عادل جلال سعيد

مهندس كهربائي
رقم الهوية (7090) فرع السليمانية

رقم الهاتف 0770-080-8264

بحث حول نظام التحكم الموزع
Distributed Control System (DCS)

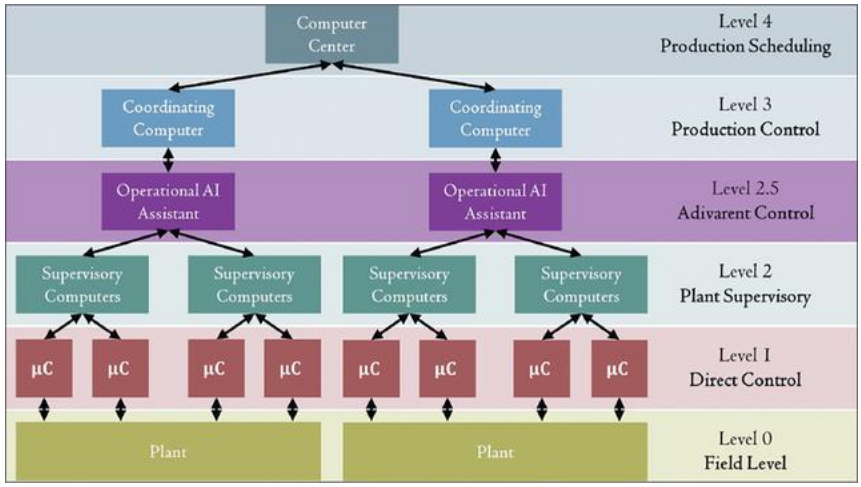
بحث حول نظام التحكم الموزع(DCS)

ما هو نظامDCS ؟

يُعد جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة **(PLC)** أحد المكونات الأساسية للتحكم في العمليات الصناعية. ونظرًا لأن كلاً من **PLC** ونظام التحكم الموزع **(DCS)** يُستخدمان في التحكم في العمليات الإنتاجية المعقدة، فإن الناس يستخدمون المصطلحين بالتبادل أحيانًا. وعلى الرغم من ارتباطهما، إلا أن تطبيقاتهما تختلف بشكل ملحوظ.

الـ **PLC** هو جهاز حاسوب صناعي يُستخدم للتحكم في عملية واحدة أو بضع عمليات إنتاجية. يُستخدم لأداء مهام مثل التحكم في معدل تدفق الهواء في أنظمة التكييف، أو الحفاظ على مستويات السوائل في خزانات متعددة، وغيرها من المهام المرتبطة بتنظيم العمليات الصناعية. تاريخيًا، لم يكن بإمكان الـ **PLC** التحكم في المصنع بأكمله، وهذه المهمة هي ما تم تطوير الـ **DCS** من أجله.

نظام **DCS** لا يتحكم في عملية واحدة فقط، بل يُشرف ويُنسق بين مجموعة من وحدات التحكم الموزعة في المصنع. وتكمن قوة نظام **DCS** في قدرته على تنسيق العمليات في جميع أنحاء المصنع، مما يجعله أداة أساسية لتحسين الكفاءة.



كما يوحي الاسم، فإن نظام **DCS** يتكون من مجموعة من أجهزة الاستشعار، ووحدات التحكم، وأجهزة الحاسوب المرتبطة بها موزعة في جميع أنحاء المصنع.

كل عنصر من هذه العناصر يؤدي وظيفة فريدة مثل جمع البيانات، التحكم في العمليات، وتخزين البيانات، وعرض الرسوم البيانية. تتواصل هذه العناصر مع حاسوب مركزي من خلال شبكة محلية - وتُعرف بشبكة التحكم.

يعمل الـ **DCS** كـ "العقل المركزي" للمصنع ويتخذ قرارات آلية بناءً على اتجاهات الإنتاج التي يراها في الوقت الفعلي. كمثال: في محطة طاقة، قد يزيد نظام **DCS** تلقائيًا من طاقة التوربينات لتلبية الطلب المتزايد على الكهرباء في الأيام الحارة، ثم يقللها ليلاً عندما تنخفض درجات الحرارة ويقل الطلب. بينما يمكن لـ **PLC** ضبط وحدة تشغيل واحدة، يمكن لـ **DCS** ضبط جميع العمليات المتفاعلة في المصنع.

كيف يُستخدم نظامDCS ؟

يُستخدم **DCS** على نطاق واسع في الصناعات التي تعتمد على التحكم في العمليات المعقدة، وخصوصًا في المصانع الكبيرة مثل مصانع البتروكيماويات. يُتيح **DCS** تنسيق التعديلات على مستوى المصنع باستخدام شبكة مركزية من الحواسيب. ويمكن تكوينه لتحسين السلامة وكفاءة الإنتاج.

ما الذي يجعل نظام التحكم الموزع (DCS) مهمًا جدًا؟

تكمن أهمية نظام التحكم الموزع **(DCS)** في قدرته على التحكم الفعّال والمنسق في العمليات الصناعية المعقدة، خاصة تلك التي تتضمن عددًا هائلًا من حلقات التحكم، وتحتاج إلى إشراف مستمر وقرارات فورية تعتمد على بيانات لحظية.

لنفهم هذه الأهمية بشكل عملي، دعونا نُجري مقارنة بين نوعين من المنشآت:

1. محطة معالجة مياه صرف صغيرة:

في هذه الحالة، تحتوي المحطة على نحو **12**حلقة تحكم فقط، أي 12 متغيرًا يتم قياسها والتحكم بها – مثل مستويات المياه، ومعدلات التدفق، ودرجات الحرارة.

هذه الحلقات القليلة يمكن إدارتها يدويًا أو عبر نظام بسيط من نوع**PLC** ، حيث يمكن لمهندسي الموقع مراقبتها بشكل مباشر واتخاذ قرارات سريعة دون الحاجة إلى بنية معقدة.

ففي هذه البيئات، التداخل بين الحلقات قليل، والأخطار الناتجة عن الإخفاق في التحكم ليست حرجة جدًا، كما أن العمليات غالبًا متكررة وبسيطة.

2. مصفاة نفط ضخمة أو منشأة صناعية كبيرة:

في المقابل، تحتوي المصفاة على ما يقارب **10,000**حلقة تحكم متداخلة ومترابطة. هذه الحلقات تمثل كل جزء من العملية الصناعية بدءًا من التكرير، التقطير، الضخ، التبريد، التسخين، المزج، التخزين، وصولًا إلى التوزيع.

في هذه الحالة، لا يمكن الاعتماد على أنظمة **PLC** منفردة أو حتى المراقبة البشرية فقط .بدون وجود**DCS** ، يصبح تنسيق هذه العمليات وإدارتها بشكل متزامن مهمة شبه مستحيلة، خاصة أن كل جزء في المصفاة قد يؤثر على أجزاء أخرى، مما يعني أن أي خطأ أو تأخير في المعالجة أو الاستجابة قد يؤدي إلى عواقب وخيمة مثل الانفجارات أو فقدان الإنتاج أو تلف المعدات.

ما هو نظام التحكم الموزع(DCS) ؟

نظام التحكم الموزع (Distributed Control System - DCS)هو **نظام تحكم آلي مُصمَّم خصيصًا** لإدارة العمليات الصناعية الكبيرة والمعقدة. يتميز هذا النظام بوجود **عناصر تحكم موزعة جغرافيًا** عبر أنحاء المصنع أو منطقة التحكم، بحيث لا تتركز المهام في وحدة تحكم واحدة كما هو الحال في أنظمة التحكم المركزية التقليدية.

الفرق بين DCS ونظام التحكم المركزي:

في نظام التحكم المركزي، تتم كل عمليات التحكم من خلال وحدة واحدة رئيسية تقع في موقع مركزي، حيث تدير هذه الوحدة كافة المهام. أما في نظامDCS ، يتم **توزيع المهام** على وحدات تحكم منفصلة، بحيث تكون كل وحدة مسؤولة عن **آلة محددة** أو **مجموعة من الآلات أو العمليات** .هذه الوحدات تتصل فيما بينها عن طريق شبكة اتصالات عالية السرعة، مما يضمن استقرار العمليات وتنسيقها الفعّال.

المكونات والوظائف الأساسية لنظامDCS

يتكون DCS من عدد كبير من وحدات التحكم المحلية(Local Controllers) ، تُوزَّع على أقسام مختلفة من المصنع، كل واحدة قريبة من موقع تنفيذ وظيفتها سواء كانت جمع بيانات أو تنفيذ أوامر التحكم.
هذه الوحدات عادة ما تكون معالجات دقيقة (Microprocessor-Based Controllers) تتمركز بالقرب من نقاط التشغيل أو المعدات الفعلية (مثل المضخات، الصمامات، المحركات، إلخ)، حيث تُجري عمليات جمع البيانات والتحكم في الزمن الحقيقي.

يستطيع كل جهاز تحكم في DCS أن يتواصل:

- مع أجهزة تحكم أخرى في نفس الطبقة أو الطبقات الأعلى منه.
- مع محطات الإشراف.(Supervisory Terminals)
- مع محطات التشغيل.(Operator Stations)
- مع أجهزة تسجيل البيانات التاريخية.(Historians)

يتم ربط وحدات التحكم المختلفة بأجهزة الحقل (Field Devices) مثل المجسات (Sensors) والمشغلات (Actuators)عبر بروتوكولات اتصال صناعية تُعرف بـ "الحافلات الحقلية (Field Buses) "مثل:

- **Profibus**
- **Modbus**
- **HART**
- **ARCNET**

لماذا يُعتبر DCS الحل الأمثل للمصانع الكبرى؟

نظام DCS مثالي للمنشآت الصناعية واسعة النطاق، مثل:

- **محطات الطاقة**
- **المصافي**
- **المصانع الكيميائية**
- **منشآت المعالجة المستمرة**

إذ تُدار هذه المنشآت عادة من خلال آلاف حلقات التحكم المستمرة (Continuous Control Loops) التي يجب مراقبتها والتحكم فيها بشكل دائم.
واحدة من أهم مميزات DCS هي أنه:
حتى في حالة فشل جزء من النظام، فإن باقي أجزاء المصنع يمكن أن تستمر في العمل دون توقف، بفضل الطبيعة الموزعة للنظام.

السمات الرئيسية الثلاث لنظامDCS

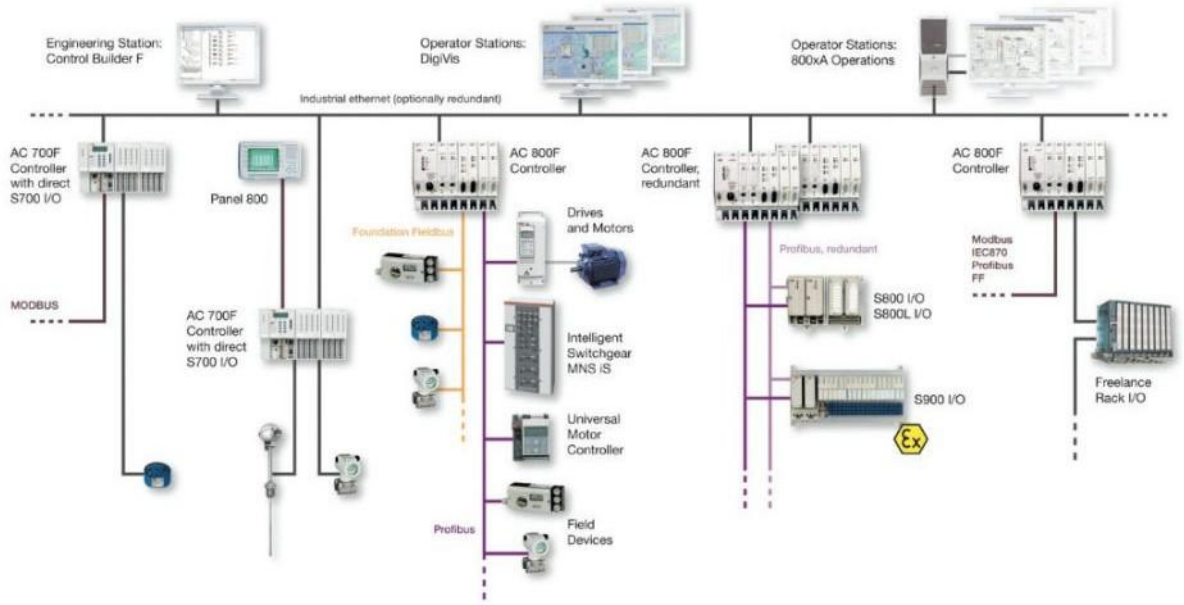
1. **التوزيع:(Distribution)**
   يتم تقسيم المهام والوظائف على عدد من الأنظمة الفرعية شبه المستقلة (Semi-autonomous Subsystems)، يتم ربطها جميعًا بشبكة اتصالات سريعة. من أهم هذه المهام:
   - جمع البيانات من الحقل.
   - عرض البيانات للمشغلين.
   - التحكم في العمليات.
   - الإشراف على النظام.
   - إعداد التقارير.
   - تخزين واسترجاع المعلومات.

2. **الأتمتة:(Automation)**
   يدمج DCS استراتيجيات تحكم متقدمة لتوفير تشغيل تلقائي متكامل للعمليات الصناعية، مما يقلل الحاجة للتدخل البشري، ويحسن الجودة ويقلل التكاليف والأخطاء.
3. **هيكلة النظام:(System Organization)**
   لا يُنظَر إلى وحدات التحكم كوحدات منفصلة، بل يتم تنظيمها ضمن هيكل تحكم موحّد، حيث يتم دمج جميع الأنظمة الفرعية من خلال آليات توجيه وتحكم وتدفق معلومات دقيقة.

مكونات بنيةDCS

الهيكل العام لأي نظام DCS غالبًا ما يتضمن:

- **محطة هندسية:(Engineering Workstation)**
تُستخدم لبرمجة وتكوين النظام، وضبط إعدادات التحكم والمعالجة.
- **محطة التشغيل أو واجهة المستخدم:(Operating Station / HMI)**
واجهة تفاعلية يستخدمها المشغلون لمتابعة العمليات وتعديل الإعدادات حسب الحاجة.
- **وحدة التحكم المحلية أو وحدة المعالجة:(Local Control Unit / Process Control Unit)**
مسؤولة عن التحكم المباشر في العمليات من خلال معالجة الإشارات من أجهزة الحقل وتنفيذ أوامر التحكم.
- **أجهزة ذكية:(Smart Field Devices)**
مثل الحساسات الذكية والمشغلات القابلة للبرمجة.
- **نظام الاتصالات:(Communication Network)**
يربط جميع هذه المكونات معًا، ويعتمد على بروتوكولات صناعية عالية الاعتمادية.



محطة العمل الهندسية:(Engineering Workstation)

تُعد محطة العمل الهندسية وحدة التحكم الإشرافية العليا في نظام التحكم الموزع(DCS) ، وهي المسؤولة عن الإشراف العام على جميع مكونات النظام. قد تكون هذه المحطة عبارة عن جهاز حاسوب شخصي (PC) أو أي نوع آخر من الحواسيب، ولكن يشترط أن تحتوي على برنامج هندسي متخصص يُستخدم في برمجة ومراقبة مكونات النظام. على سبيل المثال، في نظام التحكم الموزع من نوعABB Freelance ، تُعرف محطة العمل الهندسية باسم "Control Builder F Engineering Station".

توفر هذه المحطة مجموعة أدوات قوية للتكوين(Configuration Tools) ، تمكّن المهندس أو المستخدم المختص من تنفيذ مجموعة واسعة من المهام الهندسية الحيوية، والتي تشمل ما يلي:

- **إنشاء حلقات التحكم :(Control Loops)** سواء كانت حلقات تحكم مغلقة أو مفتوحة، يمكن إنشاء حلقات جديدة وربطها بالوحدات المحلية في المصنع حسب الحاجة التشغيلية.
- **إعداد نقاط الإدخال والإخراج :(I/O Points)** مثل الحساسات والمشغلات، بما يشمل أنواعها التناظرية (Analog) والرقمية(Digital) ، وتحديد خصائص كل نقطة.
- **تعديل المنطق البرمجي :**سواء المنطق التسلسلي (Sequential Control Logic) أو المستمر (Continuous Control Logic)، ويمكن استخدام لغات برمجة قياسية مثل لغة الرسوم البيانية (Function Block Diagram)أو لغة السلم.(Ladder Logic)
- **تهيئة الأجهزة الموزعة :**مثل وحدات التحكم المحلية أو الأجهزة الذكية في الميدان (Smart Field Devices)، وذلك لضمان تكاملها مع النظام وربطها بالشبكة الداخلية.
- **إعداد الوثائق الفنية :**لكل جهاز إدخال أو إخراج، بما يشمل الخصائص التشغيلية، متطلبات الصيانة، ورسوم الربط والتوصيل، لتسهيل أعمال التشغيل والصيانة المستقبلية.

وباختصار، تعتبر محطة العمل الهندسية هي القلب التقني لنظامDCS ، حيث تتيح للمستخدم بناء النظام، تخصيصه، ومراقبته بكفاءة عالية.

الوظائف الرئيسية لمحطة التشغيل أو:HMI

1. **مراقبة معلمات العمليات:**

يقوم المشغل بمراقبة المعلمات التشغيلية في المصنع مثل درجة الحرارة، الضغط، تدفق السوائل، ومستوى الخزان، وغيرها من القيم المهمة. وتتيح واجهة **HMI** عرض هذه المعلمات بشكل مرئي على الشاشة بطريقة سهلة الفهم.

2. **إجراء التحكم اليدوي:**

بالإضافة إلى المراقبة، توفر محطة التشغيل القدرة على اتخاذ الإجراءات اللازمة من قبل المشغل لتعديل معلمات العملية في الوقت الفعلي. على سبيل المثال، يمكن للمشغل تعديل سرعة المضخات أو ضبط درجة حرارة الأفران إذا لزم الأمر.

3. **التحكم في المعلمات:**

يمكن لمحطة التشغيل التحكم في الأنظمة المختلفة مثل فتح/غلق الصمامات أو تشغيل/إيقاف المعدات. يتيح ذلك للمشغل التفاعل مع النظام بشكل مباشر لضمان سير العمليات بشكل صحيح.

4. **التحذيرات والتنبيهات:**

في حال حدوث خلل أو تجاوز للقيم المحددة (مثل زيادة درجة الحرارة عن الحد الأقصى)، تظهر التنبيهات على شاشة**HMI** ، مما يسمح للمشغل بالتدخل الفوري قبل حدوث أي تلف أو ضرر.

5. **عرض البيانات في الوقت الفعلي:**

توفر محطة التشغيل واجهة مرئية للمشغل تعرض البيانات في الوقت الفعلي مما يسهل فهم الوضع الحالي

للعمليات في المصنع. مثلًا، يمكن عرض رسومات بيانية أو مؤشرات توضح الاتجاهات والتغيرات في العمليات.

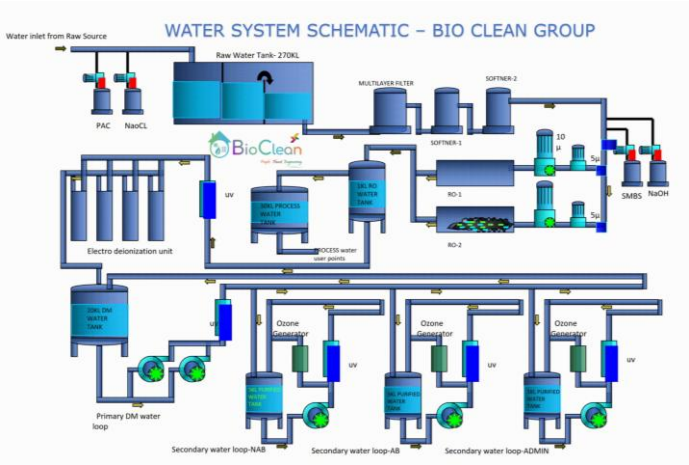
6. التفاعل مع أنظمة أخرى:

غالبًا ما تتفاعل محطة **HMI** مع العديد من الأنظمة الأخرى في المصنع مثل أنظمة التوزيع التلقائي للطاقة، نظم التحكم البيئي، وغيرها من الأنظمة المترابطة. كما يمكن لها أن تتواصل مع الأنظمة الأخرى مثل محطات العمل الهندسية أو أنظمة التحكم العليا.**(SCADA)**

مثال تطبيقي:

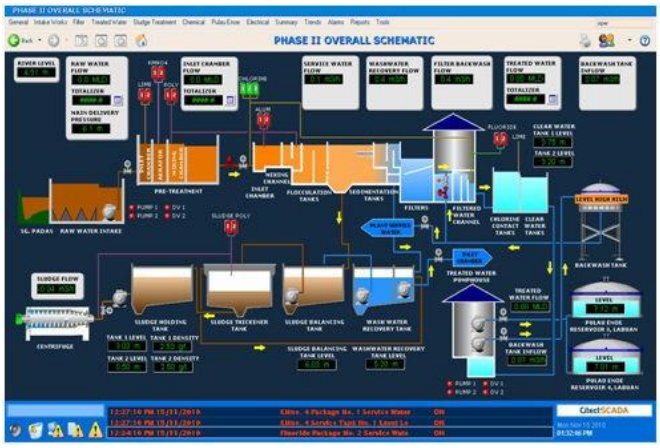
في حالة نظام **DCS** من**ABB** ، يستخدم المشغل أداة **DigiVis** التي تعتبر أداة مرنة وسهلة الاستخدام، يمكن تشغيلها على بيئة حاسوبية بسيطة لتوفير واجهة تفاعلية سهلة بين المشغل والنظام. يمكن للمشغل من خلالها عرض معلمات العملية، تحليل البيانات، وتنفيذ الإجراءات اللازمة وفقًا لذلك.

وباختصار، تعد محطة التشغيل أو **HMI** واجهة حيوية في نظام**DCS** ، حيث تمكن المشغلين من التحكم الكامل في العمليات، والتفاعل مع النظام بسهولة، واتخاذ القرارات بشكل سريع وفعال بناءً على البيانات الميدانية الفورية.



يمكن أن تكون محطات التشغيل وحدة واحدة أو وحدات متعددة، حيث تؤدي الوحدة الواحدة وظائف مثل عرض قيم المعلمات، عرض الاتجاهات، التنبيهات، وغيرها. بينما تؤدي الوحدات المتعددة أو أجهزة الحاسوب

وظائف فردية مثل عرض بعض أجهزة الحاسوب للمعلمات، وبعضها لعرض الاتجاهات الأرشيفية، وبعضها لتسجيل البيانات وجمعها، وهكذا.



وحدة التحكم في العمليات لنظامDCS

تُسمى أيضًا وحدة التحكم المحلية، وحدة التوزيع، أو محطة العمليات. يمكن أن يتكون نظام التحكم الموزع من محطة واحدة أو أكثر من محطات العمليات التي يمكن توسيعها بأنواع مختلفة من وحدات الإدخال/الإخراج **.(I/O)**تتكون هذه الوحدات من وحدة معالج مركزي قوية**(CPU)** ، ووحدة حافلة ميدانية أو وحدة اتصال تتمتع بقدرة موسعة على الاتصال بالحافلة الميدانية، سواء عبر المدخلات/المخرجات المتصلة مباشرة أو عن بُعد.

الأجهزة الميدانية مثل أجهزة الاستشعار والمحركات متصلة بوحدات الإدخال/الإخراج لهذه الوحدة. بعض الأجهزة الميدانية يمكن أن تتصل مباشرة بحافلة ميدانية) مثل **Profibus)** دون الحاجة إلى وحدة إدخال/إخراج، وهذا ما يُعرف بالأجهزة الميدانية الذكية**.(Smart Field Devices)**

هذه الأجهزة الميدانية الذكية تعمل على تبسيط العمليات، حيث يتم جمع البيانات وإرسالها بشكل مباشر إلى وحدة التحكم دون الحاجة إلى تدخل إضافي من الوحدات الأخرى. كما أن وحدة التحكم في العمليات مسؤولة عن تحليل البيانات المستلمة من هذه الأجهزة الميدانية وتطبيق منطق التحكم عليها للتحكم في عمليات الإنتاج.

تقوم هذه الوحدات باكتساب المعلومات من مستشعرات مختلفة عبر وحدة الإدخال، ثم تقوم بتحليلها ومعالجتها بناءً على منطق التحكم المُنفذ، ثم ترسل إشارات الإخراج عبر وحدات الإخراج للتحكم في المحركات والمرحلات.

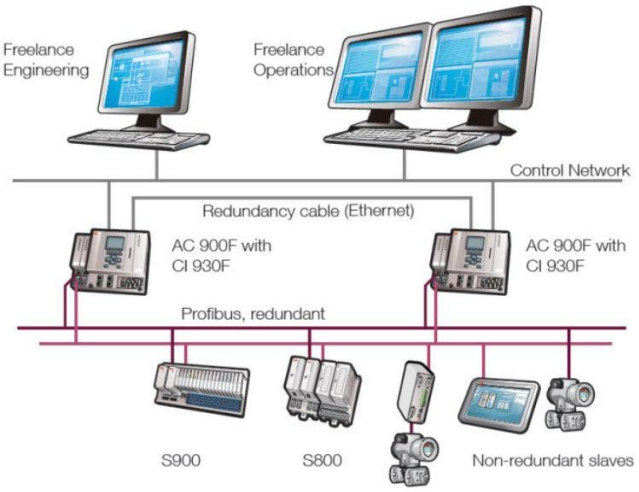
عملية جمع البيانات من المستشعرات تشمل مراقبة المتغيرات مثل الضغط، درجة الحرارة، المستوى، وغيرها من العوامل الهامة التي تؤثر في سير العمليات. بعد ذلك، يتم معالجة هذه البيانات وفقاً للمنطق المبرمج في النظام، والذي يحدد كيفية اتخاذ الإجراءات المناسبة بناءً على القيم المدخلة.

الإشارات التي يتم إرسالها عبر وحدات الإخراج تُستخدم للتحكم في الأجهزة التنفيذية مثل المحركات **(actuators)**التي تحرك الأجزاء الميكانيكية أو تحكم في التدفقات أو غيرها من الأجهزة، وكذلك المرحلات **(relays)**التي تقوم بتوصيل أو فصل الأنظمة الكهربائية. هذا يُمكّن النظام من تنفيذ إجراءات التحكم بدقة وفعالية للحفاظ على سير العمليات الصناعية وفقاً للمعايير المطلوبة.

يلعب وسيط الاتصال دورًا كبيرًا في النظام الكامل للتحكم الموزع. فهو يربط بين محطة الهندسة، محطة التشغيل، محطة العمليات والأجهزة الذكية معًا. حيث ينقل المعلومات من محطة إلى أخرى. تشمل البروتوكولات الشائعة المستخدمة في **DCS** بروتوكولات مثل **Ethernet** و **Profibus**و **Foundation Field Bus** و **DeviceNet**و**Modbus**، وغيرها.

ليس من الضروري استخدام بروتوكول واحد لكامل النظام المتوزع للتحكم، حيث يمكن أن تستخدم بعض المستويات شبكة واحدة بينما تستخدم بعض المستويات الأخرى شبكة مختلفة. على سبيل المثال، يمكن أن تكون الأجهزة الميدانية ووحدات الإدخال/الإخراج الموزعة ومحطة العمليات مترابطة عبر بروتوكول**Profibus** ، بينما يتم التواصل بين محطة الهندسة، واجهة الإنسان-الآلة**(HMI)** ، ومحطة العمليات عبر بروتوكول**Ethernet** ، كما هو موضح في الشكل أدناه.
هذا التنوع في البروتوكولات يتيح لنظام **DCS** أن يكون مرنًا وقادرًا على التكيف مع مختلف الأنظمة والأجهزة في المصنع، مما يساعد على تحقيق التكامل بين الأنظمة المختلفة والتحكم في عمليات متعددة بشكل فعال.

الميزة الرئيسية في نظام التحكم الموزع **(DCS)** هي التكرار في بعض أو جميع مستويات منطقة التحكم. في معظم الحالات، يتم تركيب عمليات حيوية مع وحدات تحكم احتياطية **(Redundant Controllers)** وشبكات اتصال احتياطية بحيث لا تؤثر المشاكل في الخطوط الأساسية للمعالجة على وظائف المراقبة والتحكم بسبب



وجود قسم معالجة احتياطي.
يعتبر التكرار أحد العوامل الحيوية التي تضمن استمرارية الأداء في الأنظمة الصناعية الحيوية. فعند حدوث أي خلل أو عطل في جزء من النظام، يقوم الجزء الاحتياطي بنفس الوظائف بدون توقف أو تأثير على العملية الإنتاجية. هذا التكرار يشمل عادةً:

1. **وحدات التحكم الاحتياطية :**
حيث يتم استخدام أكثر من وحدة تحكم في النظام (مثلاً وحدة تحكم رئيسية ووحدة تحكم احتياطية) لضمان عدم تعطل العمليات في حال حدوث أي فشل في الوحدة الأساسية. في حال توقف الوحدة الأساسية، تتولى الوحدة الاحتياطية عملية التحكم بشكل تلقائي.

2. **شبكات الاتصال الاحتياطية:**
يشمل ذلك وجود أكثر من شبكة اتصال بين مكونات النظام مثل محطات الهندسة، ومحطات العمليات، وأجهزة التحكم، مما يضمن عدم حدوث انقطاع في التواصل بين المكونات المختلفة إذا تعرضت إحدى الشبكات لعطل. هذا يساهم في ضمان توافر البيانات بشكل مستمر ويمنع أي تأثيرات سلبية على سير العمل.

3. **التكرار في الأجهزة الميدانية :**
قد تحتوي بعض الأنظمة أيضًا على أجهزة ميدانية مكررة، مثل أجهزة الاستشعار والمشغلات، حيث يتم تركيب أجهزة استشعار أو مشغلات إضافية لضمان المراقبة المستمرة للعمليات في حال حدوث عطل في الجهاز الأساسي

التكرار في نظام DCS لا يقتصر فقط على ضمان استمرار العمل عند حدوث أعطال، بل أيضًا يساهم في زيادة موثوقية النظام وتقليل فترة التوقف، مما يحسن الإنتاجية ويقلل من المخاطر المرتبطة بالعمليات الصناعية.

الأجهزة الذكية أو الذكية المتقدمة

تعد الأجهزة الميدانية الذكية وتقنية الحافلة الميدانية من الميزات المتقدمة في تقنية أنظمة التحكم الموزعة **(DCS)**، حيث تحل محل الأنظمة التقليدية لوحدات الإدخال/الإخراج **.(I/O Modules)** هذه الأجهزة الذكية تحتوي على الذكاء المطلوب لتقنيات الاستشعار والتحكم البسيطة، بحيث يتم دمج الذكاء داخل أجهزة الاستشعار والمشغلات الأساسية نفسها. وبالتالي، فإنها تلغي الحاجة إلى وجود وحدة تحكم **DCS** للقيام بعمليات الاستشعار والتحكم الروتينية**.**

تتميز هذه الأجهزة الذكية بأنها قادرة على الاتصال المباشر بحافلة ميدانية **(Field Bus)** مثل **Profibus** أو **Ethernet,**مما يتيح نقل القياسات المتعددة إلى محطة التحكم في المستوى الأعلى عبر خط نقل رقمي. هذا الاتصال المباشر يزيل الحاجة إلى الأجهزة الإضافية مثل وحدات الإدخال/الإخراج المحلية ووحدات التحكم الأخرى التي كانت تستخدم في الأنظمة التقليدية**.**

فوائد الأجهزة الذكية:

1. **تقليل الحاجة للأجهزة الإضافية**

بما أن هذه الأجهزة الذكية تحتوي على الذكاء المدمج، فهي قادرة على إجراء عمليات الاستشعار والتحكم بنفسها دون الحاجة إلى وحدات الإدخال/الإخراج التقليدية أو وحدات التحكم المنفصلة. هذا يقلل من حجم النظام ويقلل من تعقيد التوصيلات.

2. **الاتصال المباشر بالحافلة الميدانية :**

يمكن توصيل الأجهزة الذكية مباشرة بحافلة ميدانية، مما يسهل عملية نقل البيانات بين الأجهزة الميدانية ومحطات التحكم العليا عبر شبكات اتصال رقمية متقدمة. يساهم ذلك في تحسين سرعة استجابة النظام وموثوقيته.

3. **التحكم الذكي والمتقدم :**

الأجهزة الذكية لا تقتصر فقط على جمع البيانات، بل يمكنها أيضًا إجراء عمليات تحكم بسيطة بناءً على المعايير المحددة. على سبيل المثال، يمكن للأجهزة الذكية أن تقوم بتعديل معلمات النظام (مثل التدفق أو درجة الحرارة) بناءً على المدخلات التي تتلقاها من المستشعرات.

4. **زيادة الكفاءة :**

من خلال تقليل الحاجة إلى الأجهزة المساعدة والتحكم اليدوي، تسهم هذه الأجهزة في تحسين كفاءة النظام بشكل عام. تعمل الأجهزة الذكية على توفير وقت وجهد الفرق الهندسية من خلال تبسيط عمليات التحكم والصيانة.

5. **التكامل السلس مع النظام :**

هذه الأجهزة تعمل بشكل متكامل مع باقي مكونات نظامDCS ، مما يسهل تنسيق وتبادل البيانات بين الأجهزة المختلفة في النظام.

باختصار، الأجهزة الذكية في نظام **DCS** توفر حلولاً مبتكرة لتحسين الأداء، تقليل التكاليف، وزيادة الكفاءة، مما يعزز من قدرة النظام على التحكم في العمليات الصناعية بشكل أكثر فعالية ومرونة.

عمل وتشغيل نظام التحكم الموزع(DCS)

يعمل نظام التحكم الموزع **(DCS)** على النحو التالي:

تبدأ العملية بحسّاسات **(Sensors)** تستشعر معلومات العملية مثل درجة الحرارة، الضغط، التدفق، أو مستوى السائل في نظام معين، ثم ترسل هذه البيانات إلى وحدات الإدخال/الإخراج المحلية **(Local I/O Modules)** يتم أيضًا ربط المحركات أو المشغلات **(Actuators)** بهذه الوحدات لكي يتم التحكم في معلمات العملية بناءً على المعلومات المستشعَرة.

تتم عملية جمع البيانات من هذه الوحدات الميدانية عن طريق حافلة ميدانية**(Field Bus)** ، وهي وسيلة الاتصال التي تنقل المعلومات إلى وحدة التحكم في العملية **.(Process Control Unit)** في حال تم استخدام الأجهزة الذكية الميدانية**(Smart Field Devices)** ، يتم نقل البيانات المستشعَرة مباشرة من هذه الأجهزة إلى وحدة التحكم في العملية عبر الحافلة الميدانية**.**

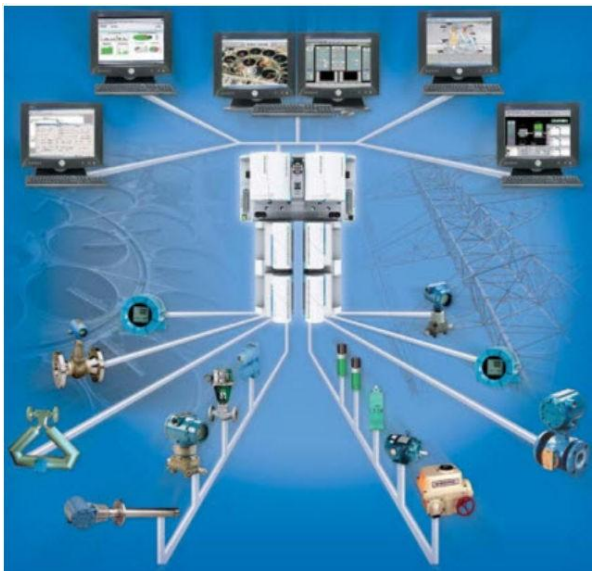
خطوات تشغيل النظام:

1. **استشعار البيانات:**
يبدأ النظام بالاستشعار من خلال الحساسات (Sensors) التي تعمل على جمع معلومات حيوية من العملية الصناعية أو البيئية. على سبيل المثال، إذا كانت العملية تتعلق بدرجة حرارة، سيقوم الحساس بقياس درجة الحرارة في نقطة معينة من النظام.
2. **إرسال البيانات إلى وحدات الإدخال/الإخراج:**
بعد أن يتم استشعار البيانات، يتم إرسالها إلى وحدات الإدخال/الإخراج المحلية .(I/O Modules) هذه الوحدات تشكل الرابط الأساسي بين الأجهزة الميدانية (مثل الحساسات والمشغلات) ووحدة التحكم في العملية.
3. **التحكم في المعلمات:**
يتم ربط المحركات أو المشغلات بوحدات الإدخال/الإخراج لتتمكن من تنفيذ الأوامر بناءً على البيانات التي تم جمعها. على سبيل المثال، إذا كانت درجة الحرارة تتجاوز الحد المعين، قد يتم إرسال أمر إلى المشغل (Actuator) لتقليل الحرارة أو تعديل تدفق المادة في العملية.
4. **نقل البيانات إلى وحدة التحكم في العملية:**
يتم تجميع البيانات من وحدات الإدخال/الإخراج الميدانية ونقلها إلى وحدة التحكم في العملية عبر الحافلة الميدانية .(Field Bus) وتعمل الحافلة الميدانية كوسيلة الاتصال الأساسية بين الأجهزة الميدانية ووحدة التحكم. في حالة استخدام الأجهزة الذكية الميدانية، يتم نقل المعلومات مباشرة إلى وحدة التحكم دون الحاجة إلى وحدات إدخال/إخراج تقليدية.
5. **التحليل واتخاذ الإجراءات:**
عند وصول البيانات إلى وحدة التحكم في العملية، يتم تحليل هذه البيانات بناءً على منطق التحكم المبرمج مسبقًا. بناءً على هذه التحليلات، تقوم وحدة التحكم باتخاذ قرارات بشأن كيفية تعديل عملية الإنتاج أو العملية الصناعية. على سبيل المثال، إذا كانت البيانات تشير إلى أن الضغط في أحد الأوعية قد ارتفع بشكل مفرط، يمكن لوحدة التحكم أن تصدر أمرًا لتقليص الضغط باستخدام مشغل مناسب.
6. **التفاعل مع الأجهزة الميدانية:**
بمجرد اتخاذ القرار من قبل وحدة التحكم، يتم إرسال إشارات من وحدة التحكم إلى الأجهزة الميدانية مثل الحساسات والمشغلات من خلال الحافلة الميدانية. يتم استخدام هذه الإشارات لتعديل أو التحكم في المعلمات المختلفة مثل السرعة، التدفق، درجة الحرارة، وغيرها، بهدف تحسين أداء النظام أو الحفاظ على العملية ضمن النطاقات المحددة.

أهمية هذا النظام:

- استشعار البيانات بشكل مستمر :يتيح لنظام DCS مراقبة وتحليل البيانات بشكل مستمر في الزمن الفعلي، مما يعزز دقة القرارات المتخذة.
- تحكم فعال :يسمح النظام بالتحكم في العمليات المتعددة والمتوازية بكفاءة ودقة، مما يقلل من حدوث الأخطاء البشرية أو الانقطاعات غير المتوقعة.
- التكامل بين الأجهزة :يساهم التكامل بين الحساسات، المشغلات، ووحدات الإدخال/الإخراج في تحسين التنسيق بين مختلف مكونات النظام وتحقيق كفاءة أكبر.

باختصار، يعمل نظام **DCS** من خلال جمع وتحليل البيانات الميدانية، ثم اتخاذ إجراءات تحكم بناءً على هذه البيانات لضمان التشغيل الأمثل للعمليات الصناعية والمراقبة الدقيقة للمعلمات المتعددة.



البيانات التي تم جمعها تتم معالجتها وتحليلها، ثم يتم إنتاج النتائج المخرجة بناءً على منطق التحكم المطبق في جهاز التحكم.

عندما يتم جمع البيانات من الحساسات أو الأجهزة الميدانية، يتم إرسالها إلى وحدات الإدخال/الإخراج في النظام، حيث تتم معالجتها وتحليلها بناءً على منطق التحكم المطبق في جهاز التحكم. هذا المنطق يُعدّ مكونًا أساسيًا في نظام التحكم الموزع **(DCS)**، حيث يتم تحديد كيفية استجابة النظام لهذه البيانات. على سبيل المثال، إذا كانت درجة الحرارة في نظام معين قد تجاوزت الحد المسموح به، فإن جهاز التحكم سيعالج هذه البيانات ويقرر ضرورة تقليل درجة الحرارة بناءً على الإجراءات المبرمجة.

إرسال النتائج أو إجراءات التحكم إلى أجهزة المشغلات عبر الحافلة الميدانية:

بعد معالجة البيانات وتحليلها في جهاز التحكم، يتم إرسال النتائج أو أوامر التحكم إلى أجهزة المشغلات **(Actuators)**عبر الحافلة الميدانية **(Field Bus).** أجهزة المشغلات هذه تكون مسؤولة عن تنفيذ الأوامر التي تحدد كيفية تعديل العملية الصناعية أو المعلمة المستشعَرة. على سبيل المثال، قد يتم إرسال إشارة لتقليص سرعة المحرك أو فتح صمام لتقليل تدفق السوائل، بناءً على النتائج التي تم الحصول عليها من البيانات المدخلة.

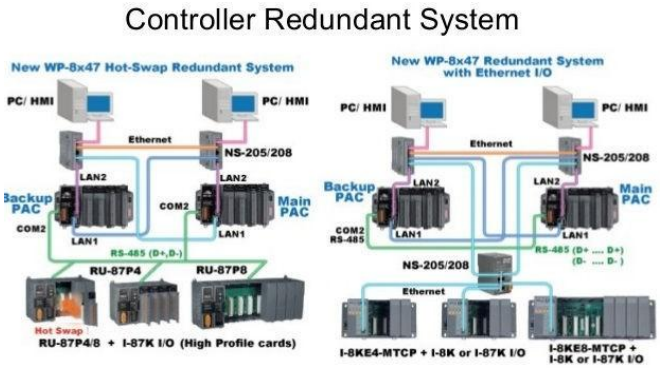
تكوين نظام**DCS** ، تشغيليه، وتنفيذ منطق التحكم يتم من خلال محطة الهندسة:

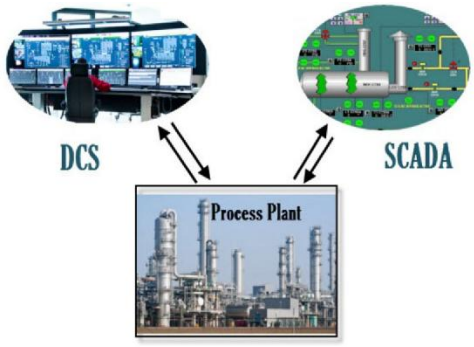
كما تم ذكره سابقًا، يتم تكوين وتخصيص إعدادات نظام **DCS** وتنفيذ منطق التحكم في محطة الهندسة **(Engineering Station).**هنا، يقوم المهندسون ببرمجة النظام وتحديد كيفية استجابته للمدخلات من الأجهزة الميدانية. يشمل ذلك إعداد حلقات التحكم، تخصيص الأجهزة الذكية، وضبط الإعدادات الخاصة بكل جهاز أو وحدة تحكم.

تمكين المشغل من عرض وإرسال إجراءات التحكم يدويًا في محطات التشغيل:

المشغلون في محطات التشغيل **(Operating Stations)** لديهم القدرة على مراقبة البيانات المعروضة في

النظام وإرسال أوامر التحكم يدويًا عند الحاجة. على سبيل المثال، إذا كانت هناك حالة طارئة أو إذا رغب المشغل في تغيير المعلمة بشكل مباشر، يمكنه إرسال الأوامر عبر واجهة المستخدم الخاصة بمحطة التشغيل. توفر هذه المحطات للمشغلين القدرة على التفاعل مع النظام في الوقت الفعلي وضبط العمليات وفقًا للاحتياجات التشغيلية.





الفرق بين (SCADA و DCS)

على الرغم من أن كلًا من **DCS** و **SCADA** هما آليتان للمراقبة والتحكم في المنشآت الصناعية، إلا أن لهما أهدافًا مختلفة. هناك بعض التشابه بين **DCS** و **SCADA** من حيث الأجهزة ومكوناتها، ولكن هناك متطلبات معينة تتعلق بالتطبيقات النهائية التي تميز **DCS** المتين والفعال من حيث التكلفة عن نظام **SCADA** الفعال. فيما يلي بعض الفروق بين **DCS** و**SCADA:**

1. DCSموجه للعملية، بينما SCADA موجه لجمع البيانات يُركز DCS أكثر على التحكم في العملية، كما يتضمن أيضًا مستوى التحكم الإشرافي. كجزء من ذلك، يعرض DCS المعلومات للمشغل. من ناحية أخرى، يركز SCADAأكثر على جمع بيانات العملية وعرضها على المشغلين ومركز التحكم.

2. فيDCS ، عادةً ما توجد وحدات جمع البيانات ووحدات التحكم ضمن منطقة أكثر تحديدًا، وتتم الاتصالات بين وحدات التحكم الموزعة عبر شبكة منطقة محلية.(LAN)
بينما يغطي SCADA عادةً مناطق جغرافية واسعة تستخدم أنظمة اتصال مختلفة تكون في الغالب أقل موثوقية من الشبكة المحلية.

3. DCSيستخدم التحكم في الحلقة المغلقة في محطة التحكم العملية ووحدات الأطراف البعيدة. لكن في حالةSCADA ، لا يوجد تحكم في الحلقة المغلقة

4. DCSهو نظام مدفوع بحالة العملية حيث يقوم بمسح العملية بانتظام وعرض النتائج للمشغل، حتى عند الطلب . من ناحية أخرى، SCADAهو نظام مدفوع بالحدث حيث لا يقوم بمسح العملية تسلسليًا، بل ينتظر حدوث حدث معين يؤدي إلى تغيير معلمة العملية وتحفيز إجراء معين. وبالتالي، لا يحتفظ DCS بقاعدة بيانات للقيم المعلمات للعملية لأنه دائمًا على اتصال بمصدر بياناته، بينما يحتفظ SCADA بقاعدة بيانات لتسجيل قيم المعلمات التي يمكن استرجاعها لاحقًا لعرضها على المشغل. وهذا يجعل SCADA يعرض آخر القيم المسجلة إذا تعذر على المحطة الرئيسية الحصول على القيم الجديدة من الموقع البعيد.

5. من حيث التطبيقات، يُستخدم DCS في المنشآت ضمن منطقة محدودة، مثل مصنع واحد أو منشأة لمراقبة العمليات المعقدة .تشمل بعض مجالات تطبيق DCS المصانع الكيميائية، محطات توليد الطاقة، التصنيع الدوائي، صناعة النفط والغاز، إلخ. من ناحية أخرى، يُستخدم SCADA في مواقع جغرافية أكبر مثل أنظمة إدارة المياه، والتحكم في نقل وتوزيع الطاقة، وتطبيقات النقل، والصناعات الصغيرة والمتوسطة في التصنيع والعمليات.

على الرغم من هذه الفروقات الكبرى، فإن أنظمة **DCS** و **SCADA** الحديثة تأتي مع مرافق قياسية مشتركة عند التعامل مع أتمتة مصانع العمليات**.**
ومع ذلك، يعتمد الاختيار بين **DCS** و **SCADA** على العميل ومتطلبات التطبيق النهائي. ولكن إذا كان الاختيار بين هذين النظامين، مع الحصول على نفس المتطلبات من العملية، فإن **DCS** يُعتبر الخيار الاقتصادي حيث يساعد في تقليل التكلفة ويقدم تحكمًا أفضل**.**

أنظمة DCS من شركات تصنيع مختلفة

فيما يلي بعض أنظمة التحكم الموزعة (DCS) المتوفرة من شركات مختلفة:

- **ABB** – أنظمة Freelance 800F و xA800
- **Yokogawa** – أنظمة Centum CS 3000 وCentum CS 1000
- **Honeywell** – نظامTDC 3000
- **Emerson** – نظام الأتمتة الرقميةDeltaV
- **Siemens** – نظامSimatic PCS 7
- **Allen-Bradley** – نظامNetLinx

كل من هذه الأنظمة يتميز بتقنيات ومزايا خاصة تخدم تطبيقات صناعية متنوعة مثل الطاقة، البتروكيماويات، الصناعات التحويلية، والمياه**.**

مزايا أنظمة التحكم الموزعة – (DCS) مع شرح تفصيلي

نظام التحكم الموزع **(DCS)** هو نظام يُستخدم لدمج ومركزية عمليات التشغيل في المنشآت الصناعية، مما يمنح المرونة والسهولة في التحكم والمراقبة والتقارير عبر نقطة مركزية واحدة، دون إغفال الطبيعة الموزعة للعمليات. تم تصميم **DCS** خصيصًا للتحكم في العمليات المعقدة التي يمكن أن تكون موزعة جغرافيًا باستخدام عناصر تحكم متصلة عبر شبكة موزعة في جميع أنحاء النظام**.**
أبرز المزايا**:**

1. **التحكم المركزي مع البنية الموزعة:**

رغم أن النظام يتمتع بتحكم مركزي، إلا أن عناصره موزعة جغرافيًا لتقليل التكاليف التشغيلية وتحقيق أداء أفضل. يسمح هذا التصميم بتوزيع المهام على وحدات تحكم محلية **(Process Controllers)** تتصل بمستشعرات ومشغلات في الميدان**(Field Devices)** ، بحيث تعمل هذه الوحدات بشكل مستقل ولكنها تتكامل ضمن هيكل موحّد عبر شبكة اتصال عالية السرعة غالبًا ما تكون مزدوجة **(Redundant)** لضمان الموثوقية**.**

2. **المرونة في التوسع:(Scalability)**

يتميز **DCS** بإمكانية التوسع بسهولة. يمكن تركيبه كنظام كبير متكامل منذ البداية، أو كنظام صغير مستقل تتم إضافة عناصر جديدة إليه لاحقًا حسب الحاجة أو مراحل المشروع. عند إضافة وحدات تحكم جديدة أو مداخل ومخارج جديدة، يتم دمجها تلقائيًا مع قاعدة بيانات التحكم، مما يجعل التوسع سلسًا ومن دون توقف في العمليات.

3. **التحكم في العمليات المعقدة والتكامل السلس:**

يتيح **DCS** إنشاء منطق تحكم معقد باستخدام أدوات برمجية متطورة في محطة الهندسة **(Engineering Station)**، مثل إعداد القواعد، المعادلات، وإجراءات التحكم التسلسلي والمستمر. ويمكن توزيع هذا المنطق على وحدات تحكم مختلفة حسب القسم أو العملية الصناعية. هذا يسمح بالتعديل السريع والآمن لتلبية متطلبات جديدة دون التأثير على بقية النظام.

4. **الاعتماد على التقنيات المفتوحة:**

تستفيد أنظمة **DCS** الحديثة مثل نظام **Ovation®** من **Westinghouse** من تقنيات جاهزة تجاريًا **(COTS - Commercial off-the-shelf)**، مما يقلل من خطر التقادم ويوفر إمكانية التحديث السلس مع تطور تقنيات الحوسبة والاتصالات. هذه الخاصية تعزز أمان النظام وقابليته للتطوير المستقبلي.

5. **الاعتمادية العالية:(High Reliability)**

تُظهر الخبرات التشغيلية المستخلصة من أكثر من 3000 منشأة لتوليد الطاقة تعمل بنظام **DCS** مثل **Ovation®**موثوقية تفوق 99.9%. هذا يعود لوجود التكرار أو الازدواجية في كل مستويات النظام — من وحدات الإدخال/الإخراج، إلى وحدات التحكم، وحتى شبكة الاتصال ومحطات العمل.

6. **تحسين الأمان والإنذارات والتشخيص:**

توفر هذه الأنظمة إمكانيات قوية في إدارة الإنذارات المتقدمة، تشخيص الأخطاء في النظام بالكامل، ومتابعة الحالة الصحية لكل مكوّن. كما أن هناك تكاملًا مع نماذج أمن إلكتروني **(Cybersecurity)** متقدمة لمنع التهديدات السيبرانية.

7. **التحكم الرسومي الديناميكي وتسجيل البيانات:**

تتيح محطات التشغيل **(HMI)** واجهات رسومية تفاعلية تسهّل عملية المراقبة واتخاذ القرار. يتم تسجيل جميع البيانات المهمة بشكل دوري لتقليل أخطاء التشغيل اليدوي، وتمكين التتبع والتحليل لاحقًا.

8. **استخدام ذكي للأجهزة الحقلية:(Smart Devices)**

يدعم النظام الأجهزة الذكية القادرة على الاتصال المباشر عبر الشبكات الميدانية مثل **Profibus** أو **Foundation Fieldbus**بدون الحاجة لوحدات إدخال/إخراج تقليدية، مما يقلل الكابلات ويزيد من كفاءة الاتصال والمعالجة.

الخلاصة:

يوفر **DCS** مزيجًا قويًا من التحكم الدقيق، المراقبة الذكية، والتوسع السلس. إن خصائصه مثل المركزية في الإدارة والتوزيع في التنفيذ، المرونة في التوسعة، التكرار الكامل، ودمج أمن المعلومات، تجعله الخيار المثالي للعمليات الصناعية الكبيرة والمعقدة، لا سيما في مجالات مثل محطات الطاقة النووية، المصانع الكيميائية، ومرافق النفط والغاز.

عيوب نظام التحكم الموزع – (DCS) مع شرح تفصيلي

على الرغم من أن أنظمة **DCS** توفر مزايا عديدة في التحكم والمراقبة للعمليات الصناعية المعقدة، إلا أن لها بعض العيوب والتحديات التي يجب أخذها في الاعتبار عند تصميم أو تشغيل النظام. فيما يلي أبرز هذه العيوب مع توضيح مفصل:

1. **تأثير فشل وحدة التحكم على عدة حلقات تحكم:(Control Loops)**

في نظام**DCS** ، كل وحدة تحكم **(Process Controller)** غالبًا ما تتحكم في أكثر من حلقة تشغيل **(Loop)**، مثل التحكم بدرجة الحرارة، الضغط، أو مستوى السائل. لذلك، إذا تعطلت إحدى وحدات التحكم، فقد يتأثر عدد كبير من الحلقات المرتبطة بها دفعة واحدة.

- **شرح تفصيلي:**

على عكس أنظمة **PLC** التقليدية التي تتحكم في حلقات منفصلة أو أنظمة بسيطة، فإن وحدات تحكم **DCS**تتولى مسؤولية عمليات أكبر ومعقدة. هذا يجعل فشل وحدة تحكم واحدة يسبب تأثيرًا واسعًا قد يؤدي إلى اضطرابات تشغيلية ملحوظة أو حتى توقف جزئي في خط الإنتاج.

- **حلول مقترحة:**

يمكن تقليل هذا الأثر من خلال استخدام وحدات تحكم مزدوجة **(Redundant Controllers)** أو توزيع المهام بشكل أكثر تفصيلًا لتقليل عدد الحلقات المتأثرة بوحدة واحدة.

2. **الحاجة إلى مشغل ماهر ومؤهل:(Skilled Operator)**

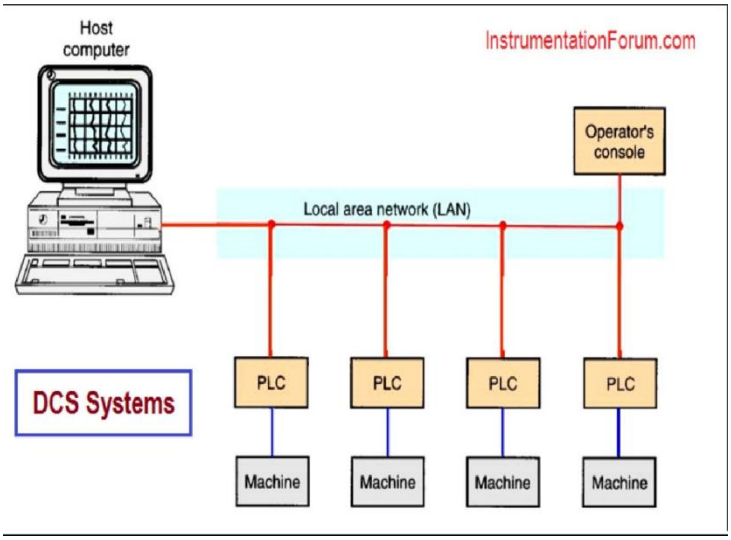
يتطلب تشغيل ومراقبة نظام **DCS** مشغّلين ذوي كفاءة وخبرة، لأن معظم المعلومات والبيانات تكون مخفية خلف شاشات **CRT** أو واجهات رسومية**(HMI)** ، ولا تظهر إلا عند الحاجة أو عند التنقل داخل الشاشات المتعددة.

- **شرح تفصيلي:**

نظام **DCS** لا يعرض جميع المعلومات على الشاشة دفعة واحدة بسبب الكمّ الكبير من البيانات التي تتم معالجتها ومراقبتها. يتطلب الأمر معرفة دقيقة بكيفية استخدام الواجهة الرسومية، فهم رموز الأعطال، التنقل بين الشاشات، واستدعاء البيانات التاريخية والإنذارات.

- **النتيجة:**

أي خطأ في الفهم أو بطء في اتخاذ القرار من قِبل مشغّل غير مؤهل قد يؤدي إلى تفاقم مشكلة تشغيلية أو فشل في الاستجابة السريعة لحالة طارئة.



- **حلول مقترحة:**
  - تدريب المشغلين بشكل دوري على النظام.
  - تبسيط واجهات المستخدم قدر الإمكان.
  - إنشاء دليل استخدام مفصل لكل وظيفة ضمن النظام.

الخلاصة:

رغم التقدّم الكبير في تقنياتDCS ، إلا أن نجاح النظام يعتمد بشكل كبير على:

- تصميم هيكل مرن ومتوازن لوحدات التحكم.
- وجود خطط احتياطية.**(Redundancy)**
- تدريب جيد للمشغّلين ومهندسي الصيانة.

مصادر تعليمية وشروحات مفصلة

- **MindLusterأساسيات نظام التحكم الموزع**

دورة شاملة تغطي بنية نظام**DCS** ، مكوناته مثل وحدات الإدخال/الإخراج ووحدات التحكم، وآلية التشغيل. تشمل الدورة شهادة مجانية بعد الانتهاء.

- **RealParsأساسياتDCS**

مقدمة واضحة حول**DCS** ، مع مقارنة بينه وبين أنظمة **PLC** و **.SCADA**تشمل الدورة دروسًا حول قراءة الرموز على مخططات العمليات **(P&ID)** وفهم مكونات النظام.

- **ITC Learningأساسيات التحكم الموزع**

برنامج تعليمي للمهندسين والفنيين يغطي تطور نظام**DCS** ، البنية الأساسية، مكوناته، كيفية التكوين، والتواصل داخل النظام.

- **Wevolverدليل شامل لإتقان أنظمة التحكم الموزعة**
- **SolisPLCفهم DCS في الأتمتة الصناعية**
- **Automation Communityأساسيات أنظمة التحكم الموزعة**