مجلة جامعة الزيتونة الدولية للنشر العلمي
Zaytoonah University International Journal for Scientific Publishing
Issue N.35-Vol.2 / ISSN:2958-8537

العدد الخامس والثلاثون (35)، المجلد الثاني
تاريخ 31 – 6 – 2025
(من ص 207 إلى ص215)

# تحسين منظومة تسخين سائل بالشركة الليبية للحديد والصلب

# Enhancement of the Liquid Heating System at the Libyan Iron and Steel Company.

**علي عبدالحميد العبادي**
**Ali Abdelhamid Al-Abadi**
كلية العلوم التقنية – مصراتة

**رواد علي الهبهاب**
**Rawad Ali Al-Habhab**
كلية العلوم التقنية – مصراتة
Rawadalhabhab@gmail.com

**محمد سالم عنيبه**
**Mohamed Salem Aniba**
كلية العلوم التقنية – مصراتة

**الملخص**

يهدف هذا البحث إلى تحسين منظومة تسخين سائل في وحدة إدارة الدرّفلة المسطحة بالشركة الليبية للحديد والصلب، باستخدام مسخّنات بدلاً من البخار، ويتم التحكم فيها عن طريق المتحكم المنطقي القابل للبرمجة، والذي يعتمد على إشارات الدخل من المجسّات الحرارية، لِكي يتم التحكم في درجة حرارة السائل. وتم تصميم برنامج باستخدام لغة البرمجة (المخطط السلمي)، وتحميله في المتحكم المنطقي القابل للبرمجة من نوع ( Simatic S7) عن طريق الحاسوب، والذي من خلاله يتم مراقبة عمل منظومة التحكم. وبعد تشغيل المنظومة، تم تسخين السائل وحفظه بدرجة حرارة في المدى ما بين (60°C – 80°C)، وكانت عملية التسخين تتم خلال زمن يقارب 4 ساعات، مُقارنةً بمنظومة البخار التي كانت تستغرق ما يقارب 24 ساعة لتسخين نفس حجم السائل.

**الكلمات المفتاحية: منظومة التسخين – المتحكم المنطقي القابل للبرمجة – المجسات**

**Abstract**

The aim of this research is to improve the liquid heating system in the Flat Rolling Mill Management Unit at the Libyan Iron and Steel Company by using heaters instead of steam. The system is controlled by a programmable logic controller (PLC), which relies on input signals from thermal sensors to regulate the liquid temperature. A program was designed using the programming language (Ladder Logic) and uploaded to a (Simatic S7) PLC via a computer, which is used to monitor the control system's operation. After the system was activated, the liquid was heated and maintained at a temperature within the range of $(60℃ - 80℃)$. The heating process took approximately four hours, compared to the steam system, which required about 24 hours to heat the same volume of liquid.

**Keywords**: **Heating Systemm rogrammable Logic Controller**, **Sensors**

**المقدمة:**

لقد تطورت أنظمة التحكم الآلي المستخدمة في الصناعة بشكل كبير خلال العقود القليلة الماضية نتيجة للتقدم العلمي والتقني الهائل، مما أدى إلى الاستغناء عن أنظمة التحكم اليدوي. ويعتبر التحكم الآلي حالياً من أهم العلوم الهندسية التي تلعب دوراً كبيراً في التقدم العلمي والهندسي، حيث يُعدّ مجال الإلكترونيات الصناعية من أكثر الحقول نشاطاً من حيث سرعة التطور على مستوى التجهيزات والأداء والتكلفة الاقتصادية. وقد أصبحت تقنيات التحكم المستخدمة في هذه الأنظمة من أهم المواضيع التي تركزت عليها الدراسات والأبحاث العلمية في الآونة الأخيرة، مما ساهم في بناء آلات مؤتمتة ذات كفاءة إنتاجية عالية دون الحاجة إلى تدخل العامل، مما يزيد من سرعة وجودة الإنتاج ويقلل من تكلفة المنتج [1].

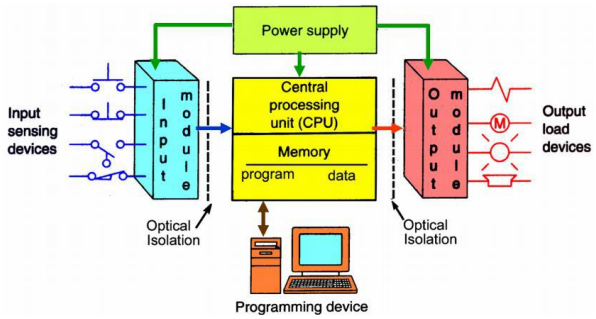
كانت بداية التحكم الآلي بطرق ميكانيكية، باستخدام محاور الكامات الدوّارة (Rotating Camshafts)، ثم تطوّر لاحقاً باستخدام أنظمة التحكم الصناعي (Industrial Control) المعتمدة على المرحلات الكهربائية (Relays)، والتي أصبحت قادرة على التحكم في عمليات التصنيع التتابعية (Sequential) بعد إدخال العدّادات والمؤقتات في أنظمتها. وتواصل هذا التطور حتى إدخال الحاسبات الإلكترونية بأشكالها المختلفة، مثل المتحكم المنطقي القابل للبرمجة (Programming Logic Controller, PLC). ويُعدّ الـ PLC من أهم الأساليب الحديثة للتحكم الآلي في العمليات الصناعية، لما يتميز به من دقّة عالية في الأداء، وقدرته على السيطرة على أكثر من عملية في الوقت نفسه [1]. ويُعرف جهاز الـ PLC بأنه جهاز إلكتروني يُبرمج بطرق محددة من خلال برامج تُصمَّم على الحاسوب، ليقوم بتنفيذ آلاف العمليات الخاصة بالتحكم بشكل أوتوماتيكي [2].

في وحدة إدارة الدرفلة المسطحة بالشركة الليبية للحديد والصلب، توجد منظومة قديمة ومستهلكة لتسخين السائل، تعتمد على البخار المنتج من مصنع الأكسجين والهواء المضغوط التابع للشركة. وتعاني هذه المنظومة من كفاءة منخفضة نتيجة لصعوبة صيانتها، مما يؤدي إلى توقف الإنتاج لفترات زمنية. وقد تم تصميم منظومة تحكّم لتشغيل مُسخّن (Heater) من أجل الحفاظ على درجة حرارة سائل، باستخدام المتحكّم المنطقي القابل للبرمجة (PLC)، الذي يعتمد على إشارات الدخل من المجسّات الحرارية لضبط درجة حرارة السائل.

**التحكم المنطقي القابل للبرمجة (Programming Logic Controller, PLC):**

هو جهاز إلكتروني تتكوّن بنيته من معالج دقيق (Microprocessor)، يُستخدم في أنظمة التحكّم الصناعي، ويتميّز بسهولة التركيب والبرمجة، بالإضافة إلى مقاومته للظروف البيئية المحيطة مثل: (الأبخرة، الحرارة، الاهتزاز، والتشويش الخارجي، ...). ويتم التحكّم في جهاز الـ PLC باستخدام الحاسوب، حيث يستقبل إشارات الدخل بالنظام الثنائي (Binary System)، ويقوم الحاسوب بتنفيذ البرنامج المخزّن في ذاكرته من خلال وحدة المعالجة المركزية (CPU)، للحصول على إشارات الخرج المطلوبة لنظام التحكّم [2].

تتكوّن وحدة الـ PLC من خمس مكونات رئيسية، وهي: وحدة الإدخال (Input Module)، وحدة الإخراج (Output Module)، وحدة المعالجة المركزية (Central Processing Unit, CPU)، وحدة مصدر القدرة (Power Supply Unit)، وجهاز البرمجة (Programming Device). ويُبيّن الشكل 1. مكونات نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC) [3].




**الشكل 1. مكونات نظام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC).**

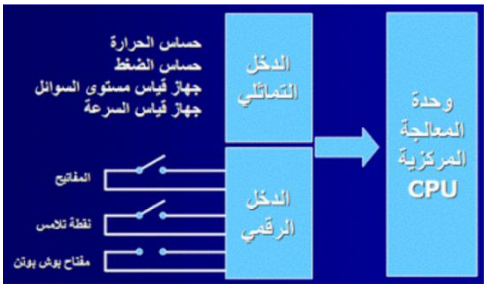
يتم توصيل وحدة الإدخال بمجموعة من العناصر الفيزيائية، مثل: (المفاتيح الكهربائية بأنواعها، نقاط التلامس، والحساسات المختلفة). وتقوم وحدة الإدخال باستقبال الإشارات التماثلية والرقمية الصادرة عن هذه العناصر، وتحويلها إلى إشارات منطقية يمكن لوحدة المعالجة المركزية (CPU) التعامل معها [3]. وتتكوّن وحدة CPU من معالج دقيق يحتوي على ذاكرة النظام ومركز اتخاذ القرار. وتعمل هذه الوحدة على استقبال ومعالجة الإشارات المنطقية المرسلة من وحدة الإدخال، ثم اتخاذ القرارات المناسبة وفقاً للتعليمات المخزّنة في ذاكرة البرنامج، لإصدار أوامر التحكّم إلى وحدة الإخراج. ومن أبرز العمليات التي تقوم بها وحدة الـ CPU: (العدّ، التوقيت، المقارنات، والعمليات الحسابية المتسلسلة، ...). بعد ذلك، تقوم وحدة الإخراج باستقبال تعليمات التحكّم المنطقية المرسلة

من وحدة الـ CPU، وتحويلها إلى إشارات رقمية أو تماثلية يمكن استخدامها للتحكّم في مجموعة من الأجهزة (مثل المشغّلات). أما وحدة مصدر القدرة، فيتم تغذيتها بجهد متردد V(220/110)، وتعمل على تنظيم وتقنين هذا الجهد ليتناسب مع متطلبات الجهد اللازم لتشغيل المنظومة، مثل: VDC(5, 15, 24). ومن خلال جهاز البرمجة، يتم كتابة البرنامج الخاص بالمنظومة وتحميله إلى وحدة الـ PLC [4][5].

**أنواع المداخل والمخارج لوحدة الـ PLC:**

**المداخل الرقمية (Digital Inputs):**

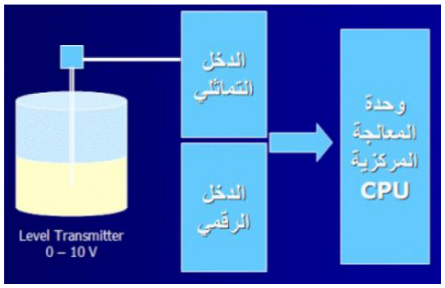
تتعامل المداخل الرقمية مع الإشارات الصادرة من المجسّات (الحساسات) التي تكون إما في حالة تشغيل (ON) أو إيقاف (OFF). ومن أمثلة هذه العناصر: مفاتيح ضغط الزر (Pushbuttons Switches)، المفاتيح الحدّية (Limit Switches)، الملامسات المفتوحة عادةً (Normally Open Contacts)، والملامسات المغلقة عادةً (Normally Closed Contacts) [4][6].




**الشكل 2. المداخل الرقمية.**

**المداخل التماثلية (Analog Inputs):**

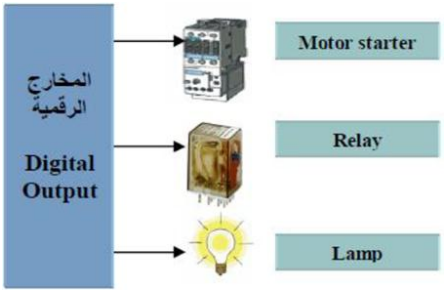
تتعامل المداخل التماثلية مع المجسّات التي تقيس القيم المتغيرة، مثل: (مجسّات قياس درجة الحرارة، مستوى السوائل، والسرعة)، وذلك بعد تحويل الحالة الفيزيائية للقيمة المقاسة إلى إشارة كهربائية متغيرة، مثل: (من 0 إلى 20mA، أو من 4 إلى 20mA، أو من 0 إلى 10V) [4][6].




**الشكل 3. المداخل التماثلية.**

**المخارج الرقمية (Digital Outputs):**

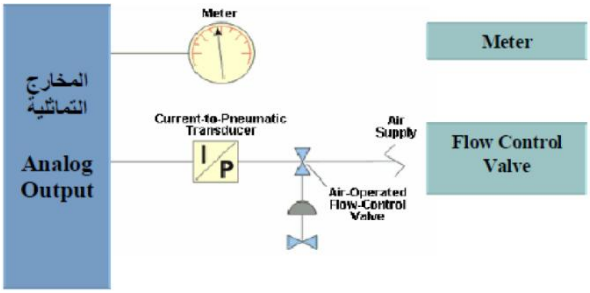
هي المخارج التي تكون حالة إشارتها إما (ON) أو (OFF). ومن أهم أمثلة المشغّلات التي تتصل بالمخارج الرقمية لوحدة الـ PLC: (المصابيح، ملفات المرحلات، القواطع الكهربائية، والصمامات) [4][6].




**الشكل 4. المخارج الرقمية.**

**المخارج التماثلية (Analog Outputs):**

يتم فيها تحويل الإشارة المنطقية المرسلة من وحدة المعالجة المركزية إلى إشارة تماثلية، مثل: (من 0 إلى 20mA، أو من 4 إلى 20mA، أو من 0 إلى 10V). ثم تُرسل الإشارة التماثلية إلى الأجهزة التي يتم التحكم بها والتي تتعامل مع هذا النوع من الإشارات، مثل: (مقياس السرعة، درجة الحرارة، الوزن، وصمامات التحكم في التدفق)، والتي تتصل بالمخارج التماثلية لوحدة الـ PLC [4][6].




**الشكل 5. المخارج التماثلية.**

**نظرية العمل والنتائج:**

يوجد العديد من أنظمة التسخين الكهربائية المستخدمة في المجالات الصناعية والتجارية والسكنية. وفي هذه الورقة، تم استخدام طريقة التسخين بواسطة المسخنات الكهربائية التي تعتمد على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية. حيث يتم التحكم في عملية التسخين والحفاظ على درجة حرارة السائل بواسطة المتحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC)، إما عن طريق التحكم اليدوي أو التحكم الآلي (Auto Control).

**التحكم الآلي:**

**حالة التشغيل:**

يتم وضع المفتاح المتعدد الاختيار ($S_1$) على الوضع الآلي (Auto)، بحيث يصبح المنفذ (I0.4) في لوحة الإدخال قيمته (1). يتم ضبط منظم الحرارة (مجس قياس درجة الحرارة) ($H_1$) الخاص بأقل درجة حرارة (Min) على درجة الحرارة المطلوبة وهي 60°C، مما يؤدي إلى أن يصبح المنفذ (I0.0) صفراً (0). كما يتم ضبط منظم الحرارة الثاني ($H_2$) الخاص بأعلى درجة حرارة (Max) على درجة الحرارة المطلوبة وهي 80°C، مما يؤدي إلى أن يصبح المنفذ (I0.1) صفراً (0). عند هذه النقطة، يُصدر جهاز الـ PLC أمراً للمنفذ (Q0.0) في لوحة

الإخراج لإصدار إشارة كهربائية قدرها 24V، تعمل على تشغيل المرحل، والذي بدوره يقوم بتشغيل القاطع المغناطيسي. هذا القاطع يمرر التيار الكهرباء إلى القاطع الحراري ومنه إلى المسخن لبدء عملية التسخين.

حالة الإطفاء (الفصل):

تحدث حالة الفصل عندما تصل درجة حرارة السائل إلى 80°C، حيث يرسل حساس منظم الحرارة الثاني ($H_2$) إشارة إلى المنفذ (I0.1) في لوحة الادخال، فتُصبح قيمته (1). يتعرف جهاز الـــ PLC على هذه الإشارة باعتبارها تمثل أعلى درجة حرارة، فيصدر أمراً إلى المنفذ (Q0.0) في لوحة الإخراج لفصل الإشارة الكهربائية، مما يؤدي إلى انخفاضها إلى 0V، وهو ما يؤدي إلى فصل المرحّل، الذي بدوره يفصل القاطع المغناطيسي لإيقاف تشغيل المسخّن.

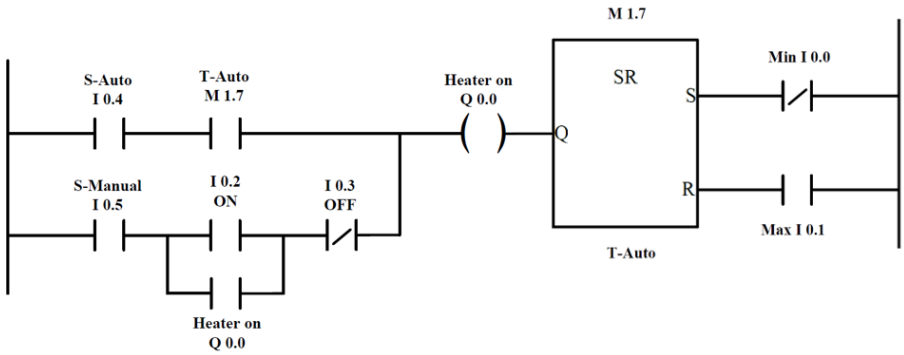
**التحكم اليدوي:**

**حالة التشغيل:**

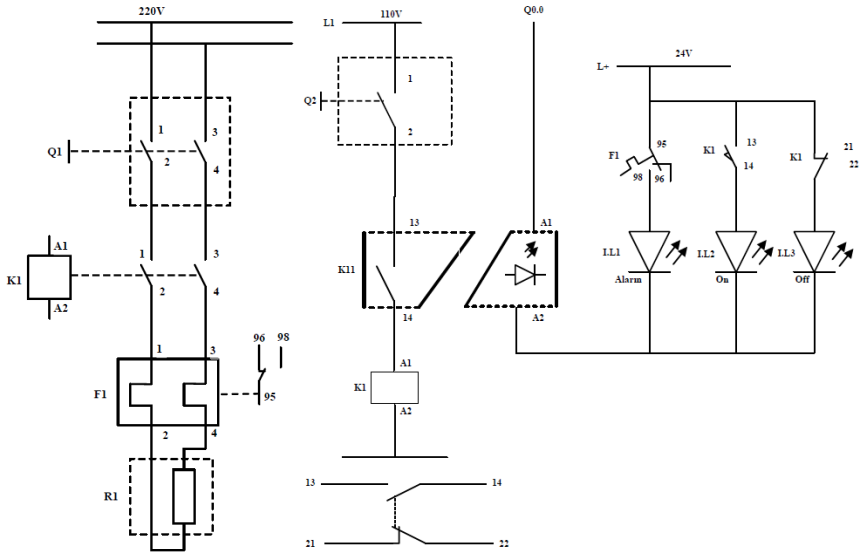
يُضبط المفتاح متعدد الاختيار ($S_1$) على الوضع اليدوي (Manual)، مما يجعل قيمة المنفذ (I0.5) في لوحة الإدخال تساوي (1). بعد ذلك، يتم تشغيل ضاغط التشغيل ($P_1$)، فيتحول المنفذ (I0.2) إلى القيمة (1). عندها يصدر جهاز الـــ PLC أمراً إلى المنفذ (Q0.0) في لوحة الإخراج لإرسال إشارة كهربائية بجهد 24V، تعمل على تشغيل المرحّل، الذي بدوره يُشغّل القاطع المغناطيسي. يسمح هذا القاطع بمرور التيار الكهربائي إلى القاطع الحراري، ومن ثم إلى المسخّن ليبدأ بعملية التسخين.

**حالة الإطفاء (الفصل):**

يتم فصل عمل المنظومة عند الضغط على زر الإيقاف ($P_2$)، حيث تصبح قيمة المنفذ (I0.3) في لوحة الادخال تساوي (1)، بينما تصبح قيمة المنفذ (I0.2) تساوي (0). عندها، يُصدر جهاز الـــ PLC أمراً إلى المنفذ (Q0.0) في لوحة الإخراج بقطع الإشارة الكهربائية، مما يؤدي إلى انخفاض الجهد إلى 0V. يؤدي ذلك إلى فصل المرحّل، والذي يقوم بدوره بفصل القاطع المغناطيسي لإيقاف تشغيل المسخّن.




**الشكل 6. المخطط السلمي لمنظومة تسخين السائل المقترحة.**

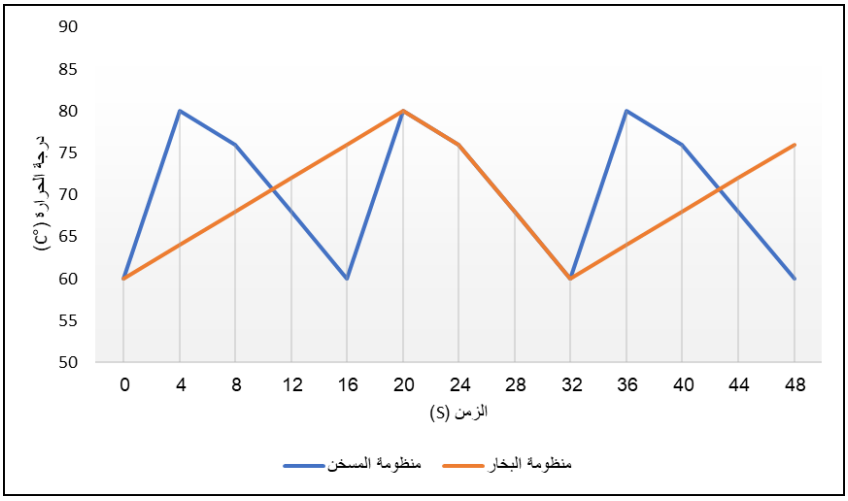



**الشكل 7. مخطط دائرتي التحكم والقدرة لمنظومة تسخين السائل المقترحة.**

الجدول 1. يُبيّن النتائج العملية المتحصَّل عليها من عملية التسخين باستخدام المسخن الكهربائي عن طريق المتحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC). أما الشكل 8. فيوضّح مخططاً يبيّن نقاط التشغيل والإيقاف لكل من منظومة البخار والمنظومة المقترحة خلال فترة زمنية مدتها 48 ساعة. يُلاحظ من خلال المخطط أن المنظومة المقترحة تستغرق 4 ساعات في التسخين، بينما تستغرق منظومة البخار 20 ساعة. كما أن ساعات عمل منظومة البخار تصل إلى 36 ساعة، في حين تعمل المنظومة المقترحة لمدة 12 ساعة فقط. فيما يتعلق بمتوسط درجات الحرارة، فقد بلغ في منظومة البخار 69.54°C، بينما كان في المنظومة المقترحة 70.15°C . كما يُلاحظ من المخطط أن المنظومة المقترحة عملت مرتين خلال أول 20 ساعة، بينما عملت منظومة البخار مرة واحدة فقط طوال الفترة الزمنية.

**الجدول 1. نتائج منظومة تسخين السائل المقترحة.**

| Temperature | Set Point | Actual Value | State PLC |
|---|---|---|---|
| Min | **60**°C | **60**°C | Run (ON) |
| Max | **80**°C | **80**°C | Stop (OFF) |




**الشكل 8. مخطط يوضّح نقاط التشغيل والإيقاف لكل من منظومة البخار والمنظومة المقترحة.**

**الاستنتاجات:**

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن استخدام المتحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC) في عملية التحكم في تسخين السائل بوحدة إدارة الدرفلة المسطحة بالشركة الليبية للحديد والصلب، يُساهم بشكل ملحوظ في تحسين الكفاءة مُقارنةً بالنظام التقليدي المعتمد على البخار. فقد تمكّن النظام المقترح من تقليص زمن التسخين إلى 4 ساعات فقط، مُقارنةً بـ 20 ساعة في النظام التقليدي. كما كانت ساعات عمل النظام المقترح أقل (12 ساعة) مُقارنةً بـ 36 ساعة للنظام التقليدي. أما من حيث درجة الحرارة، فقد بلغ متوسطها في النظام المقترح 70.15°C، وهو أعلى قليلاً من المتوسط في النظام التقليدي الذي بلغ 69.54°C، مما يعكس قدرة جهاز الـ PLC على تحقيق تحكم دقيق ومرونة عالية في العمليات الصناعية.

علاوةً على ذلك، يتميز النظام المقترح بتقليل الحاجة إلى التدخل البشري، مما يزيد من موثوقية النظام واستقراره. ويُساهم ذلك في تعزيز فعالية الإنتاج، والحد من تكاليف التشغيل والصيانة على المدى الطويل. وبناءً عليه، يُمكن التأكيد على أن تطبيق تكنولوجيا الـــ PLC في الصناعة الحديثة يُعد خطوة استراتيجية نحو تحسين الأداء وزيادة الكفاءة في عمليات التسخين.

**المراجع:**

محمد حسن، (2010). التحكم الصناعي باستخدام المتحكمات المنطقية المبرمجة (PLC). القاهرة، مصر: دار الفجر للنشر والتوزيع.

Namekar, S. A., & Yadav, R. (2017, August). Programmable Logic Controller (PLC) and its applications. International Journal of Innovative Research in Technology (IJIRT), 4(3), 372-376.

Ghildiyal, S., Bhimani, K., & Manimozhi, M. (2018, January). Design to Convert a Wired PLC into Wireless PLC. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology (IJRASET), 6(1), 1591-1597.

Bolton, W. (2015). Programmable Logic Controllers (6th ed.). Oxford, UK: Newnes (Elsevier).

Hudedmani, M. G., Umayal, R. M., Kabberalli, S. K., & Hittalamani, R. (2017, July). Programmable Logic Controller (PLC) in Automation. Advanced Journal of Graduate Research, 2(1), 37-45.

Petruzella, F. D. (2017). Programmable Logic Controllers (5th ed.). New York, NY: McGraw-Hill Educatio