الفصل الأول

المقدمة

1.1 تمهيد :

يستطيع الانسان البقاء دون طعام لعدة أيام ولكنه لا يستطيع الاستغناء عن الهواء لثواني محددة وبالتالي يجب ان يكون الهواء صالحا للاستنشاق ولا يحتوي علي ملوثات من شانها ان تسبب ضررا بالصحة العامة سواء علي المدي القريب او البعيد يتكون الغلاف الجوي الخالي من الملوثات من 75% نيتروجين و 21% اكسجين وحوالي 0.9% غاز ارجون والبقية عبارة عن كميات قليلة من ثاني أكسيد الكربون والنيون والهليوم والهيدروجين بالإضافة الي بخار الماء يستطيع الهواء ان يحتفظ بمكوناته في الظروف الطبيعية حسب دورة الحياة في النظام البيئي فالنبات مثلا يأخذ ثاني أكسيد الكربون من الجو ويحتفظ بالكربون ويطلق الاوكسجين وتتنفس الكائنات الحية الاوكسجين واذا ذادت نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو فان الفائض يذوب في البحار والمحيطات ويتفاعل مع املاح الكالسيوم مكونا كربونات الكالسيوم (الأحجار الجيرية) وبذلك تحفظ الطبيعة ذاتها يعتبر تلوث الهواء من اقدم المشاكل البيئية التي عرفها الانسان حيث ان مصادره الطبيعية متعددة كالبراكين . وقد بدأت مشاركة الانسان في التلوث بالظهور منذ ان بدأ الانسان باستخدام الغاز في حياته اليومية للطهي وللتدفئة ومنذ ذلك الحين مازالت هذه القضية في تفاقم مستمر وأصبحت تعد من اهم واخطر القضايا البيئية علي الاطلاق.

1.1.1 مصادر تلوث الهواء:

تنقسم مصادر تلوث الهواء الي مصادر طبيعية وغير طبيعية "صناعية" تسمى الملوثات التي تنبعث مباشرة من المصدر الي الجو بالملوثات الأولية ,وتتعرض هذة الملوثات أحيانا لبعض التغييرات في الصفات والخواص الكيميائية نتيجة مرورها ببعض العمليات الكيميائية الطبيعية في الجو لتتحول الى ملوثات ثانوية .وعلى سبيل المثال يعتبر غاز أول أوكسيد الكربون الذي ينتج عن عملية الاحتراق غير الكامل, ومن الملوثات الأولية وهو غاز ضار وسام ويبقى علي حالتة هذة في الجو لفترة زمنية محددة قبل أن يتحول الى غاز ثاني أوكسيد الكربون "ملوث ثانوي" الأقل ضررا. وفي بعض الأحيان يكون الملوث الثانوي أكثر ضررا من الأولي ,مثلا الأمطار الحمضية وهي تعتبر ملوثات ثانوية يكون لها ضررا أكبر على البيئة من الملوثات الأولية كثاني أوكسيد الكبريت , وكذلك فان تفاعل بعض الملوثات الأولية مثل أكاسيد النيتروجين والهايدروكربون مع أشعة الشمس وبوجود بخار الماء ينتج عنة ملوثات ثانوية أكثر سلبية علي البيئة مثل غاز الاوزون.

2.1.1 القضاية الناجمة عن التلوث الهوائي:

يختلف تلوث الهواء من مكان لأخر حسب سرعة الرياح والظروف الجوية, فكثير من المصانع تطلق أبخرة في الجو تحتوي على مركبات شديدة السمية مثل مركبات الزرنيخ والفسفور والكبريت والسلينوم.كما تحمل معها بعض المعادن الثقيلة كالزئبق والرصاص والكادميوم وغيرها وتبقى هذة المواد الشائبة معلقة في الهواء علي هيئة رذاذ أوضباب خفيف ويكون هذا التلوث واضحا حول المصانع ولكن قد تحملة الرياح الي أماكن أخرى .وتعتبر مصانع الأسمنت والمحاجر والكسارات من أهم مصادر الغبار في الهواء.

2.1 مشكلة البحث:

إن تقنيات أنظمة المرشحات كثيرة ومتنوعة من حيث المواصفات وتقنية العمل, ومن المشاكل الشائعة ثقوب في الأكياس نتيجة ضعف الكيس والغبار الناعم (أقل من 5 مايكرو في تركيز عال) والاكثار من تنظيف الأكياس بسبب الضغط الزائد أو تردد النبضات و فقدان الضغط وتكثف الماء في الهواء المضغوط مما يؤدي الي فشل أنظمة التشغيل الهوائي.

3.1 أهمية البحث:

- إن يتم الحفاظ على صحة العاملين عندما تديرمنشأة تنتج الكثيرمن الغبار وكذلك البيئة.
- الاستفادة من الأغبرة الضائعة في الهواء واعادة ترسيبها مرة اخرى.

4.1 اهداف البحث:

- دراسة انظمة عمل المرشحات وطريقة عملها وتطبيقاتها.
- تصميم مرشح الغبار في المنشات الصناعية وتحليلها ومناقشة الية عملها.
- تطبيق نظام التحكم في عمل المرشح بواسطة المتحكمات (simulation).

5.1 منهجية البحث:

تم دراسة الكتب والمراجع والبحوث والمجلات العلمية ذات الصلة بعمليات المرشحات وطريق عملها. ومن ثم ستكون الدراسة في مجموعة من النقاط التي بدورها بنينا عليها البحث, وتمت كتابة البرنامج بلغة الـ Ladder diagram (LAD) الذي سيعمل علي توجيه المتحكم من عائلة (SIEMENS) في عملة ,بعد ذلك تم استخدام برنامج الـ (Automation Studio) الذي بدوره سيعمل علي شاشة الحاسوب الرقمي محاكاة مكونات المنظومة الكهربية عند التشغيل .

الفصل الثاني

مجمعات الغبار

1.2 مقدمة:

جامع الغبار هو نظام يستخدم لتعزيز نوعية الهواء الصادر من العمليات الصناعية والتجارية من خلال جمع الغبار والشوائب الأخرى من الهواء أو الغاز. تم تصميم نظام تجميع الغبار ، الذي تم تصميمه للتعامل مع أحمال الغبار عالية الحجم ، من منفاخ ، فلتر غبار ، نظام تنظيف المرشح ، ووعاء الغبار أو نظام إزالة الغبار إنه يتميز عن أجهزة تنقية الهواء ، والتي تستخدم مرشحات يمكن التخلص منها لإزالة الغبار وأولا يجب التقاط الغبار. ويتم تحقيق ذلك باستخدام أجهزة مثل أغطية الالتقاط لصيد الغبار في مصدره الأصلي. في كثير من الأحيان ، يكون للجهاز الذي ينتج الغبار منفذ يمكن توصيله مباشرة بالأنابيب وثانيا يجب أن يتم نقل الغبار. ويتم ذلك عن طريق نظام مجاري الهواء ، ويتم ضبطه بشكل مناسب ومتعدد للحفاظ على حد أدنى ثابت لسرعة الهواء المطلوبة للحفاظ على الغبار في التعليق للنقل إلى جهاز التجميع. يمكن أن تؤدي القناة من الحجم الخطأ إلى تسوية المواد في نظام مجرى الهواء وتثبيتها وأخيرا يتم جمع الغبار. يتم ذلك عبر مجموعة متنوعة من الوسائل ، اعتمادًا على التطبيق والتعامل مع الغبار. يمكن أن يكون بسيطًا مثل مرشح المرور الأساسي ، أو جهاز الفصل الإعصاري ، أو حاجز الانحراف. كما يمكن أن يكون معقدًا مثل المرسب الكهروستاتيكي أو الكيس متعدد المراحل أو جهاز التنظيف الرطب المعالج كيميائياً أو برج التعري.[C]

2.2 أنواع مجمعات الغبار :

1- مجمعات تعمل بمبدأ القصور الذاتي وتنقسم الي :-

- غرفة الترسيب Gravity Settling Chamber
- الحاويات المخروطية Cyclones
- الحاويات المخروطية المركبة Multi Cyclones

2- المرسبات الكيسية ، أنواعها

- المرسبات الكيسية الصغيرة

وتستعمل هذه المرسبات لمعاملة غازات مقدارها $10000\ M^3/hr$

- المرسبات الكيسية المتوسطة

وتستعمل هذ المرسبات لمعاملة غازات مقدارها $40000\ M^3/hr$

- المرسبات الكيسية الكبيرة

وتستعمل هذه المرسبات غازات مقدارها $400000M^3/hr$

3- المرسبات الكهروساكنة Electro Static Precipitators

1.2.2 اختيار المرسبات الكيسية:-

يعتمد اختيار المرسبات الكيسية علي ما يأتي :-

1- نوع المرسب ونظام التنظيف فيه
2- درجة حرارة الغازات المارة خلال المرسب
3- تركيب الغازات وخواصها الكيميائية
4- حمل الغازات من الاغبرة
5- حمل الغازات الخارجة من المرسب حسب القوانين المسموح بها
6- الخواص الطبيعية والكيميائية للأغبرة.

وانطلاقا من هذا يجب ان تكون مواصفات الاكياس مناسبة لما ذكر سابقا كما يلي:-

1- عالية النفاذية
2- قوية المقاومة
3- تتحمل درجات الحرارة العالية (بحدود تشغيلية معينة)
4- مستقرة المقاسات تحت التشغيل والاجهادات
5- ان تكون ذات جودة عالية
6- ان تكون سهلة التركيب والفك
7- ان تكون ذات كفاءة عالية.

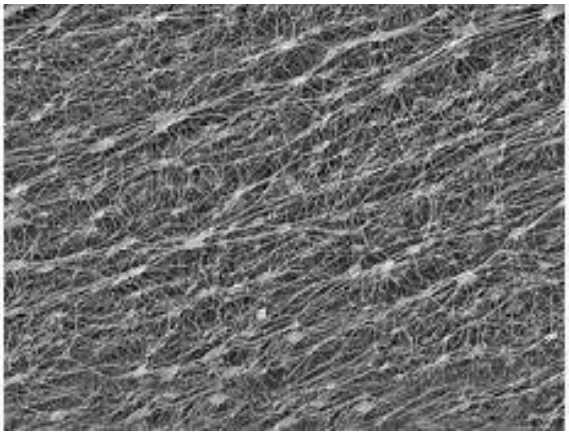
2.2.2 أنواع المواد المصنعة منها المرسبات الكيسية:-

كان الصوف والقطن المادتين والمعروفتين في السابق لصناعه الاكياس ومع تقدم تقنية المواد الاشتقاقية (الكيمياء العضوية والصناعية) أصبحت الاكياس تصنع من مواد مختلفة ، اكثر أنواع الاكياس استخداما المصنعة من البوليسترمبطنة بمادةPTFE هي بولي تيترافلورو إيثلين(Polytetrafluoroethylene)ويعرف باسم تيفلون، مادة مكونة من ملايين من الالياف الصناعية ولها مسامات صغيرة جدا تحسن من عملية التنظيف، يمتاز التيفلون بمقاومته للمواد الكيميائية وخواصه العازلة .

مميزاته:-

- لا يلتصق بها شيء مهما ارتفعت درجة الحرارة.
- تحتفظ بخواصها الفيزيائية ثابتة حتى في درجة حرارة 250 درجة مئوية.

- تبدأ بالتحلل عند 440 درجة مئوية.
- مادة خاملة كيميائيا لا تتفاعل مع الأحماض والقواعد ولا تتأثر بالمذيبات العضوية ولا تؤثر في مكونات الطعام ولا تتأثر بها.



الشكل: (2 . 1) يبين ptfe

3.2.2 الاكياس المنسوجة والاكياس المقواة:-

1- الاكياس المنسوجة:

وهي في العادة مصنعة علي شكل النسيج المعروف ، خيوط طولية وخيوط عرضية ، لذلك لها خاصية المسامية الكبيرة, اذ تقدر المسافة البينية فيها بحدود 40% من حجمها الكلي, لذلك لايمكن ان تؤدي عملها بالشكل الجيد الا بوجود طبقة من مادة ptfe

2- الاكياس المقواة:

الاكياس المقواة ثلاثية الاتجاه , مساحة الترسيب في هذه الاكياس متواجدة علي السطح وفي الداخل واحيانا تزود الاكياس المقواة بطبقة بينية منسوجة لا عطاء قوة ضد المزق.

4.2.2 معيار الهواء / القماش:-

ويعني كمية الأمتار المكعبة من الهواء او الغاز التي تعامل لكل متر مربع او قدم من القماش (الاكياس) ويختلف هذا المعيار باختلاف نوع الغبار ونعومته وما الي ذلك .

5.2.2 التنظيف في المرسبات الكيسية:-

المقصود به إزالة الطبقة المترسبة من الاغبرة, ومن طرق التنظيف القديمة:

- ميكانيكية بالهز والطرق (الصدم)

- هوائية بواسطة هواء مضغوط

بما ان طرق التنظيف الميكانيكية تعتبر طرقا قديمة ونادرا ما تعمل بها مرسبات هذه الأيام ,فإننا سوف نركز علي طرق التنظيف الحديثة.

6.2.2 التنظيف بواسطة الهواء المضغوط Pluse Jet Cleaning :-

كل صنف من الاقمشة يكون مذود بأنبوب طويل مثقوب بعدد الأقمشة التي في الصف يحتوي هذا الانبوب علي هواء مضغوط من 4-7 bar يقوم بتنظيف الاغبرة المترسبة علي الاقمشة. كما في الشكل(2-2)

الشكل: (2-2) طريقة التنظيف

عندما يكون الكيس في حالة عمل لترسيب الغبار كما هو معلوم تترسب الاغبرة علي السطح الخارجي للكيس بينما يخترق الغاز النظيف الاكياس الي داخله ومن ثم يتصاعد عبره الي حجرة الغاز النظيف اعلي المرسب ومنه الي الخارج كغاز نظيف ثم تترسب الاغبرة وهذا هو الحال لكل الاكياس في نفس الوقت بعد هذا مباشرة تبدأ العملية الثانية وهي تنظيف الاكياس حيث يتم التنظيف كما يلي :

يدفع الهواء المضغوط من الضاغط الي الكيس عبر أنبوب مثبت في الجزء العلوي من المرسب ويمتد مسافة قصيرة داخله وبسرعة اقل من او اكثر من سرعة الصوت هذا اعتمادا علي تصميم المرسب كذلك تندفع كمية من الهواء الثانوي من حجرة الغاز الي الكيس فيقوم بنفخه حتي يصل الي اقصي نهاية الكيس مزيلا الاغبرة في سطحه الخارجي والتي تتساقط في حاوية الاغبرة بينما يخترق هواء التنظيف جدار الكيس الي الخارج باتجاه معاكس لاتجاه الغازات المحملة بالاغبرة ودفع الهواء المضغوط يدوم لثانية واحدة وهي تكفي لعملية التنظيف وفي الغالب ينظف الكيس كل دقيقة وعليه فان زمن التنظيف هذا يعتمد علي تعليمات المصمم والظروف التشغيلية التي يعمل بها المرسب والمواد التي تم تنظيفها من الاقمشة تترسب اسفل المرسب في الجزء المخروطي حيث يتم الإستفادة منها برجوعها الي خط الإنتاج عبر الدوار (Rotary Air Lock) والذي يسمح بالخروج منه وفي نفس الوقت يعمل علي قفل هواء السحب بحيث لا يخلق سحب معاكس يعمل علي معاكسة خروج المواد منه ويجب ان نبين هنا ان الكيس من

الداخل مركبة علي طوله شبكة اسطوانية Cage كتقوية وهي مثبتة اعلي المرسب في الحامل الرئيسي وهي عبارة عن لوح مثبت في الجسم الداخلي للمرسب وبه فتحات علي الاكياس مباشرة ويتم تثبيت الشبكة المقوية للكيس فيه ويمكن كذلك سحبها بسهولة .كما في الشكل(2- 3).

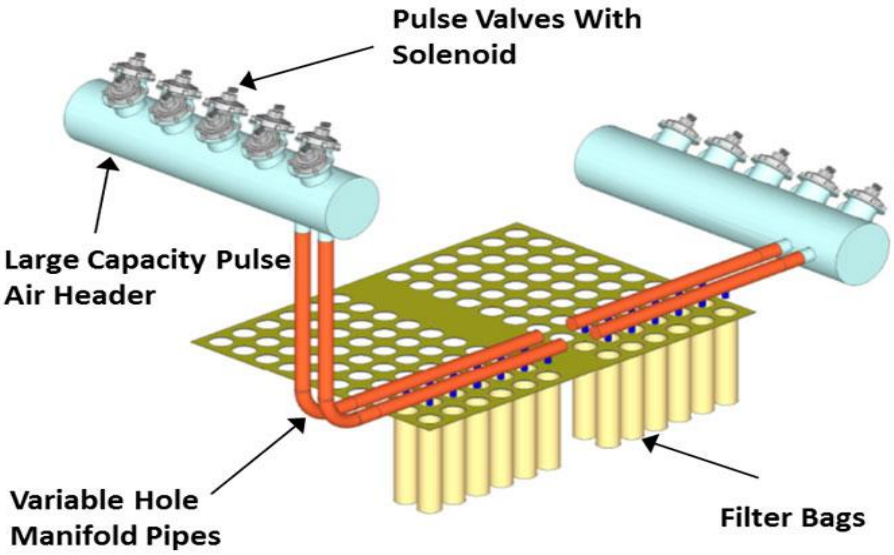
الشكل: (2- 3) أكياس المرشح

3.2 ميكانيكية العمل :

بواسطة إشارات الكترونية يتم شحن الصمامات الزنبركية (Solenoid Valve) والتي عندها ينطلق الهواء المضغوط عبر فتحات مخصصة الي داخل الكيس ولكن مع الغاز التنظيف الي داخل الكيس مسببا انتفاخها وفعل التنظيف هذا ناتج من اخذ الاكياس للشكل المستدير الذي تحافظ عليه بمساعدة الشبكة الإسطوانية .

صيانة المرسات العامة بهذه الطريقة عكس المرسبات الكيسية القديمة التي كانت عملية تغيير الاكياس فيها تستغرق زمنا طويلا ونقوم بتغيير الاكياس عند انتهاء عمرها الافتراضي (5 سنوات) اوعند حدوث ثقب في الكيس. كما في الشكل (2-4).

الشكل: (2- 4) يوضح Solenoid Valve



الشكل (2- 5) يوضح كيفية التنظيف

تحدث هذه العملية مع التصميم الجديد للأكياس وتستغرق وقتا قصيرا اذ يمكن تغيير الاكياس من الجزء العلوي بحل مواسير الهواء المضغوط أولا ثم استخراج القشوري وبعد ذلك سحب طرف الشبكة من اعلي المرسب خصوصا وان هذه المرسبات لها أبواب كبيرة خاصة لهذا الموضوع اما نظام الضغط الهوائي في المرسب فلا يحتوي علي أجزاء متحركة مما يقلل من كلفة الصيانة .

هنالك بعض الأجزاء الكهربائية التي تنقل إشارات الي غرفة التحكم والتي لها دلالات معينة واذا عملت الصورة المثلي تؤدي الي تشغيل امن للمرسب وبكفاءة عالية منها :

- جهاز (Pressure Switch) فهو عبارة عن جهاز يتحسس ضغط الهواء المار للمرسب والذي يستخدم في تنظيف الاقمشة حيث يتم ضبط الهواء للمرسب والذي يستخدم في تنظيف الاقمشة حيث يتم ضبط الجهاز علي الضغط المطلوب فاذا قل الضغط منه فان المرسب لا يعمل الا بعد تصحيح الضغط علي الوضع المضبوط عليه الجهاز. الشكل(2- 6).

الشكل (2- 6) يوضح Pressure Switch

- جهاز (Level Switch) هذا الجهاز يتحسس المواد الموجودة داخل المرسب (المواد المترسبة من عملية النظافة) هذه المواد لها حد معين فاذا تجاوزته سوف تقفل مدخل الهواء المحمل بالأغبرة الي داخل المرسب وبالتالي تكون كفاءة المرسب قليلة جدا فلذلك فهي تثبت في مكان قبل مدخل هواء السحب المحمل بالأغبرة واذا لامست المواد هذا الجهاز يؤدي الي إيقاف المرسب مباشرة ولا يعمل إلابعد تفريغ المواد منه .شكل(2-7).

الشكل (2- 7) يوضح Level Switch

- جهاز (Differential Pressure) هو عبارة عن جهاز يقوم بقياس فرق الضغط بين مدخل الهواء وخرجه حيث يتم ضبط الجهاز علي فرق ضغط معين , فاذا تم تجاوزه يقوم الجهاز بإيقاف المرسب مباشرة ولا يعمل إلا بعد معالجة هذا الخلل وغالبا ما تكون هذه المشكلة ناتجة من قفل في خط سحب الهواء المحمل بالأغبرة وان مسامات الاقمشة قد تقفلت . الشكل (2- 8).

الشكل : (2- 8) يوضح Differential Pressure

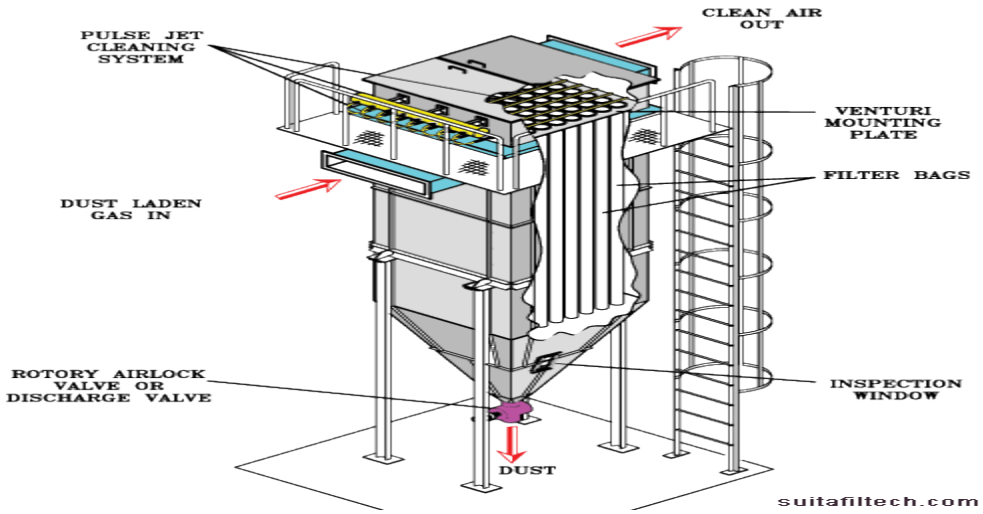
- Switch Approximate هو عبارة عن جهاز يتحسس جزء دوار ويثبت مع (Rotary) فاذا توقف الجزء الدوار ولأي سبب من الأسباب يؤدي ذلك الجهاز الي إيقاف المرسب ولا يعمل الا بعد معالجة الدوار.كما في الشكل (2-9).

الشكل (2- 9) يوضح Switch Approximate

4.2 طريقة التشغيل للمرسب الكيسي (Operation Method Of Bag Filter) :-

يتم تشغيل الضاغط أولا ليقوم بمد المرسب بالهواء الذي يستخدم في تنظيف الاقمشة حيث لا يمكن للمرسب ان يعمل الا بعد وصول ضغط الضاغط الي الضغط المضبوط عليه الـ (Pressure Switch) ثم بعد ذلك يتم تشغيل الدوار (Rotary Air Lock) ثم بعد ذلك يتم تشغيل مروحة السحب هنالك صمام منظم (Damper) اما ان يكون التحكم فيه يدويا حيث يقم المشغل بالتحكم فيه يدويا علي حسب ظروف التشغيل اما بالنسبة للفلاتر الكبيرة (Bag House) فيتم التحكم فيها اليا من قبل المشغل علي حسب ظروف التشغيل في الشكل(2- 10).

الشكل (2- 10) يوضح Rotary Air Lock



الشكل: (2-11) يوضح Bag Filte

الفصل الثالث

المتحكمات – الأنظمة الهوائية - قدرة

Plc - Pneumatic – Power

1.3 مقدمة:

صنع اول جهاز مبرمج في شركة (جنرال موتورز)عام 1968 وكان الجهاز في بادئ الامر يحل محل المفاتيح الكهرومغناطيسية فقط غير أنه لم يكن قادرا علي تحقيق متطلبات الشركة المصنعة ولكنه كان في الحقيقة بادره خير في صناعة الحاكمات القابلة للبرمجة programmable logic controllers والتي تطورت فيما بعد وانتشرت بكثرة في جميع ميادين الصناعة وفي الفترة ما بين(1974 -1970)ونتيجة للتقدم التقني في صناعة الميكروبروسسيور أصبحت الحاكمات القابلة للبرمجة PLCs أكثر مرونة وذكاء واصبح من السهل علي الفنيين والمهندسين ليس لهم دراية بعلوم الكمبيوتر والالكترونيات الرقمية التعامل معها.بل وأصبحت هذه الاجهزة قادرة علي القيام بالعمليات الحسابية والمنطقية وتحسنت لغتها عن ذي قبل. اما في الفترة ما بين (1979 – 1975) حدث تقدم كبير في صناعة الحاكمات القابلة للبرمجة واشتمل هذا التطور علي زيادة سعة الذاكرة وعدد المداخل والمخارج الرقمية بل ارتقي استخدام هذه الاجهزة من التحكم الرقمي الي التحكم التناظري حيث أصبح من السهل عمل برنامج لاستخدام أجهزة التحكم المبرمج لتحل محل حاكم تناسبي تفاضلي تكاملي PID للتحكم في درجة حرارة غرفة أو سرعة محرك ...الخ وكذلك أصبح من السهل تخزين أي برنامج في وحدة ذاكرة خارجية وأصبح من الممكن تغيير البيانات سابقة التخزين اثناء التشغيل . فأصبح بوسع المشغل تغيير ثوابت المؤقتات الزمنية والعدادات...الخ بدون ايقاف العملية الصناعية كما كان في السابق ونتيجة لتطور علوم الاتصالات في هذة الفترة , أصبح من الممكن استخدام مجموعة من اجهزة التحكم المبرمجة للعمل سويا في شبكة محلية للتحكم في مصنع كما لو كانت جهازا واحدا أيضا من الممكن عمل تقارير وافية عن الانتاج والصيانة والأعطال بواسطة الوحدات الطرفية مثل الطابعات وتخدم هذه التقارير ادارات المصانع لتحسين معدل الانتاج ونتيجة لهذه التطورات المذهلة التي حدثت في الفترة الأخيرة حلت أجهزة التحكم المبرمج PLCs محل الميني كمبيوتر mini Computer في معظم التطبيقات الصناعية. [1]

2.3 نظام التحكم القديم:-

اعتمدت نظم التحكم الآلي قديما على التحكم في العمليات الصناعية باستخدامrelay وكان يتسبب في ظهور مشكلات مثل:

1.صعوبة الوصول الي العطل

2.الصعوبة في تعديل الدوائر

3.تحتاج دوائر relay الي مساحة كبيرة

3.3 الانواع المختلفة للحاكمات:-

يوجد نوعان من الحاكمات المستخدمة في التحكم في العمليات الصناعية وذلك تبعا لنظرية عملها وهما كما يلي :-

1- حاكمات غير قابلة للبرمجة

2- حاكمات قابلة للبرمجة

حاكمات غير قابلة للبرمجة :-

وهذه الحاكمات اما دوائر منطقية أو دوائر تحكم بالمفتاح الكهرومغناطيسية أما الدوائر التحكم المنطقي فهي تتكون من عناصر الكترونية توصل معا مثل البوابات المنطقية والقلابات والعدادات والموقتات الزمنية .....الخ.

حاكمات قابلة للبرمجة :-

وهي اجهزة تنتمي لعائلة الكمبيوتر وتستخدم في المجالات الصناعية والتجارية مثل المصانع في المجال الصناعي, وحاليا تم ادخال استخدامها في بعض عمليات التحكم ببعض المستشفيات الكبيرة كلمة PLCهي اختصار لكلمة programmable logiccontroller وأبسط تعريف هوعبارة عن جهاز الكتروني يحتوى على ذاكرة يمكن برمجتها لتنفيذ عمليات مختلفة مثلا لعمليات المنطقية اوالزمنية او الحسابية وذلك بهدف التحكم في العمليات الصناعية المختلفة.

يوجد نوعان من اجهزة التحكم المبرمج وهما :-

النوع الاول :- هي اجهزة التحكم المبرمج المتكاملة Compact type حيث توجد جميع العناصر السابقة في غلاف واحد وتستخدم هذه الاجهزه للتحكم في العمليات الصناعية الصغيرة.

النوع الثاني :- هي اجهزة التحكم المبرمج مجزاة Module Typ حيث يخصص لكل عنصر من العناصر المكونة لجهاز التحكم المبرمج ويسمي Module فيوجد مديول مدخل رقمية - ومديول لمصدر القدرة - ومديول مخرج رقمي - ومديول مدخل تناظري - ومديول مخرج تناظري - ومديول لوحدة المعالجة المركزية. بالإضافة الي مجموعة من المديولات الوظائف الخارجية مثل مديولات عداد خارجي - ومؤقت خارجي - وأعطال خارجي - والطابعة.

4.3 مكونات وحدة الـ plc:-

وهي (وحدة الدخل - وحدة الخرج - وحدة مصدر القدرة الكهربية - وحدة المعالجة المركزية - وحدة الذاكرة - جهاز البرمجة - وحدة المشغل – المجسات)

1.4.3 وحدة الدخل input module:-

وينقسم الى قسمين : -

1- وحدة دخل رقمية digital input module

2- وحدة دخل تناظرية اوتماثلية . analog input module

ومن وظائف وحدة الدخل الاتي :-

1. تقوم بعمل عزل كهربي بين الاجهزة التي تتصل معها وبين وحدة CPU

2.تقوم باستقبال الاشارات من الاجهزة الخارجية مثل trans-meter switches contact ثم تحويلها الي اشارة منطقية يمكن ان تتعامل معها وحدة المعالجة المركزية.

اهم المواصفات الفنية لمديولات S7-300:-

مديول المداخل الرقمية:-

a. عدد المداخل المتاحة 8
b. جهد المصدر + 24v
c. جهد الإشارة العالية 13:33v
d. جهد الاشارة المنخفضة 0:5v

مديولات المداخل التناظرية:-

a. عدد المداخل 4
b. مقاومة الدخل 50 kΩ
c. جهد الدخل المسموح بة كل قناة 0:10v

يوجد ثلاثة انواع من وحدات ربط المداخل التناظرية وهم كما يلي :-

1- وحدات مداخل تناظرية تعمل بإشارات تيار 0:20 mA
2- وحدات مداخل تناظرية تعمل بإشارات جهد 0:1 v او 0:10 v
3- وحدات مداخل تناظرية تعمل بمقاومات متغيره 0:100 KΩ

ويتم اختيار المديولات الربط المداخل التناظرية تبعا لنوعية المجسمات المستخدمة في العمليات الصناعية

الشكل: (3-1) يوضح الدخل والخرج

2.4.3 وحدة الخرج out module :-

وينقسم الى قسمين:-

1- وحدة خرج رقمية digital output module

2- وحدة خرج تناظرية او تماثلية . analog input module

ومن وظائف وحدة الدخل الاتي :-

1.تقوم بعمل عزل كهربي بين الاجهزة التي تتصل معها وبين وحدة CPU

2.تقوم باستقبال الاشارات من CPU وتحويلها الي اشارة رقمية او تناظرية الي الاجهزة الخارجية سواء ملف, قواطع كهربائية, مرحلات زمنية, أو صممات تحكم

مديول المخارج الرقمية:-

a.عدد المخارج المتاحة	8
b.جهد المصدر	+24 v
c.جهد الخرج العالي	+24 v
d.جهد الخرج المنخفض	+4.8 v
e.أقصي تردد للوصل والفصل	100 HZ
f. أقصي تيار مسحوب من اجهزة المخرج كلها	4A
g.تيار الخرج الأقصى للمخرج الواحد	1A
h.لايوجد حماية ضد القصر علي المخارج نوع الخرج	Transistor

الجدير بالذكر انه يوجد ثلاثة انواع لمديولات المخارج الرقمية وهم :-

I. خرج علي مفتاح كهرومغناطيسي Relay

تستخدم عند عدم الحاجة لسرعات عالية عند الوصل والفصل مع الأجهزة المخارج التي تحتاج الي تيارات عالية

II. خرج علي ترانزستور Transistor

تستخدم عند الحاجة لسرعات عالية عند الوصل والفصل وتيار منخفضة

III. خرج علي الترياك Triac

تستخدم عند الحاجة لسرعات عالية عند الوصل والفصل مع تيارات عالية

مديولات المخارج التناظرية:-

a. عدد قنوات الخرج	2 قناة
b. مقاومه الحمل الصغري	3.3 kΩ
c. عدد اطراف الحمل	2 او 4
d. يوجد حماية من القصر	لا
e. جهد المصد الكهربي	+24v
f. جهد المصد الكهربي	+24v
g. تيار القصر	30 mA

يوجد نوعين من وحدات الربط المخارج التناظرية وهم كما يلي :-

1- وحدات ربط مخارج تناظرية لها تيار خرج يتراوح ما بين (0:20 mA)

2- وحدات ربط مخارج تناظرية لها جهد خرج يتراوح ما بين (0:10 v)

3.4.3 وحدة مصدر القدرة الكهربية power supply unit :-

ويستخدم لتحويل الجهد من 220 VAC الى 24 VDC وذلك لتغذية جميع مكونات PLC والاجهزة المتصلة معه. ويتم اختبارpower supply علي حسب التيار الخارج ويكون احيانا 10A , 5A , 2A.

الشكل: (3-2) يوضح مديول power

4.4.3 وحدة المعالجة المركزية central processing unit :-

وهى عبارة عن معالج دقيق اواكثر من معالج يحتوى على ذاكرة النظام .ويقوم المعالج بالوظائف الاتية :

1.استقبال وارسال الاشارات من وحدة الدخل ثم معالجتها وارسالها لوحدة الخرج

2.تنفيذ الاوامر طبقا للبرنامج المخزن بالذاكرة

3.تقوم بمجموعة من العمليات الحسابية والمنطقية للإشارات المرسلة من وحدة الدخل.

الشكل : (3-3) يوضح المعالج

5.4.3 وحدة الذاكرة memory :-

انواع الذواكر :

1.ذاكرة ROM

وهى ذاكرة للقراءة فقط أي يتم كتابة البيانات بها مرة واحدة ولايمكن كتابة البيانات بها مرة اخري وتستخدم هذه الذاكرة لحماية البيانات اوالبرامج المخزنة عليها من المحو وهي ذاكرة دائمة أي لاتتأثر بانقطاع التيارالكهربي ويتم وضع نظام التشغيل للـ PLC عليها وهو برنامج موضوع من المصنع ولايمكن تغيره .

2. ذاكرة RAM

وهى ذاكرة يمكنا لكتابة والقراءة منها حيث تحتوى على متغيرات النظام وبرنامج المستخدم وهي ذاكرة تتأثر بانقطاع التيارالكهربي حيث تفقد البيانات بمجرد انقطاع التيار الكهربي عنها لذلك يتم وضع بطارية فيPLC لحفظ البرامج الذي يتحكم في العمليات الصناعية.

3.ذاكرة EPROM

هي ذاكرة مصممة للتمكين من سهولة القراءة ولا يمكن الكتابة فيها بسهولة الا عن طريق اجهزة مصممة لهذا الغرض.

4.ذاكرة FIRMWARE

وهي ذاكرة تحتوي علي برامج تطبيقات خاصة او برامج مستخدمين ويتم تركيبها من قبل الشركة المصنعة كجزء من اجهزة PLC لتعطيه الوظيفة الاساسية وهذا الاسلوب يستخدم من قبل كثير من المصانع للمحافظة علي سرية وامان البرنامج المستخدم.

6.4.3 جهاز البرمجة programming device :-

وهو جهاز يتم توصيله بوحدة plc يقوم بنقل البرنامج من خلاله الى وحدة plc .كما يمكن كتابة البرنامج عليه. وقد يتمثل جهاز البرمجة فى كمبيوتر pc .

الشكل(3-4) يوضح جهاز البرمجة

7.4.3 وحدةالمشغل Operator Unit :-

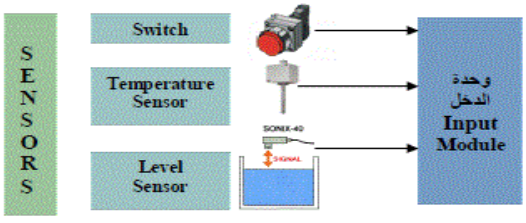
تتيح هذه الوحدة للمشغل مايلي:

- عرض معلومات العمليات المختلفة المتحكم فيها .
- إدخال عوامل جديدة (Parameters) أوتعديل العوامل المستخدمة

الشكل(3-5) يوضح وحدة المشغل

8.4.3 المجسات Sensors:-

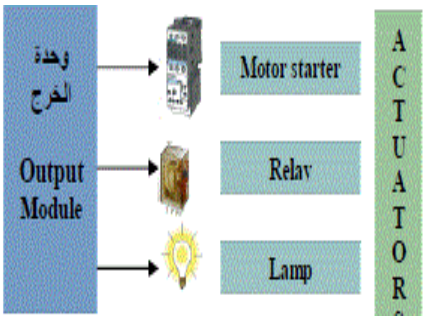
المجس هوعبارة عن عنصريقوم بتحويل الحالة الفيزيائية إلى إشارة كهربائية ليتم أستعمالها في وحدة الـ plc ويتم توصيل المجس بوحدة الدخل لوحدة الـ plc مفتاح ضغط الزر، مجس قياس درجة الحرارة ومجس قياس السرعة من أمثلة المجسات التي توصل بمداخل وحدة الـ plc



الشكل(3-6) يوضح المجسات

9.4.3 المشغلات Actuators :-

المشغل عبارة عن أداة تقوم بتحويل الإشارة الكهربائية الصادرة من وحدة الـ plc الي الحالة فيزيائية من أمثلة المشغلات القاطع الكهرومغناطيسي للمحرك الكهربي.



الشكل(3-7) يوضح المشغلات

5.3 اهم الشركات المنتجة plc :-

1. Siemens
2. ABB
3. HIMA
4. LG
5. ALEN BREADLY
6. OMRON

1.5.3 مميزات وعيوب PLC :-

اولا المميزات :

1. سهولة البرمجة والتعديل.
2. سهولة الصيانة واكتشاف الاعطال.
3. صغرالحجم.
4. استهلاك اقل قدرة كهربية بعكس ملفات المرحلات.
5. سرعة الاستجابة.
6. يمكن ربط الـ plc مع العديد من الاجهزة.
7. امكانية الحصول على تقاريرعند حدوث الاعطال بواسطة الكمبيوتر المتصل مع الـ PLC .

ثانيا العيوب :

1. تكلفته مرتفعة عند استخدامه في التطبيقات الصناعية الكبيرة.
2. احيانا يتأثربدرجة الحرارة العالية عند تعطل وسائل التبريد.
3. اذا حدث فيه عطل يؤدى الى توقف تام بالمصنع بعكس دوائرالمرحلات اذا حدث عطل فيها تؤدى الى توقف اجزاء معينة من دائرة التحكم.
4. لايصلح للتطبيقات الصغيرة من حيث التكلفة , حيث من الارخص تركيب دائرة تحكم تقليدي عن تركيب نظام الـ PLC غالى الثمن.

2.5.3 أنواع اللغات المستخدمة في برمجةPLC :-

من اشهر لغات البرمجة :

1- Ladder diagram (LAD)

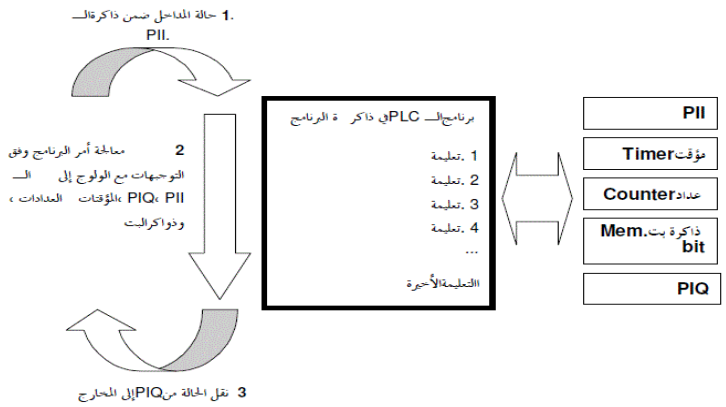
2- Function block diagram(FBD)

3- Statement lists(STL)

3.5.3 كيف يعمل البرنامج ضمن ال PLC:-

1. بعد تشغيل الPLC يقوم المعالج (والذي يمثل العقل بالنسبة للـ PLC) بالسؤال عما اذا تم نقل الداخل لفردية أم لا, يتم تخزين حالة المداخل ضمن جدول صورة مداخل العملية (PII : Process Image Input) عندما يكون الدخل مؤهلا تكون قيمة المعلومة المرتبطة 1 عالية في حين تكون 0 منخفضة عندما يكون غير مؤهلا.
2. يقوم المعاج بمعالجة البرنامج المودع في ذاكرة البرنامج.يتألف هذا البرنامج من لائحة من الوظائف والتعليمات المنطقية التي يتم تنفيذها بالتتابع وبحيث تكون المعلومات عن المداخل المطلوبة قد أدخلت مسبقا الى جدول PII في حين أن النتائج تكتب الى جدول صورة مخارج العمليات (PIO: Process Image Output). اذا احتاج الأمر, يتم أيضا الولوج من قبل المعالج الى مناق تخزين أخرى للعدادات,المؤقتات,وذواكر البت.

بعد معالجة برنامج المستخدم يتم , في المرحلة الثالثة, نقل الحالات من الجدول PIO الى المخارج لتشغيلها أو اطفائها . بعدئذ تستمر المعالجة بالانتقال الى المرحلة 1 من جديد .



الشكل(3-8) يوضح المعالج

ملاحظة : ان الزمن اللازم للمعالج لهذا التنفيذ يدعى بزمن الدورة وهو مستقل عن عدد ونمط الأوامر.

6.3 النيوماتيك:-

إن كلمة نيوماتك مشتقة من الكلمة الإغريقية (pneumatic) والتي تعني (هواء ، رياح ، تنفس) ، وهي تعرف بأنها علم هندسي يهتم بدراسة الهواء المضغوط وتدفقه.

وإستخدام الهواء المضغوط ليس بالجديد ، ولكن الجديد هو استخدام الهواء المضغوط في التحكم ، ففي الفترة مابين (194-1950م) ونتيجة للتقدم الكبير في صناعة اللدائن الصناعية أنتجت مواسير بلاستيكية رقيقة ومتينة وبأحجام صغيرة ، وبالإضافة الى انتاج الصمامات الأتجاهية ذات الاحجام الصغيرة ، مما حث الشركات على استخدام الهواء المضغوط في التحكم ، ولكن في هذه الفترة كانت دوائر التحكم النيوماتيكي تحتاج لمجهود شاق عند التنفيد ، حيث كان كل عنصر من عناصر الدائرة يثبت منفرداً , وإذا لم ينفذ نظام التحكم بدقة متناهية أصبح كابوساً معتماً بالنسبة للفنيين نتيجة للوصلات الكثيرة والمحيرة ، لذلك كان التحكم النيوماتيكي محدود في الصناعة لنذرة الفنيين المدربين على ذلك آنذاك.

وفي منتصف عام 1960م تقدمت صناعة صمامات التحكم واستخدمت الصمامات المنطقية في الدوائر الهوائية . وكانت الصمامات بالمواصفات التالية:

1- صغيرة الحجم.
2- جميع فتحات التوصيل توجد أسفل الصمام
3- إستخدمت أرقام معبره عن الوظيفة لترقم مداخل ومخارج الصمامات
4- تعما هذه الصمامات في مدى كبير للضغط .
5- يقلل من عمر التشغيل لهذه الصمامات إلى (5 – 100) مليون دورة تشغيل

ويضاف على ذلك ظهور الوصلات السريعة التي تجعل عملية التوصيل تتم في لحظات ، وكذلك ظهور بعض العناصر لكتم الصوت المزعج عند خروج الهواء الفائض من الصمامات . الامر الذي أدى إلى تسهيل التركيب وتقليل تكلفة الدوائر الهوائية عن ذي قبل . وحينئذٍ يمكن القول بأن استخدامات الهواء المضغوط في تزايد مستمر ولايمكن اليوم تصور مصانع حديثة بدون الهواء المضغوط حيث نجد العديد من الادوات وأجهزة التحكم النيوماتيكية في العديد من الصناعات الغذائية والكيماوية وغيرها . وهو يستخدم أيضاً في تشغيل آلات الورش وأعمال التعدين وانشاء واصلاح الطرق .... الخ ، وذلك لعدة أسباب أهمها:

1- عدم تواجد التيار الكهربائي في اماكن استخدام هذه الآلات.
2- سهولة حمل هذه الآلات
3- متانة الآلات العاملة بالهواء المضغوط وسهولة صيانتها.
4- تصميم هذه الآلات للعمل في الظروف الصعبة حيث الأتربة ، والماء

5- لايتعرض العاملون بهذه الآلات لصدمة كهربائية كما هو الحال في الآلات العاملة بالتيار الكهربائي

7- لايخشى على هذه الآلات من الأحمال المفرطة

1.6.3 مميزات الهواء المضغوط:(Haracteristics of Compressed)

1- الوجود الغزير : (Abundant Supply) متوفر في أي مكان وبكميات غير محدودة وبدون مقابل.

2- قابلية التخزين : (Stor able) بما إن الهواء يمكن خزنه بواسطة خزانات لذلك ليس ضرورياً أن يبقى الكمبريسور شغال بشكل متواصل.

3. قابلية النقل : (Trans portable) يمكن نقله بسهولة بواسطة خطوط انابيب هوائية ولمسافات طويلة.

4- مستقر : (stable) لا يتغير الهواء بتغيرات درجات الحرارة وهذا يضمن أو مضمون حتى تحت ظروف حرارية حرجه ، كما إنه آمن عند زيادة الحمل Over Load Safe

5- غير متطاير : Non-Volatile لأن الهواء المضغوط لا ينفجر او يحترق لذلك لا توجد ضرورةلتجهيزات حماية ضد الانفجارات أو الحرائق

6- نظيف : (Clean) الهواء المضغوط نظيف وتسربه لايسبب التلوث.

7- إقتصادي : (Economical) إن عناصر التشغيل سهلة التركيب وهي بالتالي غير مكلفة

8- سريع : (Quick) يعتبر الهواء المضغوط وسيط سريع جداً ويسمح للوعاء عمل عالية (تصل الإسطواناتالنيوماتيكية الى 1-2م/ثانية)

9- قابل للضغط : (Adjustable) تكون السرعات والقوى قابلة للضغط بشكل كبير وذلك من خلال مكونات الدوائر النيوماتيكية

2.6.3 عيوب التحكم بالهواء المضغوط:

1- التجهيز : (Preparation) يتطلب تجهيز الهواء المضغوط عناية كبيرة فالغبار والرطوبة تسبب تآكل وتلف الاجزاء النيوماتيكية.

2- قابلية الإنضغاط : (Compressible) ليس دائماً يمكن الحصول على السرعات الثابتة والمنتظمة للكابس بواسطة الهواء المضغوط

3- متطلبات القوى : (Force Requirements) يكون الهواء المضغوط اقتصادياً الى درجه معينة من القوى ، فعند ضغط عمل (7bar) وبالاعتماد على المسافة والسرعة تكون القوة محددة بين(2000-3000) نيوتن

4- ضجيج التنفيس : (Exhaust Noise) يكون صوت تنفيس الاجزاء النيوماتيكية عالي ، إلا إن هذه المشكلة قد تم الحد منها إلى درجة كبيرة بأستخدام مواد امتصاص الصوت كاتم الصوت.

5- التكاليف : (Costs) يعتبر الهواء المضغوط وسيط مكلف لنقل القدرة إلا إن التكاليف المرتفعة يتم

تعويضها جزئياً عن طريق استخدام اجزاء نيوماتيكية غير مكلفة ويكون الأداء مرتفع بعدد الدورات لفترة التشغيل.

7.3 متطلبات الأمن والسلامة (Safety Requirements) :

توجد عدد من المعايير والضوابط الخاصة بمتطلبات الأمن والسلامة في النظم النيوماتيكيه ، لذلك ولكل العوامل التي تؤثر على سلامة يجب الرجوع إلى الدليل العلمي من المجالات الهندسية المختلفة . وفيما يتعلق بالنظم الهوائية ولأمن وسلامة العاملين يجب إتباع مايلي:

1- يمكن لأنابيب الهواء المضغوط والواقعة تحت الضغط أن تسبب حوادث عند انفصالها ، لذلك يجب إغلاق الهواء المضغوط مباشرة.

2- يجب اولاً توصيل الانابيب والتأكيد من صحة التوصيل قبل فتح الهواء المضغوط.

3- يمكن للأسطوانات أن تتقدم أو تتراجع بمجرد فتح الهواء المضغوط أبقى بعيداً عند بدأ التشغيل.

4- لاتشغل مفاتيح نهاية المشوار بيدك أثناء تحرٍ في الاعطال استخدم أية وسيلة اخرى.

5- يجب توصيل مفاتيح نهاية المشوار بحيث تلامس طرف الكابس فقط وفي الإتجاه المحدد لاتوصلها في المنتصف ولاتوصلها بحيث تعمل من الأمام.

6- لاتزيد ضغط الهواء أكثر من المسموح به (6bar).

7- أفصل مصدر الهواء المضغوط قبل فك الدائرة.

8- عند العمل مع اجهزة التثبيت (الملازم) يجب أن لا يؤدي فقدان الطاقة إلى فصل القطع المثبتة بالملزمة.

8.3 عناصر التحكم في دائرة النيوماتيك:-

تتكون دائرة النيوماتيك من بعض العناصر الأساسية الهامة وهى:

أولا : وحدة الخدمة وهى تتكون من :

1- فلتر و منظم لضغط الهواء او بلغة السوق (فلتر وكونترول) ويستخدم الفلتر لتنقية الهواء من الشوائب وبخار الماء بينما يستخدم المنظم للتحكم في ضغط الهواء.

2 - المزيتة : وهى تستخدم لتزييت دائرة الهواء لتقليل الاحتكاك في دائرة الهواء وزيادة عمر الأويل سيل للسلندرات والبلوف.

3 - عداد قياس الضغط : لقياس وتوضيح الضغط في دائرة الهواء

ثانيا : البلوف او الصمامات الأتجاهية:

وهى المسئولة عن التحكم في غلق وفتح المسار للهواء المضغوط وتغيير اتجاهه

ثالثا : عنصر التشغيل:

وهو اما ان يكون سلندر او موتور هواء او وحدة فاكيوم

رابعا : وحدة التوصيل بين هذه المكونات:

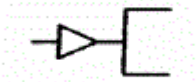
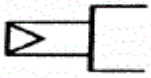
وهى خراطيم الهواء والوصلات

1.8.3 صمامات التحكم التوجيهية:-

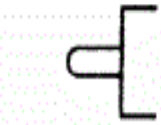
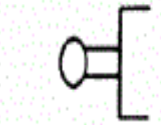
صمامات التحكم التوجيهية هي اجهزة تحكم في حركة اتجاه سريان وايقاف الهواء وبالتالي تحديد حركة المشغلات. ويتم تسمية الصمامات التوجيهية وفق عدد فتحات الخادم وعدد اوضاع التوصيل حيث يتم توصيفها عن طريق رقمين تفصل بينهما العلامة (/).

يوضح الرقم الاول عدد فتحات (وصلات) الصمام والرقم الثاني عدد اوضاع توصيلات الفتحات في الاوضاع المستقرة للزلاق, علي سبيل المثال (4/2)هو صمام تحكم توجيهي ذو اربع فتحات خدمة ووضعي توصيل.

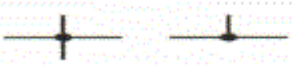
جدول (1.3) يوضح أجهزة تشغيل النيوماتيك

أجهزة التشغيل هيدرولوكية ونيوماتية	
تشغيل بالهواء	
تشغيل بالزيت	
مرشد التشغيل نيوماتي	
مرشد تشغيل هيدرولي	
أجهزة تشغيل كهربية	
لفيفة كهربية	

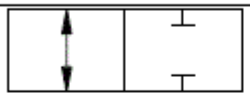
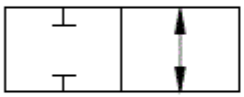
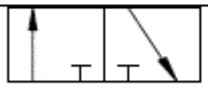
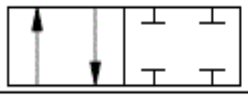
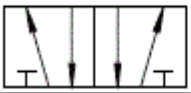
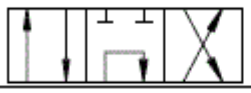
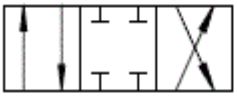
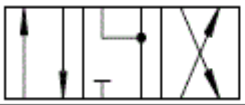
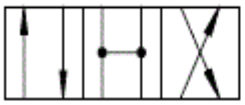
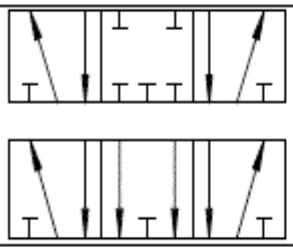
جدول (2.3) يوضح أجهزة تشغيل ميكانيكية

أجهزة تشغيل ميكانيكية	
تشغيل ميكانيكي	
تشغيل ميكانيكي (رافعة عجلة)	
رافعة عجلة برجوع خامل	
نابض	

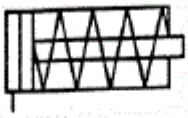
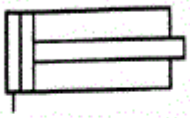
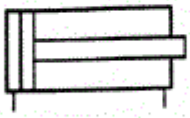
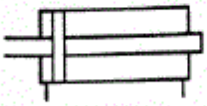
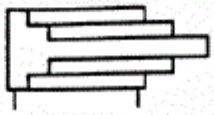
جدول (3.3) يوضح رموز الملحقات

وصف رموز الملحقات	
مرشح	
وحدة خدمة	
جهاز قياس الضغط	
وصلات أنابيب	
خافض للصوت	
خزان هواء	
خزان زيت	

جدول (4.3) يوضح رموز الصمامات التوجيهية

رموز الصمامات التوجيهية	
صمام ٢/٢ مغلق في الوضع العادي	
صمام ٢/٢ مفتوح في الوضع العادي	
صمام ٣/٢ مغلق في الوضع العادي	
صمام ٤/٢ مفتوح في الوضع العادي	
صمام ٤/٢ مغلق في الوضع العادي	
صمام ٥/٢	
صمامات ٤/٢ ذو تحويلة في الوضع المركزي.	
صمامات ٤/٢ كل فتحات الوضع المركزي مغلقة	
صمامات ٤/٢ ذو الوضع المركزي العائم	
صمامات ٤/٢ كل التوصيلات متصلة في الوضع المركزي	
صمامات ٥/٢	

جدول (5.3) يوضح رموز المشغلات (الاسطوانات)

رموز المشغلات (الأسطوانات)	
أسطوانة مفردة الفعل مع نابض رجوع	
أسطوانة مفردة الفعل ، رجوع يدوي	
أسطوانة مزدوجة الفعل	
أسطوانة ذات ذراع من كل جانب	
أسطوانة تلسكوبية	

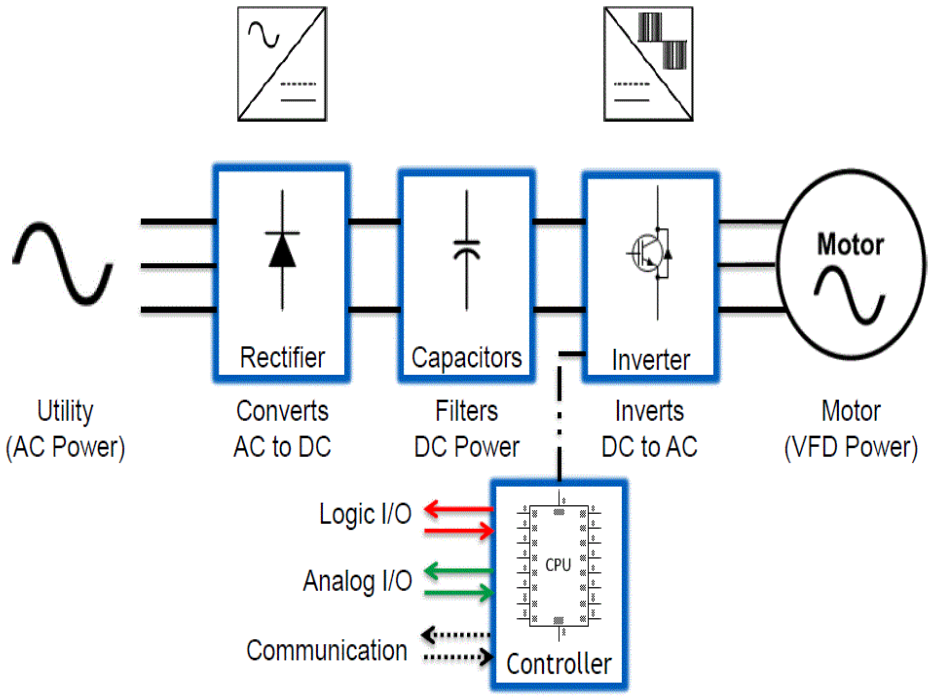
9.3 محرك التردد المتغير Variable frequency drive (VFD) :-

محرك التردد المتغير هو جهاز التحكم في المحرك الذي يحمي ويتحكم في سرعة محركات الحث بالتيار المتردد. من نظرية أساسيات VFD ، نعرف أن VFD يمكنه التحكم في سرعة المحرك أثناء دورة البدء والتوقف ، وكذلك طوال دورة التشغيل بإخراج تردد قابل للتعديل. وهو يشير أيضًا إلى محركات السرعة المتغيرة Variable speed motors (VSM) ، ومحرك الأقراص القابل للضبط القابل للتعديل Adjustable drive (ASD) وعاكس التردد.

يتكون محرك التردد المتغير من:-

المحول أو المعدل: يغير طاقة تزويد التيار المتردد إلى جهد التيار المستمر

- DC Bus أو DC Link: المكثفات التي تقوم بتصفية وتخزين DC Voltage
- العاكس: مجموعة من الترانزيستورات التي تغير جهد ناقل التيار المستمر إلى الجهد المتغير AC والتردد للتحكم في محرك AC
- المراقب الألي: عادة ما تكون المعالجات الدقيقة والدوائر التي تدير عملية النظام.

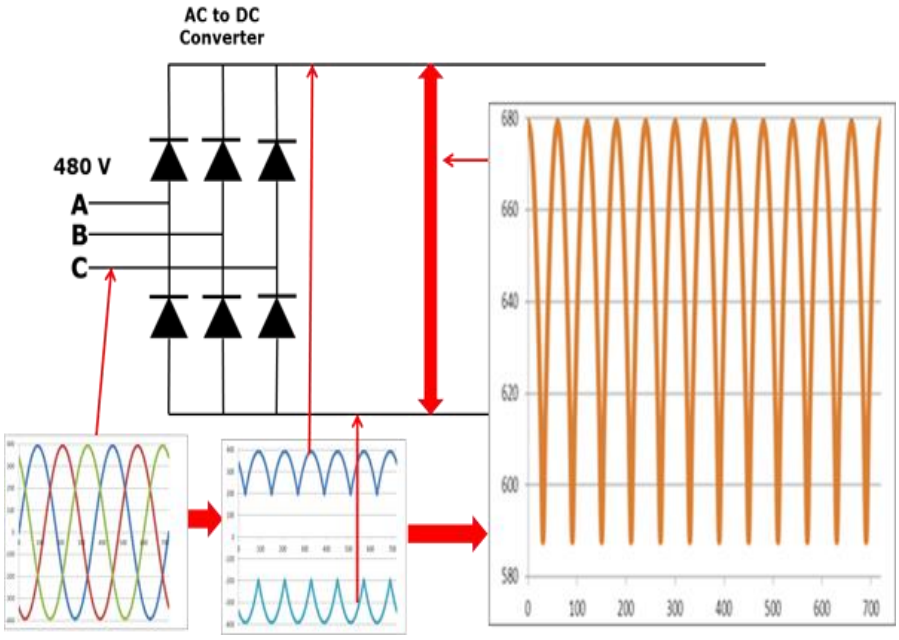


Rectifier, Capacitors, Inverter, and CPU

الشكل (9.3) يوضح VFD

طريقة عمل محرك التردد المتغير:

المرحلة الأولى من محرك AC متغير التردد ، أو VFD ، هي المحول. ويتكون المحول من ستة صمامات ثنائية ، تشبه صمامات الفحص المستخدمة في أنظمة السباكة. تسمح بتدفق التيار في اتجاه واحد فقط ؛ الاتجاه الذي يظهره السهم في رمز الصمام الثنائي. على سبيل المثال ، عندما يكون جهد الطور A (الجهد مشابهًا للضغط في أنظمة السباكة) أكثر إيجابية من الفولتية B أو C ، عندها سيفتح الصمام الثنائي ويسمح بتدفق التيار. عندما تصبح B-phase أكثر إيجابية من A-phase ، عندئذ سوف يفتح الصمام الثنائي-B phase ويغلق الصمام الثنائي .A-phase وينطبق الشيء نفسه على الثنائيات 3 على الجانب السلبي من الحافلة. وهكذا ، نحصل على ستة "نبضات" حالية حيث يفتح كل صمام ثنائي ويغلق. وهذا ما يسمى VFD"سداسية النبضات" ، وهو التكوين القياسي لمحركات التردد المتغيرة الحالية.

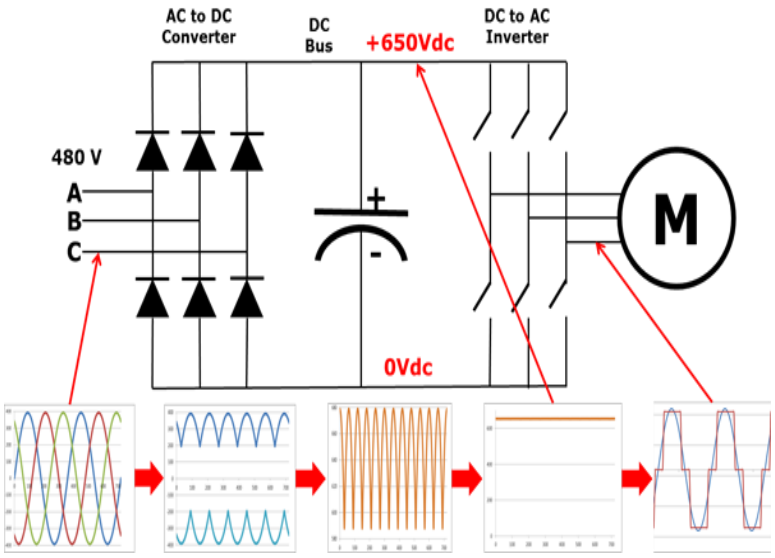


الشكل (10.3) يوضح المحول

نفترض أن محرك الأقراص يعمل على نظام الطاقة 480 .V تصنيف 480 Vناقل VFD dc لديه جهد DCمع تموج .AC الجهد هو "جذر متوسط التربيع" أو جذر الوسط التربيعي. القمم على نظام 480 V هي 679V كما يمكنك أن ترى ، فإن يمتد ما يقرب من 580 V و 680v يمكننا التخلص من تموج التيار المتردد على الحافلة DC عن طريق إضافة مكثف. يعمل المكثف بطريقة مماثلة لخزان أو تراكم في نظام السباكة. يمتص هذا المكثف تموج تيار كهربائي (AC) ويوصل جهدًا كهربائيًا سلسًا. عادة ما يكون تموج التيار المتردد على الحافلة DC أقل من 3 فولت. وهكذا ، يصبح الجهد على ناقل" DC " تقريبًا 650 VDC. يعتمد الجهد الفعلي على مستوى الجهد في خط التيار المتردد الذي يغذي المحرك ، ومستوى عدم

توازن الفولتية في نظام الطاقة ، والحمل ، ومقاومة نظام الطاقة ، وأي مفاعلات أو فلاتر توافقية على محرك الأقراص.

في بعض الأحيان يشار إلى محول الجسر الثنائي الذي يحول AC-to-DC ، على أنه محول, المحول الذي يحول التيار المتكرر إلى تيار متردد هو أيضًا محول ، ولكن لتمييزه عن محول الصمام الثنائي ، فإنه يشار إليه عادة باسم "العاكس" لقد أصبح من الشائع في الصناعة الإشارة إلى أي محول DC إلى AC كعاكس.



الشكل (11.3) يوضح محول مع عاكس

تستخدم محركات التردد المتغير على نطاق واسع اليوم لتغير سرعة محركات التيار المتردد في تطبيقات الضخ:-

- يجب توخي الحذر عند اختيار محرك الأقراص والمحرك وتثبيته لضمان التشغيل بدون مشاكل وعمر الخدمة الطويل.
- تأكد من أن محرك التردد المتغير ومحرك التيار المتردد مناسبان للبيئة وخصائص الحمولة.
- معرفة بيئة التشغيل "الأسوأ" وتقييم تصاميم الغلاف.
- فهم المشكلات المحتملة لطول الكبل بين VFD والمحرك ولا تتجاوز توصيات المصنّع.
- تأكد من أن المحركات المستخدمة مع VFD هي VFD مناسبة يمكن أن تؤثر عملية VFD على التبريد والعزل والمحامل.
- تأكد من استشارة VFD والشركة المصنعة للمحركات للحصول على إرشادات وتوصيات إضافية لفترة خدمة طويلة.

10.3 قاطع الدائرة الكهربائية :-

مفتاح أوتوماتيكي يحمي المحركات الكهربائية، والوصلات المنزلية، وخطوط القدرة طويلة المدى، والدوائر الكهربائية الأخرى، من الضرر الناتج عن مرور تيار كهربائي عال جداً وقد يمر التيار الكهربائي العالي في الدائرة الكهربائية، إما نتيجة عطب في الدائرة، أو نتيجة عامل خارجي إضافي مثل البرق.

ويصمم كل قاطع دائرة، بحيث يسمح بمرور حد أقصى من التيار الكهربائي, وإذا زاد التيار الكهربائي عن هذ الحد، فإن الآلية الأوتوماتيكية داخل قاطع الدائرة، تقوم بفتح مجموعة التلامس (المفاتيح) وتوقف التيار, وتتضمن الآليات المستخدمة في فتح مجموعة التلامس، المغانط الكهربائية والنبائط الحساسة للحرارة.

عند فتح المفتاح، يقفز قوس كهربائي عبر التلامسات المفتوحة, وتستمر الكهرباء في المرور من خلال هذا القوس حتى تنطفئ , أما بالنسبة لقاطع الدائرة الزيتية، فإن المفتاح يغطس في زيت فيطفئ القوس الكهربائي. وبالنسبة لقاطع الدائرة الهوائي الدفع ، يتم إطفاء القوس بنفخ هواء مضغوط, أما بالنسبة لقاطع الدائرة بكتم القوس مغنطيسيًا، فإن ذلك يتم عن طريق انحراف الحقل المغنطيسي وكسر القوس.

ويساعد قاطع الدائرة المسمى قاطع الدائرة المتسرّب الأرضي، في منع الصدمات الكهربائية. وتحدث معظم الصدمات الكهربائية ، نتيجة لاستخدام الناس لتوصيلات أو معدات معينة ، حيث تكون الأجزاء الفلزية المكشوفة متصلة بالكهرباء , وينتج عن لمس الفلز المكشوف مرور تيار كهربائي خلال جسم الشخص، ثم إلى الأرض ويمكن لقاطع الدائرة المتسرب الأرضي، تحديد هذا التيار المتسرب أرضيًا، ويغلق بطريقة أوتوماتيكية التيار الواصل إلى التوصيلة المعيبة وقاطع الدائرة المتسرب الأرضي، جهاز حساس صُمم للعمل مع تيارات تكون من الضعف لدرجة لا تستطيع عندها تنشيط قاطع الدائرة العادي.

وتكون بعض قواطع الدوائر صغيرة في الحجم، مثل مفتاح الإضاءة العادي ، ولكن بعضها الآخر يكون كبيرًا، في حجم المنزل الصغير ذي الطابقين , ويستطيع قاطع الدائرة الكبير أن يقطع تيارات تصل إلى 40,000 أمبير عند 345,000 فولت ، ويمكنها أيضًا أن تفتح الدائرة في أقل من جزء واحد من ثلاثين جزءًا من الثانية، وتغلقها مرة أخرى في أقل من ثلث جزء من الثانية.

الشكل (12.3) يوضح قاطع كهربائي

11.3 القاطع الميكانيكي :-

هو قلب دوائر التحكم الكهربية فلا يمكنك تصميم دائرة تحكم كهربائية دون وجود القاطع الميكانيكي ويعمل أساسا على التأثيرالمغناطيسي للتيار الكهربي بحيث يستخدم ملف يمر به تيار كهربي فيولد مجالا مغناطيسيا يعمل على جذب قلب حديدي والذى يكون متصلا به اطراف دائرة القدرة ويستخدم القاطع الميكانيكي أساسا في تشغيل الأجهزة والمعدات التي تتميز بفرق جهد عالي وكذلك تيار كبير عند التشغيل مثل الات المصانع واجهزة التكييف ودوائر الانارة والتدفئة وغيرها.

الشكل (13.3) يوضح القاطع الميكانيكي

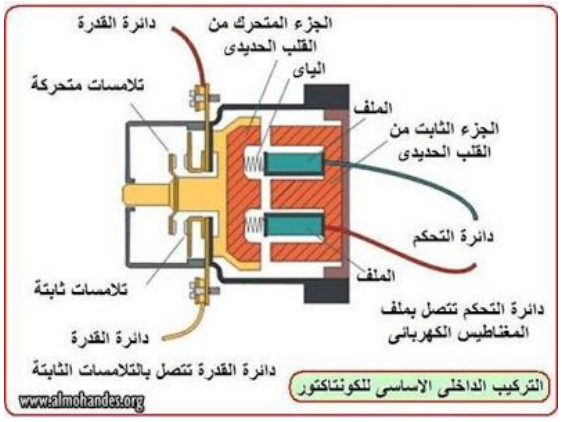
الشكل (14.3) يوضح القاطع الميكانيكي

1.11.3 التركيب الداخلى للقاطع الميكانيكي :-

يتكون للقاطع الميكانيكي من دائرتين اساسيتين دائرة التحكم ودائرة القدرة وتلامسات ثابتة ونقاط مساعدة دائرة التحكم تتصل بملف المغناطيس الكهربي وهو ما يسمى بالبوبينة ودائرة القدرة تتصل بالتلامسات الثابتة

ملحوظة

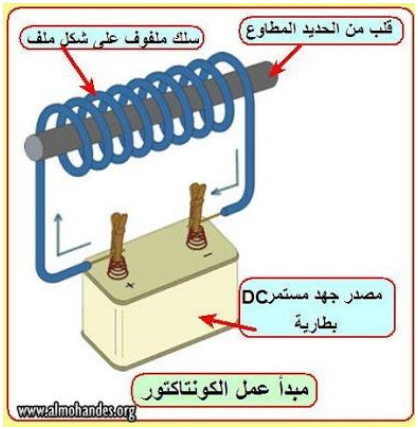
دائرة التحكم هي التي تفكر وتأخذ القرار اما دائرة القوى فهي التي تنفذ ولذلك فلا غنى عن أي منهما.



الشكل (15.3) يوضح التركيب الداخلي للقاطع الميكانيكي

2.11.3 طريقة (مبدأ) عمل القاطع الميكانيكي المغناطيسي :-

القاطع الميكانيكية يعمل بالتأثير المغناطيسي للتيار الكهربي فعند لف سلك حول قلب من الحديد المطاوع لعمل ملف وتوصيل هذا الملف بتيار DC يتحول القلب الحديدي الى مغناطيس وبإزالة التيار الكهربي تزول المغنطة عن القلب الحديدي وهذه هي الفكرة التي يقوم عليها القاطع الميكانيكي.



الشكل (16.3) يوضح عمل القاطع الميكانكي

فيتم عمل ملف حول الجزء الثابت من القلب الحديدي وتوصيل اطرافه بدائرة التحكم وبمرور التيار في دائرة التحكم يتحول الجزء الثابت من القلب الحديدي الى مغناطيس كهربي يجذب الجزء المتحرك من

القلب الحديدي والذى يكون متصلا بدائرة القدرة للنظام فتتغير حالة النقاط المتصلة من مفتوحة الى مغلقة والعكس وعند فصل التيار عن دائرة التحكم – لأى سبب من الاسباب – يرجع الجزء المتحرك من القلب الحديدي الى حالته الاصلية بقوة الياي الواصل بين الجزء الثابت والجزء المتحرك وترجع نقاط التلامس الى حالتها الاولى.

على عكس المرحلات للأغراض العامة ، تم تصميم الموصلات بحيث تكون متصلة مباشرة بأجهزة التحميل عالية الحالية. تميل المرحلات إلى أن تكون ذات سعة منخفضة وعادة ما تكون مصممة للتطبيقات المغلقة عادة والمفتوحة عادة. عادة ما تسمى الأجهزة التي تنقل أكثر من 15 أمبير أو في الدوائر التي تم تصنيفها أكثر من بضعة كيلو وات بالموصلات, وبصرف النظر عن جهات الاتصال الاختيارية المنخفضة الحالية المساعدة ، تكون المحولات متصلة بشكل شبه حصري مع جهات الاتصال المفتوحة عادة ("النموذج A") على عكس المرحلات ، تم تصميم الملامسات بخصائص للتحكم في القوس الذي يتم إنتاجه عند مقاطعة تيارات المحرك الثقيلة.

عندما يمر التيار الكهربائي عبر المغناطيس الكهربائي ، يتم إنتاج حقل مغناطيسي ، والذي يجذب النواة المتحركة من القواطع. فالملف الكهرومغناطيسي يستقطب تيارًا أكثر في البداية ، إلى أن يزداد الحث عند دخول الجوهر المعدني للملف. يتم تحريك الاتصال المتحرك بواسطة النواة المتحركة ؛ القوة التي طورها المغنطيس الكهربائي تحمل الاتصالات المتحركة والثابتة معًا. عندما يتم فصل لفائف قواطع الملامس ، فإن الجاذبية أو الربيع يعيد قلب المغناطيس الكهربي إلى موقعه الأولي ويفتح جهات الاتصال.

بالنسبة للملامسات المزودة بتيار متناوب ، فإن جزءًا صغيرًا من اللب محاط بملف ظلال ، مما يؤخر قليلا التدفق المغناطيسي في القلب , يتمثل التأثير في معدل السحب المتناوب للحقل المغنطيسي وبالتالي منع القلب من الصخب عند تردد خط مرتين.

نظرًا لأن الانحناء والضرر الناتج يحدث تمامًا مثلما يتم فتح أو إغلاق جهات الاتصال ، يتم تصميم الموصلات بحيث يتم فتحها وإغلاقها بسرعة كبيرة ؛ غالباً ما تكون هناك آلية داخلية للتحول السريع.

ومع ذلك ، يمكن أن يؤدي الإغلاق السريع إلى زيادة ارتداد الاتصال الذي يؤدي إلى دورات إضافية قريبة وغير مرغوب فيها , يتمثل أحد الحلول في وجود اتصالات ثنائية التشعب لتقليل ارتداد الاتصال ؛ تم تصميم جهتي اتصال للإغلاق في وقت واحد ، ولكن ترتد في أوقات مختلفة حتى لا يتم فصل الدائرة لفترة وجيزة وتتسبب في قوس.

الفصل الرابع

التصميم العملي والبرمجيات

1.4 البرنامج Sematic Manager:-

هو إسم نظام أتمته تم تطويره من قبل شركة Siemens الألمانية .يتحكم نظام التشغيل الآلي في الآلات المستخدمة للإنتاج الصناعي .يتيح هذا النظام تشغيل الماكينات تلقائيًا , إعتمادًا على الوظيفة المطلوبة للجهاز ، يجب عليك تحميل البرنامج الصحيح على وحدة .Sematic يتم الإحتفاظ بهذه الوحدة في خزانة تحكم بالقرب من الماكينة.

2.4 وظيفة Sematic Manager :-

تشبه Sematic الكمبيوتر الرقمي الذي يمكنه تخزين البرامج وتشغيلها لدى Sematic أيضاً بعض المدخلات والمخرجات .يتحكم برنامج التشغيل على Sematic في هذه المدخلات والمخرجات, كلاهما متصلان بواسطة أسلاك كهربائية مع الجهاز, وهذا يجعل التواصل بين Sematic وأي جهاز ممكن , كما قد تكون الحالة المدخلات والمخرجات المحددة على إشارة "عالية" أو على إشارة "منخفضة" من قبل البرنامج .هذه تعريفات كهربائية مختلفة , وأخيرًا تكون هذه الإشارات مهمة إذا حدث أي إجراء في الجهاز أم لا.

3.4 طريقةالاتصال:

هناك طريقتان أساسيتان هما:

1- من الجهاز إلىSematic:

في الجهازهناك أجهزة الإستشعار يوفر المستشعر معلومات حول المواقف المختلفة في الماكينة على سبيل المثال ، مدى سرعة دوران المحرك ، ما هي درجة الحرارة أو عند إكتمال الإجراء الحالي كل هذه المعلومات ضرورية للبرنامج تعطي أجهزة الإستشعار إشارة كهربائية ، كل إشارة تمر عبر سلك على مدخل وحدة Sematic لذلك فإن البرنامج يعرف ما يجري في الجهاز هذا مهم جدا ، لأنه الآن يمكن للبرنامج تنفيذ الخطوة الصحيحة التالية في تسلسلها .على سبيل المثال ، إذا كانت درجة حرارة المحرك مرتفعة جدًا ، فيجب أن يعرف البرنامج ذلك .الآن سيقوم البرنامج بإيقاف تشغيل المحرك.

2- منSematicإلى الجهاز:

في الجهازهناك المحركات .فهي تسبب حركة أو حركة أو تشكيلًا مطلوبًا أمثلة لمحركات المحرك أو السخان أو الضوء إذا كان البرنامج يقول أنه قد حان الوقت لتشغيل الضوء في الجهاز ، سيتم تعيين الإخراج الصحيح للوحدة Sematic وهذا يعني أن إشارة كهربائية عند الخرج تنتقل عن طريق سلك إلى

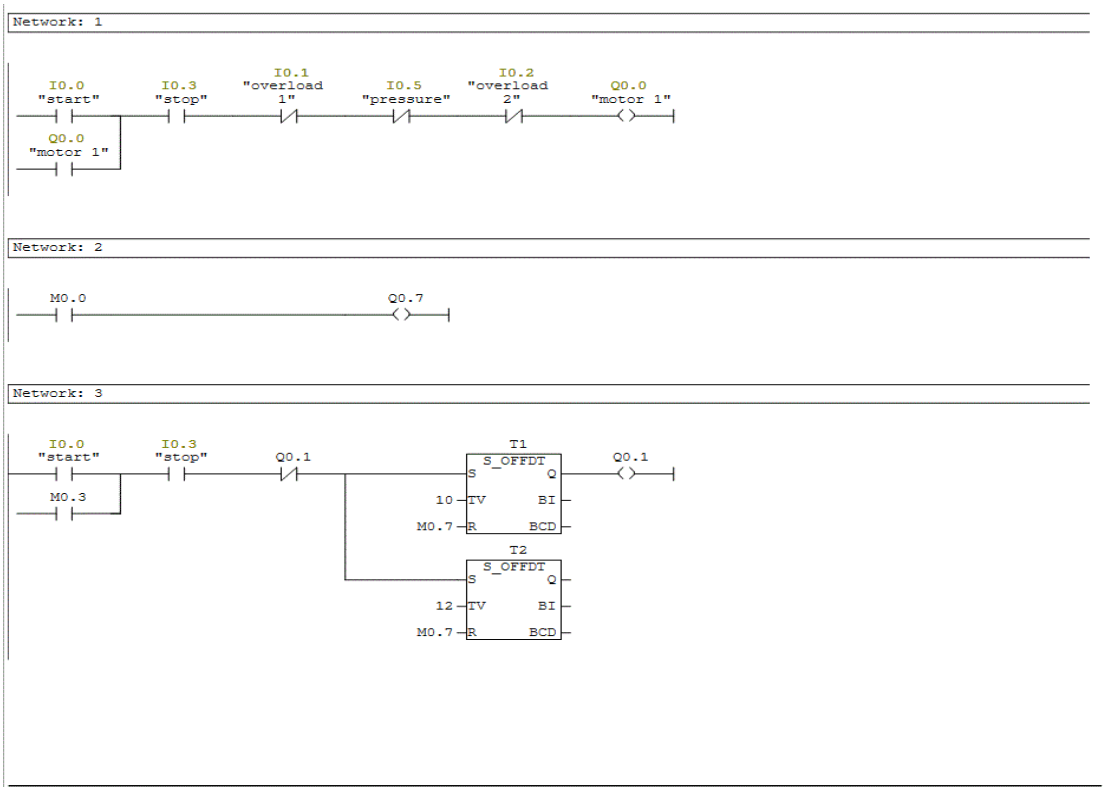
الجهاز وتبدّل الضوء.

اسم سيماتيك Sematic هي علامة تجارية مسجلة لشركة Siemens ، منذ عام 1958 Sematic يربط "Siemens"و "Automatic" في كلمة واحدة.

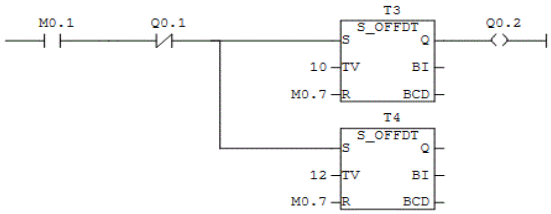
4.4 برنامج ستوديو الأتمتة Automation Studio :-

برنامج أوتوميشن ستوديو هو برنامج إبداعي يساعد في تصميم ومحاكاة حلول مؤتمتة تغطي مجالات الهيدروليك والهواء (نيوماتيك) والكهرباء والتحكم وشاشات الإدخال (HMI) والاتصالات ويسهل عملية الدمج بينها للحصول على نظام تحكم متكامل.

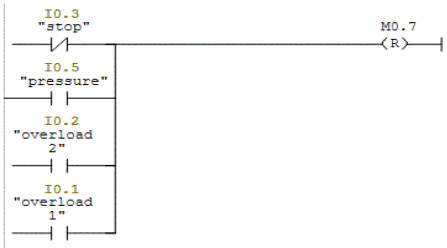
5.4 المخطط السلمي للبرنامج:



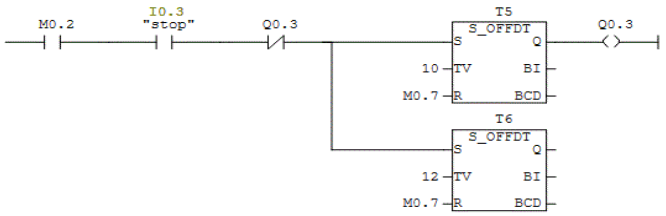
Network: 4



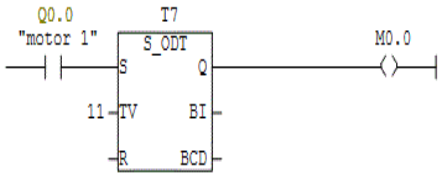
Network: 5



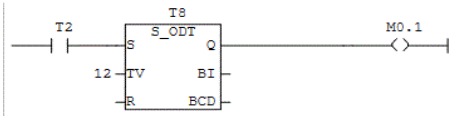
Network: 6



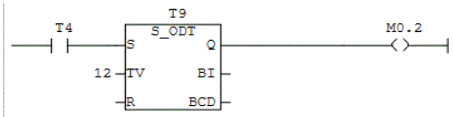
Network: 7



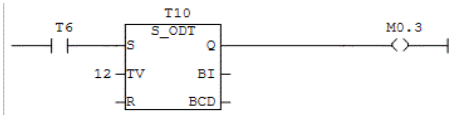
Network: 8



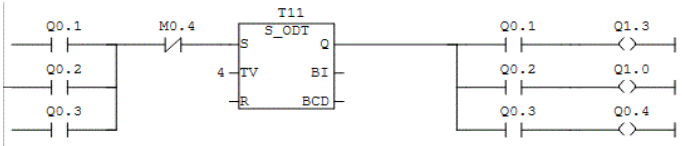
Network: 9



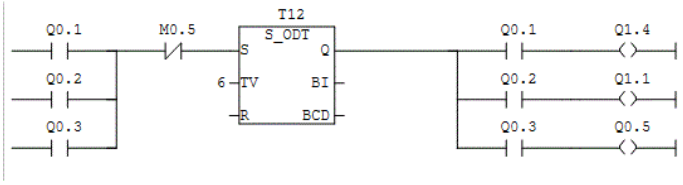
Network: 10



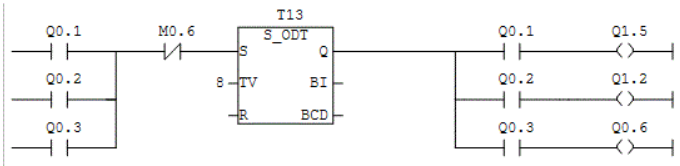
Network: 11



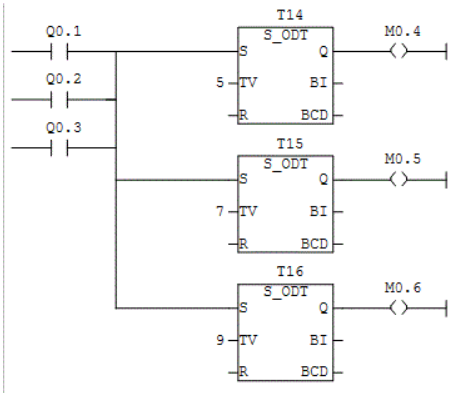
Network: 12



Network: 13



Network: 14

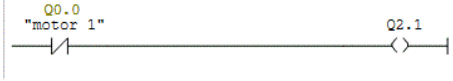


Network: 15

Network: 16

Network: 17

Network: 18



6.4 شرح البرنامج:

Network رقم 1,2,7 هو المسؤول عن تشغيل المحرك الأول ويقوم المحرك الثاني بالعمل بعد مرور 11 ثانية , وإيقافة عن طريق Stop Switch , Overload , Pressure Switch.

Network رقم 3,4,6 هو المسؤول عن فترة عمل المشغلات والفاصل الزمني بين الأول و الثاني.

Network رقم 5 هو المسؤول عن إعادة تعيين المؤقتات (Timer) عند حدوث أي من الحماية المطلوبة وهي Stop Switch , Overload , Pressure Switch.

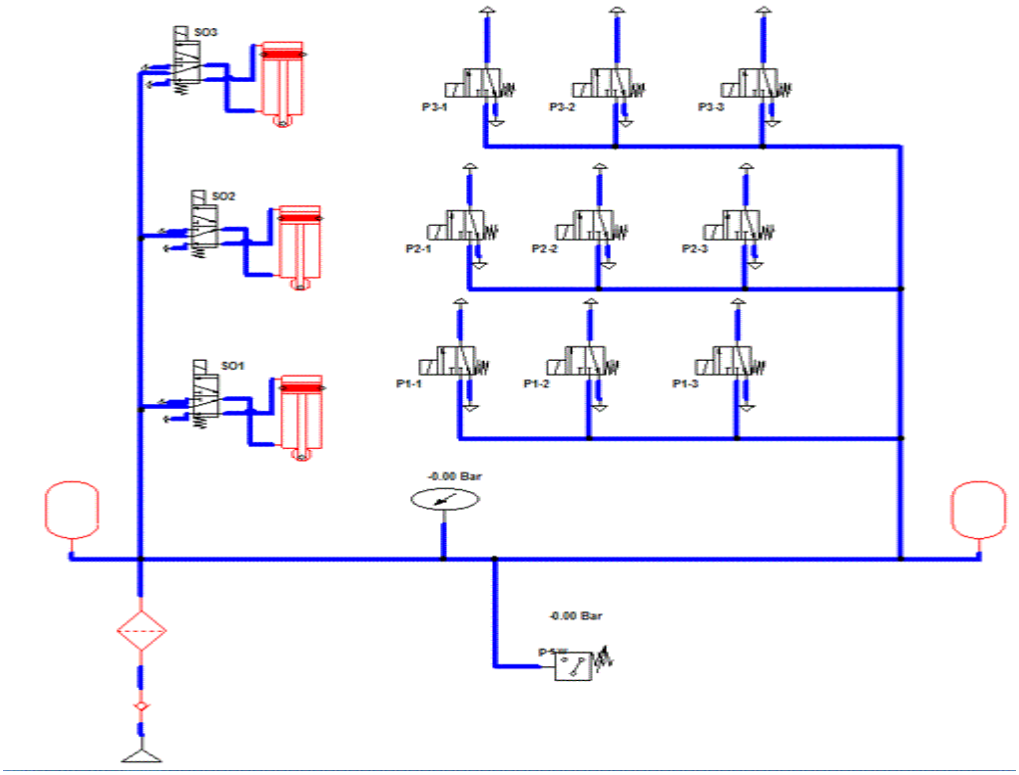
Network 6,9,10 هو المسؤول عن تشغيل وإيقاف عمل المشغلات بالترتيب.

Network 11,12,13 هو المسؤولة عن تشغيل (Solenoid Valve) بعد إيقاف عمل المشغلات.

Network 14 هو المسؤول عن عملية تشغيل (Solenoid Valve) على الترتيب بعد إيقاف عمل المشغلات.

Network 15,16,17,18 هي عبارة عن Indicator للدلالة على حالة النظام.

7.4 دائرة النظافة:



الشكل (1.4) يوضح نظام النظافة

مكونات دائرة النظافة:

صمام إتجاهين Valv Two Way

صمام إتجاة واحد Valv One Way

ذراع إسطواني Silender

خزان هواء Tank

فلتر هواء Filter

حساس ضغط Sensor Perssure

مؤشر ضغط GachPerssure

8.4 ألية العمل:

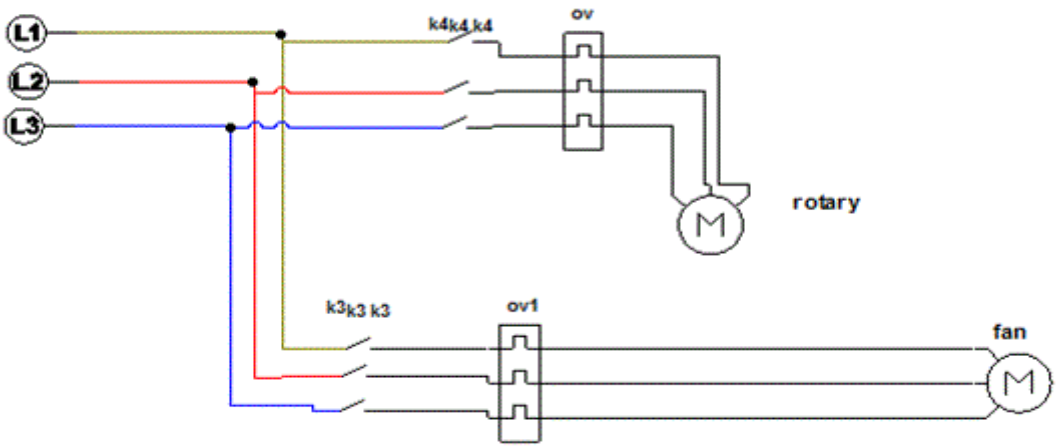
في البدء يتم ضغط مفتاح التشغيل ليعمل البرنامج علي التشغيل المحرك الأول (مروحه السحب) وبعدها بثواني يعمل المحرك الثاني(Rotary Air Lock) ,ثم يتم بدء عمل التنظيف الأكياس وعندها يتم غلق منفذ السحب للغرفة المراد تنظيفها عن طريق ذراع أسطواني Silender وهذا الذراع يتم التحكم بة عن طريق صمام ذو إتجاهين Solenoid Valve في فتحة أو غلقة وبعد الغلق يتم تشغيل صمام ذو إتجاه واحد الذي يقوم بضخ الهواء المضغوط جزء من الثانية علي الأكياس ليتم نفض الكيس من الغبار العالق بة ويتم بالتتابع الي أخرصمام في الغرفة وبعد إنتهاء يعمل النظام علي فتح هذة الغرفة وبعدها يتم غلق الغرفة الثانية وهكذا الي أخر غرفة ويبدأ من جديد.

Pressure Switch وهذا مفتاح الضغط يعمل عند هبوط الضغط عن القيمة المضبوطة الي إرسال إشارة الي النظام ليتم إقاف المنظومة عن العمل حتي يتم تصحيح هذه قيمة الضغط.

Over load يعمل علي حماية المحرك وعند حدوث حمل زائد يرسل إشارة للنظام ويتم إقاف المنظومة.

Indicator Light يساعد في معرفة حالة النظام

9.4 دائرة المحركات:

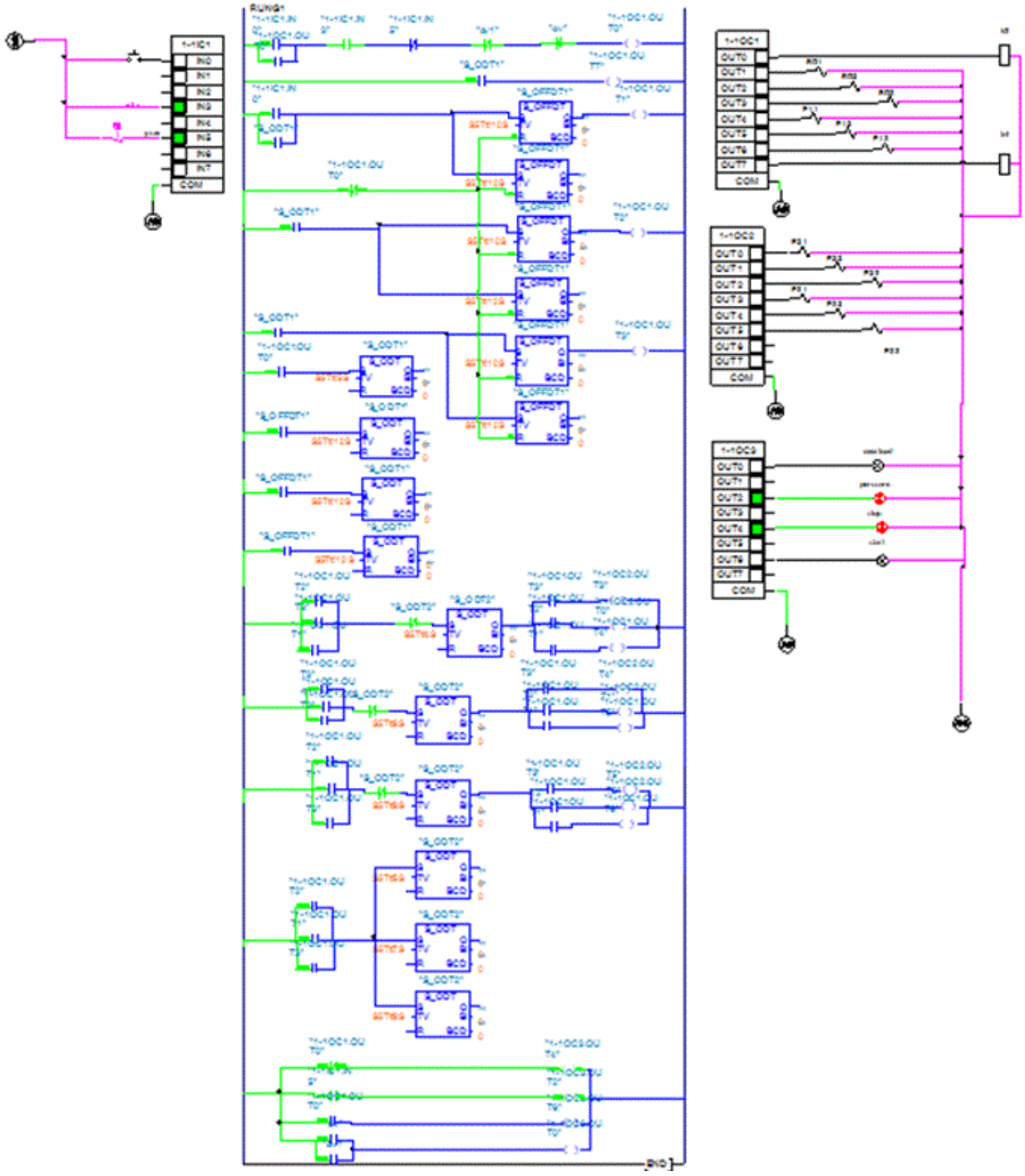


الشكل (2.4) يوضح المحركات

مكونات دائرة المحرك:

مصدر تغذية ثلاثي الأوجه	Power Supply Three Phase
قاطع كهربائي	Circuit Breaker
قاطع حمل زائد	Over Load
محرك كهربائي	Motor

10.4 البرنامج داخل plc:



الشكل (3.4) يوضح البرنامج داخل plc

11.4 النتائج:

تمت إضافة حساس الضغط التفاضلي Differential Pressure Sensor (DPS) وهو عبارة عن جهاز يقوم بقياس فرق الضغط بين مدخل الهواء وخرجة حيث يتم ضبط الجهاز على فرق ضغط معين , عندما تكون القيمة في جهاز الـ (DPS) أقل من القيمة المضبوطة يعني أن الفلتر في حالة نظيفة ولايقوم النظام بعملية النظافة, أما إذا كانت قيمة الضغط أعلى من القيمة المضبوطة هذا يعني أن المرشح في حالة إتساخ وعندها يقوم النظام بعملية نظافة الأكياس, وهذه العملية توفر كمية الهواء المضغوط وكذلك العمر الإفتراضي لأجهزة النظافة وإطالة عمر الأكياس المستخدمة.

الفصل الخامس

الخلاصة والتوصيات

1.5 الخلاصة:

تم تصميم الدائرة العملية من ثلاثة أجزاء , الجزء الأول هو دائرة المحركات الكهربائية , الجزء الثاني يمثل دائرة النظافة , الجزء الثالث يمثل البرنامج الذي يتحكم في الجزء الأول والثاني كما تمت كتابة البرنامج (Sematic Manager) (Siemens) بلغة اللادراللازم للتحكم في أجهزة حماية المحركات والمشغلات وأجهزة تحسين كفاءة عمل المنظومة وهي حساسات الضغط التفاضلي Differentia Pressure Sensor (DPS) , مما يساعد في عملية المحافظة على سلامة مكونات المنظومة وإطالة عمرها الإفتراضي.

2.5 التوصيات:

نوصي في هذا البحث بتنفيذ هذة المنظومة عمليا بإستخدام (PLC) للتحكم في عملية التشغيل, وكيفية ربط الأجهزة مع الــ(PLC) وقد تم تصميم هذة الدائرة من المحاكاه مما تسهل في عملية التنفيذ، ويجعله أكثر فائدة وأشمل من الناحية العلمية والعملية.

3.5 المراجع:

[1] م . ريمون كمال – الجزء الاول

[2] كتلوج اسمنت بربر

ACS800 [A]

Hardware Manual

ACS800-07 Drives (500 to 2800 KW)

ACS800 [B]

Hardware Manual

ACS800-107 Cabinet-built Inverter Units (1.5 to 5430 KW)

Operator’s Manual [C]

FGM Series Plenum Pulse Bag Filter

Environment Protection Department

Hefei Cement Research and Design Institute

ملحق (أ) :

Main

Range	EasyPact
Product name	EasyPact TVS
Product or component type	Contactor
Device short name	LC1E
Contactor application	Motor control Resistive load
Utilisation category	AC-1 AC-3
Poles description	3P
Pole contact composition	3 NO
[Ue] rated operational voltage	<= 690 V AC 50/60 Hz for power circuit
[Ie] rated operational current	25 A (<= 60 °C) AC AC-3 for power circuit <= 440 V 36 A (<= 60 °C) AC AC-1 for power circuit <= 440 V
Motor power kW	15 kW at 660...690 V 11 kW at 380...400 V 11 kW at 415 V 11 kW at 440 V 5.5 kW at 220...230 V AC 50/60 Hz 15 kW at 500 V
Control circuit type	AC 50 Hz
[Uc] control circuit voltage	220 V AC 50 Hz
Height	74 mm
Width	45 mm
Depth	85 mm
Product weight	0.36 kg
Colour	Grey RAL 7011

Complementary

Auxiliary contact composition	1 NO
[Uimp] rated impulse withstand voltage	6 kV (coil not connected to the power circuit) IEC 60947

ملحق (ب) :

Main

Range	TeSys
Product name	TeSys LRD
Product or component type	Differential thermal overload relay
Device short name	LRD
Relay application	Motor protection
Product compatibility	LC1D09 LC1D12 LC1D18 LC1D25 LC1D32 LC1D38
Network type	AC DC
Thermal protection adjustment range	7...10 A
[Ui] rated insulation voltage	600 V power circuit conforming to CSA 600 V power circuit conforming to UL 690 V power circuit conforming to IEC 60947-4-1

Complementary

Network frequency	0...400 Hz
Mounting support	Plate with specific accessories Rail with specific accessories Under contactor
Tripping threshold	1.14 +/- 0.06 Ir conforming to IEC 60947-4-1
[Ith] conventional free air thermal current	5 A for signalling circuit
Permissible current	3 A at 120 V AC-15 for signalling circuit 0.22 A at 125 V DC-13 for signalling circuit
[Ue] rated operational voltage	690 V AC 0...400 Hz
[Uimp] rated impulse withstand voltage	6 kV
Phase failure sensitivity	Tripping current 130 % of Ir on two phase, the last one at 0

ملحق (جـ) :

Main

Range of product	C120
Range	Acti 9
Product name	C120
Product or component type	Miniature circuit-breaker
Device short name	C120H
Device application	Distribution
Poles description	3P
Number of protected poles	3
[In] rated current	100 A at 30 °C
Network type	AC
Trip unit technology	Thermal-magnetic
Curve code	C
Breaking capacity	10 kA Icu conforming to EN/IEC 60947-2 - 440 V AC 50/60 Hz 15 kA Icu conforming to EN/IEC 60947-2 - 380...415 V AC 50/60 Hz 30 kA Icu conforming to EN/IEC 60947-2 - 220...240 V AC 50/60 Hz 15 kA Icu conforming to EN/IEC 60947-2 - <= 375 V DC 15000 A Icn conforming to EN/IEC 60898-1 - 230...400 V AC 50/60 Hz
Suitability for isolation	Yes conforming to IEC 60947-2

Complementary

Network frequency	50/60 Hz
[Ue] rated operational voltage	<= 375 V DC 220...240 V AC 50/60 Hz 380...415 V AC 50/60 Hz 440 V AC 50/60 Hz 230...400 V AC 50/60 Hz
Magnetic tripping limit	5...10 x In
[Ics] rated service breaking capacity	5 kA at 50 % of breaking cap. conforming to EN/IEC 60947-2 - 440 V AC 50/60 Hz 15 kA at 50 % of breaking cap. conforming to EN/IEC 60947-2 - 220...240 V AC 50/60 Hz 7.5 kA at 50 % of breaking cap. conforming to EN/IEC 60947-2 - 380...415 V AC 50/60 Hz 15 kA at 100 % of breaking cap. conforming to EN/IEC 60947-2 - <= 375 V DC 7500 A at 50 % of breaking cap. conforming to EN/IEC 60898-1 - 230...400 V AC 50/60 Hz
Limitation class	3 conforming to EN/IEC 60947-2
[Ui] rated insulation voltage	500 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60947-2
[Uimp] rated impulse withstand voltage	6 kV conforming to EN/IEC 60947-2

ملحق (د):

الشكل يوضح Damper

ملحق (هـ):

الشكل يوضح ذراع اسطواني

ملحق (و):

الشكل يوضح Filter

ملحق (ز):

الشكل يوضح Solenoid Valve