دولـــــة ليبيـــــا
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعــة مصراتـــة – كليـــة الهندســة

قســم الهندســة الكهربائيـــة والإلكترونيـــة
شُعبة التحكم والأتمتة الصناعية

مشروع تخرج بعنوان:

فصل الشوائب المعدنية والمخلفات البلاستيكية وتعبئتها ونقلها باستخدام الحاكم المنطقي المبرمج (PLC)

قُدم هذا المشروع استكمالاً لمتطلبات الحصول على الدرجة الجامعية الأولى (البكالوريوس)
في الهندسة بقسم الهندسة الكهربائية والإلكترونية بكلية الهندسة بجامعة مصراتة

إعداد الطالب:

أحمـــد حســـن محمـــد العويـــب رقم القيد/ 1601021

إشراف:

أ. إسماعيـل محمـد البطـــروخ

الفصل الدراسي: (ربيع 2022-2023)

كلية الهندسة
جامعة مصراتة

جامعة مصراتة
MISURATA UNIVERSITY

كلية الهندسة – جامعة مصراتة

قسم التسجيل والدراسة والامتحانات

السيد/ رئيـــس قســـم الهندســة الكهربائيـــة والإلكترونيـــة

مُقدم الطلب/

الاسم/ أحمد حسن محمد العويب رقم القيد/ 1601021

أُفيـــدكم ،،، بـــأنني قـــد أكملـــت جميـــع التصـــحيحات المطلوبـــة منّـــي علـــى مشـــروع التخرج المُقدم من قِبلي والذي تمت مُناقشته بتاريخ: **2023/07/24م.**

☑ **نرفق لكم عدد (3) نسخ من المشروع.**

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

التوقيع/ .....

اعتماد الممتحنين:

الطالب المعني قام بإجراء التعديلات المطلوبة منه.

الاسم/ د. علي محمد عبد الشاهد **التوقيع/** .....

الاسم/ د. أحمد عبد الحميد بعيو **التوقيع/** .....

اعتماد المشرف:

تم إجراء التعديلات المطلوبة من قبل الطالب، ولا يترتب عليه أية التزامات أخرى.

الاسم/ أ. إسماعيل محمد البطروخ **التوقيع/** .....

التاريخ: / /2024م

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

﴿يَرْفَعِ ٱللَّهُ ٱلَّذِينَ ءَامَنُواْ مِنكُمْ وَٱلَّذِينَ أُوتُواْ ٱلْعِلْمَ دَرَجَٰتٍ ۚ وَٱللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ﴾

[سورة المجادلة: من الآية 11]

﴿وَقُل رَّبِّ زِدْنِي عِلْمًا﴾

[سورة طه: من الآية 111]

الإهـــــــداء

إلهي لا يطيب الليل إلا بشكرك ولا يطيب النهار إلا بطاعتك ولأتطيب اللحظات إلا بذكرك ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك ولا تطيب الجنة إلا برؤيتك

الله جل جلاله

إلى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة، ونصح الأمة، إلى نبي الرحمة ونور العالمين،

سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم

إلى من كلله الله بالهيبة والوقار، من علمني العطاء دون انتظار، من أحمل اسمه بكل افتخار

أبي العزيز

إلى معنى الحب ومعنى الحنان، إلى بسمة الحياة وسر الوجود إلى من كان دعاؤك سر نجاحي

أمي الحبيبة

نرجو من الله أن يمد في أعماركم لتروا ثماراً قد حان قطافها بعد طول انتظار وستبقى كلماتكم نجوماً نهتدي بها اليوم وفي الغد وإلى الأبد.

إلى من كان لهم بالغ الأثر في كثير من العقبات والصعاب، ولم يتوانوا في مد يد العون لي

عائلتي

إلى من حملوا على عواتقهم عبء تعليمي وإنارة عقلي من عملوا جاهدين على غرس حب المعرفة في نفسي

أساتذتي الكرام

الى الرفقة الطيبة من وقفوا بجواري وساعدوا بكل ما يملكون، الى من كانوا معي على طريق النجاح والخير، الى من عرفت كيف أجدهم وعلموني ألا أضيع

أصدقائي.. هم السند والعون والمدد والله

مُقدم المشروع ...

الشكـــــر والتقديـــــر

فـي البدايـة أشـكر **الله عـز وجـل** علـى توفيقـه لـي .. كمـا يسـعدني فـي هـذا المقـام أن أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى مشرف مشروعي:

** أستاذي الفاضل/ إسماعيـل محمـد البطـروخ **

وذلـك لمـا قدمـه لـي مـن عـون ودعـم وملاحظـات مثمـرة فـي سـبيل إخـراج مشـروع تخرجي في أبهى حلة وأفضل صورة.

ولا يفوتني أن أتقدم بالشكر والتقدير إلى كل من ساعدني وبذل معي مجهودات في سبيل إنجاح هذا العمل ولو بالكلمة الطيبة.

مُقدم المشروع ...

ملخص المشروع

في هذا المشروع تم طرح بعض الجوانب العملية بمجال التحكم الالي الصناعي والحاكمات المنطقية المبرمجة PLC وكدلك الاستخدام العملي لها والاستخدام العلمي لكثر من العناصر الكهربائية المرتبطة بها ضمن منظومات التحكم ودلك باستغلال المتوفر منها في السوق المحلي .

ان هدا المشروع هوا تطوير لفكرة وضعها المهندسان "عبد الحكيم التركي – صهيب فريفر" في مشروع تخرجهم من كلية الهندسة – جامعة مصراتة تحت عنوان" فصل الشوائب المعدنية عن المخلفات البلاستيكية باستخدام الحاكمات المنطقية القابلة للبرمجة" حيث جسدوا فكرة الأساس لمصنع إعادة تدوير مخلفات يتم فيه فصل الشوائب المعدنية فقط، لأكمل في هدا المشروع باقي خطوات الفصل و أضيف خطوات تعبئة و نقل للمخلفات بعد فصلها عن طريق سيور متحركة بواسطة محركات واستخدام للحساسات و المشغلات ومكابس للهواء لأحاكي المراحل الأولى في مصانع إعادة تدوير المخلفات من فصل و تعبئة و نقل و التحكم بكل هدا اليا عن طريق الحاكم المنطقي المبرمج PLC الخاص بشركة (DELTA) نوع (DVP-12SA2 11T).

قائمة المحتويات

ت	العنـــــــــــــوان	الصفحة
-	الآية القرآنية	أ
-	الإهداء	ب
-	الشكر والتقدير	ج
-	ملخص المشروع	د
-	قائمة المحتويات	هـ
-	قائمة الأشكال	ز
-	قائمة الجداول	ح
	الفصل الأول **المقدمة**	
1.1	المقدمة	2
2.1	فكرة المشروع	2
3.1	أهداف المشروع	3
4.1	دراسات سابقة	3
5.1	فصول المشروع	5
	الفصل الثاني **التحكم الآلي" الحاكمات المنطقية المبرمجة PLC "**	
1.2	المقدمة	7
2.2	نبذة تاريخية	7
3.2	نظام التحكم (Control System)	8
4.2	الحاكم المنطقي المبرمج PLC	9
5.2	مكونات الحاكم المنطقي PLC	9
6.2	برمجة الحاكم المنطقي المبرمج	13
7.2	دورة عمل نظام الحاكم المنطقي المبرمج	15
8.2	محتويات برنامج الحاكم المنطقي المبرمج	16
9.2	مميزات استخدام الحاكم المنطقي المبرمج PLC	17

ت	العنـــــــــــــــوان	الصفحة
	الفصل الثالث **الحساسات والمشغلات**	
1.3	المقدمة	19
2.3	الحساسات (Sensors)	19
3.3	المشغلات (Actuators)	31
	الفصل الرابع **الجانب العملي**	
1.4	المقدمة	39
2.4	نبذة عن المشروع	39
3.4	العناصر المستخدمة في المشروع	40
4.4	ربط العناصر الكهربائية مع الحاكم المنطقي المبرمج	54
5.4	تشغيل وإيقاف المشروع	54
6.4	فكرة عمل المشروع	55
7.4	الخريطة الكهربائية للمشروع	57
	الفصل الخامس **الاستنتاجات والتوصيات**	
1.5	المقدمة	59
2.5	الاستنتاجات	59
3.5	التوصيات	60
	المراجع	
	الملاحق	

قائمة الأشكال

رقم الشكل	عنـــــوان الشكـــــــل	الصفحة
1-2	مخطط صندوقي لمنظومة تحكم صناعية	8
2-2	أجزاء الحاكم المنطقي المبرمج PLC	9
3-2	وحدات الدخل ووحدات الخرج لجهاز الحاكم المنطقي المبرمج PLC	11
4-2	المخطط السلمي LAD	13
5-2	مخطط البوابات CSF	14
6-2	قائمة الإجراءات STL	15
7-2	دورة عمل الحاكم المنطقي المبرمج PLC	16
8-2	المؤقتات داخل المخطط السلمي LAD	16
9-2	العدادات داخل المخطط السلمي LAD	17
1-3	مثال على الحساسات الرقمية	20
2-3	مثال على الحساسات	21
3-3	أنواع خرج الحساس (PNP وNPN)	21
4-3	الحساسات العاكسة	23
5-3	الحساسات الارتدادية	23
6-3	حساسات الاشعة البينية	24
7-3	حساس تقاربي حثي	24
8-3	حساس تقاربي سعوي	25
9-3	حساسات المزدوجات الحرارية	26
10-3	حساسات الثرموسترات	26
11-3	كاشف درجة الحرارة المقاومة	27
12-3	حساس درجة الحرارة نوع الثرموستات	27
13-3	فكرة عمل المشفرات التزايدية الضوئية	28
14-3	فكرة عمل المشفرات المطلقة	29
15-3	حساس التدفق	29
16-3	المرحل الكهروميكانيكي	32
17-3	التركيب الداخلي للمرحل الكهروميكانيكي	32
18-3	اللاقط الكهربائي	33
19-3	مبدا تشغيل المحرك	35
20-3	صمام كهروميكانيكي يعمل بالطريقة الكهربائية	37

رقم الشكل	عنـــــوان الشكـــــــل	الصفحة
1-4	قاطع الدائرة الحراري المستخدم	41
2-4	مزود الطاقة المستخدم	42
3-4	الحاكم المنطقي المبرمج الدي تم استخدامه	43
4-4	الملحق المستخدم في المشروع	44
5-4	مصابيح البيان	44
6-4	مفاتيح التشغيل والإيقاف المستخدمة	45
7-4	مفاتيح الطوارئ المستخدمة	45
8-4	مرحل شركة (Finder)	46
9-4	مرحل شركة (OMRON)	46
10-4	مكبس الهواء شركة (E.MC)	47
11-4	مكبس الهواء شركة (FESTO)	47
12-4	الصمام الكهربائي الهوائي المستخدم	48
13-4	الحساس التقاربي الحثي المستخدم	49
14-4	الحساس السعوي المستخدم	50
15-4	الحساس الكهرو ضوئي الارتدادي المستخدم	51
16-4	المحرك التزامني المستخدم	52
17-4	أبعاد المحرك التزامني المستخدم	52
18-4	شاشة (HMI) المستخدمة	53
19-4	الخريطة الكهربائية للمشروع	57

قائمة الجداول

رقم الجدول	عنـــــوان الجـــــــدول	الصفحة
1-2	أنواع الذاكرات	12
2-2	رموز المخطط السلمي LAD	12
1-4	المشغلات الموصلة في المرحلات الكهرو ميكانيكية	46
2-4	مواصفات المكابس الهوائية المستخدمة في المشروع	47
3-4	توزيع العناصر الكهربائية	54

الفصل الأول

المقدمـــــة

1.1 المقدمة

ان التطور الكبير في علم التحكم الالي، استدعى استنباط طرق وتجهيزات حديثة ومتميزة وذات دقة عالية، لتحقيق دلك تم اســتخدام الحاســبات والمعالجات في أنظمة التحكم الآلي والاســتغناء عن أنظمة التحكم اليدوي، حيث يعتبر التحكم الآلي حاليا من العلوم الهندســية التي تلعب دورا كبيرا في التقدم العلمي والهندسـي، ولم يقتصـر التحكم الالي على المجالات الصـناعية بل كانت الاسـتفادة في جميع مجالات الحياة، حيث أصبح يستخدم في المجالات الطبية والمجلات الزراعية والمجالات التجارية وغيرها من المجالات.

ونتيجة للتقدم العلمي والتقني وزيادة تعقيدات العمليات الصناعية المختلفة ظهرت الحاجة الماسة الى تطور مماثل لأساليب التحكم في هده العمليات الصناعية ووسائل تنفيذها ودلك باستخدام الحاكمات المنطقية القابلة للبرمجة PLC.

2.1 فكرة المشروع

في الوقت الدي تشهده بلادنا من تطور في المجالات الصناعية الكثيرة والتي تعتبر من أهمها مصانع إعادة تدوير المخلفات "النفايات" المنزلية والصناعية وكيفية إيجاد طريقة مثلى للاستفادة من المخلفات البلاستيكية والورقية والمعدنية وتحويلها الى مواد خام يمكن الاستفادة منها .

هده الفكرة مأخوذة من مصانع كثيرة ويعتبر هدا المشروع حجر أساس لمصنع إعادة تدوير المخلفات، وهو تطوير لفكرة بدأها طلبة كلية الهندسة – جامعة مصراتة في مشروع تحت عنوان " فصل الشوائب المعدنية عن المخلفات البلاستيكية باستخدام الحاكمات المنطقية القابلة للبرمجة" حيث ان المصانع تحتاج لفصل المخلفات البلاستيكية والورقية أيضا و الاستفادة من إعادة تدويرها وتحويلها الى مواد خام مع فصل المخلفات المعدنية و الاستفادة منها أيضا، وتحتاج لحركة تنظيمية داخلها بعد عملية فصل المخلفات لتكتمل عملية الفصل بحيث يسهل تصنيفها وتجميعها وتعبئتها في حاويات أو عربات ومن ثم نقلها الى المكان الدي سيتم فيه إعادة تدويرها .

فكرتنا في هدا المشروع هوا تطبيق المذكور في السابق عن طريق الحاكمات المنطقية المبرمجة PLC بحيث تعتمد الفكرة على تصميم خط سير متحرك يحتوي على مجموعة من الحساسات والمشغلات ويقوم بإزالة الشوائب المعدنية والشوائب البلاستيكية والورقية ووضع كل منهما في سير متحرك على حدي عن طريق مكابس هواء وجمعها ونقلها وكل دلك عن الطريق التحكم بها آليا عن طريق الحاكمات المنطقية المبرمجة.

3.1 أهداف المشروع

الهدف من هذا المشروع ما يلي:

1) توسيع افاق الطلبة من الناحية العلمية بمجال التحكم الصناعي.
2) توضيح مفهوم الحاكمات المنطقية المبرمجة وطريقة عملها وبرمجتها.
3) طريقة عمل الحساسات والمشغلات وكيفية ربطها وتوصيلها مع الحاكم المنطقي المبرمج.
4) فهم عمل مصانع إعادة تدوير المخلفات وكيفية فصل المخلفات المعدنية والمخلفات البلاستيكية والورقية.
5) تنظيم الحركة داخل المصانع والتي تعتبر من الأشياء المهمة التي يجب على كل مهندس التركيز عليها لتسهل حركة الفصل داخل المصنع.
6) تجهيز أماكن نقل المخلفات بعد فصلها عن طريق العربات المتحركة والشاحنات لوضعها في قوالب وتحويلها لمواد خام.

4.1 دراسات سابقة

1) دراسة عبد الحكيم التركي وصهيب فريفر، بعنوان "فصل الشوائب المعدنية عن المخلفات البلاستيكية باستخدام الحاكمات المنطقية المبرمجة" [2]

تم في هدا المشروع تجسيد فكرة سير أو خط انتاج لفصل المخلفات المعدنية باستخدام الحاكم المنطقي المبرمج عن طريق حساسات ومشغلات ضمن منظومة التحكم ورسم الخرائط الكهربائية .

وكدلك تم طرح فكرة الحاكم المنطقي بصفة عامة والتكلم عن خصائصه وتوضيح عناصر التشغيل المرتبطة به وكذلك تم التطرق عن الحساسات والمشغلات بصفة عامة .

2) دراسة المهندس منتصر عبد الله الطاهر بعنوان "مقدمة عامة عن البرمجة المنطقية أو التحكم المنطقي المبرمج PLC" [4]

تم في هده الدراسة التطرق عن الحاكم المنطقي المبرمج وتوضيح ذواكر الحاكم المنطقي منها القابلة للقراءة فقط والقابلة للقراءة والتعديل، وكذلك وضح أنواع ال الحاكم المنطقي المبرمج واصداراته. وكدلك تحدث عن بعض الأنظمة الفرعية المساعدة في تقنية التحكم الالي منها "HMI" التي استخدمناها في المشروع .

3) دراسة محمد الشح وسند لالي، بعنوان "أتمتة ماكينة كبس هيدروليكية باستخدام الحاكم المنطقي المبرمج" [19]

تم في هذا المشروع طرح بعض الجوانب العملية بمجال الأتمتة الصناعية والحاكمات المنطقية المبرمجة على وجه الخصوص، وكذلك الاستخدام العملي لكثير من العناصر الكهربائية ضمن منظومات التحكم، واستغلال المتوفر منها في السوق المحلي، وأيضا رسم وتتبع الخرائط الكهربائية.
وتم اختيار العمل على أتمتة ماكينة كبس هيدروليكية عن طريق حاكم منطقي مبرمج وهذه الماكينة مصنعة من أربع وحدات تمثل المراحل التشغيلية، وتم دراسة فكرة عملها وطريقة توصيل منظومة التحكم بها، وكذلك وصف لخوارزمية التحكم في صورة مخطط انسيابي.

4) دراســـة صـــلاح أبوليفـــة، بعنـــوان "الـــتحكم فـــي تشـــغيل محـــرك تيـــار مســـتمر باستخدام منظومة PLC" [20]

يهدف هذا المشروع إلى إعطاء فكرة عن إحدى الطرق المستخدمة في التحكم في سرعة محركات التيار المستمر والتي تعتمد على منظومة التحكم المنطقي المبرمج وتعرف هذه الطريقة بطريقة تضمين عرض النبضة.

5.1 فصول المشروع

ينقسم هذا المشروع إلى خمسة فصول كما يلي:

- **الفصل الأول: المقدمة:**

وفيه تحدثنا عن مقدمة وفكرة المشروع وأساسها وكدلك الدراسات السابقة المستفاد منها في المشروع وفصول المشروع.

- **الفصل الثاني: التحكم الالي "الحاكمات المنطقية المبرمجة":**

في هدا الفصل تحدثنا عن التحكم الالي وتاريخه وتطوره دكرنا وأنظمة التحكم الالي ثم تطرقنا للحاكم المنطقي المبرمج والدي يعتبر قلب أنظمة التحكم الالي الحديثة حيث تم التعريف به ودكر مكوناته الرئيسية ووظيفة كل منهم، ثم تطرقنا لبرمجته وأشهر لغات البرمجة المستخدمة في كتابة برامجه وأخيرا دورة عمل نظام الحاكم المنطقي المبرمج ومحتويات برنامجه من مؤقتات وعدادات وختاما بمميزاته.

- **الفصل الثالث: الحساسات والمشغلات:**

تم في هذا الفصل التكلم عن الحساسات والمشغلات بالتفصيل، بداية بالتعريف بالحساسات وتوضيح أهميتها، ثم تصنيفاتها وبعض أنواعها واهم خصائصها، كذلك التعريف بالمشغلات وبعض أنواعها.

- **الفصل الرابع: الجانب العملي**

الدي وضحنا فيه فكرة عمل المشروع والمواد المستخدمة فيه من عناصر تشغيل كهربائية وهيدروليكية وكدلك ربط العناصر الكهربائية مع الحاكم المنطقي المبرمج وتشغيل وإيقاف المشروع.

- **الفصل الخامس: الاستنتاجات والتوصيات:**

بعد حصد النتائج المطلوبة من عمل المشروع بالطريقة الصحيحة وتدوين الاستنتاجات وكدلك تقديم عدد من التوصيات التي من شأنها تقديم الإفادة لكل مهتم بهذا العمل وتطويره وتحسين أداءه.

الفصل الثاني

التحكم الآلي

"الحاكمات المنطقية المبرمجة PLC "

1.2 المقدمة

ان ظهور الحاسب الآلي (الكمبيوتر) كان أبرز عنصر في التقدم التكنولوجي الدي يشهده العالم الآن، وكانت الاستفادة منه في جميع مجالات الحياة وخاصة في عمليات التحكم التي هي من العمليات الأساسية ذات الأهمية الكبرى في الصناعة وكان التحكم في بداية الامر يتم عن طريق أشخاص وبعد تطوير الالكترونيات أصبحت تستخدم الحوكم الالكترونية مثل (الحاكم التناسبي والحاكم التفاضلي والحاكم التكاملي) ومن ثم ظهرت عملية التحكم بالحسب وسنعرض كيفية استخدام الحاسب الآلي في عملية التحكم المنطقي المبرمج.

2.2 نبذة تاريخية

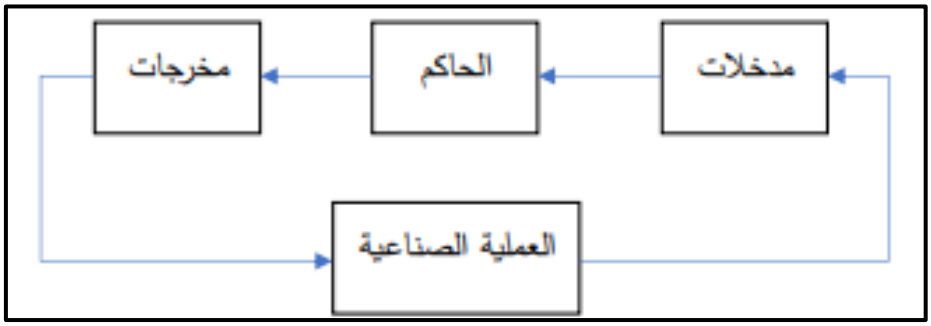
صنع أول جهاز تحكم مبرمج في شركة "جنرال موتورز" عام 1968 وكان الجهاز في بادئ الأمر يحل محل المفاتيح الكهرومغناطيسية فقط غير أنه لم يكن قادرا على تحقيق متطلبات الشركة المصنعة و لكنه في الحقيقة بادرة خير في صناعة الحاكمات القابلة للبرمجة و التي تطورت فيما بعد وانتشرت بكثرة في جميع ميادين الصناعة و نتيجة للتقدم التقني في صناعة الميكروبروسسيور أصبحت الحاكمات القابلة للبرمجة أكثر مرونة و دكاء و أصبح من السهل على الفنيين و المهندسين الدين ليس لهم دراية كفاية بعلوم الكمبيوتر والالكترونات الرقمية و كيفية التعامل معها.

في أواخر سبعينيات القرن الماضي حدث تطور كبير في صناعة الحاكمات المنطقية القابلة للبرمجة واشتمل هدا التطور على زيادة سعة الذاكرة وعدد المداخل وعدد المخارج بل ارتقى استخدام هده الأجهزة من التحكم لرقمي الى التحكم التناظري حيث أصبح من السهل عمل برنامج لاستخدام أجهزة التحكم المبرمج لتحل محل الحاكم التناسبي التفاضلي التكاملي PID للتحكم في درجة حرارة غرفة وسرعة محرك ... الخ، وكدلك أصبح من السهل تخزين أي برنامج في وحدة ذاكره خارجية وأصبح من الممكن تغيير البيانات سابقة التخزين أثناء التشغيل.

نتيجة لهده التطورات المذهلة التي حدثت في الفترة الأخيرة حلت أجهزة التحكم المنطقي المبرمج PLC محل الميني كومبيوتر Mini Computer في معظم التطبيقات الصناعية.

3.2 نظام التحكم (Control System)

هو منظومة تستقبل المدخلات عبر وسائل الادخال وتربطها بشكل حسابي أو منطقي عن طريق حاكم برمجي ليعطي مخرجات معينة تتحكم في أداء المشغلات لتنفيذ عملية ما. والشكل (2-1) يوضح مخطط صندوقي لمنظومة تحكم صناعية.[19]



شكل (2-1) مخطط صندوقي لمنظومة تحكم صناعية

1.3.2 تصنيف نظم التحكم

تصنف نظم التحكم الى:

1.1.3.2 نظام التحكم اليدوي Manual Control

وهو عندما يتم التدخل المباشر من الانسان لتشغيل الالة في مختلف مراحل العمل، فعلى سبيل المثال لابد أن يقوم شخص ما برفع المفتاح حتى يستطيع تشغيل محرك او إيقافه. [19]

2.1.3.2 نظام التحكم الالي Automatic Control

عنما تبدأ المنظومة في العمل فإن الكثير من المعدات تعمل وتقف تلقائيا حسب النظام الموضوع لها، ولهدا يوجد تداخل بين النظام اليدوي والنظام الالي فالنظام يبدأ تشغيله يدويا ثم بعد دلك يكمل باقي وظائفه لكن يمكن إيقافه يدويا أيضا. [19]

4.2 الحاكم المنطقي المبرمج PLC

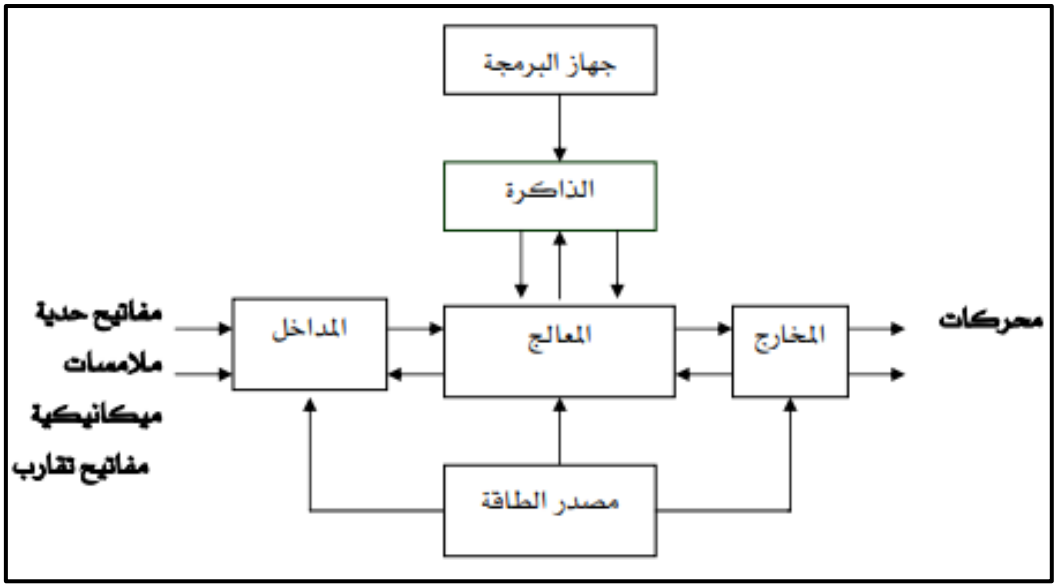
الـ PLC هي اختصار لـ (Programmable Logic Controller) وتتلخص نظرية عمله أنه عند وصول إشارة ما إلى نقاط دخل الجهاز (Input) فانه يعطي خرجا عن طريق نقاط الخرج (Output) وهدا يكون عن طريق برنامج يعطى للجهاز.[6]

يمكن تعريف الحاكم المنطقي المبرمج على انه استخدام الحاسب الآلي لتنفيذ عمليات التحكم في الأجهزة والمعدات ودلك باستقبال إشارات الدخل للنظام ثم يقوم الحاسب بناء على هده الإشارات لتنفيذ عمليات التحكم المطلوبة، وهو تقنية تتحكم في جهاز الكتروني يستخدم في عمليات الأتمتة في الأنظمة الصناعية كالتحكم بآلية عمل خطوط الإنتاج في مصنع ما.

يعتبر تصميم الحاكم المنطقي المبرمج ملائم للظروف الصعبة من حيث تحمل درجات الحرارة والغبار والأتربة ومقاومتها لظروف التشويش الكهرو مغناطيسي وغيرها من ظروف الانضغاط والاهتزاز الميكانيكي على عكس أنظمة الكمبيوتر التقليدية.

5.2 مكونات الحاكم المنطقي PLC

ان أي حاكم منطقي مبرمج PLC يتكون من الوحدات التالية:



شكل (2-2) أجزاء الحاكم المنطقي المبرمج PLC [10]

1) وحدات الدخلInputs.

2) وحدات الخرج Outputs.

3) وحدة مصدر طاقة Power Supply.

4) وحدة المعالجة المركزية Central Process Unit (CPU).

5) وحدة الذاكرة Memory Unit.

1.5.2 وحدات الدخل Inputs

وحدات الدخل هي التي تستقبل الإشارة من الوسط الخارجي المطلوب التحكم فيه من مدخلات البيانات كالحساسات، والمفاتيح الضاغطة وغيرها وتحويلها الى إشارات ثنائية يمكن للحاسب أن يتعامل معها. وتنقسم وحدات الدخل الى صنفين:

1.1.5.2 وحدات دخل رقمية Digital Input

توصل المداخل الرقمية بوحدات المداخل الرقمية الخاصة بأجهزة التحكم المنطقية وتقوم وحدة الدخل الرقمية بالتحكم في إشارة المداخل تبعا لظروف التشغيل وعادة يكون لها قيمتين فقط (1,0) مثل المفاتيح الضاغطة والحساسات وغيرها من المدخلات [8].

2.1.5.2 وحدات دخل تماثلية Analog Input

توصل أجهزة المداخل التماثلية بوحدات المداخل التماثلية الخاصة بأجهزة التحكم المنطقية وتقوم وحدة الدخل التماثلية بتحويل أي كمية مطلوب قياسها الى كمية كهربائية مثل الجهد والتيار، وعادة يكون لها قيمتين قيمة عظمى وقيمة صغرى وتتغير القيمة الكهربائية بين هاتين القيمتين.[8]

2.5.2 وحدات الخرج Outputs

وحدات هي التي تقوم باستقبال إشارات الخرج من الحاسب بعد تنفيذ البرنامج وهي إشارات ثنائية وتحولها الى إشارات تغدي بها خرج النظام المطلوب التحكم فيه ويكون خرج هده الوحدة عن طريق ريليهات "Relays". وتنقسم وحدات الخرج الى قسمين:

1.2.5.2 وحدات خرج رقمية Digital Outputs

توصل المخارج الرقمية بوحدات الخرج الرقمية الخاصة بأجهزة التحكم المنطقية وتقوم وحدة الخرج الرقمية بالتحكم بالمخارج وجميع هده المخارج لها حالتين فقط (حالة تشغيل وحالة ايقاف). [8]

2.2.5.2 وحدات الخرج التماثلية Analog Outputs

توصل أجهزة المخارج التماثلية بوحدات الخرج التماثلية الخاصة بأجهزة التحكم المنطقية وتقوم وحدة الخرج التماثلية بالتعامل مع القيم المتغيرة الناتجة عن وحدات الخرج الخاصة بوحدة التحكم المنطقي، وعادة فان حالة الخرج تتغير حسب القيمة الكهربائية للخرج التماثلي وتتغير القيمة الكهربائية بين قيمة صغرى وقيمة عظمى. [8]

شكل (2-3) وحدات الدخل ووحدات الخرج لجهاز الحاكم المنطقي المبرمج PLC [6]

3.5.2 وحدة مصدر الطاقة Power Supply

تغدي هده الوحدة وحدات الدخل والخرج ووحدة المعالجة المركزية بالقدرة المطلوبة حيث توصل هده الوحدة بجهد متردد قدره 220 فولت ثم يحول هدا الجهد الى جهد منخفض ثابت مقداره 24 فولت مناسبا لشغيل وحدة المعالجة المركزية CPU والعناصر الإلكترونية وتوفير الجهد اللازم لتشغيل الحساسات والمشغلات. [2,9]

وحدة مصـــــدر الطاقة يعتمد على نوع الحاكم المنطقي المبرمج ادا كان يشـــتغل بمقدار جهد (24 V DC) ويمكن الاســـتغناء عنها ادا كان الحاكم المنطقي المبرمج يشـــتغل بقدار جهد (220 V AC) فيوصل مباشرة بمصدر الكهرباء.

4.5.2 وحدة المعالجة المركزية Central Process Unit (CPU)

وهي العنصر الأساسي المسؤول عن تنفيذ البرنامج ولكل وحدة معالجة مواصفات تختلف في سرعتها في تنفيذ العمليات وسعة ذاكرتها من نوع الى اخر ومن شركة مصنعة الى أخرى.[9]

5.5.2 وحدة الذاكرة Memory Unit

يتم في هده الوحدة تخزين الأوامر التي تستعمل في عمليات التحكم من قبل المعالج.

تقسم أنواع الذاكرات الى نوعين، ذاكرة القراءة وذاكرة القراءة والكتابة، حيث تعتبر ذاكرات القراءة والكتابة ذاكرات مؤقتة أي يتم محو محتوياتها بعد فصل جهد التغذية، على عكس ذاكرة القراءة فقط فلا تعتبر مؤقتة، تفصل الذاكرات الى:

1) **ROM (Read Only Memory):** ذاكرة القراءة فقط و تحتوي على بيانات ثابته و لا يمكن إعادة برمجتها أو كتابتها. [10]
2) **RAM (Random Access Memory):** ذاكرة القراءة و الكتابة، و تعتبر ذاكرة مؤقتة، يتم محوها بعد فصل جهد التغذية مباشرة، شائعة الاستعمال في الوحدات المنطقية المبرمجة. [10]
3) **PROM (Programmable Read Only Memory):** ذاكرة القراءة فقط قابلة الإعادة للبرمجة، تعتبر ذاكرة للقراءة فقط و تمكن للمستخدم ان يقوم بنفسه ببرمجتها و لا تتم برمجتها في الشركة المنتجة، تستخدم كنظام تخزين نظرا لثباتها و وتوقيتها العالية. [10]

الجدول (2-1) يعطي موجزا عن أنواع الذاكرات التي تم دكرها.

جدول (2-1) أنواع الذاكرات

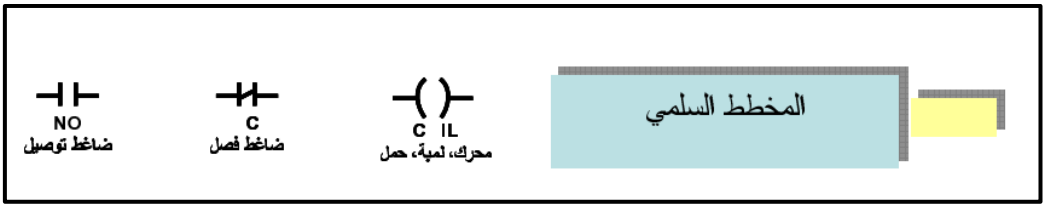
النموذج	البرمجة	المحو	محتوى الذاكرة أثناء انقطاع جهد التغذية
RAM	من قبل المستخدم في جهاز التحكم وجهاز البرمجة	بانقطاع التيار	تمحى
ROM	من قبل الشركة المنتجة لها	غير قابلة للمحو	تبقى
PROM	من قبل المستخدم بواسطة جهاز البرمجة	غير قابلة للمحو	تبقى

6.2 برمجة الحاكم المنطقي المبرمج

تبدأ البرمجة بتحديد ودراسة النظام المراد التحكم فيه وفي تحليله من خلال تحديد نقاط الدخل وتحديد نقاط الخرج وثم نبدأ بتحديد طريقة البرمجة المناسبة، وهناك ثلاث طرق لكتابة البرنامج: [9]

1) المخطط السلمي LAD (Ladder Diagram Method).
2) مخطط البوابات المنطقية CSF (Control System Flowchart).
3) قائمة الإجراءات STL (Statement List).

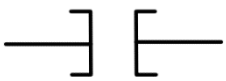
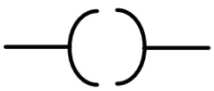
1.6.2 المخطط السلمي LAD (Ladder Diagram Method)



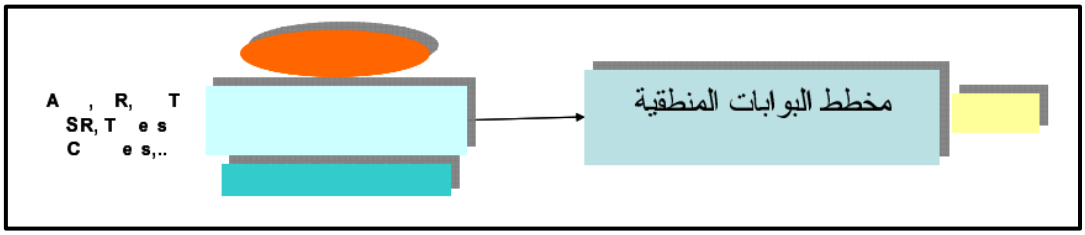
شكل (2-4) المخطط السلمي LAD [7]

هده الطريقة هي أقرب ما تكون للمخطط مسار التيار المستخدم في الدوائر الكهربائية ودوائر التحكم، مع فارق أساسي وهي أنها ترسم بشكل أفقي وهده الطريقة هي أكثر الطرق المستخدمة في تمثيل الدوائر الكهربائية ودوائر التحكم في الآلات الكهربائية بأنواعها، الجدول (2-2) يوضح رموز المخط السلمي LAD.

جدول (2-2) رموز المخطط السلمي LAD [9]

شكل الرمز في المخطط السلمي LAD	الوصف
	مفتاح مفتوح أو ضاغط توصيل
	مفتاح مغلق أو ضاغط فصل
	حمل (خرج) قد يكون مصباح أ محرك

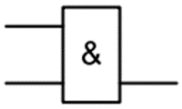
2.6.2 مخطط البوابات المنطقية CSF (Control System Flowchart)



شكل (2-5) مخطط البوابات CSF [7]

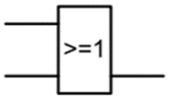
وهده الطريقة يتم استخدام البوابات المنطقية في تنفيذ عمليات التحكم، والبوابات الأساسية الثلاثة المستخدمة على النحو التالي:

1) بوابة AND ورمزها:



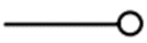
من شروط هده البوابة أن يكون لها على الأقل دخلين، وهده البوابة تكافئ توصيل مفتاحين على التوالي اذا كان لديهم دخلين، أو ثلاثة مفاتيح اذا كان لها ثلاثة مداخل وهكذا، علما بان اقصى عدد مداخل للبوابة AND هو (8) . [9]

2) بوابة OR ورمزها:



من شروط هده البوابة أن يكون لها على الأقل دخلان، وهده البوابة تكافئ توصيل مفتاحين على التوازي اذا كان لها دخلان، أو ثلاثة مفاتيح اذا كان لها ثلاثة مداخل وهكذا، علما بان اقصى عدد مداخل للبوابة OR هو (8) . [9]

3) بوابة NOT ورمزها:



من شروط هده البوابة ان لها دخلا واحدا والخرج يكون عكس الدخل دائما وهي تمثل مفتاح مغلقا (N.C). [9]

3.6.2 قائمة الإجراءات STL (Statement List)

شكل (2-6) قائمة الإجراءات STL [7]

هـده الطريقـة يـتم فيهـا وصـف الـدائرة المـراد الـتحكم بهـا بمجموعـة أوامـر، وهـده الطريقـة أقـرب مـا تكـون الـى البرمجـة بلغـة التجميـع وهـي مجموعـة مـن الأوامـر يعبـر عنها كما يلي: [9]

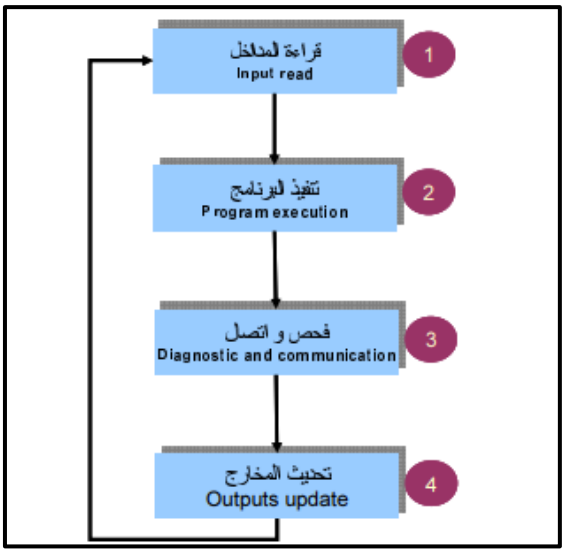
1) عمليات التوالي AND ويرمز لها بالرمز (A) .
2) عمليات التوازي OR ويرمز لها بالرمز (O).
3) المفاتيح المغلقة NOT ويرمز لها بالرمز (N).
4) الأقواس تمثل مجموعة التوازي.

7.2 دورة عمل نظام الحاكم المنطقي المبرمج

ان أي حاكم منطقي مبرمج يقوم بتنفيذ برامجه قي (4) مراحل، وهي:

1) قراءة إشارة المداخل الاتية من الحساسات أو المفاتيح.
2) تنفيذ التعليمات داخل البرنامج.
3) الفحص والاتصال بالمكونات الداخلية التي يقوم بها نظام التشغيل.
4) تحديث مخارج الحاكم المنطقي بإشارة كهربائية الى المحركات والمصابيح.

والشكل (2-7) يوضح دورة عمل الحاكم المنطقي المبرمج PLC.



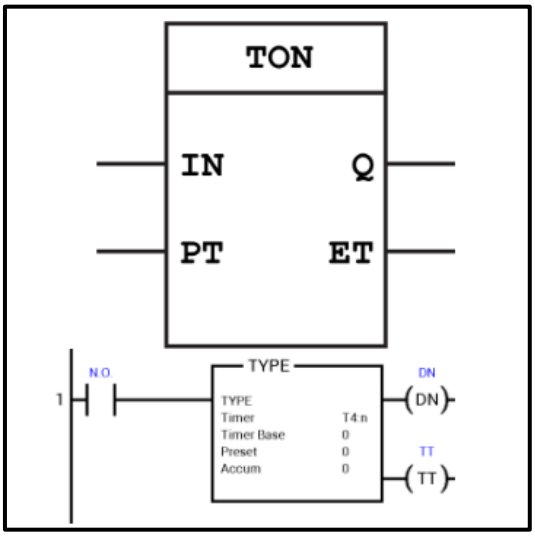
شكل (2-7) دورة عمل الحاكم المنطقي المبرمج PLC

8.2 محتويات برنامج الحاكم المنطقي المبرمج

1.8.2 المؤقتات Timers

كثيرا ما نحتاج للتحكم بالزمن في مهام التحكم المختلفة، فمثلا نحتاج لفتح صمام لفترة زمنية معينة ثم اطفاؤه أو لتأخير تشغيل محرك بعد ع مل محرك اخر بجواره. [2]

وهنا تأتي أهمية المؤقتات من الحاجة الى دخول الزمن في بعض البرامج كعامل مهم من معاملات التحكم، حيث أن بعض الأنواع من الحواكم المنطقية المبرمجة تحتوي على ثلاث أنواع من المؤقتات وبعض الأنواع تمتلك نوعا واحدا وعندها يجب بناء الأنواع الأخرى برمجيا عند الحاجة لها. [2]

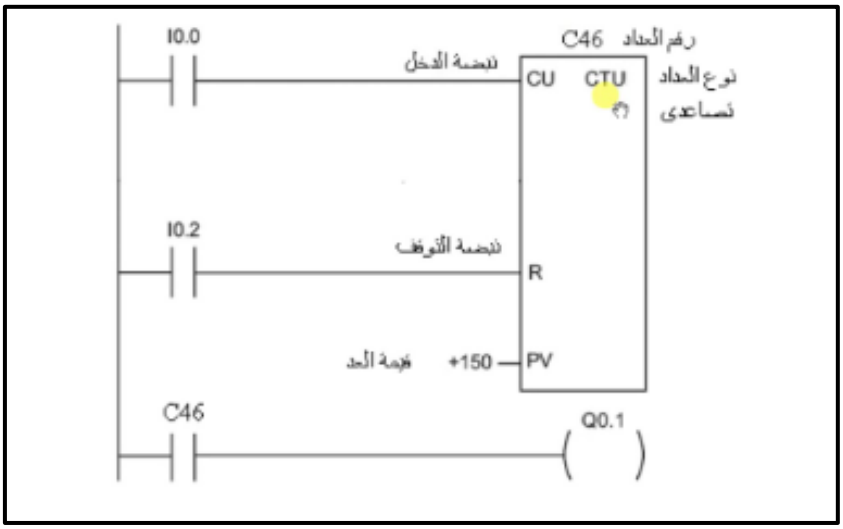


شكل (2-8) المؤقتات داخل المخطط السلمي LAD

2.8.2 العدادات Counters

تعمل العدادات على عد النبضات الداخلة اليها والتي تمثل الأحداث التي تجري في المنظومة الى أن تصل الى قيمة محددة مسبقا حيث يتم تحديدها من قبل المبرمج ثم اصدار نبضة، ويوجد نوعان من العدادات وهي: [2]

1) العدادات التنازلية (Down Counter CTD).
2) العدادات التصاعدية (Up Counter CTU).



شكل (2-9) العدادات داخل المخطط السلمي LAD

9.2 مميزات استخدام الحاكم المنطقي المبرمج PLC

للحاكم المنطقي المبرمج مميزات كثيرة فقد سهل وبسط ويسهل معظم العمليات الصناعية والتجارية وغيرها الموجودة في حياتنا ولكن يمكن حصر أهمها في (4) مميزات مهمة وهي: [7]

1) تصغير حجم ومساحة المصانع والشركات لأنك قللت عدد الموظفين والعاملين بشكل كبير.
2) تغيير برنامج وخطة العمل بسرعة وسهولة.
3) مراقبة فورية لكل ما يحدث داخل المصنع واكتشاف أبسط الأخطاء بكل سهولة .
4) انخفاض التكلفة وهده أهم ميزة.

الفصل الثالث

الحساسات والمشغلات

1.3 المقدمة

لكي نتحكم في جميع العمليات الصناعية أو مراقبة لهذه العمليات فإن هذا يعتمد على القدرة على دقة وسرعة قياس الكميات الطبيعية أو ما يسمى بالمتغيرات الطبيعية (Physical Variables) والتي نريد التحكم فيها أو مراقبتها. [12]

الكميات الطبيعية هذه يمكن تسميتها بمتغيرات التحكم (Controlled Variables) وهذه أمثلة لأهم المتغيرات الطبيعية: الضغط، درجة الحرارة، السرعة، الموضع، العجلة، معدل السريان، وشدة الإضاءة. وقد وجد أن أحسن الطرق لقياس هذه المتغيرات (الكميات) الطبيعية هو تحويلها إلى إشارة كهربائية ومن ثم قياس هذه الإشارة بأجهزة قياس كهربائية والتي تسمى الحساسات. [12]

ولتنفيذ العمليات الصناعية في أنظمة التحكم المختلفة فإننا نحتاج الى أجهزة تقوم بتحويل الطاقة من الصورة الكهربائية الى إحدى صور الطاقة المختلفة سواء كانت طاقة حركية أو حرارية أو ضغط أو سريان إلى غير ذلك من أشكال الطاقة، وهذه الأجهزة تسمى المشغلات.

2.3 الحساسات (Sensors)

هي اجهزة او أدوات تقوم بمراقبة تنفيذ العملية الصناعية وذلك بقياس الكمية الفيزيائية او الكيميائية التي يتم التحكم فيها ويحولها إلى شكل كهربي يمكن التعامل معه عن طريق وحدات الدخل.

1.2.3 أهمية الحساسات

تلعب الحساسات دورًا اساسيا في انظمة التحكم الالي، فهي تساعد على جمع البيانات والمعلومات الضرورية للتحكم في أنظمة الإنتاج وتحسين كفاءتها، إذ انه يمكن للحساسات قياس الضغط ودرجة الحرارة وتدفق السوائل والغازات والاهتزازات والمستوى والوزن والكثير من البيانات، وتحويلها إلى إشارات كهربائية وإرسالها إلى وحدة التحكم لاتخاذ القرارات بشأن تصميم العمليات الصناعية وتحسين كفاءتها. بالإضافة إلى ذلك تساعد في تحسين السلامة والدقة والتكلفة في الإنتاج.

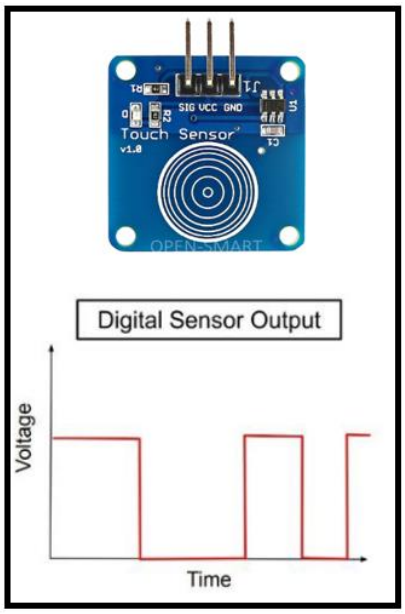
2.2.3 تصنيف الحساسات

يتم تصنيف الحساسات إلى أنواع مختلفة بناء على إشارة الخرج وآلية التحويل والمواد المستخدمة في خصائص الحساس مثل التكلفة أو الدقة أو النطاق، ومن هذه التصنيفات هي:

1.2.2.3 التصنيف حسب إشارة الخرج

- **الحساسات التماثلية:**

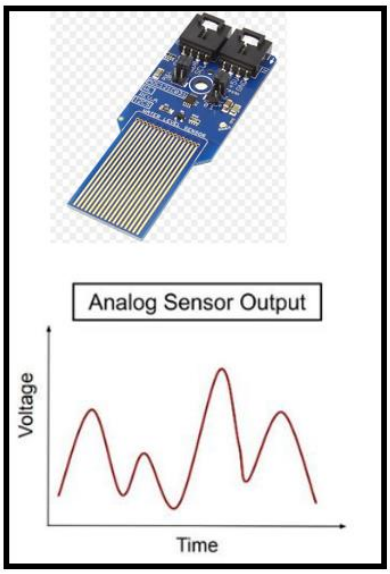
تقوم الحساسات التماثلية بإنتاج إشارة خرج أو جهد متناسبا بشكل عام مع الكمية التي يتم قياسها، الكميات الفيزيائية مثل والسرعة والضغط ودرجة الحرارة والإزاحة والانفعال كلها كميات تماثلية لأنها تميل إلى أن تكون مستمرة بطبيعتها.[12]



شكل (3-1) مثال على الحساسات الرقمية

- **الحساسات الرقمية:**

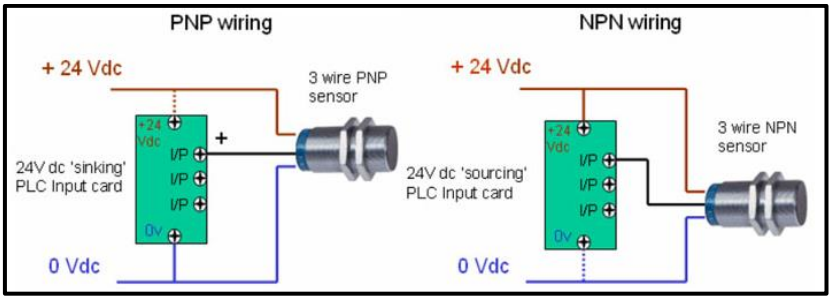
تنتج الحساسات الرقمية إشارات خرج رقمية منفصلة، يتم تمثيلها رقميا كإشارة خرج ثنائية منطقية على شكل "1" أو "0"، (OFF-ON) وتتمتع هذه الإشارات بدقة عالية جدا ويمكن قياسها وأخذ عينات منها في أقصر وقت ممكن. وتتناسب دقة الإشارة الرقمية مع عدد البتات المستخدمة لتمثيل الكمية المقاسة، الشكل (3.3) يوضح مثال على الحساسات الرقمية. [13]



شكل (3-2) مثال على الحساسات

2.2.2.3 التصنيف حسب نوع الخرج

يعتمد الخرج على نوع الحساس حيث يكون الخرج إما موجب أو سالب يحدده التصنيع المسبق لترانزستور الحساس إما ترانزستور PNP أو NPN.



شكل (3-3) أنواع خرج الحساس (PNP وNPN)

- **حساسات خرج الموجب PNP:**

وهنا يكون جهد التغذية الموجب مرتبطة بالحمل ويُعرف هذا بخرج التبديل الإيجابي. ويوضح الشكل (3-3) التوصيل الداخلي للحساس PNP.

- **حساسات خرج السالب NPN:**

وهنا يكون جهد التغذية السالب مرتبطة بالحمل ويُعرف هذا بخرج التبديل السالب أو غرق التيار. ويوضح الشكل (3-3) التوصيل الداخلي للحساس NPN.

3.2.2.3 التصنيف حسب الفعالية

- **الحساسات الفعالة:**

تحتاج الحساسات الفعالة إلى مصادر خارجية للطاقة من أجل استجابتها، وهذه المصادر معروفة باسم إشارة الإثارة لإنتاج إشارات الخرج، تعتمد الحساسات على التغييرات اللازمة لإشارات الدخل. تعرف الحساسات الفعالة أيضًا باسم الحساسات البارا مترية نظرا لخصائصها التي يمكن تعديلها استجابة لتأثير خارجي ويمكن تغيير هذه الخصائص بعد ذلك إلى إشارات كهربائية. [12]

- **الحساسات غير فعالة:**

لا تتطلب الحساسات الغير فعالة أي مصدر إضافي (خارجي) للطاقة، ويتم إنتاج إشارة كهربائية مباشرة ردًا على تحفيز المصادر الخارجية. وهذا يعني أن الحساس يحول طاقة الدخل إلى طاقة إشارة خرج، ومثال على هذه الحساسات هي الحساسات الضوئية والكيميائية والحرارية. [12]

3.2.3 أنواع الحساسات

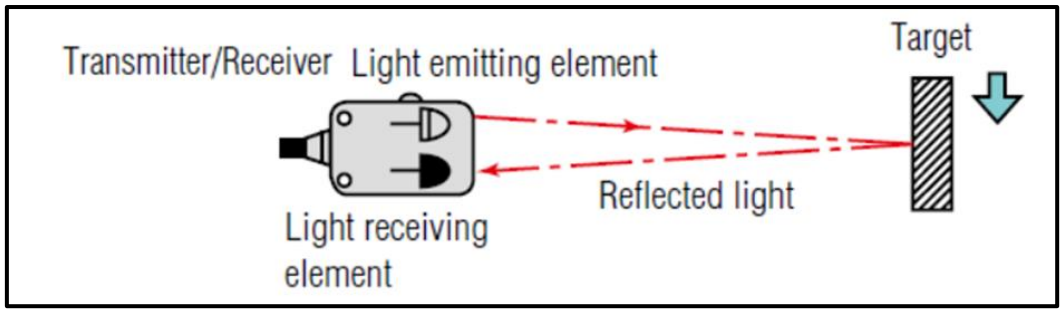
تستخدم الحساسات بشكل شائع في مختلف التطبيقات، ويتم تصنيفها وفقا لخصائصها الفيزيائية مثل درجة الحرارة والمقاومة والضغط وتدفق الحرارة وما إلى ذلك، وفيما يلي أنواع مختلفة من الحساسات:

1.3.2.3 الحساسات الكهروضوئية (Photoelectric Sensor)

هي عبارة عن أجهزة تصدر شعاعا ضوئياً مرئياً أو أشعة تحت الحمراء، وذلك من عنصر انبعاث الضوء المتواجد فيه، وعادةً ما يُستخدم مستشعر كهروضوئي من النوع العاكس للكشف عن شعاع الضوء المنعكس من الهدف، كما يُستخدم مستشعر من نوع (Thubeam) لقياس التغيّر في كمية الضوء، والذي يحدث بسبب عبور الهدف للمحور البصري، إذ ينبعث شعاع من الضوء من العنصر الباعث للضوء، ثمّ يستقبله عنصر استقبال الضوء؛ ويوجد عدة أنواع للحساسات الضوئية، منها:

- **الحساسات العاكسة (Reflective Sensor):**

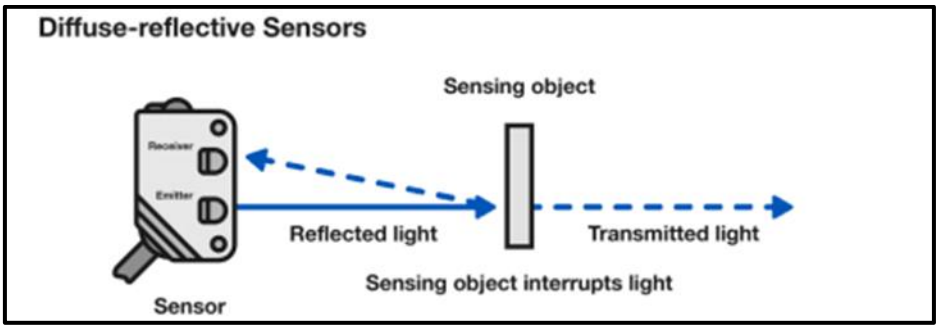
وتتألف من مرسل (transmitter) ومستقبل (receiver) مجتمعين في نفس الجهاز ويركب في المقابل سطح عاكس، يقوم المرسل بإرسال أشعة تحت الحمراء، فيرتد عن الجسم العاكس، ويعود إلى المستقبل الذي يتحسسه، فإذا مر جسم غريب بين الخلية والسطح العاكس فإن الأشعة تحت الحمراء لن ترتد مرة أخرى إلى المستقبل وهنا يعطي الحساس إشارة؛ يستخدم هذا النوع بكثرة في عمليات العد، وتحديد السرعة بأنواعها المختلفة، حيث تعتبر أقصى مسافة بين الخلية والسطح العاكس عشرة أمتار (10 ميتر)، الشكل (3-4) يوضح الحساسات العاكسة.



شكل (3-4) الحساسات العاكسة

- **الحساسات الارتدادية (Rebound Sensors):**

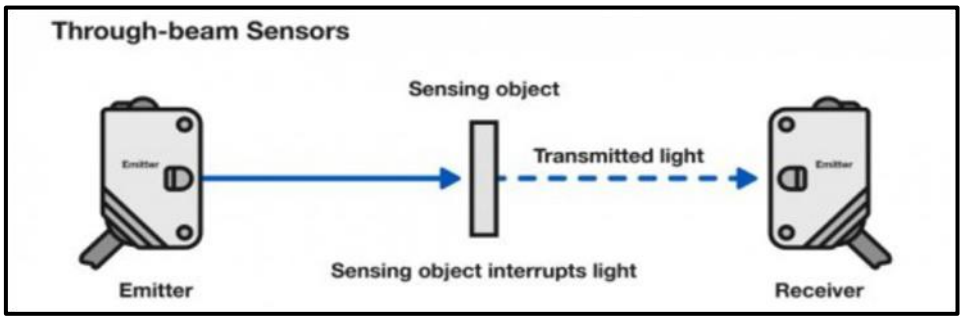
تتألف من مرسل (transmitter) ومستقبل (receiver) في جهاز واحد بحيث أن المرسل يرسل أشعة فوق البنفسجية وعندما يمر جسم غريب تصطدم به هذه الأشعة فترتد إلى المستقبل فيرسل إشارة للمتحكم، يستخدم لاكتشاف الاجسام الشفافة والعاكسة، أقصى مسافة بين الخلية والجسم ثلاثون سنتيميتر (30 سنتي متر)، الشكل (3-5) يوضح الحساسات الارتدادية.



شكل (3-5) الحساسات الارتدادية

- **حساسات الأشعة البينية (Intra Ray Sensors)**

يتألف من مرسل (transmitter) ومستقبل (receiver) يركبان بشكل متقابل يرسل المرسل أشعة بينية ويستقبلها المستقبل فإذا مر جسم غريب بينهما، عند قطع هذه الأشعة ترسل الإشارة للمتحكم، يستخدم هذا النوع في عمليات التحكم بحركة الأبواب الجرارة وأبواب المصاعد أقصى مسافة بين المرسل والمستقبل ثلاثون مترا (30 متر). يوضح الشكل (3-6) حساسات الاشعة البينية.



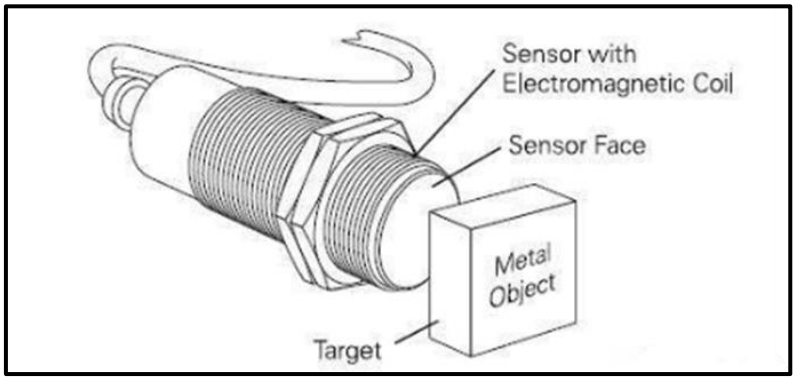
شكل (3-6) حساسات الاشعة البينية

2.3.2.3 الحساسات التقاربية (Proximity Switches)

وهي أجهزة قادرة على استشعار الأجسام أو الأهداف التي تقترب منها فور دخولها ضمن مجال الاستشعار الخاص بها، وتختلف طُرق الاستشعار المُستخدمة من جهاز إلى آخر بحسب نوع وطبيعة المواد المُراد استشعارها؛ وتنقسم إلا نوعين أساسيين:

- **الحساس التقاربي الحثي (Inductive Proximity Sensor):**

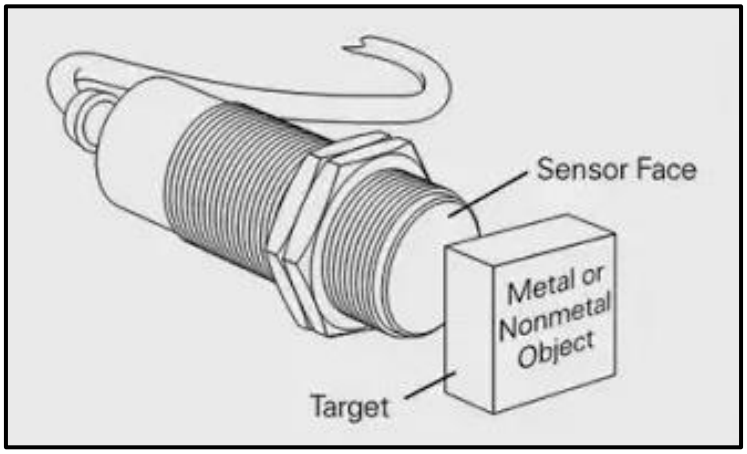
يختص هذا النوع من الحساسات باستشعار الحديد والمواد المعدنية حيث انه يمتلك مسافة تحسس من 0 إلى 25 مليمتر وهذا يعتمد على نوع الحساس، يوضح الشكل (3-7) الحساس التقاربي الحثي.



شكل (3-7) حساس تقاربي حثي

- **الحساس التقاربي السعوي (Capacitive Proximity Sensor)**

يختص هذا النوع من الحساسات باستشعار المواد العازلة مثل الورق والبلاستك، وله مسافة تحسس من 0 إلى 60 مليمتر وهذا يعتمد على نوع الحساس. يوضح الشكل (3-8) الحساس التقاربي السعوي.



شكل (3-8) حساس تقاربي سعوي

3.3.2.3 الحساسات الحرارية (Temperature Sensor)

وهي الأداة التي تحول درجة الحرارة الى جهد كهربائي يتناسب مع قيمة درجة الحرارة المطبقة عليه؛ وتنقسم الحساسات الحرارية إلى عدة أنواع ومن أشهرها.[14]

- **المزدوجات الحرارية (Thermocouple)**

وهو عبارة عن جهاز لقياس درجة الحرارة، ويقوم المزدوج الحراري بتحويل درجة الحرارة إلى إشارة ويتكون من سلكين معدنيين مختلفين في النوع معزولين عن بعضهما ومتصلين في نهايتهما بنقطة، أما الطرفان الأخريان فيوصلان إلى جهاز الملي فولتميتر؛ وتسمى الوصلة الألى (T1) الوصلة القياسية أو الوصل الساخنة (Hot Junction) التي توضع في المكان المراد قياس درجة حرارته، وتسمى الوصلة الثانية (T2) الوصلة المرجعية أو الوصلة الباردة ذات درجة الحرارة المنخفضة (Cold Junction). يوضح الشكل (3-9) حساسات المزدوجات الحرارية.

شكل (3-9) حساسات المزدوجات الحرارية

- **الثرمستورات (Thermistors):**

هو نوع آخر من الأجهزة المتحسسة للحرارة، حيث تتغير مقاومتها الكهربائية مع تغير درجة الحرارة؛ يتكون هذا النوع من مواد أشباه الموصلات. عندما تزداد درجة حرارة الجسم أو البيئة المحيطة أو تنخفض، فإن قيمة المقاومة بدورها تزداد أو تنقص، حيث يعتمد مقدار المقاومة التي تزيد أو تنقص على خصائص مادة أشباه الموصلات. يوضح الشكل (3-10) حساسات الثرمستورات.

شكل (3-10) حساسات الثرموسترات

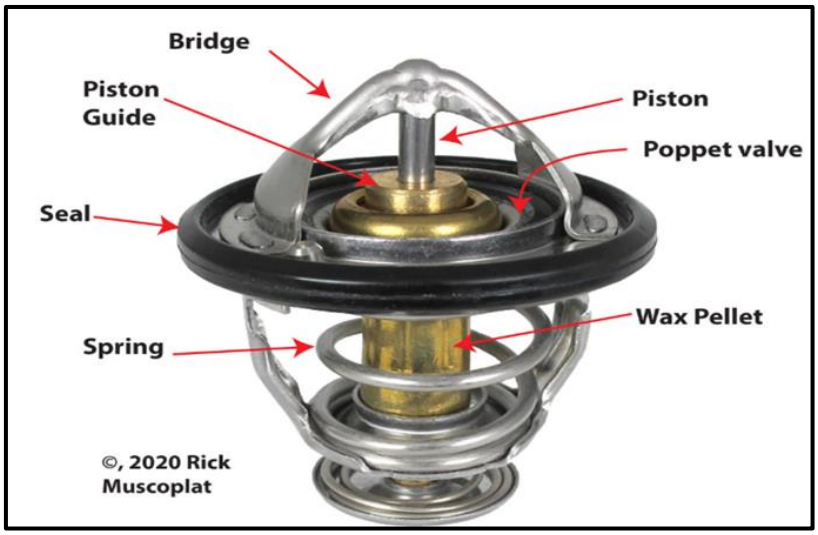
- **كاشف درجة الحرارة المقاومة (Resistive Temperature Detector):**

يُعرف كاشف درجة الحرارة المقاومة (RTD) أيضًا باسم مقياس حرارة المقاومة، حيث يعتمد على معامل درجة حرارة أجهزة الاستشعار، ويتكون بشكل عام من معادن موصلة عالية النقاء مثل البلاتين أو النحاس أو النيكل. حيث يتم لف هذه المواد في ملف، وتعتمد تغيرات مقاومتها الكهربائية على درجة الحرارة. يوضح الشكل (3-11) كاشف درجة الحرارة المقاومة.

شكل (3-11) كاشف درجة الحرارة المقاومة

- **الثرموستات (Thermostat)**

هو نوع من مستشعرات درجة الحرارة عن طريق التلامس، ويستخدم مكونًا ميكانيكيًا كهربائيًا وذلك لأنه يحتوي على نوعين مختلفين حراريا من المعادن مثل النيكل أو النحاس أو التنجستن أو الألومنيوم، والتي يتم لصقها معًا لتشكل شريط ثنائي المعدن. يوضح الشكل (3-12) حساس درجة الحرارة نوع الثرموستات.



شكل (3-12) حساس درجة الحرارة نوع الثرموستات

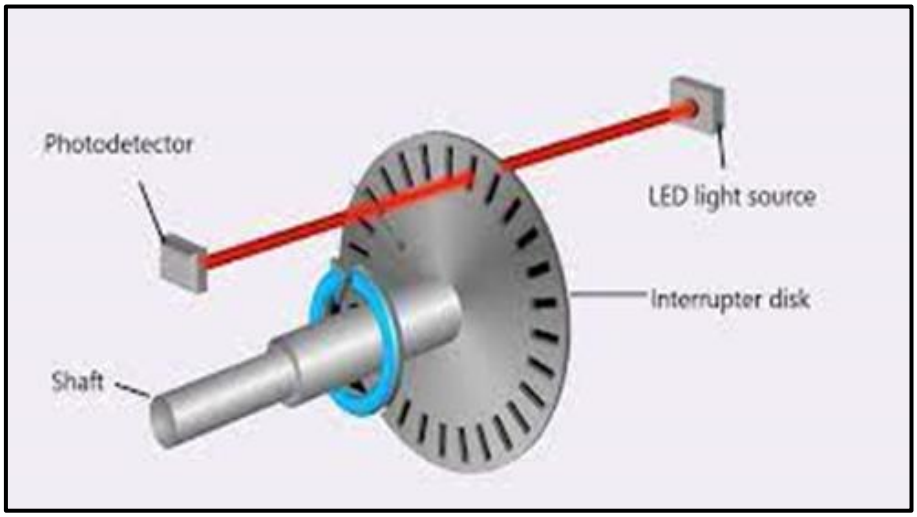
5.3.2.3 المشفرات (Encoders)

تعرف المشفرات على أنها الأجهزة التي تحول الدوران (Rotation) والإزاحة الخطية (Linear Displacements) إلى إشارات رقمية؛ ويوجد نوعان أساسيان من المشفرات:

- **المشفرات التزايدية الضوئية (Incremental Encoders)**

تقيس هذه المشفرات اعتمادا على نقطة مرجعية، وتتكون من قرص مقسم بالتساوي إلى أجزاء معتمة وأخرى شفافة بحيث يوضع القرص المثبت على عمود دوار بين مصدر ضوئي وخلية ضوئية (Photocell) وعند دوران القرص يبدأ بعد النبضات التي تولدها الخلية الضوئية من النقطة المرجعية. تستخدم الكثير من المشفرات التزايدية الضوئية خليتين ضوئيتين توضعان بشكل يمكنهما من إعطاء نبضتين يكون الفرق بينهما في الطور 90 درجة، وعند استخدام محرك لتدوير العمود فان معدل النبضات سيكون تناسبيا مع سرعة المحرك. يستخدم هذا النوع من المشفرات بشكل واسع في الآلات المتحكم بها رقميا.[14]

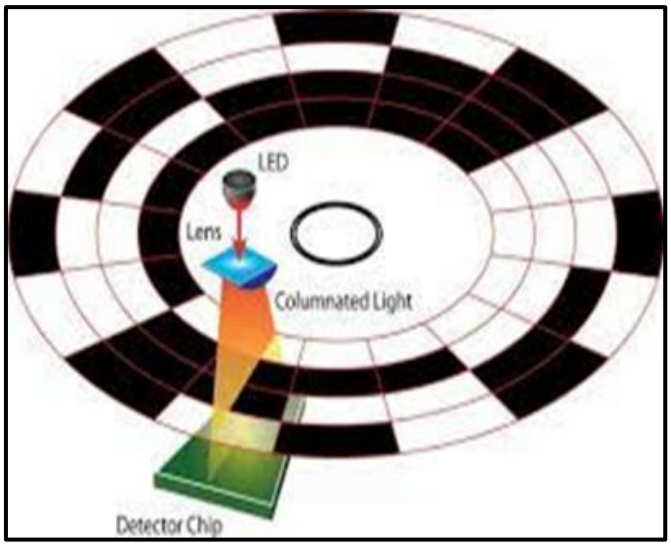
الشكل (3-13) يوضح فكرة عمل المشفرات التزايدية الضوئية.



شكل (3-13) فكرة عمل المشفرات التزايدية الضوئية

- **المشفرات المطلقة (Absolute Encoders)**

تتكون من قرص موضوع بين ثلاث خلايا ضوئية ومصدر ضوئي وتم تضليل القرص بقطاعات معتمة وأخرى شفافة وتتغير هذه الشفرة بمقدار بت واحد بين المواضع المتتالية عندما تضلل بشفرة (Gray) المتكونة من 3-Bit، وتستخدم في قياس موضع جسم يتحرك بشكل متقطع؛ الشكل (3-14) يوضح فكرة عمل المشفرات المطلقة.[14]



شكل (3-14) فكرة عمل المشفرات المطلقة

حساسات التدفق (Flow sensors)

للتحكم وقياس معدل جريان أو تدفق غاز أو سائل ما اعتمادا على نوع المادة والحرارة ومعدل الجريان لابد من وجود جهاز للقياس، ويوجد لذلك عدة طرق، منها وضع دولاب بريش في طريق التدفق بحيث يكون دوران الدولاب متناسب مع تدفق السائل أو الغاز؛ ويمكن وضع مشفر ضوئي على محور الدولاب كي يتم تشكيل معلومات رقمية تحدد سرعة دوران الدولاب. يوضح الشكل (3-15) حساس التدفق.[14]

شكل (3-15) حساس التدفق

4.2.3 خصائص الحساسات [15-16]

توضح خصائص الحساسات المستخدمة مدى انحراف الحساس عن السلوك المثالي للحساسات، فيما يلي أهم المواصفات للحساسات:

- **النطاق (Range)**

يشير نطاق الحساس إلى حدود القياس للحساس.

- **الامتداد (Span)**

الامتداد هو الاختلاف بين الحد الأقصى والحد الأدنى لقيم الدخل.

- **الخطأ (Error)**

هو الفرق بين نتيجة القياس والقيمة الحقيقية للكمية التي يتم قياسها.

- **الحساسية (Sensitivity)**

تعرف حساسية الحساس بأنها نسبة التغيير في قيمة الخرج الحساس إلى تغير كل وحدة في قيمة الدخل الذي يتسبب في تغيير الخرج.

- **الدقة (Resolution)**

هي أصغر تغيير في الدخل يمكن اكتشافه في إشارة الخرج، ويمكن التعبير عنه كنسبة من القراءة الكاملة.

- **الاستقرار (Stability)**

هو قدرة الجهاز على إعطاء نفس الخرج عند استخدامه لقياس دخل ثابت خلال فترة زمنية.

- **الانتقائية (Selectivity)**

هي قدرة الحساس على قياس إشارة ما بوجود إشارة أخرى.

- **الضجيج (Noise)**

تشير إلى التذبذب العشوائي في إشارة الخرج عندما لا يكون هناك تغير في المحيط المقاس، وسبب ذلك إما داخل أو خارج الحساس.

- **الانحراف (Drift)**

هو التغيير التدريجي في استجابة الحساس بينما يبقى تركيز المادة المدروسة ثابتا، وهو تغير غير متوقع وغير مرغوب فيه ولا يتعلق وإنما يرجع إلى عمر الحساس وعدم استقرار درجة الحرارة والتلوث وغيرها.

- **التكرارية (Repeatability)**

هي قدرة الحساس على إنتاج نفس الاستجابة من أجل قياسات متعاقبة لنفس الدخل، مع بقاء جميع الشروط العمل والبيئة ثابتة.

- **زمن الاستجابة (Response Time)**

هو الزمن الذي يستغرقه الحساس ليصل إلى قيمة ثابتة، ويعبر عنه بالزمن اللازم ليصل الخرج إلى القيمة المحددة.

3.3 المشغلات (Actuators)

المشغلات هي عناصر المنظومة التي تقوم بتنفيذ العملية الصناعية عن طريق تحويل الطاقة الكهربية إلى إحدى صور الطاقة المختلفة سواء طاقة حركية أو حرارية أو ضغط أو سريان إلى غير ذلك من أشكال الطاقة، وللمشغلات أشكال كثيرة مثل المحركات الكهربائية والسخانات والمضخات والصمامات وغيرها سواء كانت وسائل بسيطة أو معقدة، وسنتكلم في هذا المشروع على بعض أنواع المشغلات.

1.3.3 المرحلات (Relays): [17]

تسمى بالمرحلات لأنها تقوم بإتمام العمل على مراحل، وهي عبارة عن مفاتيح كهربائية تفتح وتغلق دائرة القدرة عن طريق دائرة التحكم. حيث تنقسم إلى عدة أنواع وهي:

- مرحل ميكانيكي (Mechanic Relay).
- مرحل إلكتروني (Electronic Relay).
- مرحل كهروميكانيكي (Electro mechanic Relay).

حيث سنتكم باختصار عن المرحل الكهروميكانيكي المستخدم في المشروع.

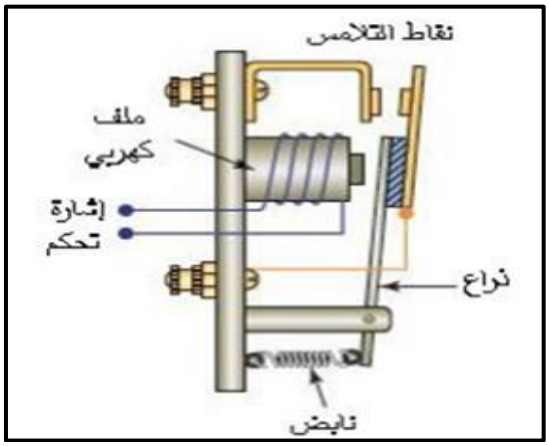
- **المرحل الكهروميكانيكي (Electro mechanic Relay):**

وهو عبارة عن جهاز أو معدة تستخدم القوة الكهرومغناطيسية للإغلاق أو لفتح فواصل المفاتيح الكهربائية، بعبارة أخرى هي عبارة عن مفاتيح يتم التحكم فيها كهربائياً. يوضح الشكل (3-16) المرحل الكهروميكانيكي.

شكل (3-16) المرحل الكهروميكانيكي

1.1.3.3 التركيب

يتكون المرحل من عدة ملامسات تكون بعضها مفتوحة (normally open contacts) مما يعني أنها لا توصل الكهرباء ويرمز لها برمز (NO)، والملامسات الأخرى تكون مغلقة (normally close contacts) أي في حالة توصيل للكهرباء ويرمز لها برمز (NC). وتحتوي على ملف لتغيير حالة الملامسات مع ذراع معدني قابل للمغنطة ونابض يرجع الملامسات للحالة الطبيعية. يوضح الشكل (3-17) التركيب الداخلي للمرحل الكهروميكانيكي.



شكل (3-17) التركيب الداخلي للمرحل الكهروميكانيكي

2.1.3.3 طريقة العمل

تكون الملامسات في حالتها الطبيعية ويتم تغيرها عن طريق تطبيق جهد على أطراف الملف مما ينتج مجال كهرومغناطيسي يجب الذراع المعدني مما يؤدي لتغيير الملامسات المفتوحة (NO) إلى مغلقة (NC) والملامسات المغلقة (NC) إلى مفتوحة (NO)، وترجع الملامسات للحالة الطبيعية عند إزالة الجهد المطبق عن طريق النابض المتصل بالذراع المعدني.

2.3.3 اللاقط الكهربائي (Contactor Relay)

اللاقط عبارة عن مفتاح كهروميكانيكي يتطابق في فكرة عمله مع المرحل ويتكون من قطعتين حديديتين أحدهما ثابت والآخر متحرك يحمل نقاط التلامس، ويتم لف ملف كهربائي حول القطعة الثابتة. إذا تم توصيل الكهرباء لهذا الملف، فإنه سيحول قطعة الحديد الثابتة إلى مغناطيس يجذب القطعة المتحركة، فيتم الاتصال بين القطعتين أي انه يتم غلق ملامسات اللاقط، وعند فصل التيار عن الملف يعود اللاقط إلى وضعه الأصلي عن طريق زنبرك يدفع القطعة المتحركة إلى أعلى مرة أخرى، يوضح الشكل (3-18) اللاقط الكهربائي.

شكل (3-18) اللاقط الكهربائي

2.3.3 المحركات الكهربائية (Electric Motors)

يعرف المحرك الكهربائي ببساطة بانه جهاز كهرومغناطيسي يعمل على تحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة ميكانيكية، حيث تعمل معظم المحركات عن طريق العلاقة بين التيار الكهربائي والمجال المغناطيســـي. ويوجد عدة أنواع من المحركات، وســـنخص بالذكر المحركات التزامنية لأنها النوع المستخدم في المشروع.

1.2.3.3 المحركات التزامنية (Synchronous Motors)[18]

هي أجهزة كهرومغناطيسية تقوم بتحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة ميكانيكية، وسميت بالتزامنية لأنها تدور بالسرعة التزامنية، أي سرعة المجال المغناطيسي، وسنتكلم بشكل مختصر عن أهم التفاصيل للمحركات التزامنية من حيث التركيب، مبدأ التشغيل، الخصائص الرئيسية، المميزات والعيوب، التطبيقات.

أ- التركيب:

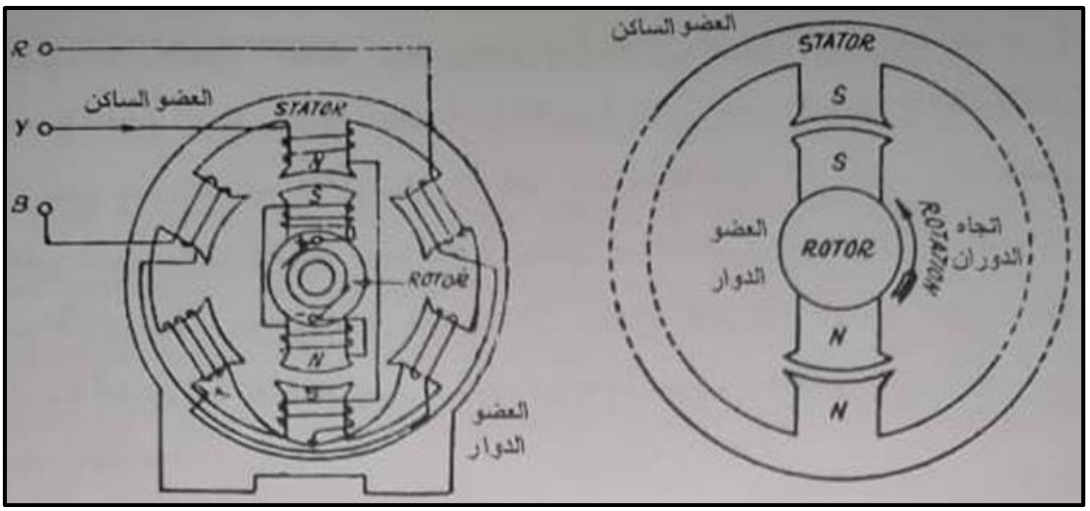
المحرك المتزامن له نفس العلاقة بالمولد المتزامن تماما مثل علاقة المحرك (DC) بالمولد (DC) أي انه إذا أمد مولد (AC) بقدرة (AC) فانه يكون قادر على الدوران كمحرك وبذل شغل ميكانيكي. أما في حالة المحرك (DC)، فإن المجال وعضو الإنتاج كلاهما يتم إمدادهم من مصدر رئيسي (DC) حيث كلاهما يتطلب تيار مستمر ولكن في حالة المحرك المتزامن فإن بنية المجال يجب أن تثار بتيار مستمر كما في المولد المتزامن، بينما يوصل لف عضو الإنتاج بمصدر ثلاثي الطور (AC). ولذلك تتطلب تلك الآلة مصدرين للإمداد أحدهما (AC) لإمداد القدرة لإدارة عضو الإنتاج والآخر مصدر (DC) لإثارة المجال للمحرك، حيث يمكن تغذية الإثارة (DC) إما من مصدر تيار مستمر (DC) خارجي او عن طريق تركيب مولد صغير على العضو الدوار لإنتاج تيار مستمر ويقوم بالحث بدلا من المصدر الخارجي.

ب- الأجزاء الأساسية لمحرك متزامن ثلاثي الطور (Three phase)

- قلب العضو الساكن الرقائقي مع لف عضو الإنتاج 3 طور.
- بنية المجال الدوار كاملا مع لف مخمد وحلقات انزلاق.
- الفرش وماسك الفرش.
- ذراعين طرفيين لحمل كراسي التحميل التي تدعم عمود العضو الدوار.
- قلب العضو الساكن واللفات المحرك متزامن تكون مماثلة لتلك الخاصة بالمولد المتزامن الثلاثي الطور، أطراف لف العضو الساكن تنتهي في صندوق الأطراف المركب عادة على جانب هيكل المحرك، العضو الدوار لمحرك تزامني يكون له عادة أقطاب مجال بارزة موصلة لتعطي قطبية مترددة.

ج- مبدأ التشغيل (Principle of Operation)

مبدا تشـغيل المحرك يمكن أن يوضـح بالرجوع لشـكل (3-18) والذي يوضـح آلة ثلاثية الطور بقطبين. والعضـــو الدوار له قطبان والعضـــو الســـاكن له قطبان لكل طور عمليا من العادي أن يكون موجود أقطاب بارزة على العضـو الدوار، ولكن لف عضـو الإنتاج مركب في ثقوب في محيط السـطح الخارجي المقعر للعضـو السـاكن في الشكل أقطاب العضـو السـاكن ذو قطب بارز مبينة للملائمة فقط حيث أن العضـو الدوار مثار من مصـدر (DC)، لذلك فأقطاب العضـو الدوار تبقى على نفس القطبية ولكن قطبية أقطاب العضـو السـاكن تتغير حيث أنها موصـلة لمصـدر (AC)، أولا دعنا نعتبر العضـو الدوار كثابت وفي الوضـع المبين في شـكل (3-18). عند هذه اللحظة يكون القطب S للعضـو الدوار منجذب للقطب (N) للعضـــو الســـاكن، ولذلك يميل العضـــو الدوار للدوران في اتجاه عقارب الســـاعة بنصف فترة (أي بعد (T/2) ثانية حيث أن (T=1/f) تعكس قطبية أقطاب العضـو الساكن ولكن قطبية أقطاب العضـــو الدوار تبقى كما هي شـكل (3-19) عند هذه اللحظة القطب S للعضـــو الدوار يتنافر بالقطب S للعضـــو الســـاكن ولذلك يميل العضـــو الدوار للدوران في اتجاه عقارب الســـاعة. وهكذا فإن العضـــو المؤثر على العضـــو الدوار لمحرك متزامن ليس موحد الاتجاه ولكنه نابض وبســبب القصـــور الـذاتي للعضـــو الـدوار، فلن يتحرك في أي اتجـاه. ولـذلـك "فـالمحرك المتزامن ليس لـه عزم بدء ذاتي".



شكل (3-19) مبدا تشغيل المحرك

د- الخصائص الرئيسية للمحرك المتزامن (Main Characteristics of Synchronous Motor):

- المحرك المتزامن يُشـــغل عند ســـرعة واحدة فقط تعرف "بالســـرعة التزامنية والمعطاة بالتعبير (Ns = 120f/P)، حيث السرعة مستقلة من الحمل ويمكن أن تتغير إما بتغير تردد المصدر أو بتغيير عدد الأقطاب.
- ليس لها عزم بدء ذاتي ولذلك قبل توصيلها لمصدر (AC) تدار حتى تصل إلى السرعة التزامنية ببعض الوسائل الخارجية.
- تستطيع العمل تحت مدى واسع من معامل القدرة المتقدم والمتخلف.
- عنـــد اللاحمـــل يســـحب المحـــرك المتـــزامن تيـــار صـــغير جـــداً مـــن المصـــدر لمقابلـــة المفقودات الداخلية.

3.3.3 الصمامات (Valves)

الصـــمامات هـــي عناصـــر شـــائعة الاســـتخدام فـــي دوائـــر التحكـــم الهيدروليكيـــة والهوائيـــة، وتكـــون إمـــا مفتوحـــة كـــي تســـمح بمـــرور الهـــواء أو الزيـــت، أو مغلقـــة والتـــي لا تســـمح بمـــرور الهـــواء أو الزيـــت فـــي المســـارات المخصصـــة لهـــا. وهنـــاك عـــدة طـــرق لتشغيل الصمامات وهي:

- الطريقة اليدوية.
- الطريقة الميكانيكية.
- الطريقة الهوائية.
- الطريقة الهيدروليكية.
- الطريقة الكهربائية.

وسنتكلم هنا على الطريقة الكهربائية والتي تم استخدامها في هذا المشروع.

- **الطريقة الكهربائية:**

عند وصول تيار كهربي لملف الصمام يتكون مجال مغناطيسي يعمل على جذب القلب المغناطيسي المتحرك لأعلى وبذلك تنكشف فتحة الصمام ومن ثم يصبح الصمام مفتوحا ويتدفق المائع عبر الصمام وعند انقطاع التيار الكهربي عن ملف الصمام يفقد ملف الصمام مغناطيس فيعود القلب المغناطيسي المتحرك للصمام لوضعه الابتدائي وتنغلق فتحة الصمام ويصبح الصمام مغلق وينقطع تدفق المائع عبر الصمام. والجدير بالذكر أن هناك صمامات كهربائية تكون بوضع ابتدائي مفتوح وعند وصول التيار الكهربي لملف الصمام تتحول للوضع المغلق.

شكل (3-20) صمام كهروميكانيكي يعمل بالطريقة الكهربائية

الفصل الرابع

الجانب العملي

1.4 المقدمة

في الوقت الدي تشهده بلادنا من تطور في المجالات الصناعية الكثيرة ومن أهمها مصانع تدوير المخلفات "النفايات" سواء كانت مخلفات منزلية أو صناعية وإيجاد أفضل الطرق للاستفادة من المخلفات البلاستيكية والمعدنية بعد إعادة تدويرها.

في بعض الدول في العالم يتم تقسيم المخلفات من الأساس قبل تجميعها ودلك بوضع صناديق قمامه مخصصة لكل نوع من النفايات، بحيث توضع صناديق مخصصة للنفايات البلاستكية وصناديق مخصصة للنفايات المعدنية، وبدلك يسهل فصلها وإعادة تدويرها بطرق أسهل وأقل وقت لان النفايات تعتبر مفصولة من الأساس.

ولان بلادنا الحبيبة لم تصل الى هده الخطوة من فصل النفايات قبل تجميعها فلدلك قررنا وضع حجر أساس لمشروع مصنع إعادة تدوير المخلفات بحيث يفصل المخلفات البلاستكية والمخلفات المعدنية ونقلها في حاويات للاستفادة من منها بعد فصلها.

وسنتكلم عن هدا عن هدا المشروع بالتفصيل في أجزاء هدا الفصل.

2.4 نبذة عن المشروع

هو مصنع مصغر لإعادة تدوير المخلفات البلاستكية والمخلفات المعدنية، ويحاكي المراحل الأولى من عملية إعادة تدوير المخلفات وهي مرحلة الفصل ومرحلة التعبئة بعد الفصل ومرحلة النقل بعد عملية الفصل والتعبئة، وكل هدا يتم التحكم فيه آليا بواسطة الحاكم المنطقي المبرمج الخاص بشركة DELTA نوع (DVP-12SA2 11T).

كما تحدثنا سابقا بأن المشروع هو تطوير لفكرة بدأها طلبة كلية الهندسة – جامعة مصراتة في مشروع تحت عنوان" فصل الشوائب المعدنية عن المخلفات البلاستيكية باستخدام الحاكم المنطقي المبرمج" التي حاكوا فيها المرحلة الأولى فقط وهي مرحلة الفصل للمخلفات المعدنية دون الاستفادة من البلاستيكية.

وفي مشروعنا هدا سنكمل هده الكرة بتطويرنا لها بحيث سنكمل باقي الخطوات بعد فصل الشوائب المعدنية وسنقوم أيضا بفصل الشوائب البلاستيكية وتعبئتها ونقلها كل على حدى سواء كانت مخلفات معدنية أو بلاستيكية.

3.4 العناصر المستخدمة في المشروع

هذا المشروع يحتوي على العديد من العناصر التي تعتبر اساسيات هدا المشروع وتتضمن:

1) قاطع دائرة حراري.
2) مزود طاقة.
3) متحكم منطقي مبرمج PLC.
4) ملحق أو امتداد للحاكم المنطقي المبرمج PLC.
5) مصابيح بيان.
6) مفاتيح ضغط.
7) مرحلات كهروميكانيكي.
8) مكابس هوائي.
9) صمامات كهربائية هوائية.
10) حساس تقاربي حثي.
11) حساس تقاربي سعوي.
12) حساس كهروضوئي.
13) محركات تزامنية.

وسنتكلم عن كل نوع من هده العناصر بالتفصيل.

1.3.4 قاطع الدائرة (Circuit Breaker)

يستخدم قاطع الدائرة في وصل وفصل الدوائر الكهربية سواء في الأحوال العادية أو حالات الخطر والفرق بين قاطع الدائرة والمفتاح هو أن المفتاح يقوم بتوصيل وقطع الدائرة عند حالات التشغيل العادية وذلك يدويا، أما قاطع الدائرة فيقوم بتوصيل وفصل الدائرة يدويا وذلك عند حالات التشغيل العادية وكذلك يقوم بفصل الدائرة آليا عند حالات الخطأ. ويصنف قاطع الدائرة على حسب عدد الأقطاب الى 4 أنواع وهي:

1) قاطع بقطب واحد.
2) قاطع بقطبين.
3) قاطع بثلاث اقطاب.
4) قاطب بأربع اقطاب.

وهدا المشروع تم استخدام قاطع دائرة حراري نوع (FH82C16) المصنع بواسطة شركة (bticino) الإيطالية، ومن اهم المواصفات الخاصة به:

1) قاطع دائرة حراري ذي قطبين. 2) التيار المقنن له 16 A.

3) يعمل على جهد 220V – 230V AC. 4) يعمل على تردد 50 Hz.

الشكل (4–1) يوضح شكل قاطع الدائرة الحراري المستخدم.

شكل (4–1) قاطع الدائرة الحراري المستخدم

2.3.4 مزود الطاقة (Power Supply)

يقوم مزود الطاقة بتحويل جهد الدخل المتردد (50/60 Hz) 220V AC الى جهد المستمر 24V DC، وذلك لتغذية مكونات المشروع التي تعمل بجهد 24V DC، وقد استخدمنا في هذا المشروع مزود طاقة نوع (DRC-24V30W1A) الخاص بشركة (DELTA) التايوانية، ومن اهم مواصفات مزود الطاقة المستخدم:

1) جهد الدخل الاسمي 100–240V AC. 2) جهد الدخل المقنن 90–264V AC.

3) تردد الدخل الاسمي 50–60 Hz. 4) تردد الدخل المقنن 47–63 Hz.

5) جهد الدخل الاسمي في حالة الجهد المستمر 125–375V DC.

6) تيار الدخل اقل من 0.60A عند 230V AC.

7) تيار التدفق اقل من 50A عند 230V AC.

8) اقصى قدرة مبددة عند اللاحمل 0.3W عند 230V AC.

9) اقصى قدرة مبددة عند الحمل الكامل 4.48W عند 230V AC.

10) جهد الخرج 24V DC. 11) تيار الخرج 1.25A.

12) قدرة الخرج 30W.

الشكل (4-2) يوضح شكل مزود الطاقة المستخدم.

شكل (4-2) مزود الطاقة المستخدم

3.3.4 الحاكم المنطقي المبرمج PLC

في الفصل الثاني تحدثنا عن الحاكم المنطقي المبرمج بالتفصيل، ان استخدامنا في هدا المشروع كان لمتحكم نوع (DVP-12SA2 11T) الخاص بشركة (Delta) التايوانية، ومن اهم مواصفات المتحكم المستخدم:

1) يعمل بجهد مستمر 24V DC.

2) يحتوي على عدد 8 نقاط للدخل من X0 الى X7.

3) تيار الدخل من 4.5 mA الى 5.5 mA.

4) اقصى تردد لنقاط الدخل 10 KHz.

5) يحتوي على عدد 4 نقاط للخرج من Y0 الى Y3.

6) اقصى تردد للنقطتين Y0 وY2 هو 100 KHz.

7) اقصى تردد للنقطتين Y1 وY3 هو 10 KHz.

8) جهد نقاط الخرج 5/30V DC.

الشكل (4-3) يوضح شكل الحاكم المنطقي المبرمج الدي تم استخدامه.

شكل (4-3) الحاكم المنطقي المبرمج الدي تم استخدامه

4.3.4 ملحق "امتداد" الحاكم المنطقي المبرمج (Extension)

بما أن المتحكم المستخدم في هدا المشروع من نوع (DVP-12SA2 11T) الخاص بشركة (Delta) التايوانية فهو يحتوي على 8 مداخل (inputs) و4 مخارج (Outputs)، وان عدد المداخل والمخارج المستخدمة أكثر من الموجودة في المتحكم ولهدا استخدمنا ملحق "امتداد" نوع (DVP-16SP11T) من شركة (DELTA)، يحتوي الملحق على 8 مداخل و8 مخارج تعطي الإضافة المطلوبة منه في المشروع.

يتم ربطه مباشرة مع الحاكم المنطقي المبرمج بوصلة جانبية موجودة على جوانب كل من الملحق والمتحكم وبدلك يتغدى الملحق على نفس مصدر التغذية للحاكم ويشكل معه حاكم منطقي مبرمج بمداخل ومخارج كثيرة، أما بنسبة لمداخله و تكون معنونة في البرنامج داخل الحاكم المنطقي من (X20) الى (X27) ومخارجه تكون من (Y20) الى (Y27)، الشكل (4-4) يوضح الملحق المستخدم في المشروع.

شكل (4-4) الملحق المستخدم في المشروع

5.3.4 مصابيح البيان (Indication Lamps)

توجد مصابيح البيان في غرف التحكم لمساعدة المشغلين على فهم أداء العمليات الصناعية كبيان تشغيل محرك أو اتجاه دورانه وغيرها من العمليات.

وقد استخدمنا في هذا المشروع أربع مصابيح لتوضيح العمليات الصناعية:

1) مصباح بيان لونه أخضر لبيان تشغيل محرك السير الرئيسي.
2) مصباح بيان أزرق لبيان تشغيل محرك سير نقل المخلفات المعدنية.
3) مصباح بيان لونه برتقالي لبيان تشغيل محرك سير نقل المخلفات البلاستيكية
4) مصباح بيان لونه احمر لبيان وجود حالة طوارئ.

الشكل (4-5) يوضح شكل مصابيح البيان.

شكل (4-5) مصابيح البيان

6.3.4 مفاتيح الضغط (Bush Buttons)

هي مفاتيح تنعكس حالة ملامستها، أي ان ملامساتها تصبح مفتوحة طبيعيا (N.O) أو العكس (N.C) وذلك عند الضغط عليها، ويمكن تقسيمها إلى:

1) مفتاح ضغط تشغيل:

تكون مفاتيح التشغيل مفصولة في الحالة الاعتيادية (N.O) حيث يتم التوصيل بين النقاط بالضغط عليها، وتكون هذه المفاتيح عادة ذات لون أخضر أو أسود.

2) مفتاح ضغط إيقاف:

هي مفاتيح ذات ملامسات مغلقة طبيعيا (N.C) وتفتح عند الضغط عليها، وتستخدم لإيقاف التشغيل، وتكون هده المفاتيح عادة ذات لون أحمر.

3) مفتاح ضغط طوارئ:

هي مفاتيح ذات ملامسات مغلقة طبيعيا (N.C) وتفتح عند الضغط عليها، وتستخدم في حالة الطوارئ لإيقاف التشغيل، وتكون هذه المفاتيح عادة ذات لون أحمر.

الشكل (4-6) يوضح مفاتيح التشغيل والإيقاف المستخدمة.

الشكل (4-7) يوضح مفاتيح الطوارئ المستخدمة.

شكل (4-6) مفاتيح التشغيل والإيقاف المستخدمة

شكل (4-7) مفاتيح الطوارئ المستخدمة

7.3.4 المرحلات الكهروميكانيكي (Electromechanical relay)

تكلمنا عن المرحلات في الفصل الثالث بالتفصيل، وهنا قد استخدمنا نوعين من المرحلات:

1) ثلاث مرحل نوع (Relay 60.13) خاص بشركة (Finder) الصينية. شكل (4-9).

2) ثلاث مرحل نوع (Relay MK3ZP) خاص بشركة (OMRON) الصينية. شكل (4-10).

جدول (4-1) المشغلات الموصلة في المرحلات الكهرو ميكانيكية

• تشغيل وإيقاف محرك السير الرئيسي	• تشغيل وإيقاف محرك سير نقل المخلفات المعدنية	• تشغيل وإيقاف محرك سير نقل المخلفات البلاستيكية
• تشغيل وفصل الصمام الكهربائي الهوائي الموصل بمكبس فصل المخلفات المعدنية	• تشغيل وفصل الصمام الكهربائي الهوائي الموصل بمكبس فصل المخلفات البلاستيكية	• تشغيل وفصل الصمام الكهربائي الهوائي الموصل بمكبس رافعة الحاويات

مواصفات المرحلات المستخدمة:

1) المرحل ذو ثلاث اقطاب.

2) يحتوي على 11 نقطة.

3) التيار المقنن له 10A.

4) يعمل على جهد متردد (50/60 Hz) 6/400V AC.

5) يعمل على جهد مستمر 6/220V DC.

6) القدرة المقننة في حالة الجهد المتردد (50 Hz) 2.2VA.

7) القدرة المقننة في حالة الجهد المستمر 1.3W.

شكل (4-8) مرحل شركة (Finder)

شكل (4-9) مرحل شركة (OMRON)

8.3.4 مكابس هوائية (Pneumatic Piston)

وهو عبارة عن مشغل هوائي يعمل باستخدام الهواء المضغوط ويتكون من مكبس داخل أسطوانة، والاسطوانة اما ان تكون:

- **اسطوانات أحادية الاتجاه:** تعمل هذه الأسطوانات على تمديد المكبس دون سحبه، وتحتوي على منفذ واحد لإدخال الهواء لتمديد المكبس ونابض داخلي أو جاذبية توفر حركة العودة عند إزالة الهواء.
- **أسطوانات ثنائية الاتجاه:** تعمل هذه الأسطوانات على تمديد المكبس وسحبه، وتحتوي على منفذين لإدخال الهواء لتمديد وسحب المكبس.

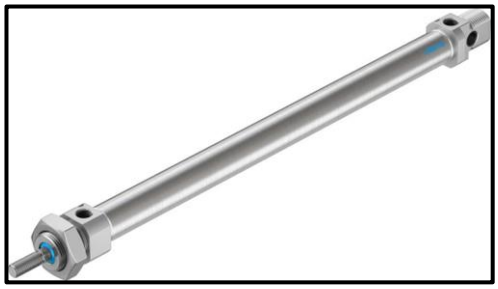
استخدمنا في المشروع ثلاث مكابس هوائية تفصيلها في الجدول التالي:

جدول (4-2) مواصفات المكابس الهوائية المستخدمة في المشروع

1) المكابس المستخدمة:	مكبس نوع (RA 20*80 – S)	مكبس نوع (DSNU (20*250-PPV-A
2) الشركة المصنعة:	شركة (E.MC)	شركة (FESTO)
3) مسافة تمديد المكبس:	8cm	25cm
4) ضغط الهواء الذي يعمل عندها:	من 0.1 MPa الى 1MPA	من 1 bar الى 10 bar
5) درجة الحرارة التي يعمل عندها:	من 20 C- الى 80 C	من 20 C- الى 80 C
6) العدد:	2	1
7) غرض الاستخدام:	لفصل المخلفات المعدنية ولفصل المخلفات البلاستيكية	في رافعة الحاويات

الشكل (4-10) والشكل (4-11) يوضحان المكابس الهوائية المستخدمة.

شكل (4-10) مكبس الهواء شركة (E.MC)



شكل (4-11) مكبس الهواء شركة (FESTO)

9.3.4 صمامات كهربائية هوائية (Electric pneumatic valve)

لقد تكلمنا على الصمامات الكهربائية في الفصل الثالث، وقد استخدمنا في هذا المشروع ثلاث صمامات نوع (Solenoid Valve V5221-08) الخاص بشركة (E. MC)، ومن اهم مواصفات الصمامات المستخدمة:

1) يعمل عند ضغط هواء من 0.15 MPa الى 0.8MPa.
2) يعمل بجهد مستمر 24V DC.
3) معدل هبوط وارتفاع الجهد 10% - 15%-.
4) القدرة المستهلكة 3W.

الشكل (4-12) يوضح الشكل الصمام الكهربائي الهوائي المستخدم.

شكل (4-12) الصمام الكهربائي الهوائي المستخدم

10.3.4 الحساس التقاربي الحثي (Inductive Proximity Sensor)

لقد تكلمنا على الحساسات التقاربية في الفصل الثالث، وقد استخدمنا في هذا المشروع حساس تقاربي حثي نوع (AT1/AN-4A) الخاص بشركة (Micro Detectors) الايطالية، ومن اهم مواصفات الحساس المستخدم:

1) مسافة الاستشعار 20 mm.
2) نوع الخرج NPN.
3) الحساس في الحالة الطبيعية N.O.

4) تردد التبديل 200 Hz.

5) يعمل عند جهد مستمر 10–30V DC.

6) التيار المسحوب اقل من 400 mA.

7) زمن التأخير بين عمليات الاستشعار 0.1s.

8) يعمل عند درجة حرارة من 25 C– الى 70 C.

الشكل (4–13) يوضح شكل الحساس التقاربي الحثي المستخدم.

شكل (4–13) الحساس التقاربي الحثي المستخدم

11.3.4 الحساس التقاربي السعوي (Capacitive Proximity Sensor)

في الفصل الثالث قد ذكرنا الحساس السعوي وماهي اختصاصاته، وفي هدا المشروع استخدمنا حساس سعوي نوع (CR30-15DN) من شركة (Autonics) كوريا الجنوبية، ومن اهم مواصفات الحساس المستخدم:

1) مسافة الاستشعار 20 cm.

2) نوع الخرج NPN.

3) الحساس في الحالة الطبيعية N.O.

4) تيار التسريب 15 mA كحد أقصى.

5) يعمل عند جهد مستمر 10-30V DC.

6) التيار المسحوب 200 mA كأقصى تيار.

7) تردد الاستجابة 50 HZ.

8) يعمل عند درجة حرارة من 25 C- الى 70 C.

يوضح الشكل (4-14) الحساس السعوي المستخدم.

شكل (4-14) الحساس السعوي المستخدم

12.3.4 الحساس الكهروضوئي (Photoelectric Sensor)

لقد تكلمنا على الحساسات الكهروضوئية في الفصل الثالث، وقد استخدمنا في هذا المشروع حساس كهروضوئي ارتدادي نوع (BM200-DDT) الخاص بشركة (Autonics) كوريا الجنوبية، ومن اهم مواصفات الحساس المستخدم:

1) مسافة الاستشعار 200 mm.

2) نوع الخرج NPN.

3) الحساس في الحالة الطبيعية N.O.

4) يعمل عند جهد مستمر 12-24V DC.

5) التيار المسحوب اقل من 100mA.

6) زمن الاستجابة 3ms.

7) يعمل عند درجة حرارة من 10 C- الى 60 C.

الشكل (4-15) يوضح شكل الحساس الكهرو ضوئي الارتدادي المستخدم

شكل (4-15) الحساس الكهرو ضوئي الارتدادي المستخدم

13.3.4 المحركات التزامنية (Synchronous Motors)

لقد تكلمنا على المحركات التزامنية في الفصل الثالث، وقد استخدمنا في هذا المشروع ثلاث محركات تزامنية أحادية الطور الدي يعتبر مبدأ عملها هو نفسه في المحركات التزامنية ثلاثية الطور، وبما ان المحركات المستخدمة في هدا المشروع هي مسؤولة عن حركة سيور خط النقل وجب توضيح بعض المعادلات المهمة التي تصف سلوك المحرك التزامنية المستخدم:

- بما ان المحرك التزامني ليس له عزم بداية داتي، لدلك يدار أولا ببعض الوسائل الخارجية مثل المولد المتزامن ويتزامن مع المصدر لتكون القوة الدافعة الكهربائية (ق.د.ك) مساوية لجهد الخط $V = E$
- عند السرعة التزامنية ويكون كلا القطبين (الدوار والساكن) في نفس السرعة، يكون الجهد الخط و (ق.د.ك) غير متساويان ينتج عنه تيار خرج يساوي $Io = \frac{Vr}{Zs}$ حيث: (الجهد المحصل :Vr) و (المعاوقة المتزامنة :Zs).
- عند اللاحمل تكون القدرة المسحوبة من المحرك التزامن $P=VI_o \cos\Phi$
- تيار العضو الإنتاج في المحرك التزامني $I_a=\frac{V-E}{Ra}$ ، الدي يعطي مزيدا من العزم والقدرة المطلوبة للحمل الزائد.
- السرعة التزامنية للمحرك التزامني $Ns=\frac{120f}{P}$ ، التي ستبقى ثابته في حالة التزامن بغض النظر عن الحمل.

المحرك المستخدم كان نوع (A60KTYZ-7014) الخاص بشركة (KESKINLER) التركية، ومن اهم مواصفات المحرك المستخدم:

1. يعمل على جهد متردد (50/60 Hz) 220V AC.
2. التيار السحوب اقل من 65 mA.
3. القدرة المقننة 14 w.
4. محرك يدور بسرعة 60 RPM، ومحركين يدوران بسرعة 30 RPM.
5. عزم الدوران لمحرك 4 Kg/cm، وللمحركين 8 Kg/cm.
6. لديه اتجاه دوران مع عقارب الساعة وعكس عقارب الساعة.
7. يعمل عند درجة حرارة من 15 C- الى 40 C.

الشكل (4-16) و(4-17) يوضحان شكل المحرك التزامني المستخدم.

شكل (4-16) المحرك التزامني المستخدم

شكل (4-17) أبعاد المحرك التزامني المستخدم

14.3.4 شاشة (HMI)

الـ (HMI) وهي اختصار (Human Machine Interface) حيث تعتبر من الأنظمة الفرعية في تقنية PLC حيث أن اهم متطلبات التحكم الصناعي هو القدرة الدائمة على التحكم بالنظام و إعطائه بيانات و معلومات عن حالة النظام الدي يتحكم به عند الحاجة لدلك، فان شاشة HMI توفر هده القدرة

بحيث يتم ربطها مع وحدة المعالجة للحاكم المنطقي المبرمج PLC، حيث تساعد الشاشة بعد برمجتها وربطها مع المتحكم المنطقي في إيقاف و تشغيل البرنامج و كدلك التحكم في المؤقتات المستخدمة داخل البرنامج و كدلك ضبط البرنامج من جديد دون العودة الى الحاسب الالي و تحميل البرنامج من جديد وغيرها من الكثير.

في هدا المشروع استخدمنا شاشة (HMI) نوع (HMI 103BQ) من شركة (Delta) التايوانية التي تحمل المواصفات التالية:

1) جهد التغذية 24 VDC.
2) حجم الشاشة 4.3 بوصة.
3) وحدة المعالجة المركزية اصدار (Cortex-A8) بسرعة 8 MHZ.
4) RAM: 256 Mbit.
5) تحتوي على منفد واحد COM ومنفد COM إضافي.
6) مخل USB.
7) تشتغل عند درجة حرارة من 0 C الى 50 C

الشكل (4-18) يوضح شاشة (HMI) المستخدمة:

شكل (4-18) شاشة (HMI) المستخدمة

4.4 ربط العناصر الكهربائية مع الحاكم المنطقي المبرمج

عندما تم ربط عناصر التشغيل مع الحاكم المنطقي المبرمج أخد كل عنصر مدخل معين في الحاكم المنطقي المبرمج كل حسب موقعه في النظام ادا كان دخلا رمز له بـ (X) وادا كان خرجا رمز له بـ (Y) ، جدول (4-3) يوضح توزيع العناصر الكهربائية :

جدول (4-3) توزيع العناصر الكهربائية

التسلسل	العنصر الكهربائي	الخرج/الدخل
1	مفتاح التشغيل	X0
2	مفتاح الايقاف	X1
3	مفتاح الطوارئ	X2
4	الحساس التقاربي السعوي	X3
5	الحساس الكهروضوئي	X4
6	الحساس التقاربي الحثي	X5
7	مرحل (محرك السير الرئيسي)	Y0
8	مرحل (مكبس هواء فصل البلاستك)	Y1
9	مرحل (مكبس هواء فصل المعادن)	Y2
10	مرحل (محرك سير المعادن)	Y20
11	مرحل (محرك سير البلاستك)	Y21
12	مرحل (مكبس هواء الرافعة)	Y22

5.4 تشغيل وإيقاف المشروع

لدينا أكثر من طريقة لتشغيل المشروع وإيقافه سواء كانت يدوية أو آلية.

1) **الطريقة اليدوية:** بعد توصيل الكهرباء عن طريق القاطع الرئيسي للمشروع نضغط على مفتاح التشغيل (X0) الدي سيرسل إشارة للحاكم المنطقي وبدوره سيرسل إشارة لمرحل المحرك

الرئيسي(Y0) وبالتالي سيشتغل المحرك الرئيسي وتستمر عملية فصل المخلفات، اما إيقافه فيكون بالضغط على مفتاح إيقاف التشغيل (X1) أو مفتاح الطوارئ (X2) اللدان سيرسلان إشارة للحاكم المنطقي والدي سيوقف كل العمليات الصناعية، وهي تعتبر طريقة ليست يدوية بالكامل لان الحاكم المنطقي قد تخل في عملها ولكن بدايتها ونهايتها كانت يدوية.

2) **الطريقة الآلية:** بعد توصيل الكهرباء عن طريق القاطع الرئيسي للمشروع سيشتغل المشروع تلقائيا عندما يتحسس الحساس الكهروضوئي (X4) الدي سيرسل إشارة للحاكم المنطقي الدي سيرسل إشارة خرج لمرح محرك السير الرئيسي (Y0) وبالتالي سيشتغل المحرك الرئيسي وتستمر عملية فصل المخلفات، أما إيقافه فسيكون عن طريق المؤقت (Timer) الموجود فب برنامج الحاكم المنطقي، الدي سيشتغل بعد تحسس الحساس الكهروضوئي لفترة زمنية معينة ادا لم يتحسس الحساس الكهروضوئي سيوقف الحاكم المنطقي المبرمج كل العمليات الصناعية.

6.4 فكرة عمل المشروع

عند الضغط على مفتاح التشغيل (X0) أو تحسس الحساس الكهرو ضوئي (X4) سترسل إشارة للحاكم المنطقي والدي بدوره سيرسل إشارة خرج الى مرحل محرك السير الرئيسي (Y0) الدي سيشغل محرك السير الرئيسي، بعد تشغيل المحرك لدينا حالتين:

- في حالة أن الشي الدي تحسسه الحساس الكهرو ضوئي كان معدن سيتحرك هدا الجسم على السير الرئيسي الى أن يصل الى الحساس التقاربي الحثي الدي يتحسس المعادن (X5) سيرسل إشارة للحاكم المنطقي الدي سيحولها الي إشارة خرج الى مرحل مكبس هواء فصل المعدن (Y2) الدي سيضع

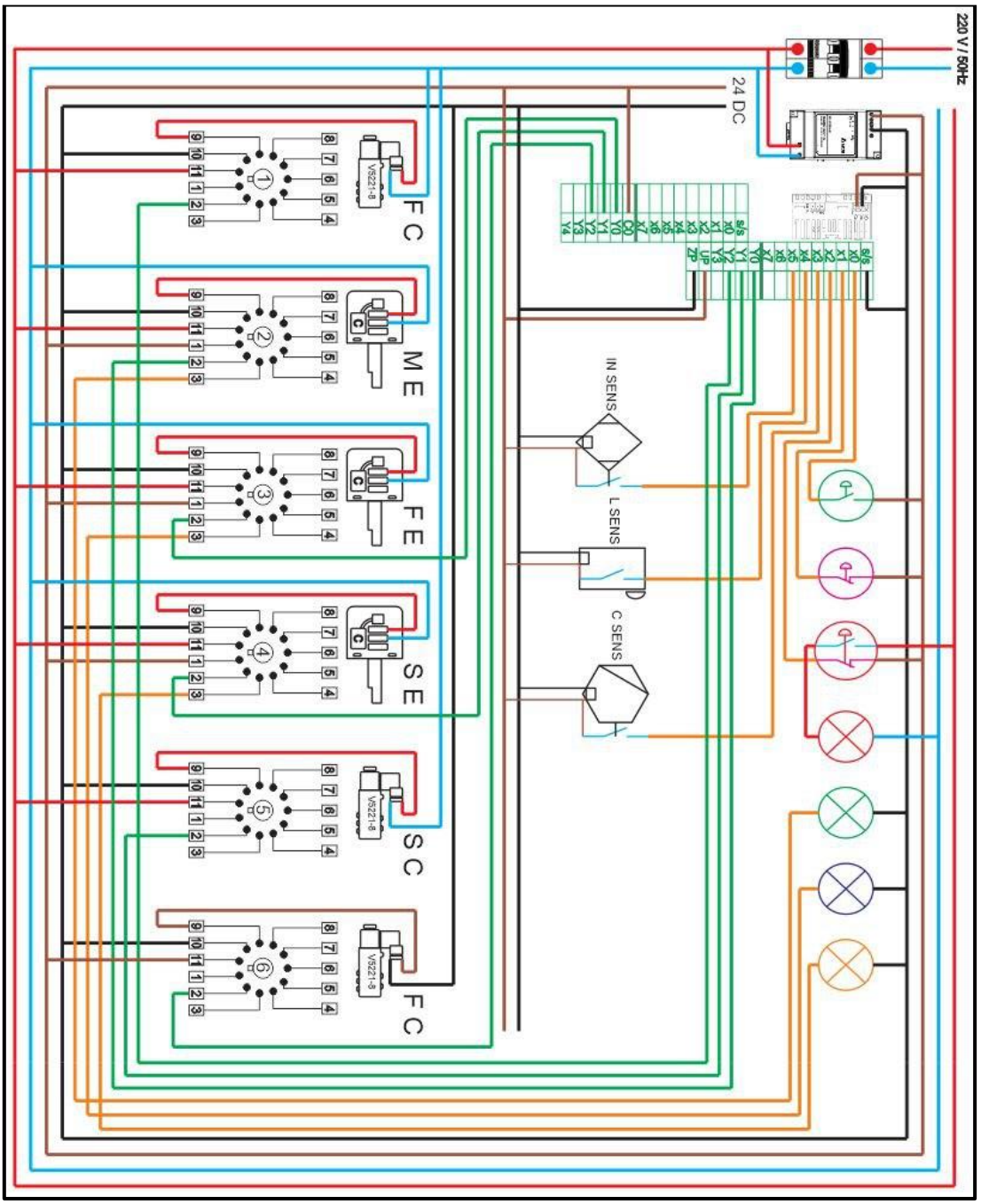
المجسم داخل حاوية و عند عمل المكبس سيرسل الحاكم المنطقي إشارة خرج الى مرحل محرك سير المعادن (Y20) الدي سيشتغل فترة زمنية مبرمجة عن طريق المؤقت (Timer) داخل برنامج الحاكم المنطقي الى أن تصل الحاوية أمام الرافعة وبعدها يتوقف محرك سير المعادن و من ثم سيرسل الحاكم المنطقي إشارة خرج الى مرحل مكبس هواء الرافعة التي بدورها ستضع الحاوية على ظهر الشاحنة ليتم نقلها للمصاهر أو الى مراكز تجميع الخردة المعدنية.

- في حالة أن الشي الدي تحسسه الحساس الكهرو ضوئي لم يكن معدن ، اما بلاستك أو ورق سيتحرك هدا الجسم على السير الرئيسي و يمر أمام الحساس التقاربي الحثي دون أن يعطي إشارة للحاكم المنطقي الى أن يصل الى الحساس التقاربي السعوي (X3) الدي يتحسس الكثافة وسيرسل إشارة للحاكم المنطقي الدي سيحولها الي إشارة خرج الى مرحل مكبس هواء فصل البلاستك و الورق (Y1) الدي سيضع المجسم داخل حاوية و وعند عمل المكبس سيرسل الحاكم المنطقي إشارة خرج الى مرحل محرك سير البلاستك (Y21) الدي سيشتغل فترة زمنية مبرمجة عن طريق المؤقت(Timer) أيضا داخل برنامج الحاكم المنطقي الى أن تصل الحاوية أمام الرافعة وبعدها يتوقف محرك سير البلاستك و من ثم سيرسل الحاكم المنطقي إشارة خرج الى مرحل مكبس هواء الرافعة (Y22) التي بدورها ستضع الحاوية على ظهر الشاحنة ليتم نقلها الى مراكز إعادة تدوير و البلاستك و النفايات الورقية.

يمكن التنويه بما الرافعة المخصصة لرفع حاويات المخلفات المعدنية غير موجودة في هدا المشروع ولم يوضع لها مرحل وسيتم ذكرها في التوصيات المخصصة بالمشروع في الفصل الخامس.

7.4 الخريطة الكهربائية للمشروع

الشكل (4-19) يوضح الخريطة الكهربائية للمشروع.



شكل (4-19) الخريطة الكهربائية للمشروع

الفصل الخامس

الاستنتاجات والتوصيات

1.5 المقدمة

يتضمن هذا الفصل أهم الاستنتاجات التي تم التوصل إليها بعد تنفيذ دائرة المشروع، كما سيتناول التوصيات المقترحة للتطوير.

2.5 الاستنتاجات

فيما يلي الاستنتاجات التي توصل إليها هذا المشروع:

1) يعمل مشروع الفصل المؤتمت بشكل جيد وفق الغرض المطلوب .
2) عند تصميم منظومة تحكم لمشروع ما يجب الأخذ في الاعتبار توفر أو إمكانية توفير جميع الاجزاء التي تتكون منها المنظومة من حساسات وحاكم منطقي ومشغلات.
3) يفضل استخدام حساس كهروضوئي بدل الموقت المضبوط ليوقف الحاوية أما الرافعة ودلك لصعوبة المؤقت في ضبط المكان الصحيح للحاوية لغرض رفعها بالرافعة عكس الحساس الكهروضوئي الذي سيضبط مكانها الصحيح بمجرد تحسسها.
4) المشروع يعمل بنظام التحكم الآلي والذي يوفر حماية من بعض الأخطاء التي يمكن أن تحدث في أنظمة التحكم التقليدية.
5) المشروع دو إنتاجية عالية ويمكن فضل الكثير من المخلفات بشرط توفر حاويات نقل المخلفات أو استغلال تعبئتها قبل أن يتحرك السير الخاص بنقلها.

3.5 التوصيات

فيما يلي التوصيات التي يوصي بها المشروع بناءً على النتائج المتحصل عليها:

1) عند تطوير المشروع في أحد المصانع يجب استبدال المرحل بكنتاكتور (Contactor) وذلك لأن المرحل لا يستخدم في حالة التيارات العالية.
2) المشروع يحاكي المراحل الأولى لمصانع إعادة تدوير المخلفات وهي مرحلة الفصل والتعبئة والنقل ويمكن تطويره بإضافة طرق نقل أفضل من المجودة وكدلك أدوات فصل أفضل من المكابس الهوائية.
3) يمكن ان يتم تطوير المشروع واستخدامه في مصانع إعادة التدوير ولكن يجب الاخذ في الحسبان استخدام محرك حثي عوضا عن التزامني، وذلك لأنه اقل تكلفة واقل احتياجا للصيانة وأكثر الأنواع انتشارا في المصانع.
4) إضافة أكثر من حساس تقاربي حثي في حالة تنفيذ المشروع في أحد المصانع ودلك بسبب قصر المسافة الاستشعار له.
5) ضبط العداد المرتبط به المكبس الهوائي لأكثر من مرة واحدة فقط ودلك لاستغال تعبئة الحاويات قبلها أن يشتغل محرك السير الخاص بنقلها.
6) عند تطوير المشروع يمكن إضافة رافعة بنفس نظام الرافعة الموجودة حاليا أو أفضل لنقل حاويات المخلفات المعدنية على ظهر الشاحنة.

المراجـــع

المراجع

1) التحكم المبرمج PLC للمهندس "علي حسن حسان".

2) فصـل الشـوائب المعدنية عن المخلفات البلاسـتيكية باسـتخدام الحاكمات المنطقية القابلة للبرمجة للمهندسين "صهيب فريفر – عبد الحكيم التركي".

3) التحكم المنطقي المبرمج "الجانب التشـــغيلي للبرنامج "S7 للمهندســـين "محمد أبوحجر – كمال أبومعيلق".

4) دراســـة المهندس "منتصـــر عبد الله الطاهر" تحت عنوان "مقدمة عامة عن البرمجة المنطقية أو التحكم المنطقي المبرمج"PLC".

5) ســـلســـلة التحكم العملية "2" بعنوان "أجهزة التحكم المبرمج PLC's وتطبيقاتها العملية للمهندس "أحمد عبد المتعال".

6) المهارات الأدائية والمعرفية لاســـتخدام جهاز التحكم المنطقي المبرمج PLC والتطبيقات العملية على جهاز زيليو لوجيك موديل SR2 B201BCD للمهندس "سمير حسني متولي هزاع".

7) وزارة التعليم الفني والتـدريـب المهني بـالجمهوريـة اليمنيـة، بحـث بعنوان "الحـاكمـات المنطقيـة المبرمجة "PLC للمهندسين "قمور رؤوف – زعبار مراد".

8) برمجة التحكم المنطقي" PLC طبعة جديدة – 2011" للمهندس "ريمون كمال".

9) المؤسـسـة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بالمملكة العربية السـعودية، كتاب بعنوان " آلات ومعدات كهربائية – تقنية التحكم المبرمج (عملي) ".

10) المؤسـسـة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بالمملكة العربية السـعودية، كتاب بعنوان "وحدات التحكم المنطقي المبرمج – أساسيات الوحدات المنطقية البرمجة".

11) المؤســـســـة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بالمملكة العربية، كتاب بعنوان "مختبر الدوائر الخطية والرقمية (الحساسات).

12) Dr. Bhagwati Charan Patel, Professor G R Sinha, Naveen Goel, "Introduction to sensors", IOP Publishing Ltd, 2020.

13) PLTW Engineering, 'Electronics Sensors –Analog and Digital", Inspiring Greatness, May 19, 2020.

14) أســاســيات التحكم المنطقي المبرمج القابل للبرمجة(PLC) ، "الطبعة الأولى" 2009، للأســتاذ المهندس "أحمد فؤاد علوان."

15) MHRD, "Mechatronics and Manufacturing Automation", NPTEL, Joint initiative of IITs and IISc.

16) بحث بعنوان: توصــيف حســاســات غازية إلكترونية متعددة لتمييز الأبخرة الزيتية"، جامعة حلب، كلية العلوم، قسم الفيزياء،2016م، لكاتبته "رهى طارق دقاق".

17) أجهزة التحكم القابلة للبرمجة، "الطبعة الأولى 1999" للمهندس عبده شحاده هلالة".

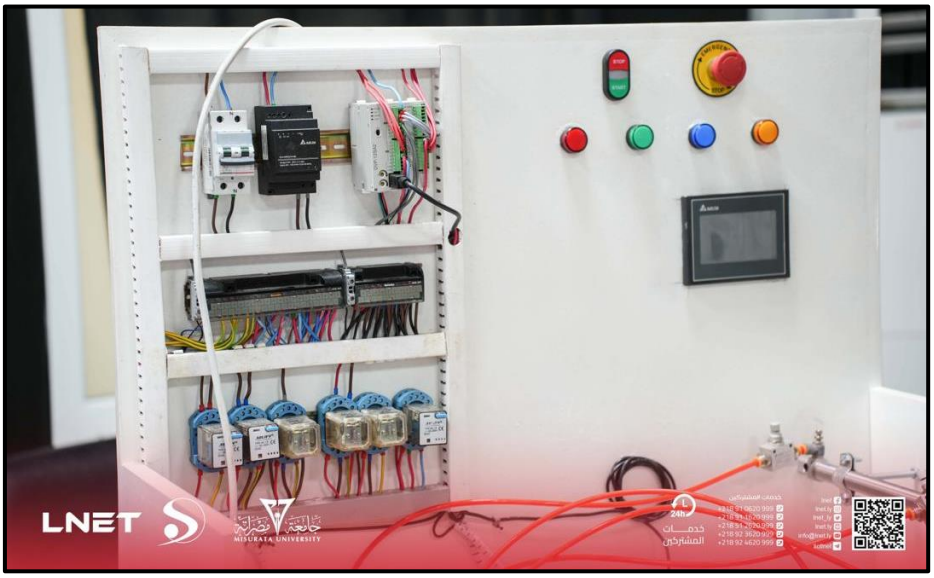
18) كتاب الات التيار المتردد، للمهندس "وحيد مصطفى أحمد"، 2003م.

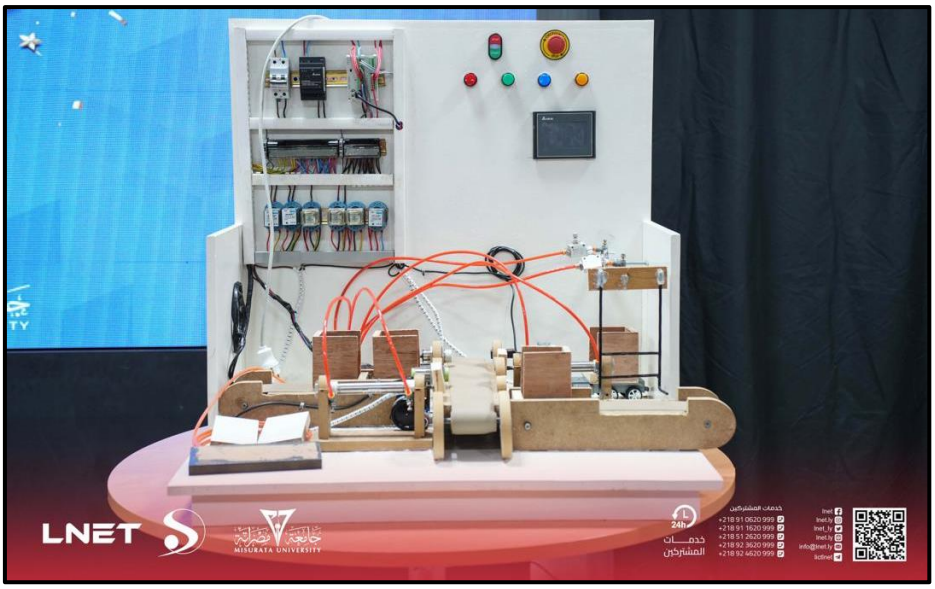
19) "أتمتة ماكينة كبس هيدروليكية باســتخدام الحاكم المنطقي المبرمج" للمهندســين "محمد الشــح – وسند لالي".

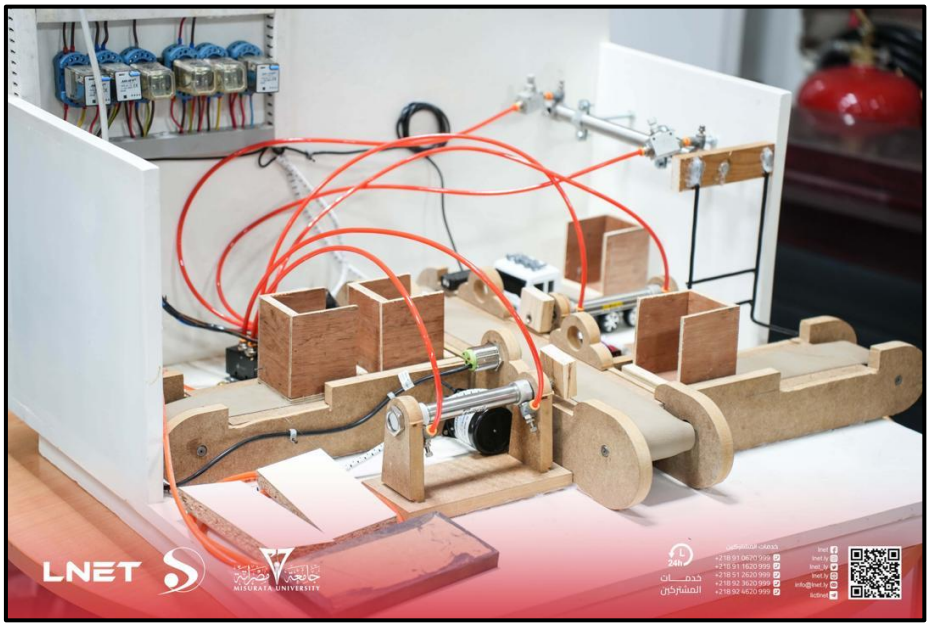
20) "التحكم في تشغيل محرك تيار مستمر باستخدام منظومة PLC" للمهندس "صلاح بوليفة".

الملاحـــق

صور توضيحية للشكل النهائي للمشروع كمصنع مُصغّر كما تناولنا الفكرة في الفصل الرابع







تكاليف المصنع المُصغّر لإعادة تدوير المُخلفات البلاستكية والمخلفات المعدنية

ت	الصنـــــــــــــف	الكمية (عدد)	سعر الوحدة (د.ل)	الإجمالي (د.ل)
1	متحكم منطقي مبرمج DVP-12SA2 11T	1	705	705
2	امتداد المتحكم المنطقي	1	1	520
3	مزود الطاقة	1	110	110
4	محرك تزامني	3	140	420
5	حساس كهروضوئي	1	170	170
6	حساس تقاربي حثي	1	145	145
7	حساس تقاربي سعوي	1	200	200
8	موزع تغذية كهربائية Terminal block	1	50	50
9	موزع تغدية كهربائية Terminal block -40T	1	85	85
10	مصابيح بيان	4	1.5	6
11	مرسيتي سكة 2.5 mm	6	1.5	9
12	مرحل كهروميكانيكي 24v + قاعدة 11 سن	6	35	210
13	مرسيتي توصيل	1	5	5
14	علامة طوارئ لضاغط الطوارئ	1	5	5
15	مدحرجات (كوشينيتي)	12	5	60
16	نهاية سلك 1.5 mm	1	3	3
17	بونته خشب 12 mm	1	15	15
18	مجرى أسلاك مشبك	1	25	25
19	لصقة سريعة	2	5	10
20	الخشب المستخدم في المشروع	--	450	450
21	سكة للعناصر الكهربائية	3	5	15
22	حلزون تغطية أسلاك	1	15	15
23	سلك 1.5 بالمتر	64 م	1.25	80
24	صمام هواء 24v DC	1	118	118
25	صمام هواء 220v AC	2	120	240
26	ضاغط هواء 20*80	2	124	248
27	ضاغط هواء 20*250	1	315	315
28	أنبوب هواء	10 م	3.5	35
29	حديد الرافعة	--	15	15
30	حديد بكرة السيور	6	20	120
31	قاعدة صمامات	1	40	40
32	وصلات أنبوب هواء	17	10	170
33	ضاغط تشغيل وإيقاف	1	7	7
34	ضاغط الطوارئ	1	5	5
35	قاطع الدائرة الرئيسي	1	25	25
إجمالي التكلفة: (فقط أربعة آلاف وستمائة وواحد وخمسون دينار ليبي لا غير)				4651