مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٧) العدد(٩) ٢٠٢٣
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (7) No. (9) 2023

تصميم وتنفيذ نظام لأتمتة عملية تخزين وتحميل الفوسفات في صوامع الفوسفات بمرفأ طرطوس

أ. د. م. ثائر أحمد ابراهيم*
م . ليال عادل ديب**

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٣/٥/١٣ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٣/٩/٨)

□ ملخّص□

إن لتصدير الفوسفات دور مهم في التنمية الاقتصادية في سوريا، والذي يُمكن تسريع عملية تصديره من خلال تطوير آلية نقله من محطات التخزين وصولاً إلى تحميله على متن البواخر.

يتمحور العمل في هذا البحث حول استبدال نظام التحكّم التقليدي الحالي الخاص بصوامع تخزين وتحميل الفوسفات في الشركة العامة لتحميل وتخزين الفوسفات بمرفأ طرطوس بنظام آخر مؤتمت حديث، يهدف هذا النظام الحديث إلى محاولة تلافي الأخطاء والمشاكل التّي كان يعاني منها النظام الحالي بهدف الوصول إلى أفضل أداء ممكن وأعلى موثوقية بالإضافة إلى توفير الجهد والوقت وتسهيل عملية الصيانة وكشف العطل فور حدوثه.

يعتمد النظام المصمم على المُتحكّم المنطقي القابل للبرمجة PLC التابع لشركة DELTA بالإضافة إلى نظام مراقبة مُترافق معه باستخدام شاشة HMI، الذي أمّن أتمتة عملية تخزين وتحميل الفوسفات بشكل موثوق ومراقبتها في الزمن الحقيقي.

من أجل تصميم برنامج التحكّم تم وضع خوارزميات لعمل كل نظام على حدا، وتم استخدام البيئة البرمجية " WPLSoft 2.33" لبرمجة المُتحكّم "PLC".

مناقشة النتائج للنظام المُصمم أظهرت صحة ودقة نظام التحكّم الجديد بالإضافة إلى الاستجابة العالية وتوفير الجهد والوقت.

الكلمات المفتاحية: تحكّم، مُراقبة، خط سير، SS2، PLC، HMI، DELTA.

* أستاذ في قسم هندسة الأتمتة الصناعية – كلية الهندسة التقنية – جامعة طرطوس – سوريا.

** طالبة دراسات عليا – ماجستير – هندسة الأتمتة الصناعية – كلية الهندسة التقنية – جامعة طرطوس – سوريا.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٧) العدد(٩) ٢٠٢٣
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (7) No. (9) 2023

Design and implementation of a system to automate the process of storing and loading phosphates in phosphate silos in the port of Tartous

Prof. Their Ahmad Ibrahim *
Eng. Layal Adel Deeb **

(Received 13/5/2023 . Accepted 8/9/2023)

□ ABSTRACT

Phosphate export has an important role in economic development in Syria, which can accelerate the export process by developing a mechanism for transporting it from storage stations to loading it on ships.

The work in this research revolves around replacing the current traditional control system for the phosphate storage and loading silos in the General Company for Loading and Storage of Phosphate in Tartous Port with another modern automated system. This modern system aims to try to avoid errors and problems that the current system was suffering from in order to reach the best possible performance. And the highest reliability, in addition to saving effort and time, facilitating the maintenance process, and detecting malfunctions as soon as they occur.

The designed system is based on DELTA's PLC plus an associated monitoring system using an HMI display, which reliably automates the phosphate storage and loading process.

In order to design the control program, algorithms were developed for the work of each system separately, and the software environment "WPLSoft 2.33" was used to program the "PLC" controller.

Discussion of the results of the designed system showed the validity and accuracy of the new control system in addition to the high response and the saving of effort and time.

Keywords: Monitoring, Control, Belt, PLC, HMI, DELTA, SS2.

* Professor in Department of Industrial Automation, Faculty of Technical Engineering, Tartous University. Syria.

** Scientific Student, Master in Department of Industrial Automation Faculty of Technical Engineering, Tartous University. Syria.

1. المقدمة:

يُعتبر الفوسفات في سوريا ثروة وطنية حقيقية (غير مُستغلّة بالشكل الأمثل)، الأمر الّذي يجعله أحد أبرز الموارد الاقتصادية التّي يُعوَّل عليها في مرحلة إعادة الإعمار من حيث كونه مصدراً للقطع الأجنبي، حيث يُمثل حيث يمثل خام الفوسفات المرتبة الثانية من حيث الأهمية الاقتصادية والاستراتيجية بعد خامات النفط والغاز الطبيعي بالنسبة إلى الموارد الباطنية المعدنية وشبه المعدنية [1].

تُستثمر مادة الفوسفات حالياً من منجمين سطحيين هما الشرقية وخنيفيس، يُنقل الفوسفات إلى مرفأ طرطوس بواسطة شبكة السكك الحديدية والشاحنات، التّي تصب حمولاتها في 22 صومعة لتجميع الفوسفات وتخزينه تنقل بعدها بالبواخر إلى الدول التّي تستجر المادة.

يتكون نظام التحكّم الخاص بآلية التخزين والتحميل من الصوامع إلى البواخر من دارات تحكّم قديمة تعتمد على ريليهات ضخمة، كما أنّه يتطلب القيام بالفصل اليدوي عند حدوث أي عطل في آلية العمل مما يتسبب بأضرار مادية كبيرة بالإضافة إلى التأخر في الوقت اللّازم لإيصال مادة الفوسفات إلى البواخر وبالتّالي خسائر اقتصادية إضافية كبيرة. بالإضافة إلى التّأخر في اكتشاف العطل وإصلاحه وذلك بسبب غياب نظام مراقبة فعّال لسير العمل بشكل عام. الأمر الّذي يستدعى تطوير نظام مؤتمت للتحكّم في سير العملية من صوامع التخزين إلى بواخر التحميل ومراقبتها [2].

أصبحت المُتحكّمات المنطقية القابلة للبرمجة (PLC) المُكّون الأساسي في أي نظام يعتمد أسلوب التحكّم الحديث، خاصةً في ظل زيادة قدرة المُتحكّمات المنطقية واتساع مجالات استخدامها على مختلف الأصعدة التّي تحتاج إلى الاستجابة السريعة والتحكّم الآلي [3][4].

انطلاقاً من ذلك تركّز العمل في هذا البحث على تطوير نظام التحكّم الحالي الخاص بآلية تخزين وتحميل الفوسفات بنظام آخر حديث مؤتمت بالاعتماد على المُتحكّم المنطقي المُبرمج PLC، حيث تم تصميم نظام مراقبة مترافق معه بالاعتماد على شاشة الـ HMI لمراقبة عملية تحميل الفوسفات والتحكم بها بالزمن الحقيقي، بالإضافة إلى تركيب حسّاسات خاصة في قسم التخزين من أجل الحد من الهدر في مادة الفوسفات، وذلك بغرض توفير الجهد والوقت.

قمنا في البداية بتوصيف آلية التخزين والتحميل بالإضافة إلى دراسة نظام التحكّم والمُراقبة القديم واستعراض مشاكله، وانطلاقاً من ذلك قمنا بوضع تصوّر لنظام التحكّم والمُراقبة الجديد الذي يهدف إلى تلافي مشاكل النظام الحالي.

ومن أجل التأكد من صحة عمل نظام التحكّم والمراقبة المُصمم والتحقق من موثوقيته قمنا بتنفيذه على أرض الواقع مع تركيب وتوصيل جميع الحساسات والتجهيزات اللازمة واختباره ضمن الخط الإنتاجي بشكل مباشر.

2. مُشكلة البحث:

تتلخص مُشكلة البحث في النقاط الرئيسية التّالية:

- نظام التّحكم بآلية تخزين وتحميل الفوسفات في صوامع الشركة العامة لتحميل وتخزين الفوسفات بمرفأ طرطوس قديم ويعاني من أعطال متكررة.
- تعقيد التوصيل الكهربائي الأمر الّذي يجعل عملية الصيانة واكتشاف العطل غاية في الصعوبة.

- عدم توقف سير "ناقل مائل التخزين" الناقل لمادة الفوسفات عن التفريغ عند توقف السير "فوق الصوامع" وبالتّالي امتلاء الصوامع وتراكم الفوسفات، مما يؤدي أحيانا إلى انقطاعه دون دراية العمّال.
- هدر كبير في مادة الفوسفات ناتج عن فشل نظام التحكّم في إيقاف سير "ناقل مائل التخزين" عندما يتطلب الأمر ذلك.
- عدم وجود حسّاسات كافية لمعرفة حالة العمل في كل مراحل سير العملية، الأمر الّذي يُسبب تفاقم العطل والتّسبب بأضرار مادية.
- الانقطاع عن العمل لفترات زمنية طويلة بسبب غياب نظام مُراقبة فعّال لسير العمل بشكل عام.

3. أهمية البحث وأهدافه:

أولاً) أهمية البحث:

تتلخص أهمية البحث في حلّ إحدى المشاكل التّقنية في الشّركة العامة لتحميل وتخزين الفوسفات من خلال تصميم وتنفيذ نظام لأتمتة آلية تخزين وتحميل الفوسفات في صوامع الشّركة بمرفأ طرطوس، وذلك لفائدتها من ناحيتين:

- من النّاحية الفنية:

إنّ تصميم نظام تحكّم مُؤتمت لآلية تخزين وتحميل الفوسفات، سيُساهم في تجنب الأعطال المتكررة، وبالتالي حلّ مشكلة الانقطاع عن العمل. كذلك تصميم نظام مُراقبة مترافق مع نظام التحكّم يحقق المُراقبة في الزّمن الحقيقي ويزيد من مَوثوقية العمل.

- من النّاحية الاقتصادية:

تجنب الهدر في مادة الفوسفات عند امتلاء الصّوامع، وأيضاً تجنب الخسائر المترتبة عن الانقطاع عن العمل من أجل إصلاح الأعطال وإزالة الفوسفات المُتراكم، وبالتالي تجنب التأخر في تحميل البواخر.

بالإضافة إلى الاستغناء عن استيراد أنُظمة التحكّم الحديثة والاعتماد على الخُبرات المحلية في هذا المجال.

ثانياً) أهداف البحث:

الهدف العام: هو تصميم وتنفيذ نظام مؤتمت لعملية تخزين وتحميل الفوسفات في صوامع الشركة العامة لتحميل وتخزين الفوسفات بمرفأ طرطوس يستطيع تلافي مشاكل نظام التحكّم الحالي.

ينقسم الهدف العام إلى أهداف فرعية، وهي:

١. استبدال نظام التحكّم التقليدي الحالي بآخر حديث باستخدام المُتحكّمات المنطقية القابلة للبرمجة "PLC".
٢. تصميم نظام مراقبة مترافق مع نظام التحكّم باستخدام شاشة "HMI".
٣. تنفيذ النّظام المُصمم على أرض الواقع واختباره للتّأكد من صحته.

4. مواد البحث وطرائقه:

تم اختيار المُتحكّم المنطقي PLC من شركة "DELTA" ذو المُعالج "DVP SS200" للتحكّم بألية العمل وقمنا ببرمجته بالاعتماد على برنامج "WPL soft 2.33"، كذلك تم اختيار المتحكم ذو المعالج "DVP SP11R" لاستخدامه كتوسيعة للمداخل والمخارج. ثم قمنا بتصميم الخوارزميات التي توضّح سير آلية العمل مع شرح مبسط لها.

من أجل بناء واجهة المُراقبة للنظام المقترح الخاص بآلية التحميل اعتمدنا على برنامج "DOP soft .2.00.07.04"

وفي النهاية تم مناقشة نتائج اختبار النظام الذي قمنا بتصميمه.

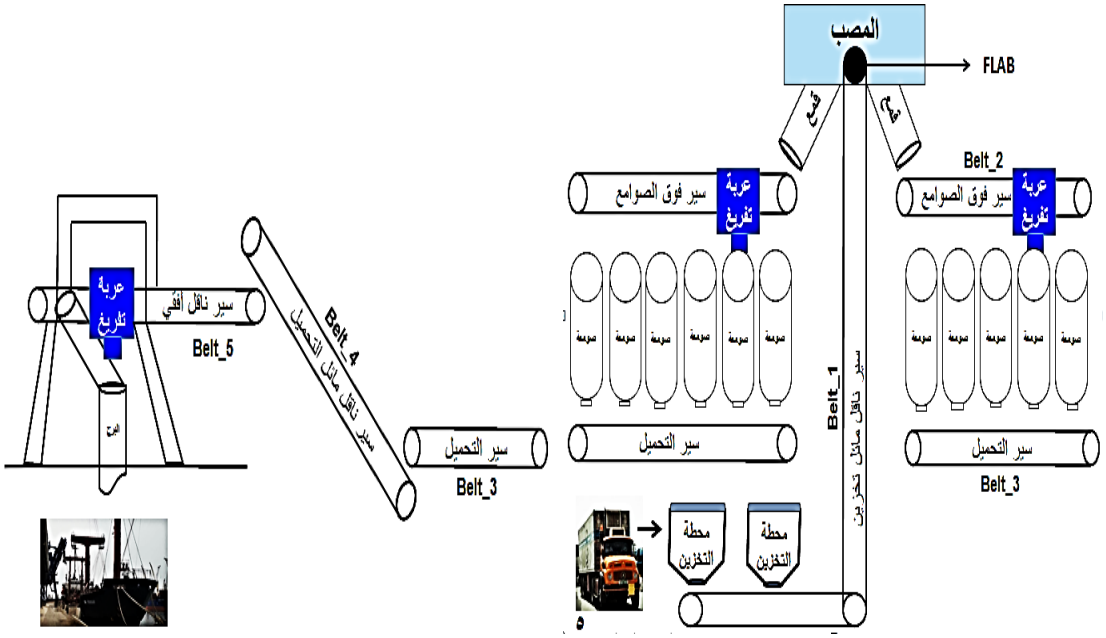
5. توصيف آلية العمل (عملية التحميل والتخزين في صوامع الفوسفات بمرفأ طرطوس):

يتم نقل الفوسفات من المناجم إلى المرفأ باستخدام عربات خاصة صُمّمت بشكل يتناسب لنقل مادة الفوسفات حيث تسير على السكك الحديدية ويتم تحريكها بواسطة القطار، ويتم أيضا نقل الفوسفات بواسطة سيارات شاحنة (قلّابات) بحمولة 45 طن للشاحنة الواحدة.

كان الاعتماد بشكل رئيسي على عربات القطار كونها تسلك مسارات خاصة على سكة الحديد مما يجعل النقل أسرع وبظروف آمنة فضلاً عن أنَّهُ أوفر اقتصادياً، لكن في الوضع الراهن أصبح الاعتماد فقط على الشاحنات بسبب تعطل القطار وعدم القيام بالصيانات اللازمة له.

تقع منشأة تخزين وتحميل الفوسفات ضمن مرفأ طرطوس والتّي تختص في تخزين الفوسفات حسب نوعيته ومصدره في صوامع التخزين، وعددها 22 صومعة تخزين سعتها النظرية 90 ألف طن من الفوسفات، ومن ثم تحميله على البواخر وتصديره إلى خارج القطر بواسطة برجي تحميل مركبين على رصيفي التحميل "18" و "19" .

يوضح الشكل (1)، مُخطط آلية التحميل والتخزين في صوامع الفوسفات، بدءً من تفريغ الشاحنات لمادة الفوسفات في محطتي التخزين ومنها إلى المصب عبر سير "ناقل مائل التخزين" ثم يتم تفريغها في الصوامع عبر عربات التفريغ وتخزينها إلى حين تحميلها عبر سيور التحميل (سير التحميل، سير ناقل مائل التحميل وسير ناقل أفقي التحميل) لتفريغها في البرج ومنه إلى البواخر من أجل تصديرها.



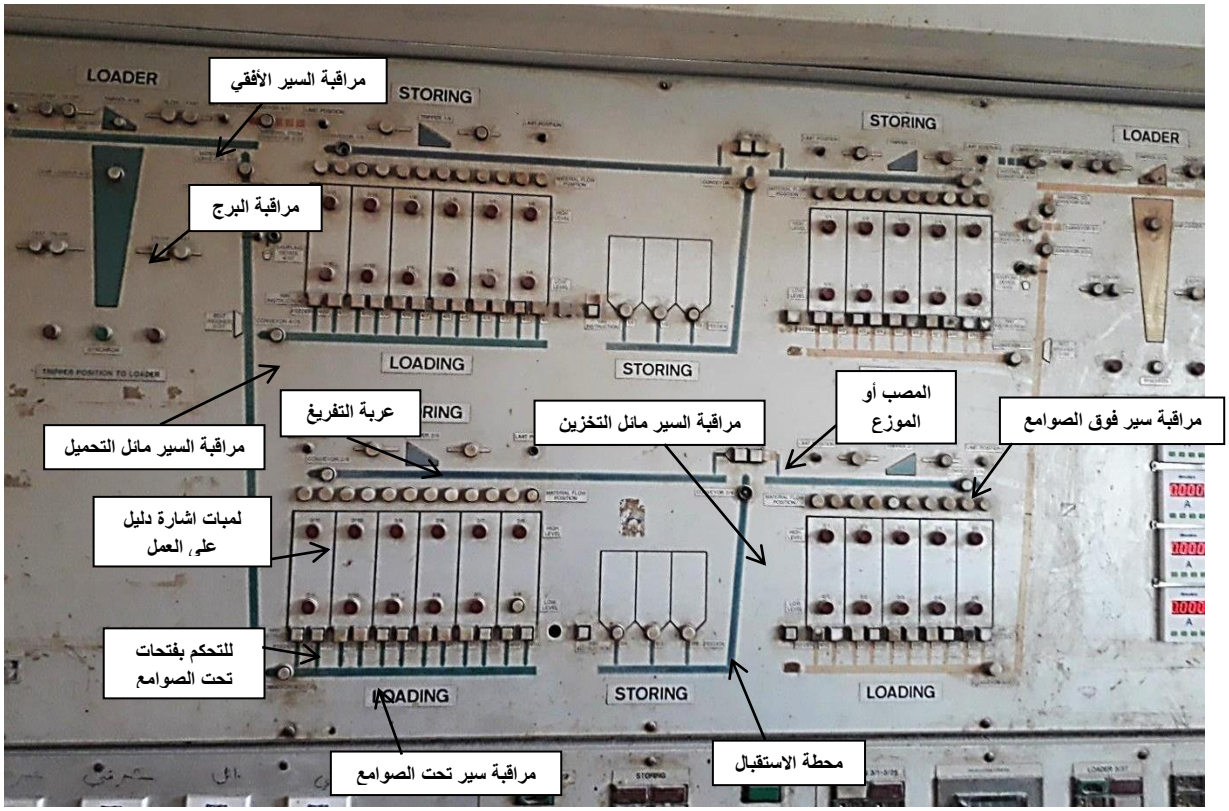
b a

الشكل (1): المخطط التكنلوجي لآلية التحميل والتخزين في صوامع الفوسفات

(a) آلية التخزين (b) آلية التحميل

6. مواصفات ومشاكل نظام التحكّم المُستخدم حالياً:

إنّ نظام التحكّم والمُراقبة المُستخدم حالياً في مديرية تحميل وتخزين الفوسفات في مرفأ طرطوس قديم وقد أصبح ذو موثوقية مُنخفضة جداً، حيث تمّ تصميمه منذ ستينيات القرن الماضي. يعتمد هذا النظام على لوحة تحكّم كهربائية تقليدية توضيحية لسير العمل ضمن القسم، موجودة في غرفة خاصة قريبة من الصوامع، والتّي عن طريقها تتم عملية مُراقبة الأجزاء الرئيسية (محطة الاستقبال، سير مائل التخزين، سير فوق الصوامع، عربة التخزين، المصب، سير تحت الصوامع، سير مائل التحميل، السير الأفقي، البرج)، الشكل (2).



الشكل (2): لوحة التحكّم والمُراقبة التقليدية

توجد أزرار ضوئية على لوحة التحكّم والمُراقبة تُعبّر عن حالة عمل الجزء المُراقب، حيث يكون مضاءً بلون أحمر في حالة التشغيل ويكون مطفأ عند توقفه عن العمل. أما بالنسبة لتشغيل المُحركات ضمن القسم فإنّه يتم عبر مفاتيح يدوية، حيث يوجد مفتاح خاص لكل مُحرك مع زر ضوئي لتوضيح حالة عمل المُحرك، الشكل (3).

الشكل (3): مفاتيح يدوية لتشغيل محركات السيور الناقل

ويوجد في أسفل اللّوحة بعض أجهزة قياس التّيار على مُحركات الصّوامع للفصل في حالة الحمل الزائد، الشكل (4)، لكنها ذات دقة منخفضة وهي غالباً خارج الخدمة وتحتاج لصيانة بشكل مستمر الأمر الّذي يؤدي إلى توقف القسم عن العمل وبالتّالي خروج الخط الإنتاجي عن الخدمة وهذا له الأثر السلبي الأكبر من النّاحية الفنية والاقتصادية.

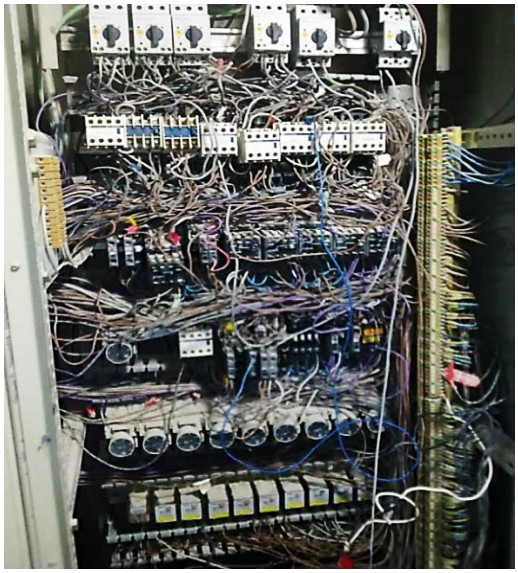
الشكل (4): مقاييس التيار مع قواطع التشغيل الخاصة بالمحرك

نلاحظ أنّه لا يوجد أي حسّاسات خاصة بنقل حالة عناصر دارة القيادة الكهربائية الخاصة بأي مُحرك موجود ضمن القسم، وبالتّالي عند فصل الحماية الحرارية الخاصة بمُحرك معين لا يوجد أي دلالة على حالة الفصل وبالتّالي

توقف المُحرك عن العمل دون معرفة السبب، وتكون هناك حاجة إلى تغيير السير الناقل بالكامل نتيجة تعرضه للانقطاع بسبب عدم اكتشاف العطل من بدايته وحلّ المُشكلة.

نُلاحظ أنه لا تتوفر إمكانية مُراقبة سير العملية وإعطاء إنذارات قبل وقوع الأعطال، الأمر الّذي يسبب توقف العمل بشكل مفاجئ.

بسبب الاعتماد على نظام التّحكّم الكلاسيكي القديم، الشكل (5)، واحتوائه على العديد من الكونتاكتورات والريليهات المختلفة بالإضافة إلى الأسلاك الكثيرة والمعقدة، الأمر الّذي يجعل من عمليات الصيانة معقدة وصعبة، وتأخذ الكثير من الوقت، مما يؤثر على إنتاجية العمل، كذلك الاعتماد الكبير على العامل البشري في ظل غياب الأتمتة، الأمر الّذي يسبب الهدر في الوقت والمال. بالإضافة الى الصعوبة في إجراء أي تعديل على آلية العمل، أو إضافة أي عملية تحكّمية أخرى ممكن أن تستدعي الحاجة لها وضرورة العمل.



الشكل (5): نظام التّحكّم الحالي

انطلاقاً مما سبق نستنتج أنه لابدّ من استبدال نظام التحكّم الحالي القديم بنظام تحكم منطقي مُبرمج حديث.

7. تصميم نظام التحكّم الجديد:

1.7. اختيار المُتحكم المنطقي المُبرمج:

تم اعتماد منظومات التّحكّم العائدة لشركة DELTA للتّحكّم في آلية تخزين وتحميل الفوسفات، وذلك لرخص ثمنها مقارنة مع غيرها من المُتحكّمات التابعة للشركات الأخرى، حيث قمنا باستخدام المُتحكّم المنطقي القابل للبرمجة طراز DVP 14SS2 PLC، الشكل (6)، كونها تفي بالغرض، بالإضافة إلى قدرتها على الاتصال مع كل المُتحكّمات من سلسلة الـ DVP-S، لذلك قمنا بإضافة توسيعة للمداخل والمخارج I/O باستخدام المُتحكم DVP 16SP [5,6,7]، الشكل (7).

الشكل (6): المُتحكّم المنطقي القابل للبرمجة نوع DVP-14SS2 PLC

الشكل (7): المُتحكّم المنطقي القابل للبرمجة نوع DVP-16SP PLC

2.7. اختيار الحسّاسات المُناسبة:

من أجل تصميم نظام التّحكّم الجديد الخاص بآلية التخزين، قمنا باستخدام حساسين من الحسّاسات التقاربية Proximity Sensors وهما:

- الحسّاس التقاربي التحريضي (Inductive Proximity).
- الحسّاس التقاربي السعوي (Capacitive Proximity).

تم اختيار هذان الحسّاسان التقاربيان لتميزهما بالمزايا التالية:

١. التحسس بدون ملامسة الهدف والذي يمنع أي تخريب لرأس الحسّاس أو للجسم المتحسس.
٢. إعطاء إشارة الخرج بدون ملامسة يطيل العمر التشغيلي للحساس.
٣. يقوم الحسّاس بالتحسس بشكل مستقر حتى في حال تعرضه للتبلل بالمياه أو الزيوت أو الغُبار[7].

1.2.7. الحسّاس التقاربي التحريضي:

يبين الشكل (8)، الحسّاس التحريضي "PRL 18-8DP" الذي تم استخدامه.

الشكل (8): الحسّاس التحريضي "PRL 18-8DP"

2.2.7. الحسّاس التقاربي السعوي:

يبين الشكل (9)، الحسّاس السعوي "KN5100" الذي تم استخدامه.

الشكل (9): الحسّاس السعوي "KN5100 KNM30BSAFPKG/US"

3.7. تصميم برنامج التحكّم والمُراقبة:

من أجل تصميم نظام التّحكّم اعتمدنا على برنامج "WPLSoft 2.33" كبرنامج لتهيئة الجزء البرمجي المخزّن ضمن ذاكرة المُتحكّم المنطقي القابل للبرمجة "PLC DVP SS2".

أما بالنسبة لتصميم واجهة المستخدم التي سيتم عبرها التّحكّم والمُراقبة بسير آلية التحميل، استخدمنا برنامج "DOP Soft 2.33' من شركة DELTA [8,9].

1.3.7. البارامترات الرئيسية:

بعد الدّراسة التفصيلية لآلية التحميل والتخزين، قمنا بتحديد البارامترات المطلوب مُعالجتها من قبل منظومة التّحكّم لبناء نظام تحكّم جديد خاص بآلية العمل.

نبين فيما يلي بارامترات المُراقبة والتّحكّم المُقترحة اللّازمة للبرنامج المراد تصميمه:

- نقاط المُراقبة الخاصة بآلية التحميل:
  - حالة الجاهزية للسيور النّاقلة (تشغيل / إيقاف مُحركات سيور التحميل).
  - حالة الجاهزية للحلزونات في أسفل الصوامع (تشغيل / إيقاف المُحركات)
- نقاط التّحكّم الخاصة بعمل برج التحميل:
  - عمل البرج
  - إيقاف عمل البرج
- نقاط التّحكّم الخاصة بالسيور التحميل:
  - إقلاع مُحركات السيور
  - توقف مُحركات السيور
- نقاط التّحكّم الخاصة بعمل فتحات أسفل الصوامع:
  - إقلاع حلزونات أسفل الصوامع
  - توقف حلزونات أسفل الصوامع
- نقاط التّحكّم الخاصة بعمل بسيور التخزين:
  - إقلاع مُحركات السيور
  - توقف مُحركات السيور

وبناءً عليه يُمكن تقسيم البارامترات التي سيتعامل معها المُتحكّم المنطقي لتنفيذ الغاية المرجوة منه إلى إشارات خرج وإشارات دخل.

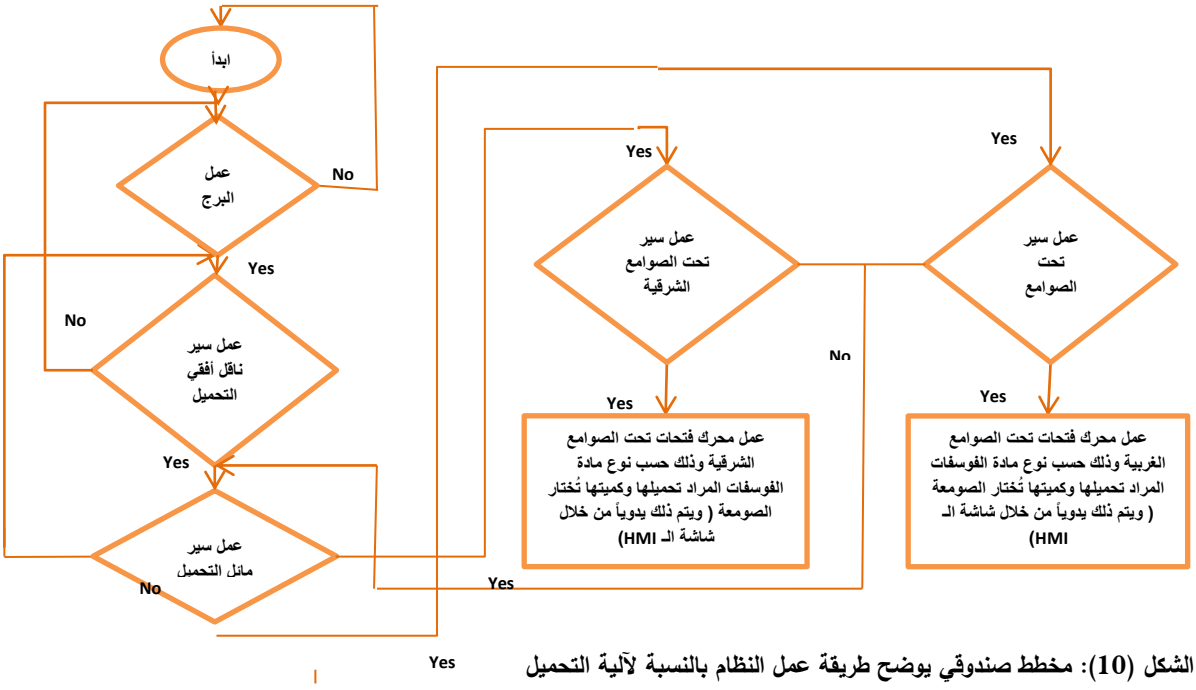
2.3.7. تصميم برنامج التحكّم:

من أجل تسهيل عملية تصميم الشبكات البرمجية بالنسبة لعملية تحميل وتخزين الفوسفات، قمنا بتصميم الخوارزميات التي توضّح سير آلية العمل مع شرح مبسط لها.

1.2.3.7 آلية التحميل:

عند التأكد من جاهزية "البرج" للعمل يتم تشغيل سير "ناقل أفقي التحميل" بعدها يتم تشغيل سير "ناقل مائل التحميل" ثم تشغيل كل من سير "تحت الصوامع" الشرقية والغربية، وعند عمل السير تحت الصوامع عندها يمكن تشغيل فتحات أسف الصوامع (الحلزونات)، وذلك بشكل شرطي ومتسلسل حيث لا يتم مثلاً تشغيل سير "تحت الصوامع" قبل التأكد من عمل سير ""ناقل مائل التحميل"، حيث يتم التحكّم بعمل السيور من خلال شاشة التحكّم الـ HMI المُركبة في غرفة التحكّم.

يبين الشكل (10)، الخوارزمية التي قمنا بتصميمها والتي توضّح آلية التحميل.

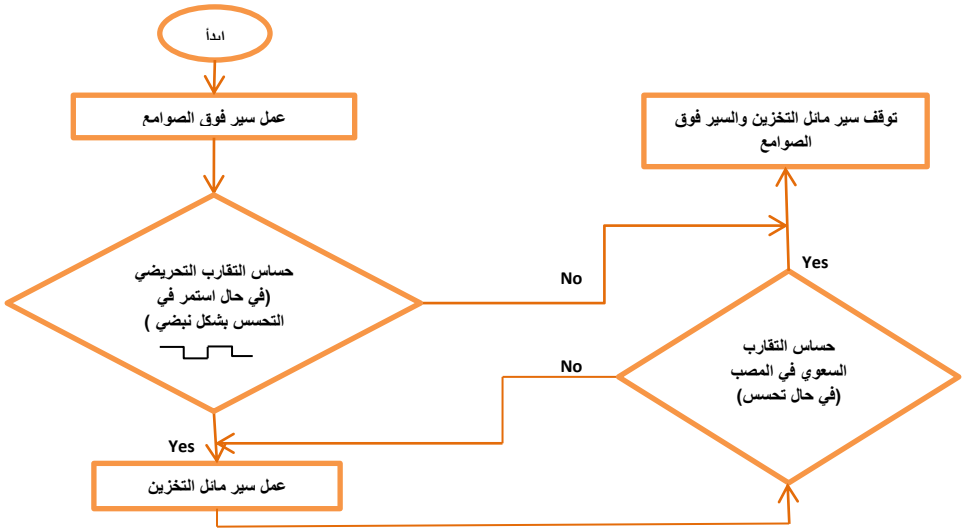


الشكل (10): مخطط صندوقي يوضح طريقة عمل النظام بالنسبة لآلية التحميل

2.2.3.7 آلية التخزين:

قمنا بتركيب الحساس التحريضي (الذي يعمل كحساس دوران) مقابل عجلة عليها 5 قطع معدنية موزعة بشكل متساوٍ عليها، تبدأ العجلة بالدوران عند تشغيل محرك سير "فوق الصوامع"، حيث قمنا بمعايرة الحساس بحيث يقوم بتشغيل محرك سير "مائل التخزين" عند تحسسه بشكل نبضي ON/OFF للقطع المعدنية خلال مدة 20ms أي أنّه إذا طالت مدة تحسس عن 20ms أو عدم تحسس الحساس للقطع المعدنية عن 30ms فإن الحساس يعطي أمر بفصل محرك سير "مائل التخزين" عن العمل. وقد قمنا بتركيب الحساس السعوي (الذي يعمل كحساس امتلاء) ضمن المصب، حيث قمنا بمُعايرته بحيث يتحسس (أي يُغير تماساته) عند امتلاء المصب وعندها يعطي أمر لتوقف محرك سير "فوق الصوامع" وبالتالي توقف سير "مائل التخزين" عن العمل أيضاً.

يبين الشكل (11)، الخوارزمية التي قمنا بتصميمها والتي توضّح آلية التخزين.



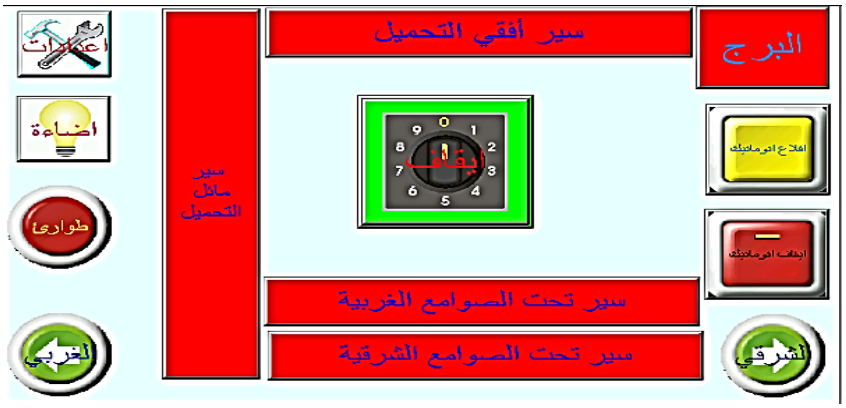
الشكل (11): مخطط صندوقي يوضح طريقة عمل النظام بالنسبة لآلية التخزين

قبل أن نبدأ بتصميم البرنامج، نقوم بعملية ترميز العناوين من خلال تحديد لائحة بالرموز الخاصة بإشارات الدخل والخرج والذواكر التي سنقوم باستخدامها في عملية التحكم، حيث نعطي لكل عنوان اسماً يدّل عليه لتسهيل عملية البرمجة، ويكون ذلك باستخدام برنامج "WPLSoft 2.33" من خلال جدول الرموز "Symbol Table"، إذ نُدخل الرمز والعنوان الخاص به.

3.3.7. تصميم نظام المُراقبة باستخدام برنامج DOP Soft 2.33:

تم اختيار شاشة المُراقبة HMI من نوع Touch Screen وهي "DOP B10S411" من شركة DELTA وذلك بهدف تحقيق التوافق التام مع جهاز التحكّم المنطقي المُبرمج الّذي قمنا باختياره من شركة DELTA [9].

من أجل تصميم نظام للمراقبة مترافق مع نظام التحكّم، قمنا باستخدام برنامج "DOP Soft 2.33". عند تشغيل البرنامج تظهر لنا الشاشة الرئيسية (الشاشة الأولى)، الشكل (12)، والتي يمكن من خلالها اختيار نظام العمل كما في الشكل التالي:



الشكل (12): الشاشة الأولى الرئيسية

تضم الشاشة الأولى لنظام المُراقبة عدة عناصر هي:

- مفتاح له ثلاث حالات (إيقاف(0) – أوتوماتيك(1) – يدوي(2))
- عناصر تدل على حالة عمل كل من البرج وسيور التحميل (سير أفقي التحميل – سير مائل التحميل – سير تحت الصوامع الغربية – سير تحت الصوامع الشرقية)

-زر للإقلاع الأوتوماتيكي.

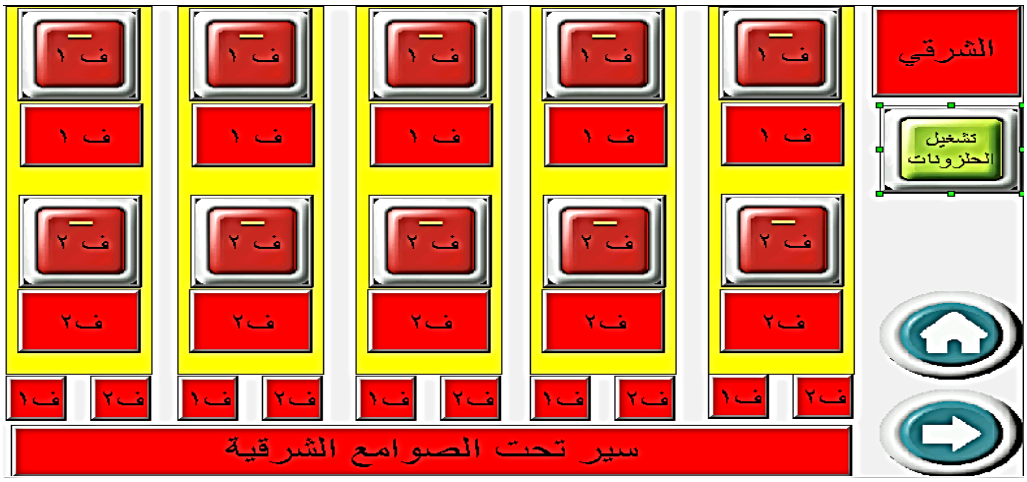
-زر لإيقاف الإقلاع الأوتوماتيكي.

-زر طوارئ.

-زر "شرقي" للانتقال إلى الشاشة الثانية الخاصة بالصوامع الشرقية.

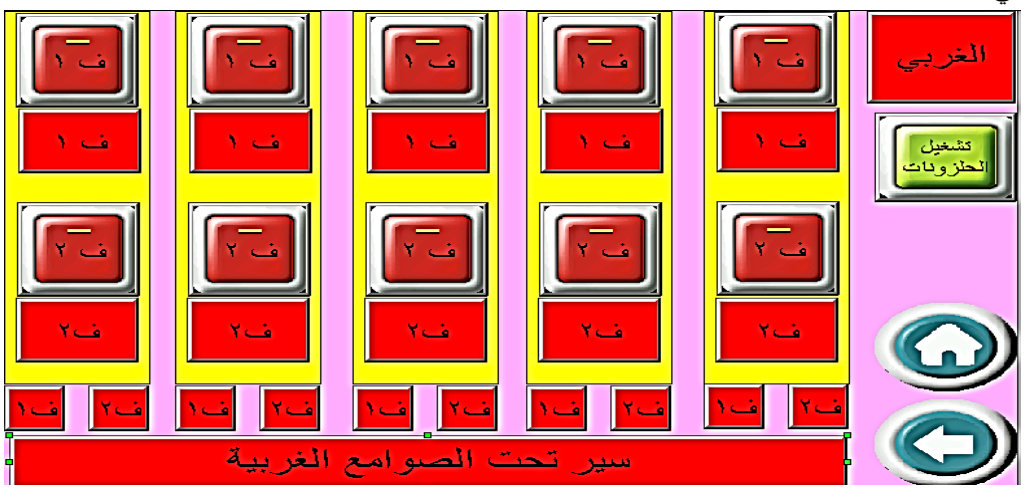
-زر "غربي" للانتقال إلى الشاشة الثالثة الخاصة بالصوامع الغربية.

تضم الشاشة الثانية، الشكل (13)، أزرار للتحكّم في عمل الفتحات أسفل الصوامع الشرقية مع لمبات الإشارة التي تدل على حالة العمل أو التوقف، بالإضافة زر "تشغيل الحلزونات" والذي يدل على جاهزية المحركات للعمل، ويوجد زرين للعودة إلى الصفحة السابقة وآخر إلى الصفحة الرئيسية.



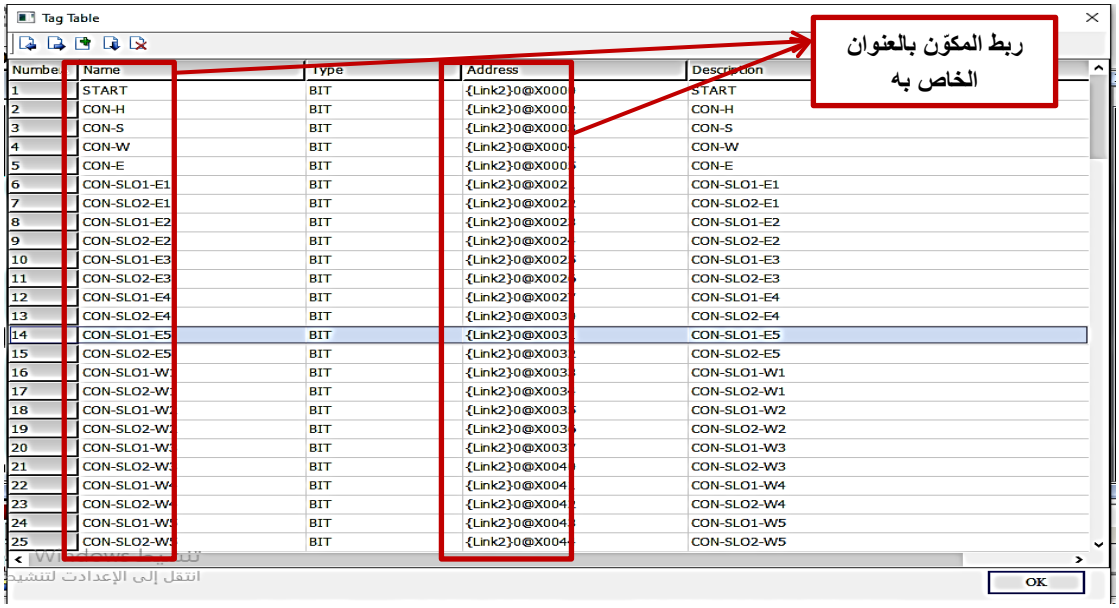
الشكل (13): الشاشة الثانية (تضم فتحات تحت الصوامع الشرقية)

تضم الشاشة الثالثة، الشكل (14)، أزرار للتحكّم في عمل الفتحات أسفل الصوامع الغربية، وهي تشابه الشاشة السابقة في عملها.



الشكل (14): الشاشة الثالثة (تضم فتحات تحت الصوامع الغربية)

بعد ذلك، قمنا بتعريف العناوين المراد ربطها مع مكونات واجهة التحكّم والمُراقبة وذلك من خلال صفحة "Tag Table"، كما في الشكل التالي، الشكل (15)، يوضح عملية ربط كل عنصر أو مكون في واجهة التشغيل مع العنوان المناسب في برنامج الـ "WPL Soft":

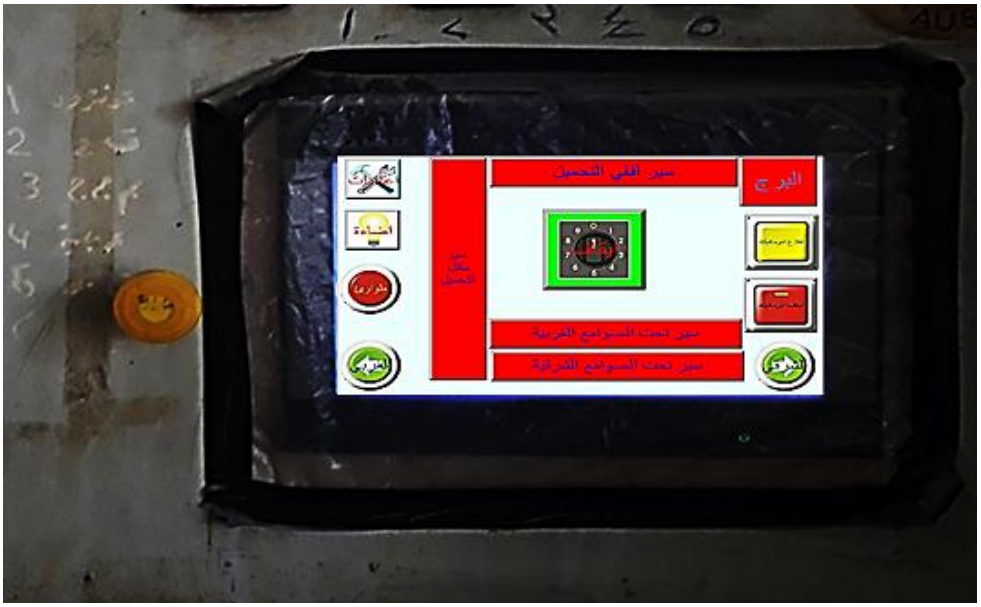


الشكل (15): ربط عناوين البارامترات مع واجهة التشغيل في برنامج WPL SOFT

8. اختبار نظام التحكّم والمُراقبة المُصمّم:

بعد الانتهاء من تجهيز الحاسب المسؤول عن التحكّم والمُراقبة وتزويده بالبرامج المناسبة والقيام بعملية التوصيل بينه وبين المُتحكّم المنطقي القابل للبرمجة "PLC"، قمنا بتشغيل نظام التحكّم والمُراقبة ووضعه في حالة العمل.

تم تركيب شاشة الـ HMI في غرفة التحكّم للتحكّم بها من قبل المشغل ولغرض المراقبة أيضاً، كما هي مبينة في الشكل (16):



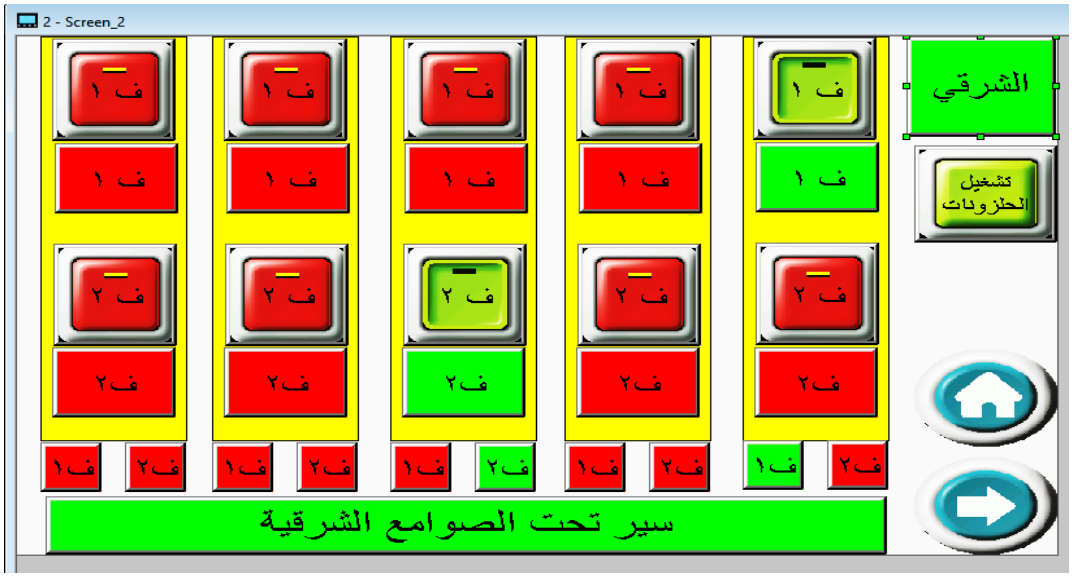
الشكل (16): شاشة المُراقبة والتحكّم في موقع العمل

يبين الشكل (16)، الواجهة التي ستظهر للمُشغّل (قبل البدء بعملية التشغيل)، حيث يكون المفتاح على الإيقاف، وحالة البرج وسيور التحميل باللون الأحمر(حالة توقف)، كذلك حال فتحات أسفل الصوامع تكون باللون الأحمر.

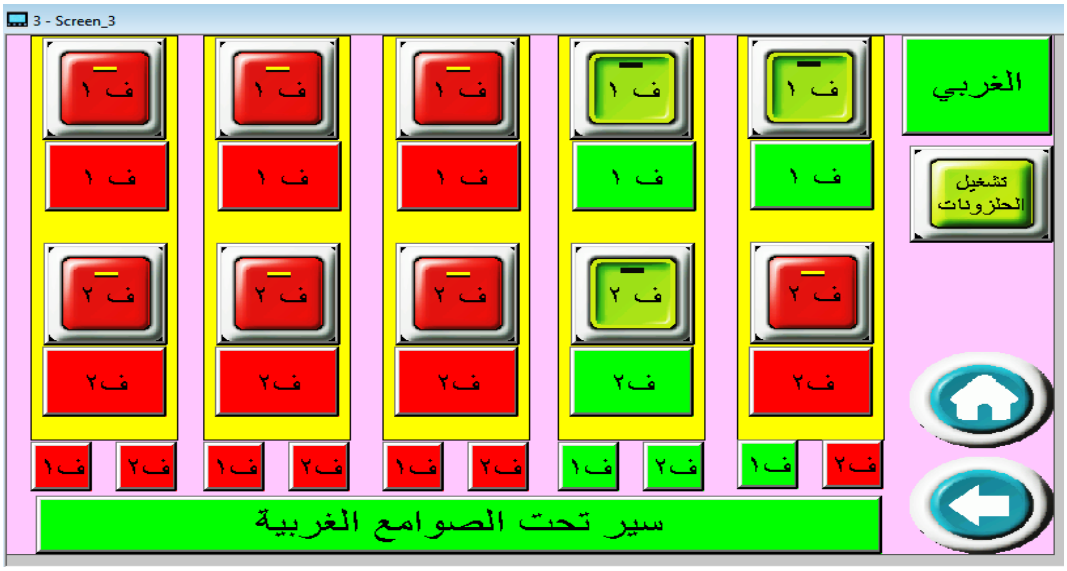
عند بدء التشغيل (المفتاح في حالة التشغيل الأوتوماتيكي) يتحول لون البرج إلى اللون الأخضر وبعدها تبدأ سيور التحميل بالتحول إلى اللون الأخضر حسب الترتيب (السير الأفقي أولاً ثم سير مائل التحميل ثم سيور تحت الصوامع الشرقية والغربية)، أما في حال التشغيل اليدوي (المفتاح في حالة التشغيل اليدوي) تتيح لنا هذه الحالة التحكّم في عمل السيور بالوقت والزمن الذي نريده يدوياً عن طريق برنامج التحكّم المُصمّم باستخدام برنامج WPL SOFT أو من خلال شاشة الـ HMI.

ثم ننتقل إلى الشاشة الثانية والثالثة من أجل تشغيل الحلزونات (فتحات تحت الصوامع)، حيث يتحول لون الفتحات من اللون الأحمر إلى اللون الأخضر في حال عملها، الشكل (17)، الشكل (18).

في حال وجود خطأ أو عطل ما في أحد المحركات أو السيور الناقلّة يتغير لون زر الطوارئ من الأحمر إلى الأزرق.



الشكل (17): الواجهة التي ستظهر للمُشغّل (الشاشة الثانية)



الشكل (18): الواجهة التي ستظهر للمُشغّل (الشاشة الثالثة)

1.8. مُناقشة ومقارنة النّتائج:

إنّ استبدال دارات التحكّم القديمة بنظام التحكّم والمُراقبة الجديد المصمم أعطى نتائج هامة في الحد من الهدر الحاصل في الوقت والمادة، كذلك وفّر بيئة عمل آمنة للعمال، هذا ما كانت تفتقده دارات التحكّم القديمة التي تتطلب من العامل البقاء بالقرب من السير الناقل تحسباً لأي عطل أو حدوث طوفان في المادة بالإضافة إلى سوء الحالة الصحية للعامل بسبب استنشاقه لغبار الفوسفات.

كما أن إضافة شاشات خاصة بعمليات المُراقبة من شركة DELTA أعطى موثوقية أكبر في العمل لملائمة هذه الشاشات بيئات العمل الصناعية، كما أن تقليص عدد عناصر التحكّم الجديد المؤلف من (PLC + كبل RS232 + HMI) مقارنة بعناصر النظام القديم المؤلف من (دارات الكترونية لإشارات الدخل +كابلات توصيل + دارات الكترونية لإشارات الخرج + ريليهات + كونتاكتورات) أدى إلى تقليص حدوث أعطال وبالتّالي زيادة الموثوقية في العمل.

بمقارنة نظام التحكّم والمُراقبة الذي قمنا بتصميمه مع النظام القديم، نُلاحظ التالي:

١. إمكانية التحكّم ومراقبة حركة السيور الناقلّة في قسم التحميل بسهولة.
٢. إمكانية التحكّم في فتحات أسفل الصوامع ومراقبتها عن بعد.
٣. يؤمن كل من الحسّاسين التحريضي والسعوي سرعة في إيقاف سيور التخزين وبالتّالي الحد من الهدر الحاصل في الوقت والجهد والمادة الذي كان يتسبب فيها النظام القديم.

إنّ النتائج التّي تم الحصول عليها بتقليل عناصر النظام وزيادة الموثوقية في العمل أدى إلى تقليل الأعطال التّي كانت تؤدي في كثير من الأحيان إلى أضرار كبيرة في المحركات خاصة المحركات ذات الإستطاعات الكبيرة (محركات السيور الناقلّة)، مما يؤدي إلى توقف السير الناقل، وبالتّالي توقف الخط الانتاجي بالكامل لمُعالجة الأعطال، وفي بعض الأحيان يتم تلف وانقطاع قشاط السير بالكامل (نتيجة عدم توقف السير عند امتلاء الصوامع)، الأمر الّذي يؤدي إلى تكاليف مادية كبيرة في القطع والمعدات، حيث كان يتم تبديل قشاط السير كل ستة أشهر ويتم إعادة لف المحرك أو استبداله عند حدوث طوفان في المادة، وبالتّالي زيادة في تكاليف الانتاج بالإضافة إلى الهدر الكبير في مادة الفوسفات نتيجة التوقف، حيث أنه في بعض الأحيان يتم التوقف عن العمل لمدة تصل إلى أكثر من 9 ساعات وأحياناً أخرى تصل إلى عدة أيام من الانقطاع المستمر عن العمل، كل هذه العوامل والأسباب تؤدي إلى انخفاض الأرباح والطاقة التصديرية للمادة.

وبالتّالي فإن الفائدة الاقتصادية التّي حققها تطبيق هذا البحث على أرض الواقع تتمثل في زيادة الأرباح من خلال تقليل الخسائر كما يلي:

- ز

يادة ساعات العمل بانعدام التوقفات الناتجة عن أعطال نظام التحكّم التي كانت تصل إلى حوالي الـ 100 ساعة في الشهر كمعدل وسطي مما أدى إلى زيادة كميات الإنتاج.

- ت

خفيض الجهد للعمال وتحسين حالتهم الصحية بالإضافة إلى تخفيض وقت التوقف اللازم للصيانة.

- ت

خفيض تكاليف الإنتاج بحل مشاكل نظام التحكّم القديم التّي كانت تؤدي إلى أضرار كبيرة بعناصر

النظام وخسائر مادية بسبب استبدال المحركات وأقشطة السيور الناقلة والتي بدورها ساهمت أيضاً في زيادة الإنتاج.

جدول (1): مقارنة بين النظام القديم والنظام الحالي

في النظام القديم	بعد تركيب النظام المصمم
استبدال قشاط السير الناقل مرة كل ستة أشهر	استبدال قشاط السير الناقل مرة كل سنتين ونصف (ومن الممكن أن تزيد عن هذه المدة المتوقعة)
إعادة لف المحركات (أو استبدالها) في كل مرة يحدث فيها طوفان في مادة الفوسفات (ممكن أن تحدث مرتين أو ثلاث في الأسبوع الواحد)	لا يحدث طوفان في مادة الفوسفات وبالتالي لا يحصل عطل في المحركات
عدد ساعات الانقطاع عن العمل تصل إلى حوالي 100 ساعة في الشهر كمعدل وسطي	عدد ساعات الانقطاع عن العمل تكون نادرة (فقط في حال وجود عطل)
الهدر في مادة الفوسفات حوالي 100 طن في الشهر كمعدل وسطي	لا يوجد هدر في المادة
يتطلب جهد من العاملين والبقاء بالقرب من السيور الناقلة	مراقبة سير العملية من غرفة التحكم

9. الاستنتاجات والتوصيات:

أولاً) الاستنتاجات:

يمكننا تلخيص الإمكانيات التي قام بتوفيرها نظام التحكم والمراقبة المصمم، كما يلي:

- ✓ يوفر نظام التحكم والمراقبة الجديد بيئة عمل آمنة للمشغلين والعمال الفنيين.
- ✓ يحقق نظام المراقبة الجديد مراقبة سير العملية في الزمن الحقيقي بشكل سهل وموثوق مما يساهم في اكتشاف العطل فور حدوثه وبالتالي الحد من الهدر في الوقت والمادة.
- ✓ تلافي فترات الانقطاع عن العمل وبالتالي تقليل الخسائر في المعدات والتجهيزات الناتجة عن استبدال أقشطة السيور والمحركات.
- ✓ تلافي الهدر الحاصل في مادة الفوسفات، حيث تم توفير ما يقارب 100 طن شهرياً كمعدل وسطي أي ما يعادل (200 دولار) والذي ساهم في زيادة إنتاج الفوسفات بمقدار 45%.

ثانياً) التوصيات:

- نقترح اضافة المزيد من الحسّاسات لتسهيل عملية التحكّم مثل (تصميم حساس لقياس مستوى مادة الفوسفات داخل الصوامع _ حساس لمعايرة مادة الفوسفات للحصول على النوع المطلوب).
- الاستفادة من النظام المُصمّم في أتمتة خطوط سير مشابهة في العديد من المنشآت الصناعية، مثل: خطوط انتاج المواد الغذائية، المطاحن... الخ.

المراجع

1. العكاري، خضر، " انتاج وتسويق الفوسفات وأثره في التنمية الاقتصادية في سورية خلال الفترة (٢٠١٤-١٩٩٤)" رسالة ماجستير، جامعة تشرين، 2018.

2. زيدان، حازم، رسالة ماجستير،" تطوير نظام التحكّم بالضخ وحركة المواد النفطية في الشّركة السّورية لنقل النفط من بانياس إلى حمص"، كلية الهندسة التّقنية، جامعة طرطوس، 2018.

3. محمد، خلود، رسالة ماجستير، " أتمتة عملية توزين المواد الأولية المُستخدمة في تصنيع البيتون الجاهز لتحسين جودة المُنتج "، كلية الهندسة التقنية، جامعة طرطوس،2022.

4. William Bolton; "Programmable Logic Controllers, 6th Edition", 6th Edition, O'Reilly, 2018.

5. R. Vanitha, "Conveyors Monitoring, Control and Protection Using Programmable Logic Controller", International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), 2019.

6. B. Nanda, "Automatic Sorting Machine Using Delta PLC", International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering, 2014.

7. M. Kanimani, J. Nivedha and G. Sundar, "Belt Conveyor Monitoring and Fault Detecting Using PLC and SCADA", International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering (IJAREEIE), 2014.

8. Isife Joseph K and Sani Godwin, "Design And Simulation Of An Automated Poultry Feed Machine Using Process Controller", Global scientific journals, 2019.

9. M. Deshkar and D.Padhi, "PLC and HMI For Conveyor Monitoring And Fault Detection", International Journal of Advanced Research (IJAR), 2021.