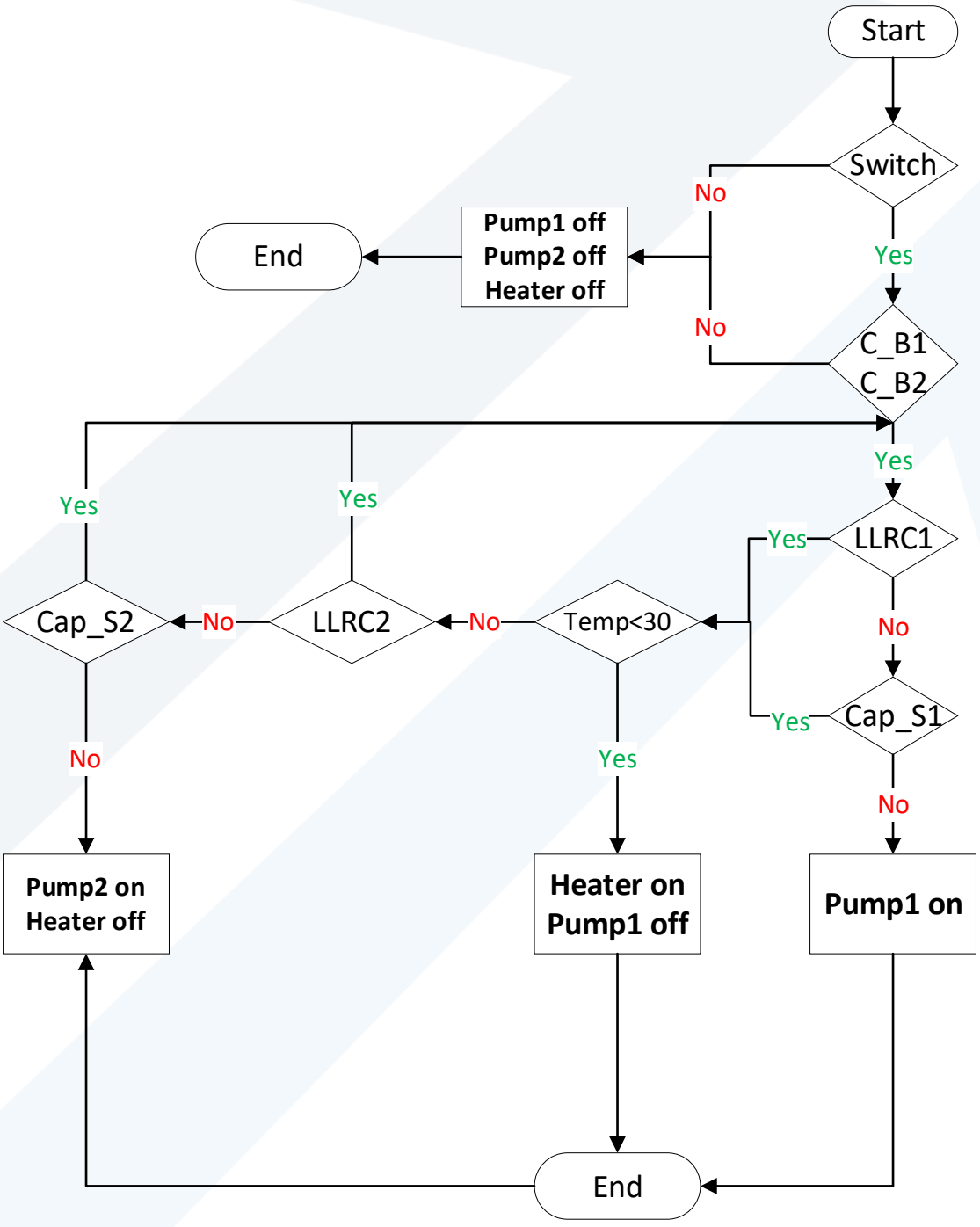
6.3. التحكم بمستوى ودرجة حرارة سائل في خزانين:

في عملية التعبئة والتفريغ الآلي للخزانات، يتم استخدام مضختين أحاديتي الطور لنقل المياه من خزان إلى أخر. حيث يستخدم في الخزان الأول والثاني حساسين مستوى السائل (Liquid Level Relay Control) و حساسين سعوي (Capacitive Sensor)لإيقاف وتشغيل المضخة في كل خزان، بالإضافة الى حساس حرارة RTD يقوم بالتحكم في تشغيل وإيقاف سخان موجود بالخزان الأول، ومفتاح نوع Switch لتشغيل ولإيقاف المنظومة عن العمل.

❖ **مبدأ العمل:**

يتم تشغيل المضخة الأولى (Pump1)في الخزان الأول عندما يكون الخزان فارغ (حساس مستوى السائل LLRC1 والحساس السعوي Cap_S1 في الخزان الأول غير مفعلين) وعندما يمتلئ الخزان الأول يتم إيقاف المضخة الأولى (Pump1) وتشغيل سخان الحرارة اذا كانت حرارة الماء في الخزان الأول اقل من القيمة المرجعية وعند وصول الحرارة الى تلك القيمة يتم إيقاف السخان وتشغيل المضخة الثانية (Pump2) لكي يمتلئ الخزان الثاني بشرط أن يكون (حساس مستوى السائل LLRC2 والحساس السعوي Cap_S2 في الخزان الثاني غير مفعلين) وعندما يمتلئ الخزان الثاني يتم إيقاف المضخة الثانية (Pump2) وتشغيل المضخة الأولى (Pump1) لإعادة المياه الى الخزان الأول ويتم تكرار هذه العملية حتى يتم إيقاف المنظومة عن طريق مفتاح Switch أو عن طريق مفتاح برمجي على شاشة HMI، بالإضافة الى مؤقتات برمجية يتم ضبطها عن طريق الشاشة تتحكم بزمن تشغيل وإيقاف المضخات.

❖ المخطط التدفقي لمبدأ العمل:



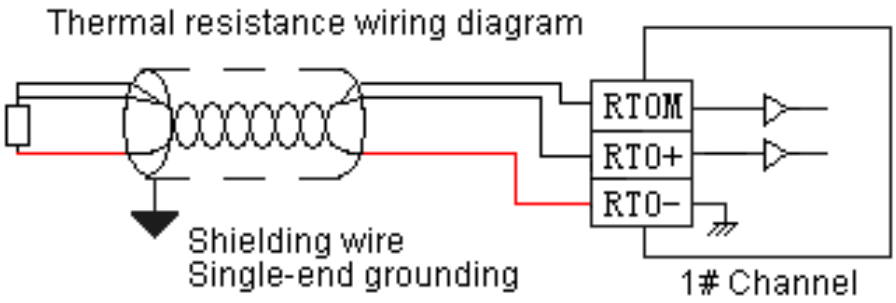
الشكل 68 المخطط التدفقي لمبدأ عمل التحكم بمستوى ودرجة حرارة خزانين

❖ **العناصر المستخدمة:**

1. مضختين أحاديتي الطور.
2. قاطعي محرك لكل مضخة.
3. كونتاكتورين.
4. حساسين مستوى سائل.
5. حساسين سعوين.
6. PLC.

- تم توصيل مع ال PLC توسعة حساس حرارةRTD بأربع مداخل.

الشكل 69 توسعة حساس الحرارة H04RC



الشكل 70 طريقة توصيل حساس الحرارة مع توسعة الحرارة

7. شاشة HMI.

8. سخان مياه.

- السخان باستطاعة 1000 واط.

الشكل 71 سخان المياه باستطاعة 1000 واط

9. حساس حرارة RTD.

- مجال قياس الحساس من 200℃– حتى 850℃.

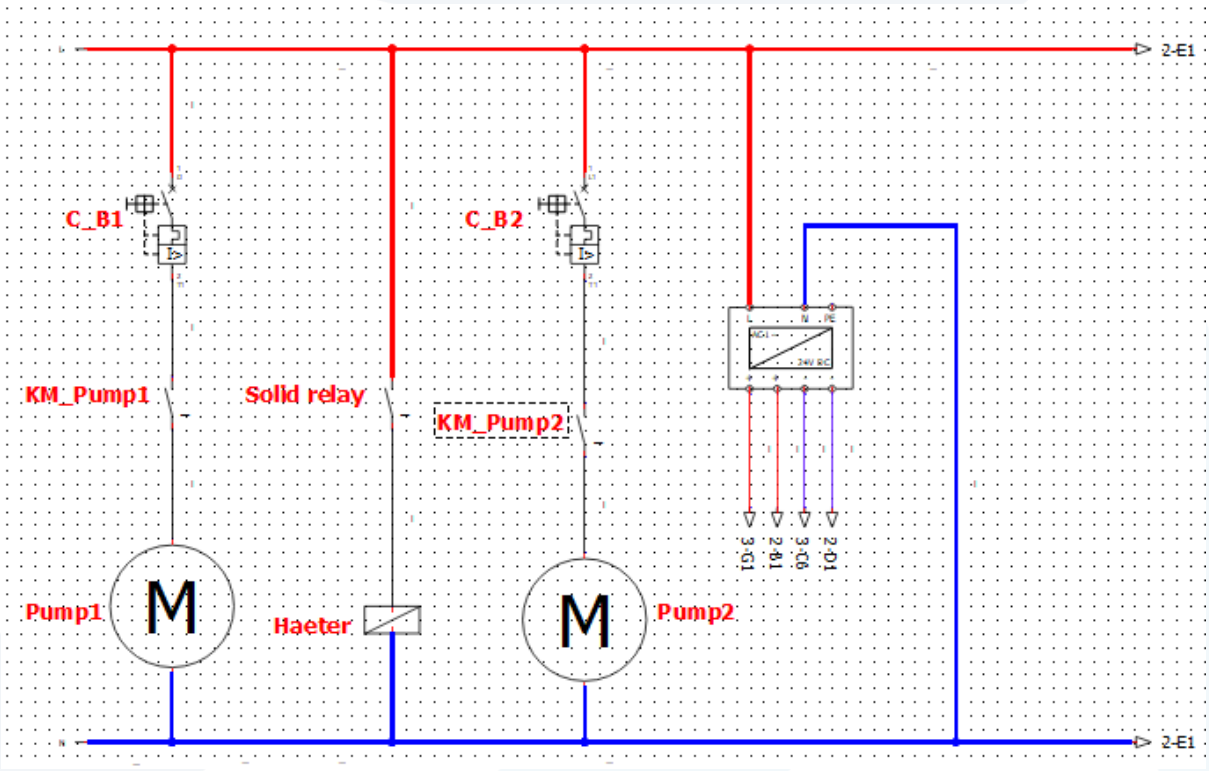
℃	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	℃
-200	18.49										-200
-190	22.8	22.37	21.94	21.51	21.08	20.65	20.22	19.79	19.36	18.93	-190
-180	27.08	26.65	26.23	25.8	25.37	24.94	24.52	24.09	23.66	23.23	-180
-170	31.32	30.9	30.47	30.05	29.63	29.2	28.78	28.35	27.93	27.5	-170
-160	35.53	35.11	34.69	34.27	33.85	33.43	33.01	32.59	32.16	31.74	-160
-150	39.71	39.3	38.88	38.46	38.04	37.63	37.21	36.79	36.37	35.95	-150
-140	43.87	43.45	43.04	42.63	42.21	41.79	41.38	40.96	40.55	40.13	-140
-130	48	47.59	47.18	46.76	46.35	45.94	45.52	45.11	44.7	44.28	-130
-120	52.11	51.7	51.29	50.88	50.47	50.06	49.64	49.23	48.82	48.41	-120
-110	56.19	55.78	55.38	54.97	54.56	54.15	53.74	53.33	52.92	52.52	-110
-100	60.25	59.85	59.44	59.04	58.63	58.22	57.82	57.41	57	56.6	-100
-90	64.3	63.9	63.49	63.09	62.68	62.28	61.87	61.47	61.06	60.66	-90
-80	68.33	67.92	67.52	67.12	66.72	66.31	65.91	65.51	65.11	64.7	-80
-70	72.33	71.93	71.53	71.13	70.73	70.33	69.93	69.53	69.13	68.73	-70
-60	76.33	75.93	75.53	75.13	74.73	74.33	73.93	73.53	73.13	72.73	-60
-50	80.31	79.91	79.51	79.11	78.72	78.32	77.92	77.52	77.13	76.73	-50
-40	84.27	83.88	83.48	83.08	82.69	82.29	81.89	81.5	81.1	80.7	-40
-30	88.22	87.83	87.43	87.04	86.64	86.25	85.85	85.46	85.06	84.67	-30
-20	92.16	91.77	91.37	90.98	90.59	90.19	89.8	89.4	89.01	88.62	-20
-10	96.09	95.69	95.3	94.91	94.52	94.12	93.73	93.34	92.95	92.55	-10
0	100	99.61	99.22	98.83	98.44	98.04	97.65	97.26	96.87	96.48	0
0	100	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51	0
10	103.9	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.4	10
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.73	110.12	110.51	110.9	111.28	20
30	111.67	112.06	112.45	112.83	113.22	113.61	113.99	114.38	114.77	115.15	30

40	115.54	115.93	116.31	116.7	117.08	117.47	117.85	118.24	118.62	119.01	40
50	119.4	119.78	120.16	120.55	120.93	121.32	121.7	122.09	122.47	122.86	50
60	123.24	123.62	124.01	124.39	124.77	125.16	125.54	125.92	126.31	126.69	60
70	127.07	127.45	127.84	128.22	128.6	128.98	129.37	129.75	130.13	130.51	70
80	130.89	131.27	131.66	132.04	132.42	132.8	133.18	133.56	133.94	134.32	80
90	134.7	135.08	135.46	135.84	136.22	136.6	136.98	137.36	137.74	138.12	90
100	138.5	138.88	139.26	139.64	140.02	140.39	140.77	141.15	141.53	141.91	100
110	142.29	142.66	143.04	143.42	143.8	144.17	144.55	144.93	145.31	145.68	110
120	146.06	146.44	146.81	147.19	147.57	147.94	148.32	148.7	149.07	149.45	120
130	149.82	150.2	150.57	150.95	151.33	151.7	152.08	152.45	152.83	153.2	130
140	153.58	153.95	154.32	154.7	155.07	155.45	155.82	156.19	156.57	156.94	140
150	157.31	157.69	158.06	158.43	158.81	159.18	159.55	159.93	160.3	160.67	150
160	161.04	161.42	161.79	162.16	162.53	162.9	163.27	163.65	164.02	164.39	160
170	164.76	165.13	165.5	165.87	166.24	166.61	166.98	167.35	167.72	168.09	170
180	168.46	168.83	169.2	169.57	169.94	170.31	170.68	171.05	171.42	171.79	180
190	172.16	172.53	172.9	173.26	173.63	174	174.37	174.74	175.1	175.47	190
200	175.84	176.21	176.57	Pt100 Resistance Table		177.68	178.04	178.41	178.78	179.14	200
210	179.51	179.88	180.24			181.34	181.71	182.07	182.44	182.8	210
220	183.17	183.53	183.9	184.26	184.63	184.99	185.36	185.72	186.09	186.45	220
230	186.82	187.18	187.54	187.91	188.27	188.63	189	189.36	189.72	190.09	230
240	190.45	190.81	191.18	191.54	191.9	192.26	192.63	192.99	193.35	193.71	240
250	194.07	194.44	194.8	195.16	195.52	195.88	196.24	196.6	196.96	197.33	250
260	197.69	198.05	198.41	198.77	199.13	199.49	199.85	200.21	200.57	200.93	260
270	201.29	201.65	202.01	202.36	202.72	203.08	203.44	203.8	204.16	204.52	270
280	204.88	205.23	205.59	205.95	206.31	206.67	207.02	207.38	207.74	208.1	280
290	208.45	208.81	209.17	209.52	209.88	210.24	210.59	210.95	211.31	211.66	290
300	212.02	212.37	212.73	213.09	213.44	213.8	214.15	214.51	214.86	215.22	300
310	215.57	215.93	216.28	216.64	216.99	217.35	217.7	218.05	218.41	218.76	310

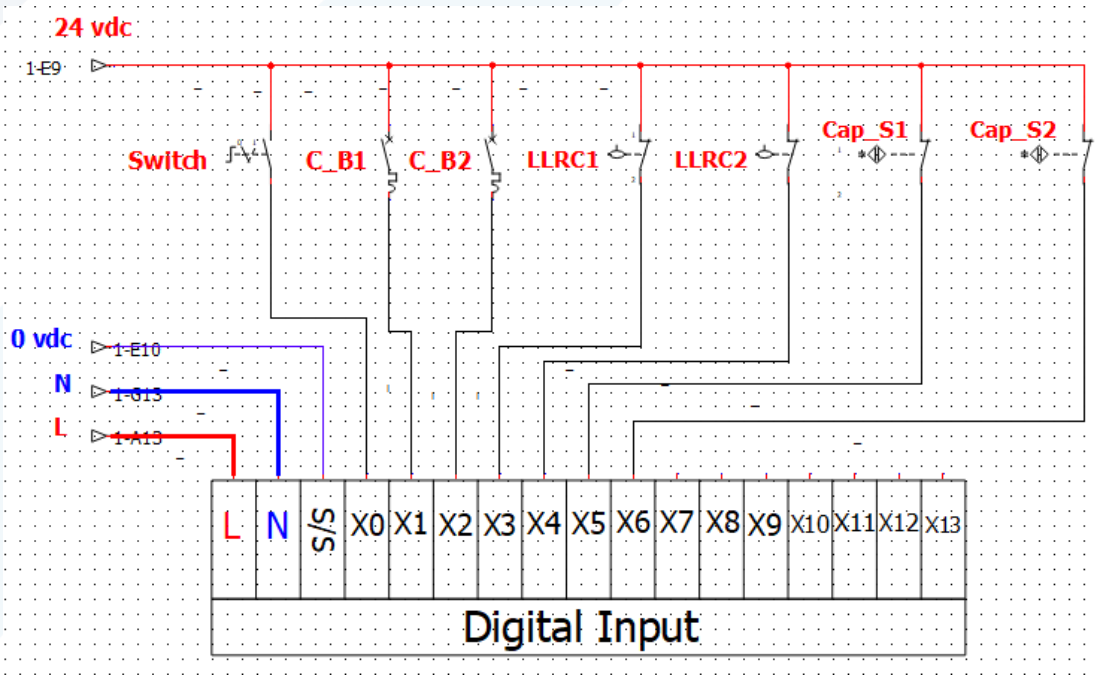
الشكل 72 جدول يوضح تغير مقاومة حساس RTD بتغير درجة الحرارة

10. Switch.

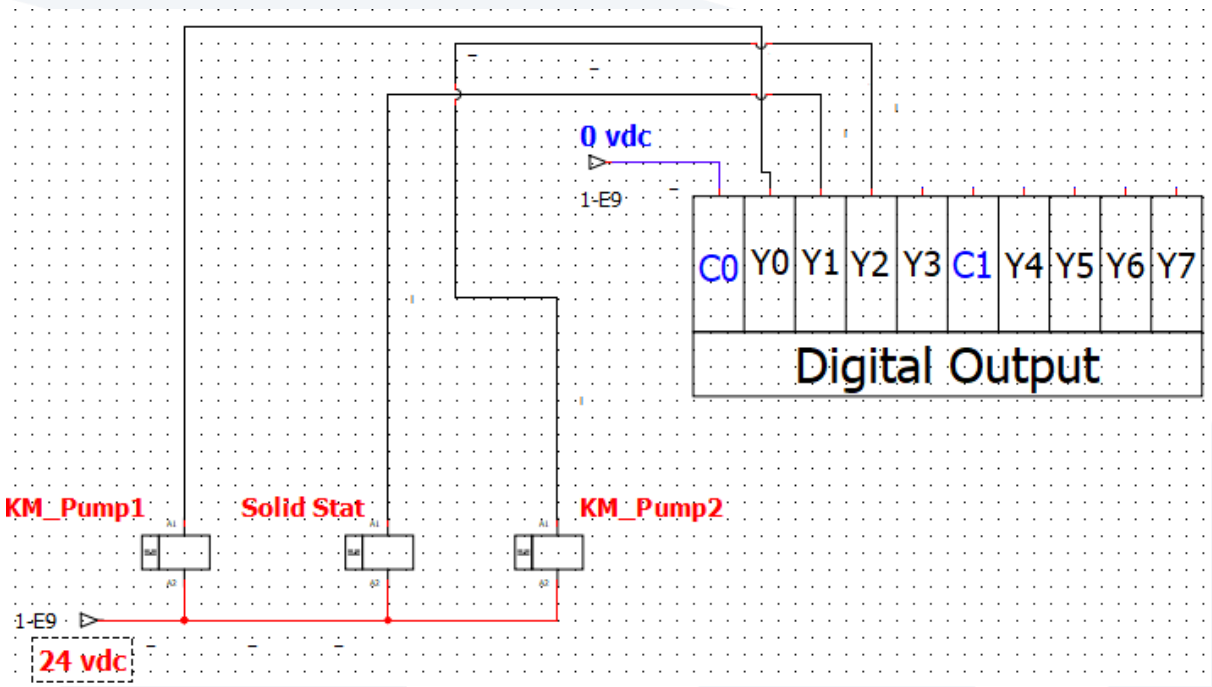
❖ مخططات التوصيل:



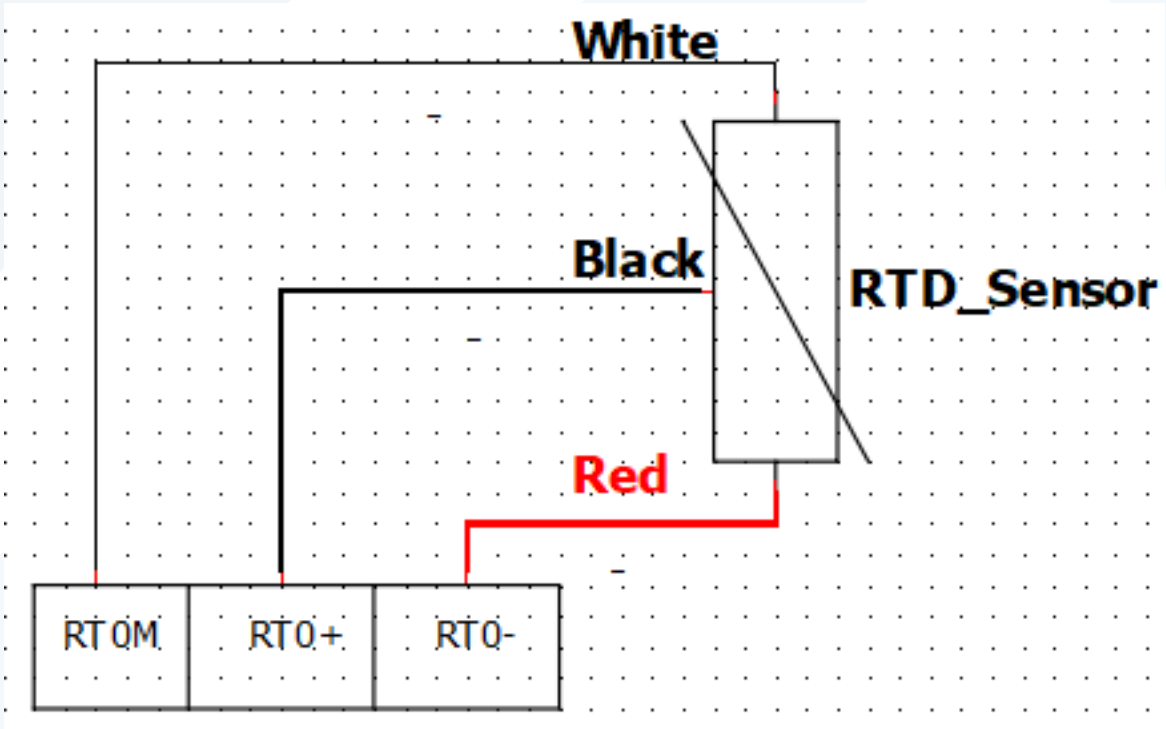
الشكل 73 مخطط الاستطاعة



الشكل 74 توصيل مداخل PLC

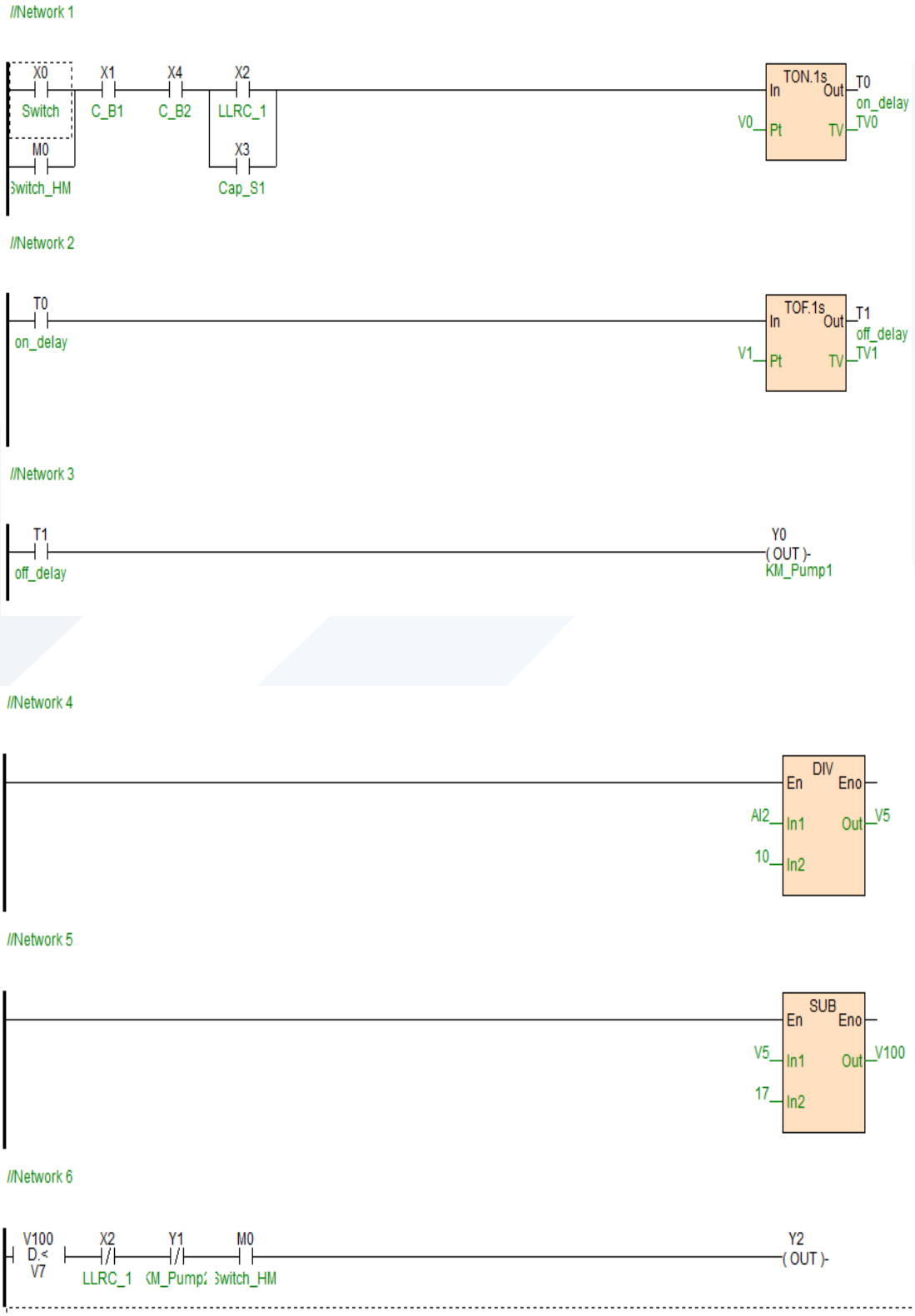


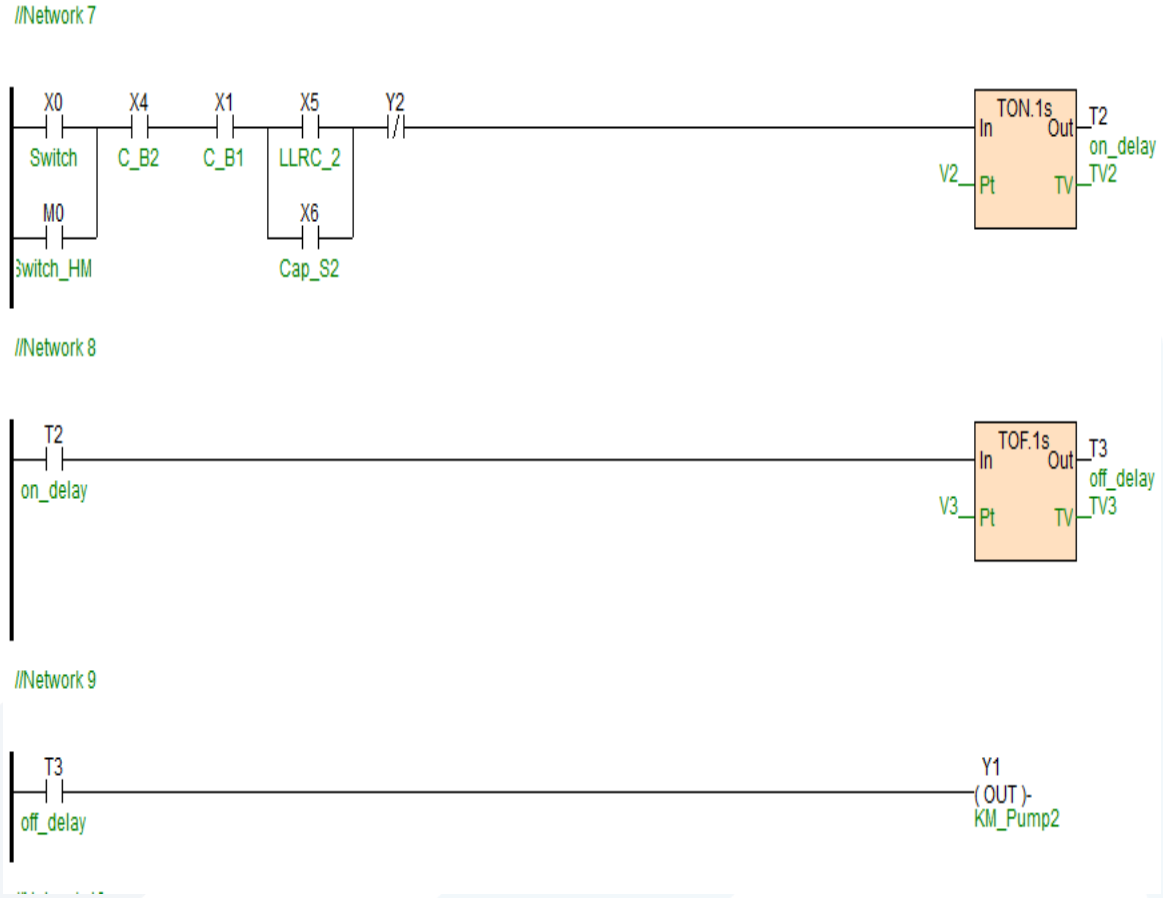
الشكل 75 توصيل مخارج PLC



الشكل 76 توصيل حساس الحرارة RTD

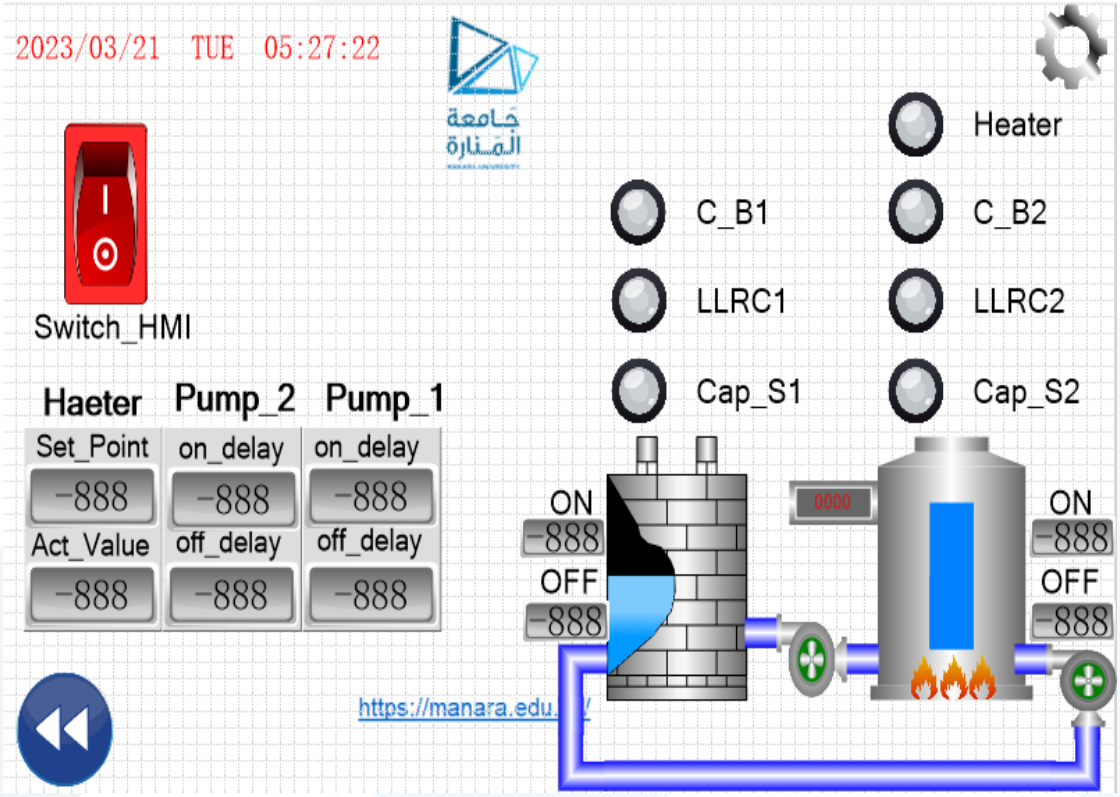
❖ **برنامج PLC بلغة Ladder:**



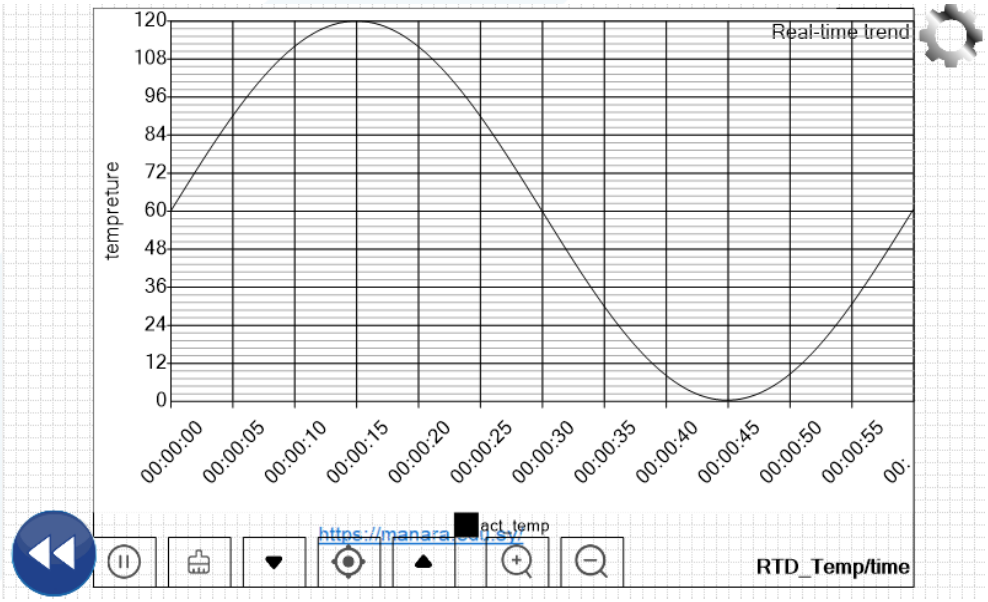


الشكل 77 برنامج PLC

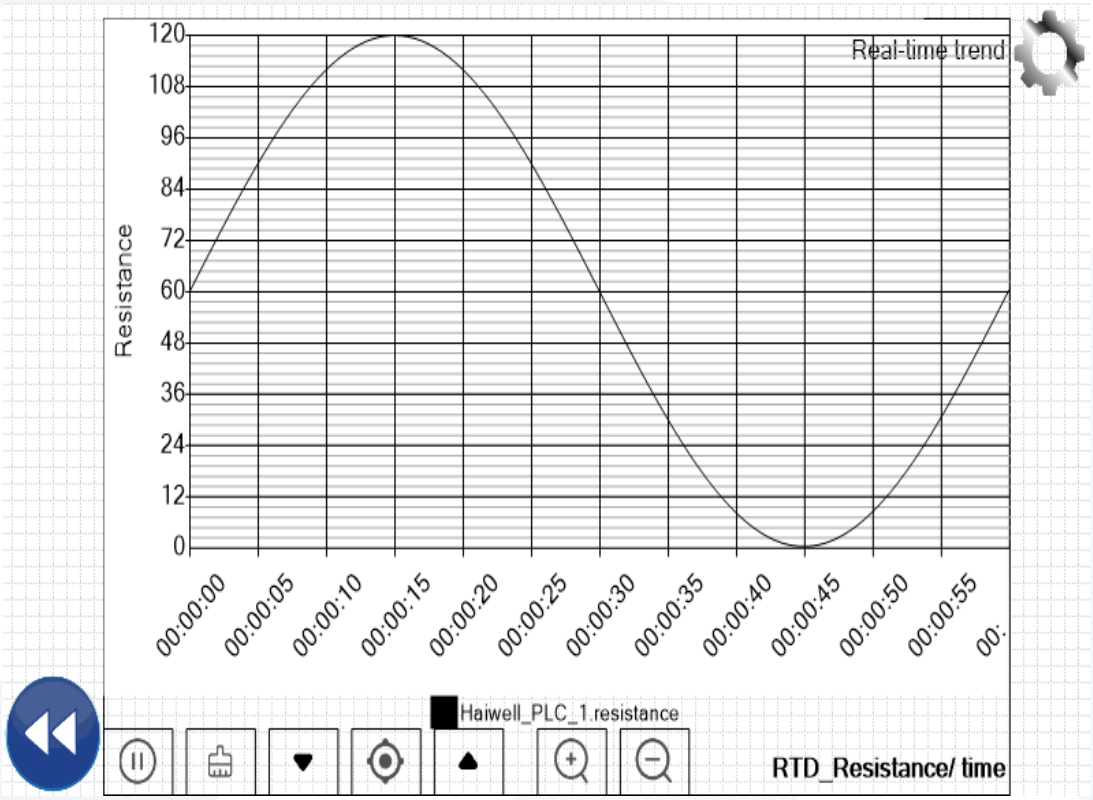
❖ تصميم شاشة HMI:



الشكل 78 تصميم شاشة HMI



الشكل 79 تغير درجة الحرارة بدلالة الزمن



الشكل 80 تغير مقاومة حساس الحرارة بدلالة الزمن

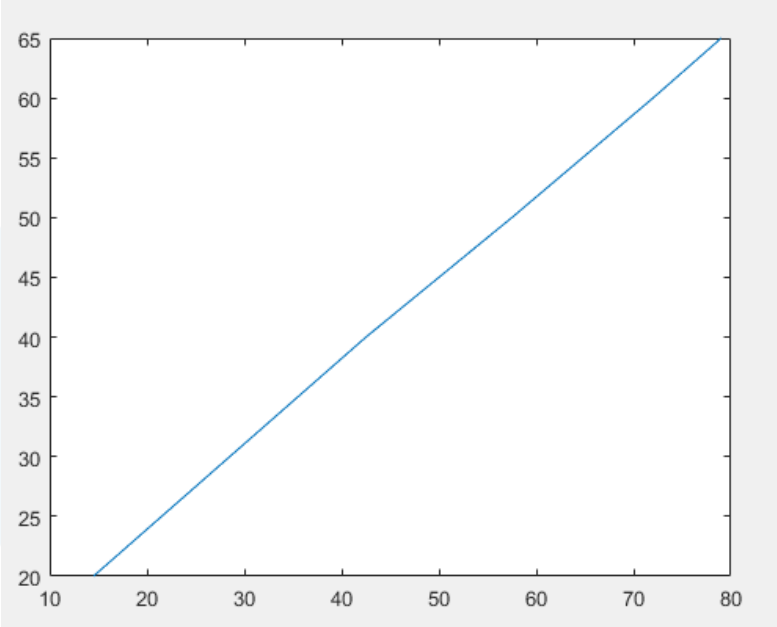
Switch	مفتاح وضع واحد لإيقاف الدارة
Switch_HMI	مفتاح برمجي
LLRC1	ريليه التحكم بمستوى السائل في الخزان الأول
Cap_S1	الحساس السعوي في الزان الأول
LLRC2	ريليه التحكم بمستوى السائل في الخزان الثاني
Cap_S2	الحساس السعوي في الخزان الثاني
V0	قيمة وقت المؤقت on_delay1 للمضخة الأولى
V1	قيمة وقت المؤقت off_delay1 للمضخة الأولى
V2	قيمة وقت المؤقتon_delay2 للمضخة الثانية
V3	قيمة وقت المؤقت off_delay2 للمضخة الثانية
T0	مؤقتon_delay للمضخة الأولى
T1	مؤقت off_delay للمضخة الأولى
T2	مؤقت on_delay للمضخة الثانية

T3	مؤقت off_delay للمضخة الثانية
KM_Pump1	ملف الكونتاكتور 1
KM_Pump2	ملف الكونتاكتور 2
C_B1	قاطع محرك للمضخة الأولى
C_B2	قاطع محرك للمضخة الثانية
Heater	السخان

6.4. التحكم بتعبئة وتفريغ خزان الى مستوى محدد:

في عملية التعبئة والتفريغ الآلي للخزان، يتم استخدام مضخة أحادية الطور لتعبئة الخزان لمستوى محدد يتم إدخاله عن طريق شاشة HMI بالإضافة إلى مفتاح برمجي لإيقاف المنظومة.

1. تم قياس وقت تعبئة الخزان لارتفاعات عشوائية تجريبية ورسم خط بياني لها ومن التمثيل البياني تبين ان العلاقة بين زمن التعبئة ومستوى السائل علاقة خطية.



الشكل 81 العلاقة بين ارتفاع السائل وزمن التعبئة

وبالتالي نجد أن علاقة ارتفاع السائل تمثل بالعلاقة الرياضية التالية:

$$L = a * t + b \qquad (1)$$

وبتعويض القيم التجريبية بالمعادلة (1) نجد أن:

$$a = 0.68$$

$$b = 10.62$$

وبتعويض الثوابت نجد:

$$t = \frac{L - 10.62}{0.68} \qquad (2)$$

حيث أن:

t: زمن تشغيل المضخة لتعبئة الخزان الأول إلى المستوى المطلوب.

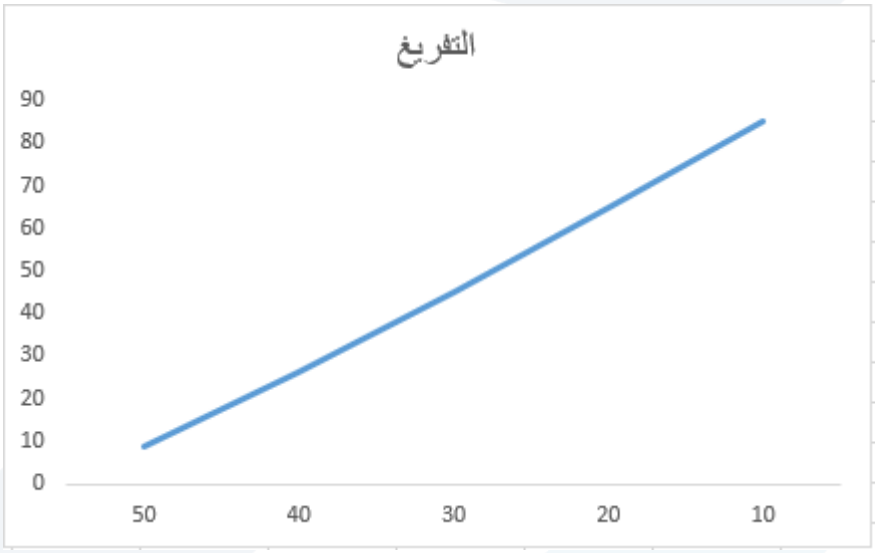
L: مستوى السائل المطلوب.

مثلا: نريد تعبئة الخزان الى مستوى 35 سم نقوم تعويض بالمعادلة السابقة.

$$t = \frac{35 - 10.62}{0.68} = 28.35\ (s)$$

إذا المضخة يجب أن تعمل 28.35 ثانية لكي يصل مستوى السائل الى 35 سم.

2. ثم تم قياس وقت تفريغ الخزان لارتفاعات عشوائية تجريبية ورسم خط بياني لها ومن التمثيل البياني تبين ان العلاقة بين زمن التفريغ ومستوى السائل علاقة خطية.



وبالتالي نجد أن علاقة ارتفاع السائل تمثل بالعلاقة الرياضية التالية:

$$L = a * t + b \qquad (1)$$

وبتعويض القيم التجريبية بالمعادلة (1) نجد أن:

$$a = -0.57$$

$$b = 64.85$$

وبتعويض الثوابت نجد:

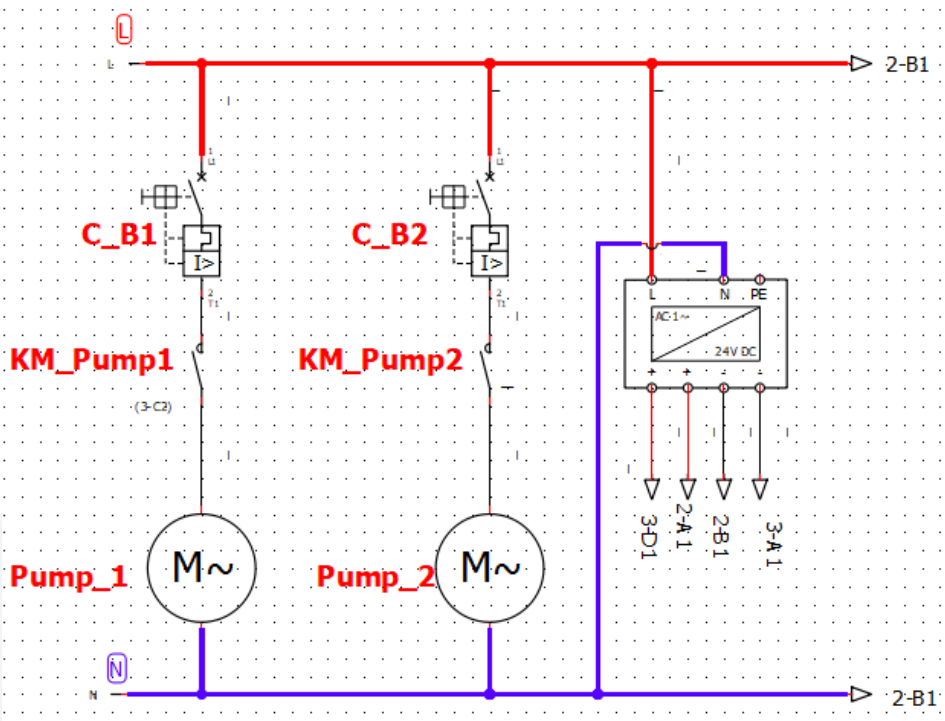
$$t = \frac{L - 64.85}{-0.57} \qquad (3)$$

حيث أن:

t: زمن تشغيل المضخة لتفريغ الخزان الأول إلى المستوى المطلوب مقاس بالثانية (s).

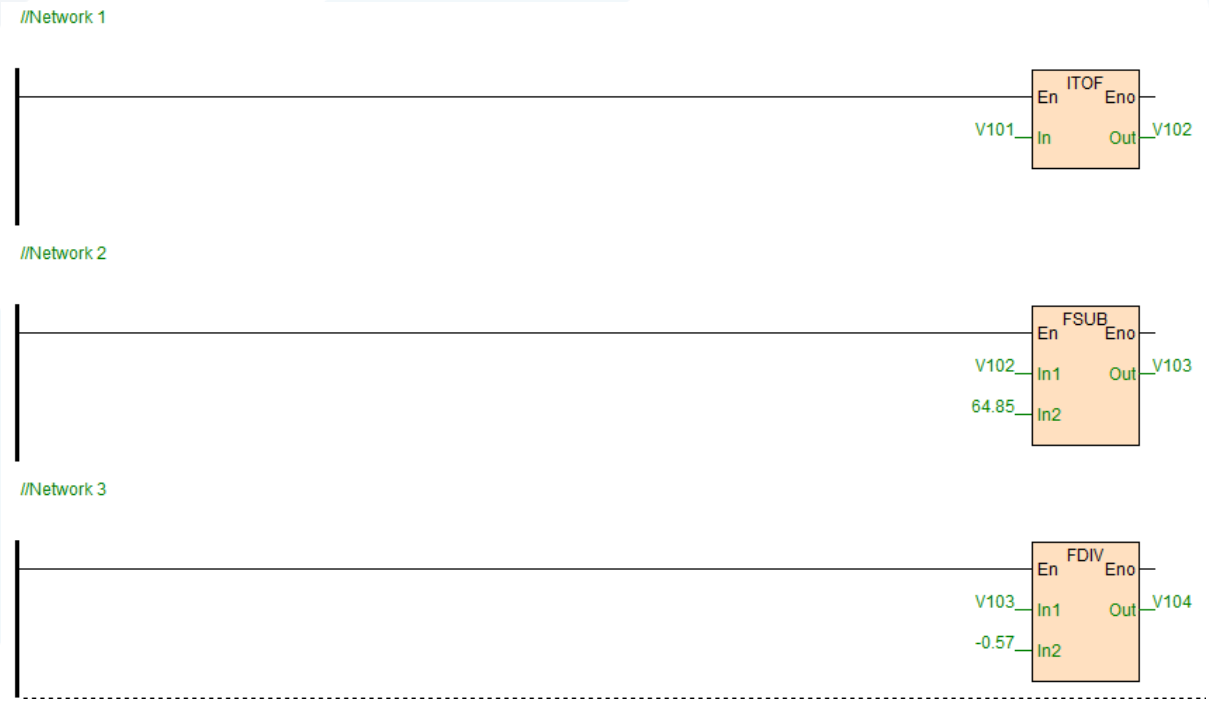
L: مستوى السائل المطلوب مقاس بالسنتيمتر (cm).

❖ **مخطط التوصيل:**



الشكل 82 مخطط الاستطاعة للتحكم بتعبئة وتفريغ خزانين

❖ **برنامج PLC بلغة Ladder:**

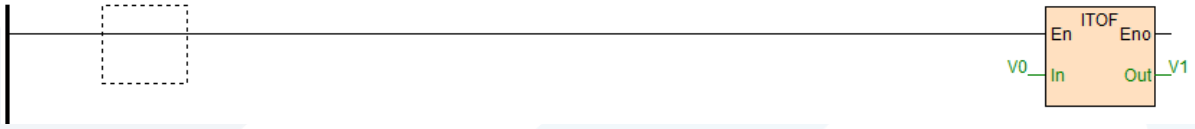


//Network 4

//Network 5

//Network 6

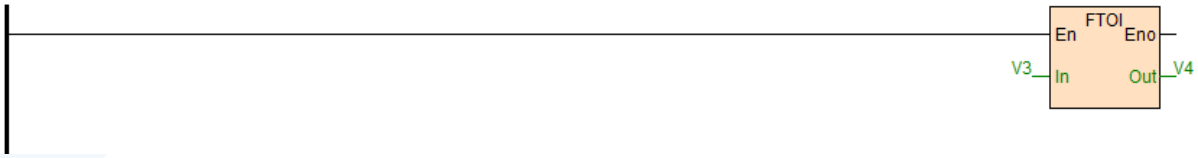
//Network 7

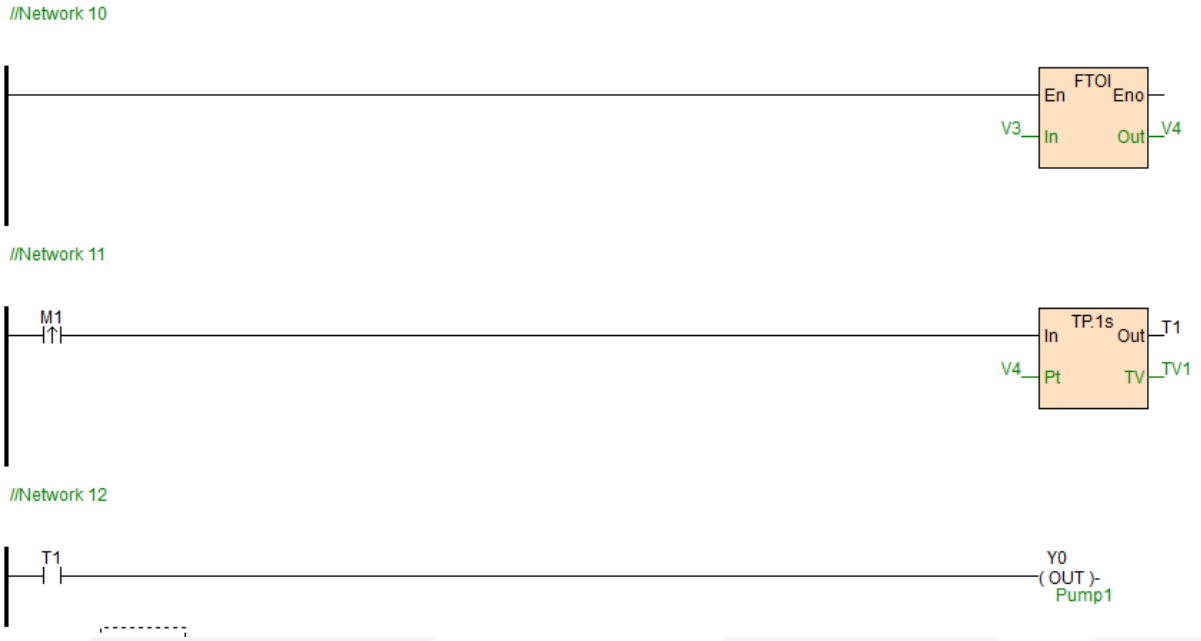


//Network 8

//Network 9

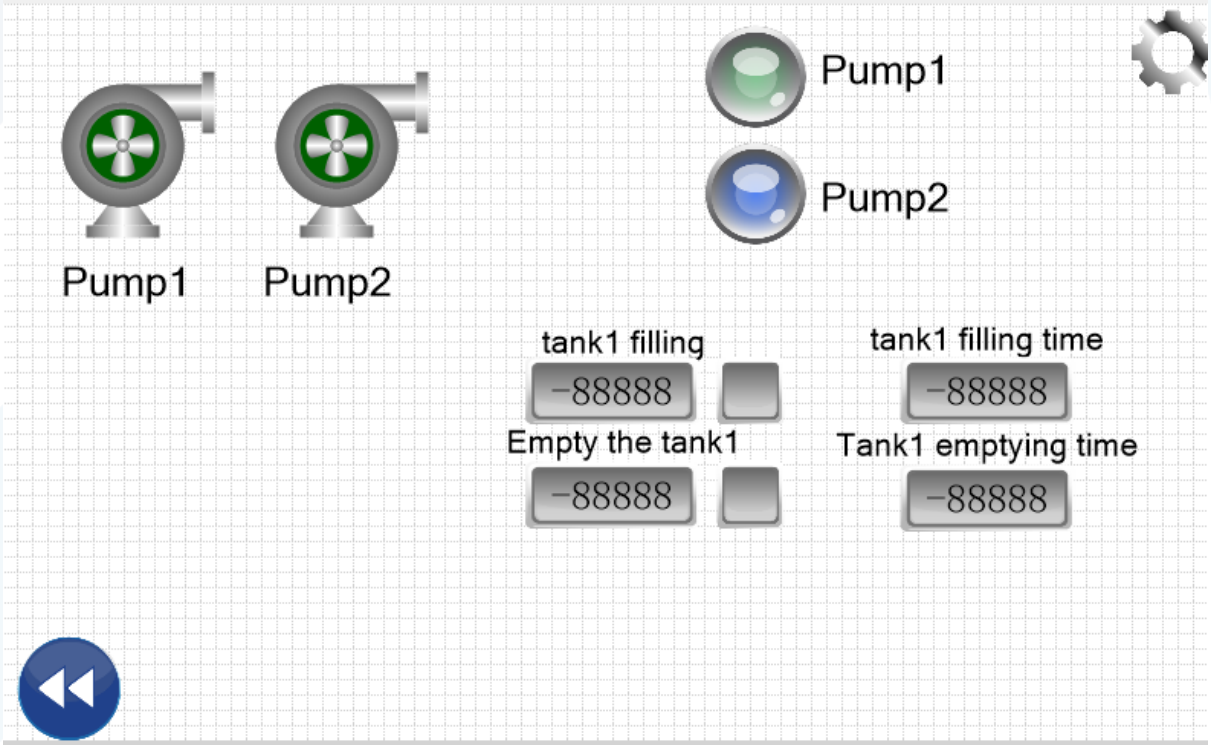
//Network 10





الشكل 83 برنامج PLC للتحكم بتعبئة وتفريغ الخزان

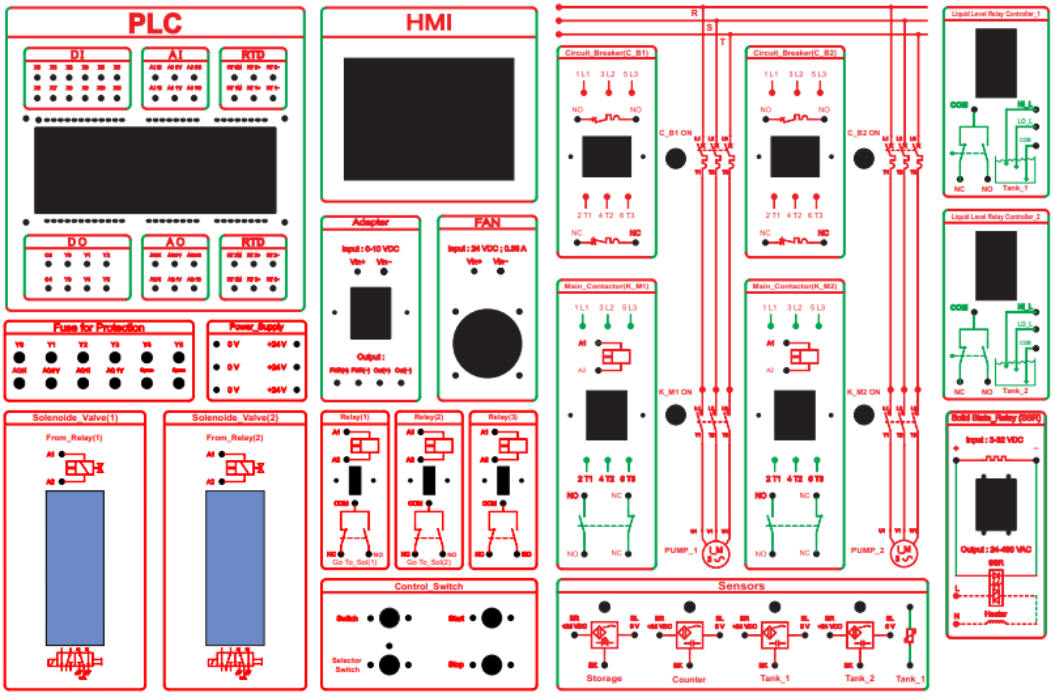
❖ **تصميم شاشة HMI:**



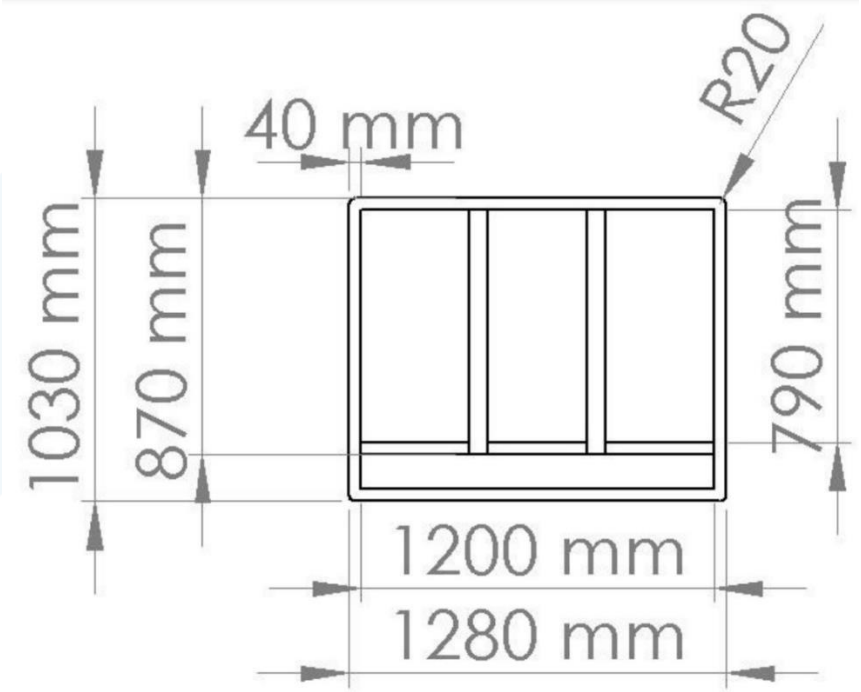
الشكل 84 تصميم واجهة HMI للتحكم بتعبئة وتفريغ الخزان

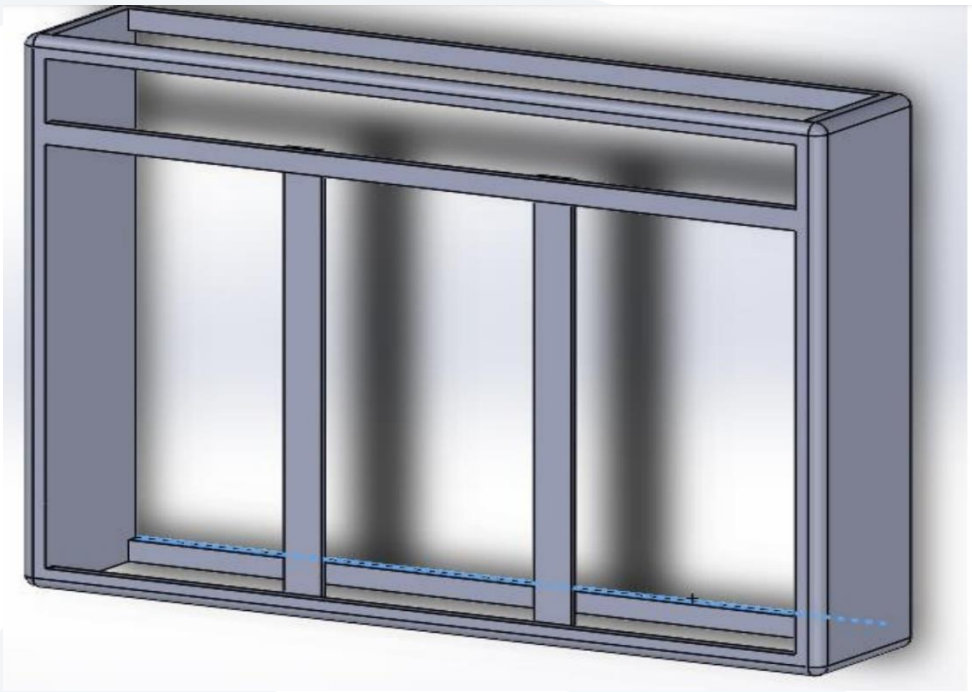
النتائج:

1- تم تصميم واجهة المنصة باستخدام برنامج Corel Draw وتصميم الصندوق باستخدام برنامج Solid Work.



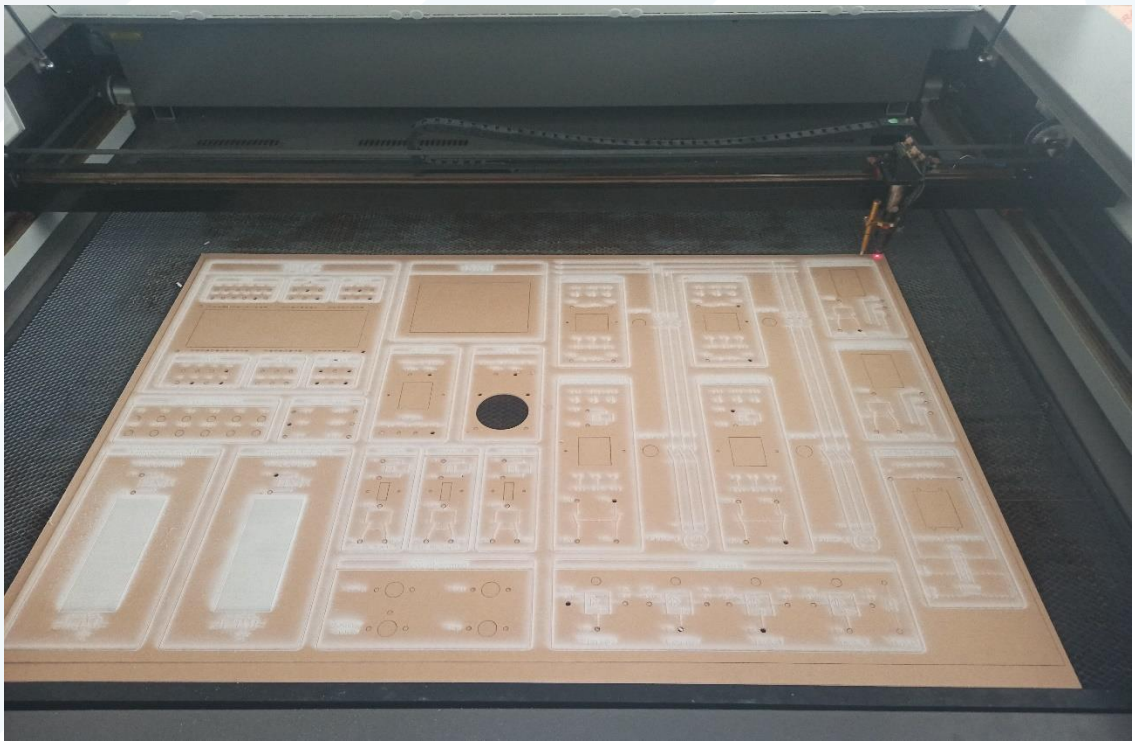
الشكل 85 تصميم واجهة المنصة

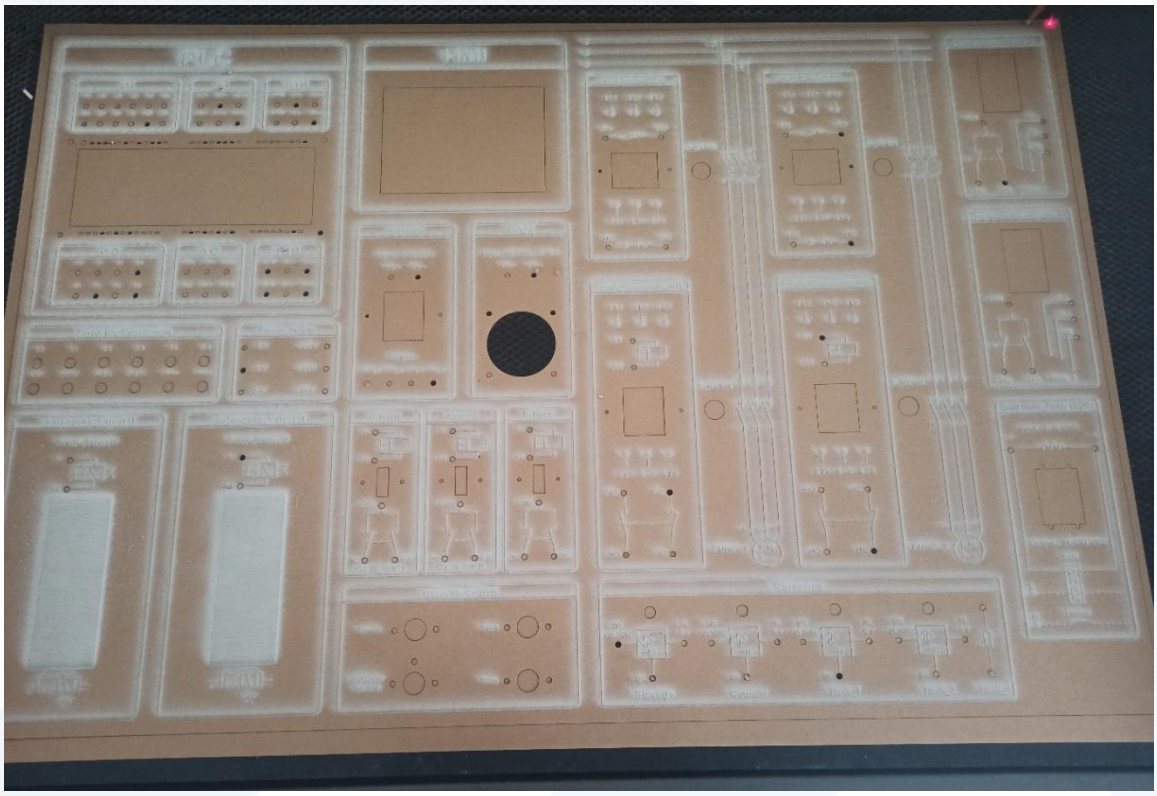




الشكل 86 تصميم صندوق المنصة

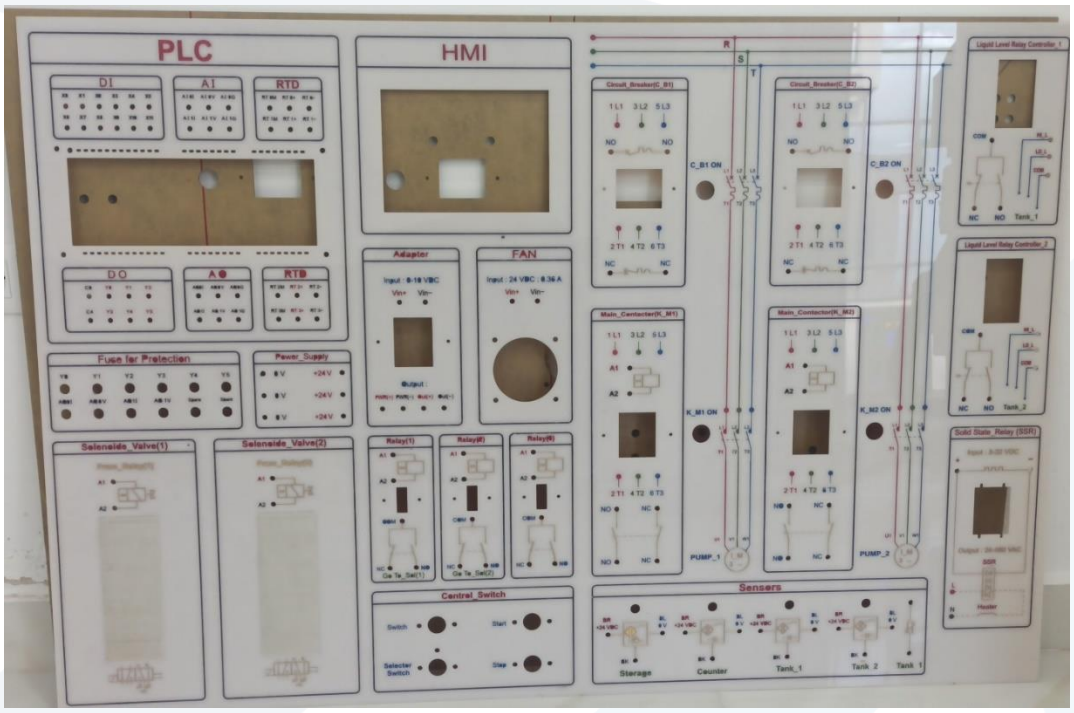
2- تم قص واجهة المنصة على ماكينة الليزر الموجودة في الجامعة وتصنيع صندوق من مادة الالمنيوم.





الشكل 87 واجهة المنصة بعد القص

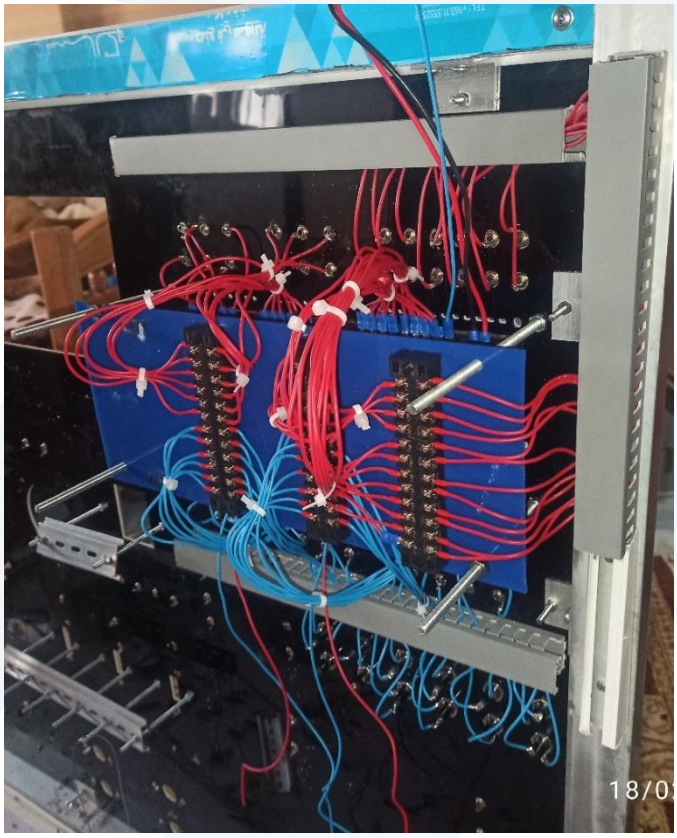
الشكل 88 واجهة المنصة بعد التلوين



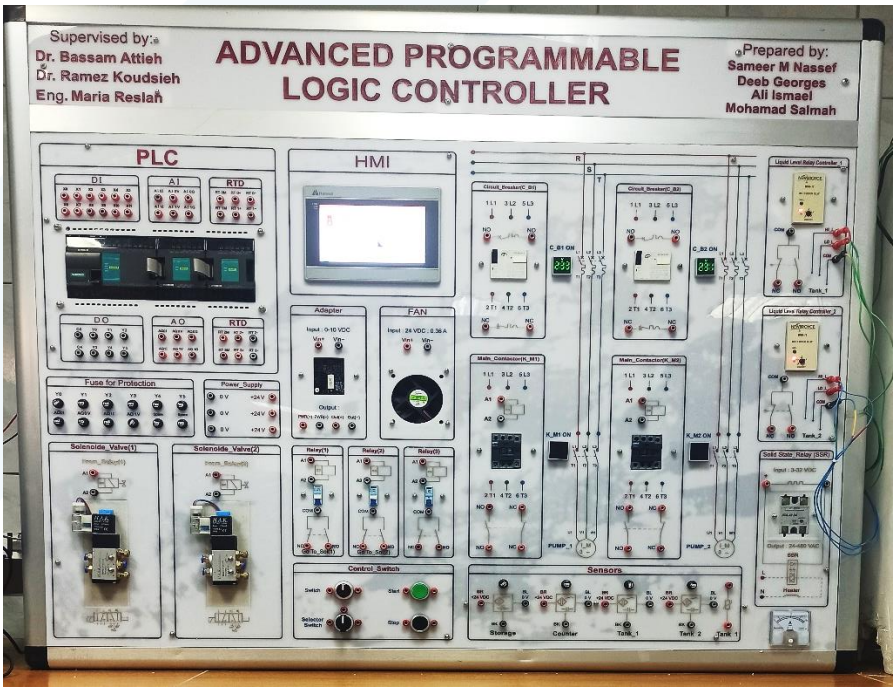
الشكل 89 واجهة المنصة بعد التلوين

الشكل 90 صندوق المنصة بعد التصنيع

3- تم تجميع المنصة وتوصيل القطع المكونة لها مع الواجهة حسب التصميم الموضوع.



الشكل 91 تركيب وتوصيل ال PLC مع الواجهة



الشكل 92 الشكل النهائي للمنصة بعد تركيب جميع القطع

التوصيات:

1- سوف يتم إضافة إنفرتر للتحكم في سرعة مضخات المياه.

2- إضافة حساسات تشابهية لصنع تجارب تفيد العملية التعليمية.

3- إضافة توسعة Load cell لوصل خلايا الوزن الى PLC وعمل تجارب التحكم في وزن.

المراجع:

1. Industrial Process Sensors,2007, David M. Scott, CRC Press.
2. Instrumentation and control system, 2021, William Bolton, Newnes.
3. Programmable Logic Controller (PLC) Tutorial, Siemens Simatic S7-1200, June 20, 2016, Stephen PhilipTubbs.
4. Programmable Logic Controllers Hardware and Programming, 2021, Max Rabiee, Goodheart-Willcox Company, Incorporated.
5. PLC and HMI Development with Siemens TIA Portal, 2022, Liam Bee, Packt Publishing.