الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

برنامج المسار الوظيفي
للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

# دليل المتدرب

## مبادئ أجهزة التحكم والمراقبة
## مهندس كهرباء- درجة ثانية

حقوق الطبع محفوظة
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
الإدارة العامة للمسار الوظيفى - إدارة المناهج

تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة للمسار الوظيفي

# المحتويات

**نظام التحكم والمراقبة (الاسكادا – SCADA ) :** ..... 3

**انظمة التحكم المختلفة وارتباطها بنظام الاسكادا** ..... 5

**مكونات نظام الاسكادا** ..... 11

الاشارات الحقلية **Field signals** ..... 13

**وحدات الحاكمات المنطقية القابلة للبرمجة Programmable Logic Controller (PLC)** ..... 19

**الوحدات الطرفية Remote Terminal Unit (RTU)** ..... 25

**وحدات الادخال والاخراج البعيدة Remote input/output – Remote I/O** ..... 28

**الاجهزة الالكترونية الذكية Intelligent Electronic Devices (IED)** ..... 30

نظام الاتصال المستخدم لنقل البيانات **Communication system** ..... 32

وحدة التحكم الرئيسية **Master station** ..... 35

**بنية خوادم برامج الاسكادا SCADA server architecture** ..... 37

**خصائص نظام الاسكادا** ..... 42

**الواجهات الرسوميه Graphical user Interface** ..... 42

**الانذارات Alarms :** ..... 43

**الرسومات البيانية Trends** ..... 44

**التقارير Reports** ..... 46

**الوصفات Recipes** ..... 46

**مميزات نظام الاسكادا SCADA** ..... 46

**تطبيقات نظام الاسكادا وكيفية الاستفادة منها** ..... 48

ربط نظام التحكم والمراقبة فى محطات مياه الشرب والمآخذ التابعه لها ..... 48

ربط نظام التحكم والمراقبة لمحطات المعالجة والروافع التابعة لها "تنظيم عمليات ضخ المياه" ..... 52

نظام التحكم والمراقبة فى شبكات مياه الشرب **SCADA system for water networks** ..... 54

عمل مشروع تحكم مراقبة جديد لمحطة قائمة ..... 56

**استلام نظام التحكم والمراقبة (الاسكادا) – SCADA system** ..... 60

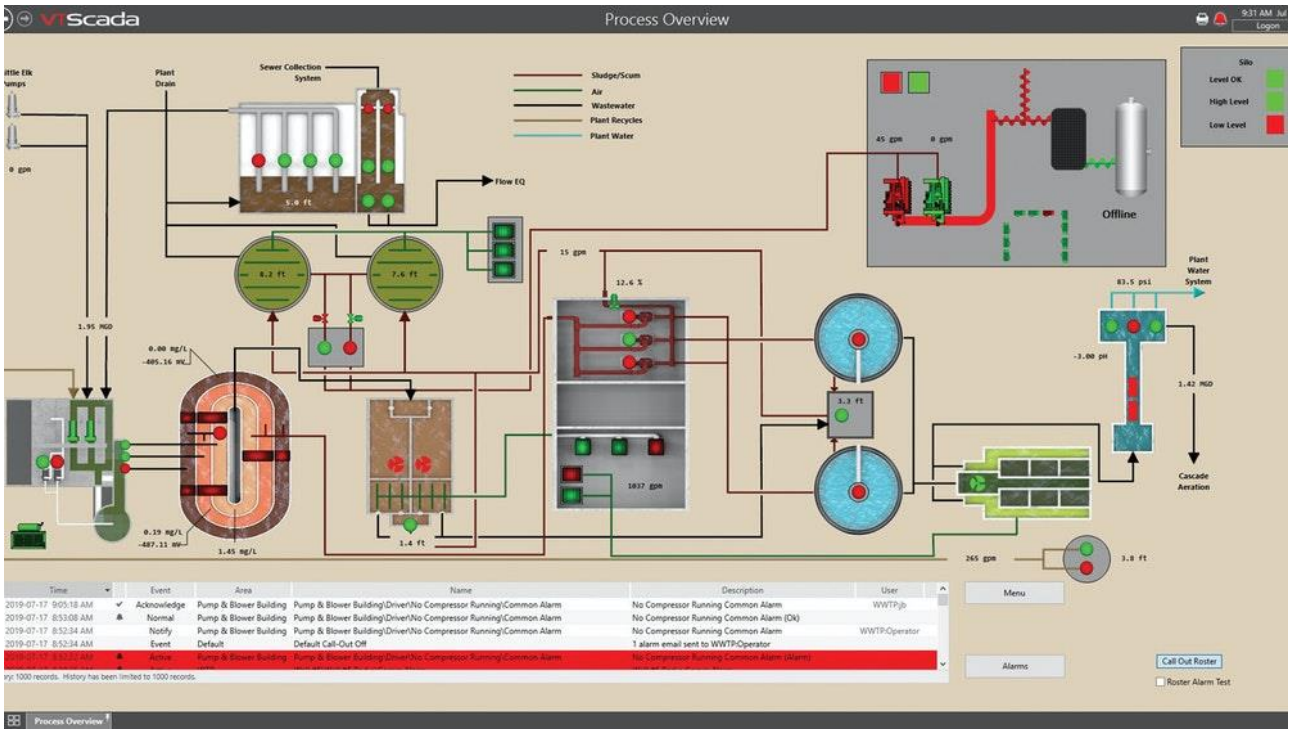
# SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION

# "SCADA system"

## نظام التحكم والمراقبة (الاسكادا – SCADA ) :

تعتبر نظم التحكم الاشرافي وتجميع البيانات (SCADA) Supervisory Control and Data Acquisition system من النظم الحديثة التي تقوم بمراقبة العمليات الصناعية و التحكم فيها عن بعد من خلال الحاسب الالى ، حيث يوفر هذا النظام وسيلة مرنة وسهلة لمتابعة حالة عدد كبير من المعدات في اماكن مختلفة ، و يتيح إمكانية تشغيل هذه المعدات عن بعد والحصول كل المعلومات المطلوبة منها ، مما يساعد في إدارة المعدات المطلوبة بأعلى كفاءة ممكنة ، ومعرفة أماكن الخلل و إصلاحه في أسرع وقت ممكن مما يعني توفير كبير في الوقت و المجهود ، وتقوم انظمة التحكم والمراقبة بتكامل العمل الموزع على نطاق جغرافى كبير ، وتوفر انظمة التحكم والمراقبة SCADA الكثير من الامكانيات مثل عرض وتخزين البيانات واصدار التقارير اليا والتكامل مع الانظمة الاخرى .

انظمة الاسكادا SCADA هي انظمة خاصة بعمليات التحكم والمراقبة في محطات الشرب والصرف الصحي و محطات توليد الطاقة والمصانع بمختلف مجالاتها ، وحيث ان هذه المنشأت قد تكون كبيرة جدا أو بينها مسافات بعيدة ، لذلك كان لا بد من عمل نظام يسهل عملية الاتصال بين هذه المنشات، بالاضافة الى الاعداد الكبيرة من الحساسات و اجهزة القياس والعمليات الصناعية التي لا بد من التحكم فيها ومراقبتها، و جمع البيانات الخاصة بها وتحليلها وتكاملها مع الانظمة الحاسوبية المختلفة. ويتم التكامل مع الانظمة الحاسوبية الاخرى ( مثل الموجودة فى شركات المياه والصرف الصحي وانظمة الفواتير وبرامج التحليل الهيدروليكى ..الخ) عن طريق تبادل البيانات بين قواعد البيانات ( Database system).




وتعتبر انظمة التحكم والمراقبة الحديثة SCADA system تطورا لانظمة لوحات المراقبة التقليدية MIMIC panel , حيث كانت لوحات المراقبة التقليدية تحتاج الى تمديد عدد كبير جدا من الاسلاك (من لوحات التشغيل LCP , MCC حتى لوحة المراقبة MIMIC ) ، كما انه كلما ذات اعداد المعدات فى الموقع فانها تحتاج الى مساحات كبيرة داخل حجرة التحكم المركزية بالموقع Central Control Room لمراقبة حالتها او يتم اهمال العديد من تلك الاشارات ، كما ان امكانيات تسجيل الاحداث او الانذارات او قيم الاشارات نفسها محدودة ومكلفة وكان يتم ذلك باستخدام Papers Recorder Device . وبسبب محدودية امكانيات لوحات المراقبة التقليدية MIMIC تم تطوير انظمة التحكم

والمراقبة للوصول الى نظام الاسكادا SCADA system يوفر الكثير من الامكانيات بشكل كبير ويحتوى على كافة متطلبات النظام.

كانت انظمة المراقبة التقليدية MIMIC Panels مناسبة لانظمة التحكم التقليدية Classic Control system ، ولكن بعد تطور انظمة التحكم وتم استخدام الانظمة القابلة للبرمجة مثل الـ PLC والتى توفر امكانيات نقل البيانات بصورة رقمية ، واصبح من الضرورى ايضا تطور انظمة المراقبة للوصول الى الاسكاد.

وهنا نجد ان انظمة التحكم بكافة انواعها وانماط تشغيلها تنعكس على الامكانيات التى يتم استخدامها فى نظام الاسكادا ، لذلك يلزم معرفة الانواع المختلفة لانظمة التحكم ومدى ارتباطها بنظام الاسكادا.

## انظمة التحكم المختلفة وارتباطها بنظام الاسكادا

نظم التحكم المختلفة لكافة المحطات هى التى تحدد امكانيات نظام التحكم والمراقبة (SCADA) التى يمكن تنفيذها , لذلك يجب معرفة انواع انظمة التحكم المختلفة وكيفية تأثيرها على مكونات وامكانيات نظام الاسكادا التى يتم تنفيذها داخل المحطة والتى يطلق عليها LOCAL SCADA او التى ترتبط بمنظومة مركزيه تجمع بين مجموعة من المحطات المتباعدة جغرافيا والتى تسمى الاسكادا المركزية CENTRAL SCADA SYSTEM.

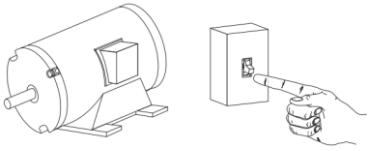
**تنقسم انواع انظمة التحكم الالى من الناحية الوظيفية Control System functionality كالتالى:-**

- التحكم اليدوى Manual Control
- التحكم الاتوماتيكى Automatic Control System
  - الاتوماتيك **Automatic**
  - النصف اتوماتيك **Semi-Automatic**
  - الاتوماتيك بالكامل **Full Automatic**

التحكم اليدوى **Manual Control**

احد انواع انظمة التحكم والتى تعتمد على وجود المشغل Operator الذى يقوم بتشغيل او ايقاف المعدات يدويا , وايضا يتحكم يدويا فى تتابع عمليات التشغيل بالترتيب الذى يراه مناسبا.( ويجب ان تحتوى الدئرة على كافة الحمايات اللازمه للحفاظ على المعدة) .

START ---- LAMP
STOP ---- LAMP
Fault ---- Lamp
SCADA = MIMIC



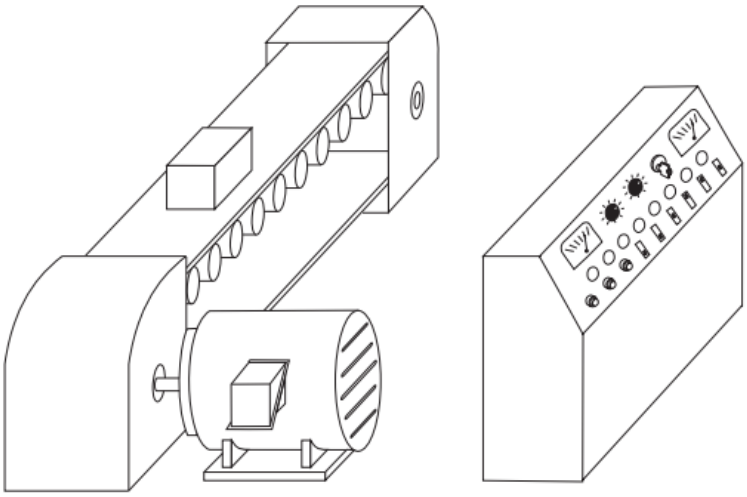
عندما يتم تطبيق نظام التحكم والمراقبة (الاسكادا) يكون المطلوب من نظام الاسكادا هو المراقبة وتسجيل البيانات وادخال الاعدادات الخاصة بأجهزة الحماية ويكون تنفيذ اوامر التحكم الاشرافية اقل مايمكن وربما تكون غير موجودة (باستثناء بعض وظائف الحماية ) .

ويكون نظام الاسكادا (Local SCADA) الموجود داخل الموقع متساوى تقريبا من الناحية الوظيفية مع نظام الـ MIMIC وذلك لان كلا من النظام يستطيع ان يقوم بنفس الوظائف المتمثلة فى عملية المراقبة .

وعندما يتم استخدام نظام التحكم والمراقبة (SCADA) على نطاق جغرافى كبير ومتباعد يكون استخدام وحدات الـ (RTU) Remote Terminal Unit (وحدات طرفية تقوم بتجميع وارسال البيانات عبر وسائل الاتصال) فى هذه الحالة مناسب لتجميع البيانات وارسالها لغرفة التحكم المركزيه Central Control Room .

التحكم الاتوماتيكى **Automatic Control System**

احد انواع انظمة التحكم التى تعمل بشكل آلى يعتمد على الاحداث والقياسات المتعددة والتى تقوم بدلا من المشغل Operator بعمليات الايقاف والتشغيل لكل معدة طبقا للشروط التى تم اعدادها فى دوائرة التحكم و عند اكتمال تحقق هذه الشروط تبدأ عملية التشغيل او الايقاف لكافة المعدات وهكذا , ويعد التحكم الاتوماتيكى من افضل انظمة التحكم التى تراعى كافة ظروف تشغيل العملية والمرتبطة بطريقة التشغيل الصحيحة طبقا لمتطلبات العملية والتى تتجنب كافة الاخطاء الناتجة من التشغيل اليدوى.



**ينقسم التحكم الآلى كالتالى :**

**<u>الاتوماتيك Automatic :</u>** هى عملية تعمل بشكل الى بالكامل من بدء تشغيلها حتى تتابع الخطوات بها الى ان يتم الانتهاء منها مع تشغيل نفسها ذاتياً مرة اخرى. مثل عملية تشغيل/ غسيل المرشحات Filters control Desk. (بدء العملية اتوماتيكيا بدون تدخل المشغل – تنفيذ الخطوات بالتتابع – الانتهاء من العمليه – اعادة البدء ذاتيا)

**<u>النصف اتوماتيك Semi–Automatic :</u>**تعتبر مثل النظام الاتوماتيك ولها كافة خصائصة مع اختلاف بدء تشغيل العمل (عادة يكون بتأثير من المشغل ) وتعمل على تنفيذ كافة الخطوات الداخلية بنفس التتابع الاتوماتيك ولاتعيد تشغيل نفسها ذاتيا (مثل تشغيل برنامج الغسيل للمرشحات اجباريا بدون تحقيق شروط الغسيل _ امر اجبارى عن طريق المشغل حتى يتم تشغيل كافة الخطوات بنفس تتابع الاتوماتيك) وعند الانتهاء من عملية الغسيل العكسى لا يعمل ذاتيا مرة اخرى , (بدء العملية اليا عن طريق المشغل – تنفيذ الخطوات بالتتابع – الانتهاء من العمليه – لايتم البدء ذاتيا)

**<u>الاتوماتيك بالكامل Full Automatic :</u>**مثل النظام الاتوماتيك (بدء العملية بدون تدخل المشغل – تنفيذ الخطوات بالتتابع – الانتهاء من العمليه – اعادة البدء ذاتيا) ولكن تتأثر بالانظمة الاتوماتيك المحيطة مثل تأثير عدد طلمبات المياه العكرة على عدد الفلاتر الموجوده فى الخدمة وتعمل اتوماتيك ) اكثر شموليه لكافة عمليات التحكم فى المحطة وكل مكونات المحطة تتأثر ببعضها اليا.

عند تطبيق نظام التحكم والمراقبة (Local SCADA)على الانظمة التى تعمل اتوماتيكياAutomatic بكافة انواعها داخل المحطة , فانه يتم استخدام كافة مميزات نظام الاسكادا للمراقبة او التحكم الاشرافى وتسجيل البيانات واعداد الرسومات والتقارير ويقوم النظام بضبط كافة الاعدادات الخاصة بجميع الوحدات

من بعد. وهنا نجد الفرق الكبير داخل المحطة بين نظام الاسكادا وامكانياته الكبيرة ونظام الـ MIMIC وامكانياته الضعيفة.

ونجد ان نظام الاسكادا فى هذا النوع الاتوماتيكى يساعد بشكل فعال فى تحليل الاخطاء لانه يستطيع استرجاع كافة الاحداث والانذارات والبيانات التى تم تسجيلها , بالاضافة الى امكانية مقارنة ومعاينة كافة الاشارات معا فى نفس وقت حدوثها ( مثل طريقة المحاكاة للمشكلة قبل واثناء وبعد حدوثها فى شكل قيم values ورسومات trends ).

على سبيل المثال يمكن تحليل سبب احتراق ملفات المحرك الكهربى فى وقت ما او يستخدم بشكل اخر فى معرفة كفاءة المضخات على فترات زمنية مختلفة .

**" كلما كانت الاسكادا قادرة على التعامل مع العديد من الاشارات كلما زادت قيمة الاستفادة منها."**

وعندما يتم استخدام نظام التحكم والمراقبة (SCADA) على نطاق جغرافى كبير ومتباعد يكون استخدام وحدات الـ PLC اكثر داخل النظام , وذلك لاستخدامة فى كافة تفاصيل عملية التحكم بالاضافة الى تجميع ونقل البيانات عبر وسائل الاتصال , فى هذه الحالة يكون PLC مناسب للتحكم و تجميع البيانات وارسالها لغرفة التحكم المركزيه.

**تنقسم انظمة التحكم من حيث مكونات بنية النظام Control System Structure الى الاتى:-**

- انظمة التحكم التقليدية Classic Control System
- التحكم المنطقى المبرمج Programmable Logic Controller (PLC)

**انظمة التحكم التقليدية Classic Control System**

عبارة عن مكونات مادية مثل (الازرار Push Buttons , المفاتيح Selectors, المرحلات Relays , المؤقتات Timers , العدادات Counters.....الخ).والـ Process Logic عن طريق اسلاك متداخلة مع المكونات( ويكون شكل الدوائر متداخلة معا).

يستطيع تنفيذ العمليات المنطقية Logical Operation البسيطة مثل ( AND & OR & Timing and Counting Process)

تعتبر صيانة الدوائر الكهربية لانظمة التحكم التقليدية صعبة للغاية خاصة عند استخدام المؤقتات الزمنية والعدادات , وأحيانا يكون بناء دائرة التحكم من جديد أسهل بكثير من صيانتها , (ويتم عمل البرنامج Process Logic باستخدام الاسلاك المتداخلة مع المكونات وعند حدوث قطع او اختلاف فى الاسلاك يتغير البرنامج Process Logic).غالبا يتم الصيانة والدائرة فى حالة تشغيل On-Line Test. وتكون جميع الدوائر متداخلة وغير واضحة من حيث البداية والنهاية والشروط البينية, وايضا التعديل فى الدائرة صعب للغايه.(لان البرنامج عبارة عن مجموعة توصيلات "أسلاك" متداخلة بين كافة المكونات), كما ان التوسع المستقبلى له بعض المعوقات مثل الاحتياج الدائم لمساحات فارغة داخل اللوحة لتركيب وتوصيل وحدات اخرى او اضافة لوحات كامله اخرى وايضا من الصعب تعديل السلوك لتنفيذ عملية التوسع، و يتم عمل التطبيقات البسيطة باستخدام دوائر التحكم الالى الكلاسيكى Classic Control , وكلما زادت التطبيقات وكبر حجمها بشرط ان تكون كافة الدوائر بها متداخلة وتعمل اتوماتيكيا فان دوائر التحكم الالى الكلاسيكى تكون غير مناسبة .

وعند تطبيق انظمة الاسكادا (Local SCADA) على هذا النوع من انظمة التحكم التى تعتمد على بنية التحكم التقليدى Classic control system فانه لايمكن نقل الاشارات الى نظام الاسكادا مباشرة , لذلك يلزم استخدام وحدات مثل الـ PLC او RTU أو Remote I/O لتجميع الاشارات وارسالها الى نظام التحكم والمراقبة SCADA .ولكن هذا التكوين للنظام ربما يكون غير متناسق لذا يتم استخدام دوائر الـ Classic control فى نمط التشغيل اليدوىManual Operation ونقل النمط الاتوماتيكى Automatic Operation الى وحدة الـ PLC.

**التحكم المنطقى المبرمج(Programmable Logic Controller (PLC**

الحاكمات المنطقية المبرمجة Programmable Logic Controller PLC من اهم مكونات انظمة التحكم المستخدمة فى البيئة الصناعية والتى تقوم بعملية التحكم الالى فى الماكينات والمعدات.

يتكون من وحدات ادخال Input Module ووحدات اخراج Output Module ووحدة المعالجة CPU ووحدات اتصال Communication Module, ووحدة الذاكرة Memory Unit (RAM & ROM)

يستطيع PLC تنفيذ كافة العمليات المنطقية Logical Operation والحسابية Arithmetic Operation والتعامل مع البيانات Data Processing.....الخ

وتتميز شكل الدوائر فى اللوحات التى تعتمد على الحاكمات المنطقية المبرمجة PLC بأنها منتظمة ومكررة. لذلك تكون صيانة الدائرة الكهربية بسيط , كما ان كافة وحدات الادخال والإخراج عليها لمبات بيان ويمكن استخدام الفحص بالعين المجردة مباشرة , ويتم عمل الصيانة باستخدام اجهزة الحاسب اللتى تتصل مباشرة بوحدات التحكم المبرمج PLC , كما ان جميع الدوائر الكهربية متشابهة ومكررة ومعزولة عن بعضها (لها بداية ونهاية واضحة) .

(يتم عمل البرنامج Process Logic باستخدام البرامج Software وعند القطع فى الاسلاك الخارجية لايتغير البرنامج ويظل ثابتا كما تم تنفيذه من قبل دون تغيير).

اما بالنسبة للتعديل فانه سهل بشرط وجود البرامج مفتوحة المصدر Source Code للتطبيق اى قابل للتعديل Editable (لان البرنامج عبارة عن Software), وغير ذلك لا يمكن التعديل.لذلك فان عملية التوسع مرتبطة بامكانية التعديل من عدمة بالاضافة الى امكانيات الـ HARDWARE .

كلما زادت التطبيقات وكبر حجمها بشرط ان تكون كافة الدوائر بها متداخلة وتعمل اتوماتيكيا فان دوائر التحكم الالى الكلاسيكى تكون غير مناسبة ,ولذلك فانه من المناسب استخدام وحدات التحكم المنطقى المبرمج PLC للسيطرة على هذه التطبيقات.

التطبيقات البسيطة والصغيرة : تكون تكلفة وحدات الـ PLC عالية الثمن واحيانا لا تتناسب مع حجم التطبيق

عند عمل دائرة تحكم تشغيل موتور (Star–Delta) باستخدام وحدات التحكم المبرمجة PLC نجد ان التكلفة النسبية اكبر مايمكن وذلك بسب سهولة العملية وامكانية عملها بدوائر التحكم الكلاسيكى بسهولة كبيرة

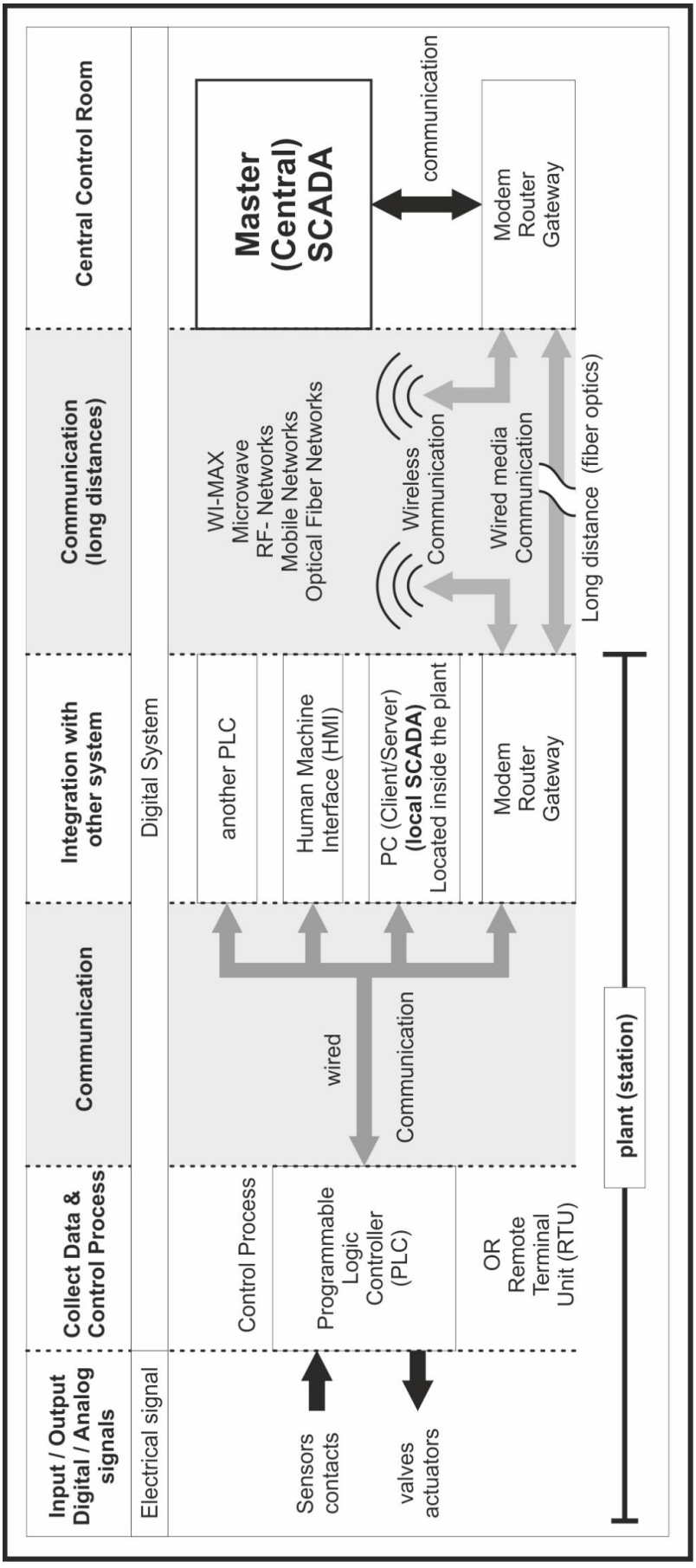
التطبيقات المتوسطة والكبيرة : كلما زاد حجم التطبيق وزادت العمليات المعقدة به كلما زاد حجم وحدات الـ PLC (بمعنى انه يزيد كلا من المعالج ووحدات الاداخال والاخراج وطريقة الاتصال ... الخ) بذلك تزيد التكلفة المادية. ولكن بمقارنته بدوائر التحكم الكلاسيكى فانه تكلفته مناسبة واعلى جودة

وعند تطبيق انظمة الاسكادا (Local or central SCADA) على هذا النوع من انظمة التحكم التى تعتمد على بنية التحكم المبرمج PLC فانه يتم نقل الاشارات الى نظام الاسكادا مباشرة بكل سهولة عن طريق منافذ الاتصال Digital Communication المتاحة فى وحدة التحكم المبرمج PLC .

## مكونات نظام الاسكادا

1. مصادر الاشارات والمعلومات الموجودة بالموقع(Digital & Analog signals) .
2. وحدات تجميع البيانات ووضعها على قنوات االتصالPACs, PLCs ,RTUs .
3. نظام الاتصال المستخدم لنقل البيانات system Communication .
4. وحدة التحكم الرئيسية Master station حيث يتم معالجة وعرض البيانات.

وقد تتصل الاسكادا بأجهزة خادمة على المستوى المؤسسي Level Enterprise حيث تنقل البيانات الهامة من منظومة الاسكادا لتدخل في منظومة عمل المؤسسة ككل مثل الحسابات التجارية وانظمة التحليل الهيدروليكى و الخط الساخن وغيرها.


Central Control Room
Communication (long distances)
Integration with other system
Communication
Collect Data & Control Process
Input / Output Digital / Analog signals
Digital System
Electrical signal
Master (Central) SCADA
communication
Modem Router Gateway
WI-MAX
Microwave
RF- Networks
Mobile Networks
Optical Fiber Networks
Wireless Communication
Wired media Communication
Long distance (fiber optics)
another PLC
Human Machine Interface (HMI)
PC (Client/Server) (local SCADA) Located inside the plant
Modem Router Gateway
wired
Communication
Control Process
Programmable Logic Controller (PLC)
OR Remote Terminal Unit (RTU)
Sensors contacts
valves actuators
plant (station)

يوضح الشكل السابق كيفية انتقال قيم وحالات الاشارات من مصادرها فى الوقع حتى يتم عرضها على نظام التحكم والمراقبة الاسكادا

الاشارات الحقلية **Field signals**

الاشارات الحقلية من النوع الـ Digital أو Analog هى المصدر الاساسى لبيانات نظام الاسكاد ، ونظام التحكم والمراقبة هو الذى يقوم بتخزين قيم هذه الاشارات وعرضها ويقوم بتسجيل الانذارات والاحداث اثناء تشغيل العملية الصناعية ، وبناءا على تلك الاشارات يمكن تقييم اداء الوحدات والعمليات وتتبع الاعطال .

عدد الاشارات التى يتم توصيلها على نظام الاسكاد هو الذى يجعل النظام قادرا على تحديد اماكن الاعطال وكيفية اصلاحها وضبط وتقييم اداء الوحدات وتنظيم العمليات الصناعية المختلفة بالموقع.

**" كلما كانت الاسكادا قادرة على التعامل مع العديد من الاشارات كلما ذادت قيمة الاستفادة منها"**

**الاشارات المنطقية** (Discrete\Digital Signal)

الاشارات الرقمية هى الاشارة التى تكون قيمتها 0 او 1 فقط . وبمعنى اخر تشير الى وجود جهد التحكم ويتم تمثيلها بقيمة (واحد) اوعدم وجود جهد التحكم ويتم تمثيلها بقيمة (صفر) ان تعبر عن حالة ما True or False.

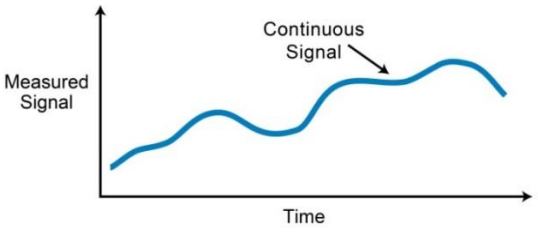
الاشارات المنطقية (Digital signals) والتى يتم الحصول عليها مكونات دوائر التحكم (مثل relay , contactors , pressure switch, flow switch , auxiliary contacts ...الخ)

**الاشارات التناظرية (Analog Signal)**

هى الاشارات التى تتغير قيمتها مع مرور الزمن ويتم التعبير عنها كقيمة قميةValue وليس حالة True or false مثل قيمة الجهد او الضغط او المنسوب او التصرف ...الخ

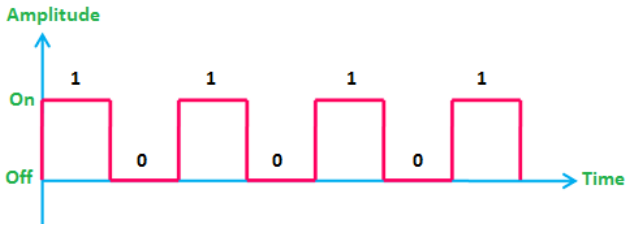
Analog signal is a continuous signal in which one time-varying quantity (such as voltage, pressure, etc.) represents another time-based variable.

الاشارات التناظرية (Analog signals) والتى يتم الحصول علىها من اجهزة القياس (مثل اجهزة قياس الضغط , المنسوب ، التصرف ، الاس الهيدروجبنى ، العكارة , الكلور المتبقى , الاكسجين المذاب ...الخ)




Variable Value(Rang Min-Max) For each time

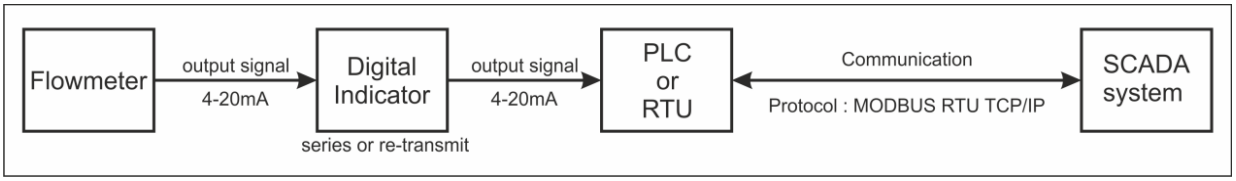
Analog Signal




Constant Vale(0,1) for each time

Discrete\Digital Signal

**<u>يتم توصيل الاشارات الحقلية المتنوعة على وحدة التحكم او وحدات تجميع البيانات</u>** لتقوم بتحويلها من الشكل الكهربى الى اشارات ومتغيرات رقمية يمكن تبادل عن طريق قنوات الاتصالات المتنوعة.

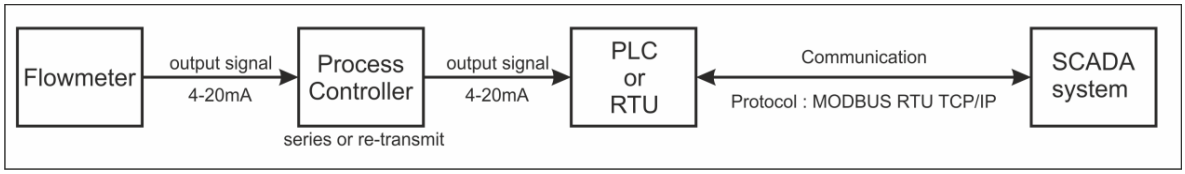



يوضح الشكل رقم (1) انتقال اشارة خرج أجهزة القياس (جهاز قياس التصرف) من النوع الانالوج 4-20mA الى المبين الرقمى Digital indicator الذى المستخدم فى عرض القيمة على Motor Control Center (MCC) أو Local Control Panel (LCP) , ثم انتقال الاشارة الكهربية من المبين الرقمى 4-20mA الى وحدة PLC or RTU وتقوم هذه الوحدات بوضع قيمة الاشارة على قنوات الاتصال Communication channel ، وكما بالرسم تم استخدام برتوكول MODBUS RTU على شبكة الاتصال سواء كانت سلكية Ethernet او لاسلكية Wireless حتى نظام الاسكادا (Central SCADA).

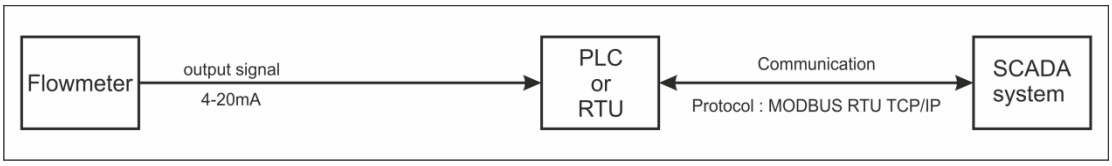
تم استخدام المبين الرقمى Digital Indicator فى هذه الحالة لعرض الاشارة فى مكان مختلف على اعتبار ما يلى :

- جهاز القياس ليس به شاشة عرض display .

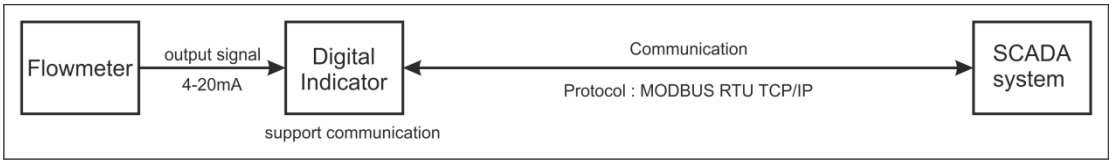
- عرض القراءة فى مكان اخر لان مكان جهاز القياس بعيد او المشغل لايمكنه رؤية القراءة بسهولة.
- عدم وجود شاشة تحكم HMI بالقرب من المشغل لرؤية القراءة , او عدم وجود شاشة تحكم بالنظام.
- تم الاستخدام للحصول على اشارات digital signal – Auxiliary contacts عند قيم محددة يتم ضبطها ، حتى يتم تشغيل عملية التحكم بدون الاعتماد على وحدات التحكم PLC
- تم الاستخدام حسب فلسفة التحكم ومتطلبات المشروع.



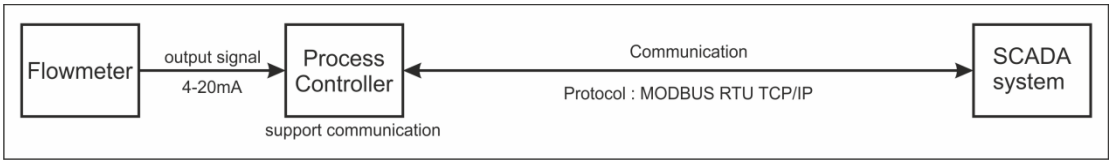

يوضح الشكل رقم (2) انتقال الاشارة من الحقل Field الى نظام الاسكادا وهو نفسه الشكل رقم (1) , ولكن تم استخدام Process Controller وذلك لان هذه الاشارة تستخدم للتحكم فى عملية صناعية ما (مثلا فى النظام اليدوى او النصف اتوماتيك ) وتم انتقال الاشارة ايضا الى وحدة التحكم PLC لعمل نظام التحكم الاتوماتيك الكامل او المرتبط مع عمليات اخرى او يمكن استخدام وحدة التحكم PLC او RTU لعمل عمليات المراقبة فقط ويكون هذا حسب التصميم المطلوب. كما يقوم Process Controller ايضا فى عرض قيمة الاشارة على MCC او LCP .



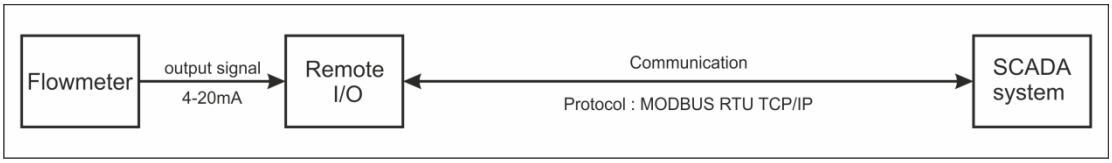

يوضح الشكل رقم (3) انتقال الاشارة من الحقل Field الى نظام الاسكادا عن طريق PLC او وحدة RTU فقط .



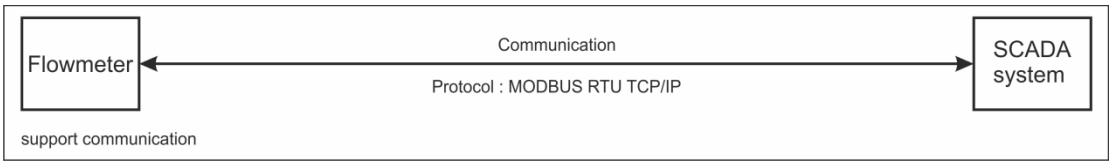

يوضح الشكل رقم (4) انتقال الاشارة من الحقل Field الى نظام الاسكادا والاتصال بدون استخدام وحدات تجميع البيانات PLC او RTU ويعمل الـ Digital indicator فى هذه الحالة مثل الاجهزة الالكترونية الذكية IED ، ولكن يجب مراعاة توحيد نظام الاتصال والبرتوكول المستخدم لنقل البيانات.




يوضح الشكل رقم (5) انتقال الاشارة من الحقل Field الى نظام الاسكادا مثل الشكل رقم (4) ولكن باستخدام متحكم العمليات Process Controller .



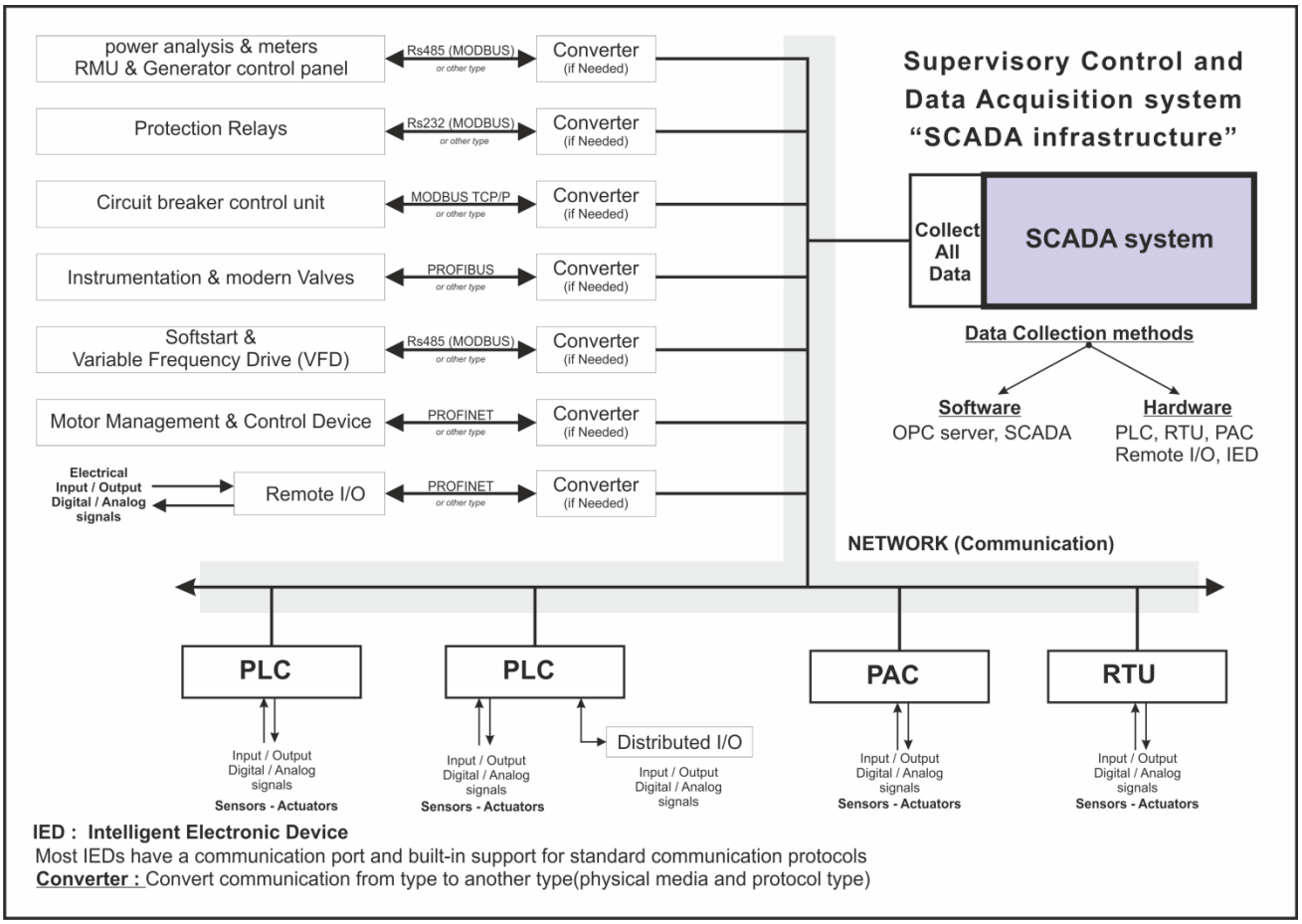

يوضح الشكل رقم (6) انتقال الاشارة من الحقل Field الى نظام الاسكاد ، تم استخدام وحدات Remote I/O والتى تعمل على استقبال اشارات كهربية Digital/Analog signals وارسالها على قنوات اتصال Communication وهنا لايتم استخدام PLC او RTU ، وتعتبر وحدات Remote I/O من وحدات تجميع البيانات المستخدمة فى انظمة الاسكادا.




يوضح الشكل رقم (7) انتقال الاشارة مباشرة من الحقل Field الى نظام الاسكادا مباشرة ، ويلزم ان يكون جهاز القياس على تدعيم عملية الاتصال Communication ، ولكن يجب مراعاة توحيد نظام الاتصال والبرتوكول المستخدم لنقل البيانات.

## وحدات تجميع البيانات **Data acquisition units**

تقوم بتحول الاشارات من الشكل الكهربى Electrical Signal الى قيم ومتغيرات داخل الذاكرة Digital system – binary form والتى يمكن نقلها عبر قنوات الاتصالات ، وهذه الوحدة تسمى اللوحدة الطرفية البعيدة Remote terminal units (RTU). كما يمكن استخدام الحاكمات المنطقية المبرمجة PLC . ومن هذه الوحدة الطرفية تخرج قناة اتصال Communication channel تحمل كل البيانات المطلوبة ونقلها الى مكان اخر. كما يمكن الحصول على البيانات من خلال الاجهزة الالكترونية الذكية Intelligent Electronic Device (IED) التى تدعم نقل بياناتها عن طريق قنوات الاتصالات المختلفة.




وحدات تجميع البيانات المستخدمة مع انظمة التحكم والمراقبة

- وحدات الحاكمات المنطقية القابلة للبرمجة Programmable Logic Controller (PLC)
- الوحدات الطرفية البعيدة Remote Terminal Unit (RTU)

- وحدات الادخال والاخراج البعيدة Remote Input / output signals – Remote I/O
- الاجهزة الالكترونية الذكية Intelligent Electronic Device (IED)

**وحدات الحاكمات المنطقية القابلة للبرمجة Programmable Logic Controller (PLC)**

الحاكمات المنطقية المبرمجة Programmable Logic Controller PLC من اهم مكونات انظمة التحكم المستخدمة فى البيئة الصناعية والتى تقوم بعملية التحكم الالى فى الماكينات والمعدات , كما ذكرنا سابقا

تقوم وحدات الـ PLC بعمليات التحكم الصناعية , كما انها تقوم بارسال واستقبال البيانات لنظام الاسكادا

يتكون الـ PLC من الاتى :-

- مصدر التغذية Power supply
- المعالج Processor
- وحدات الذاكرة Memory
- وحدات الادخال Input Module
- وحدات الاخراج Output Module
- وحدات الاتصال Communication

انواع الحاكمات البرمجية القابلة للبرمجة PLC

**Fixed (entity) / Compact type**

Single unit (all in one)

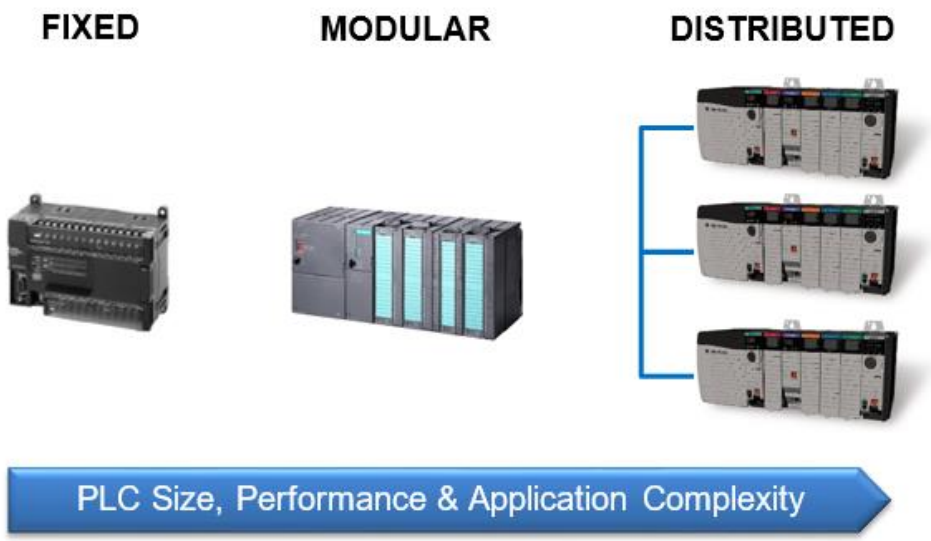
Small number of I/O

**Modular type**

Separate I/O CPU CP “module type” can add I/O, change or update

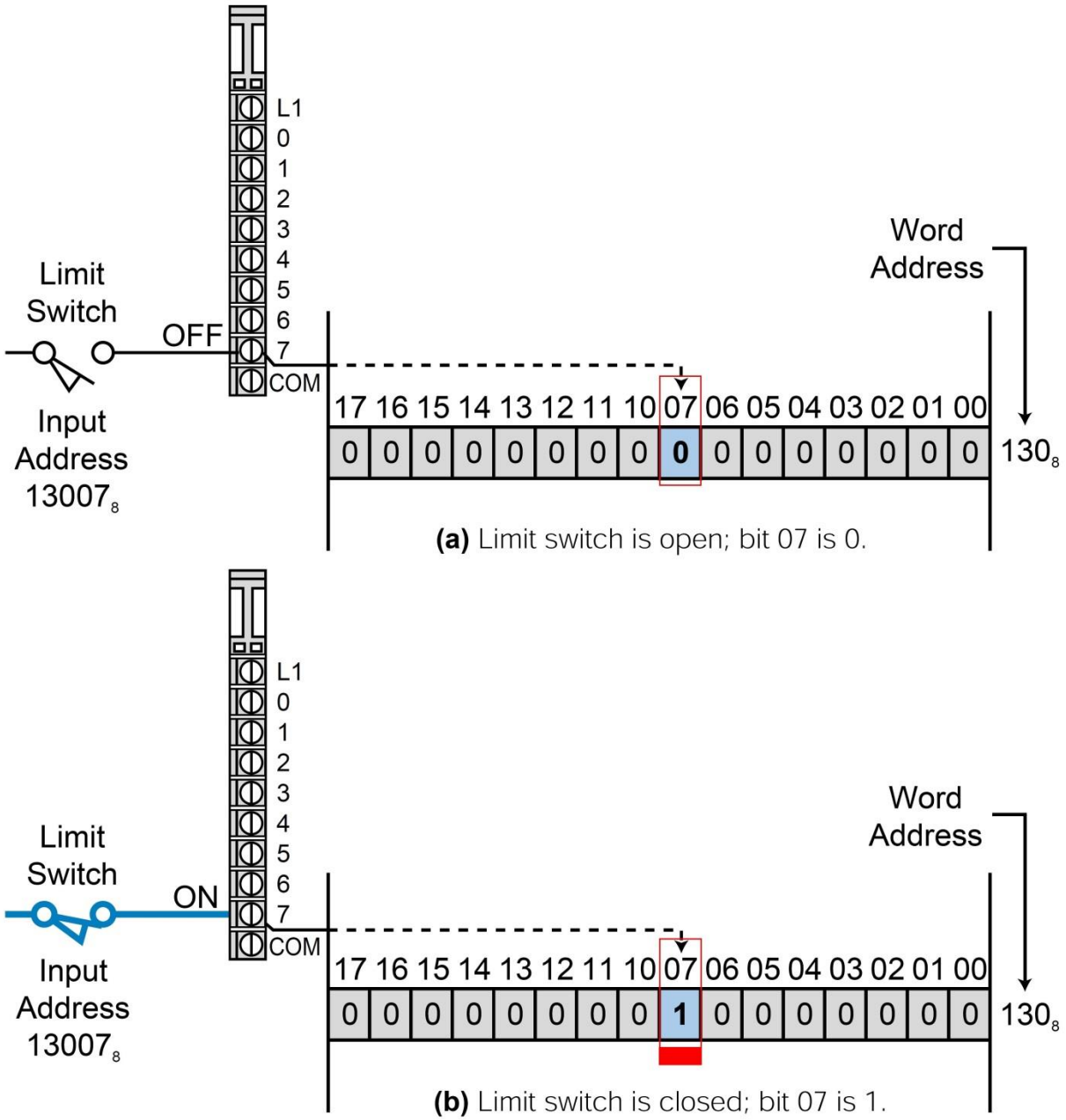
**Rack/Distributed type**

Same as Modular, support up to thousands I/O


FIXED
MODULAR
DISTRIBUTED
PLC Size, Performance & Application Complexity

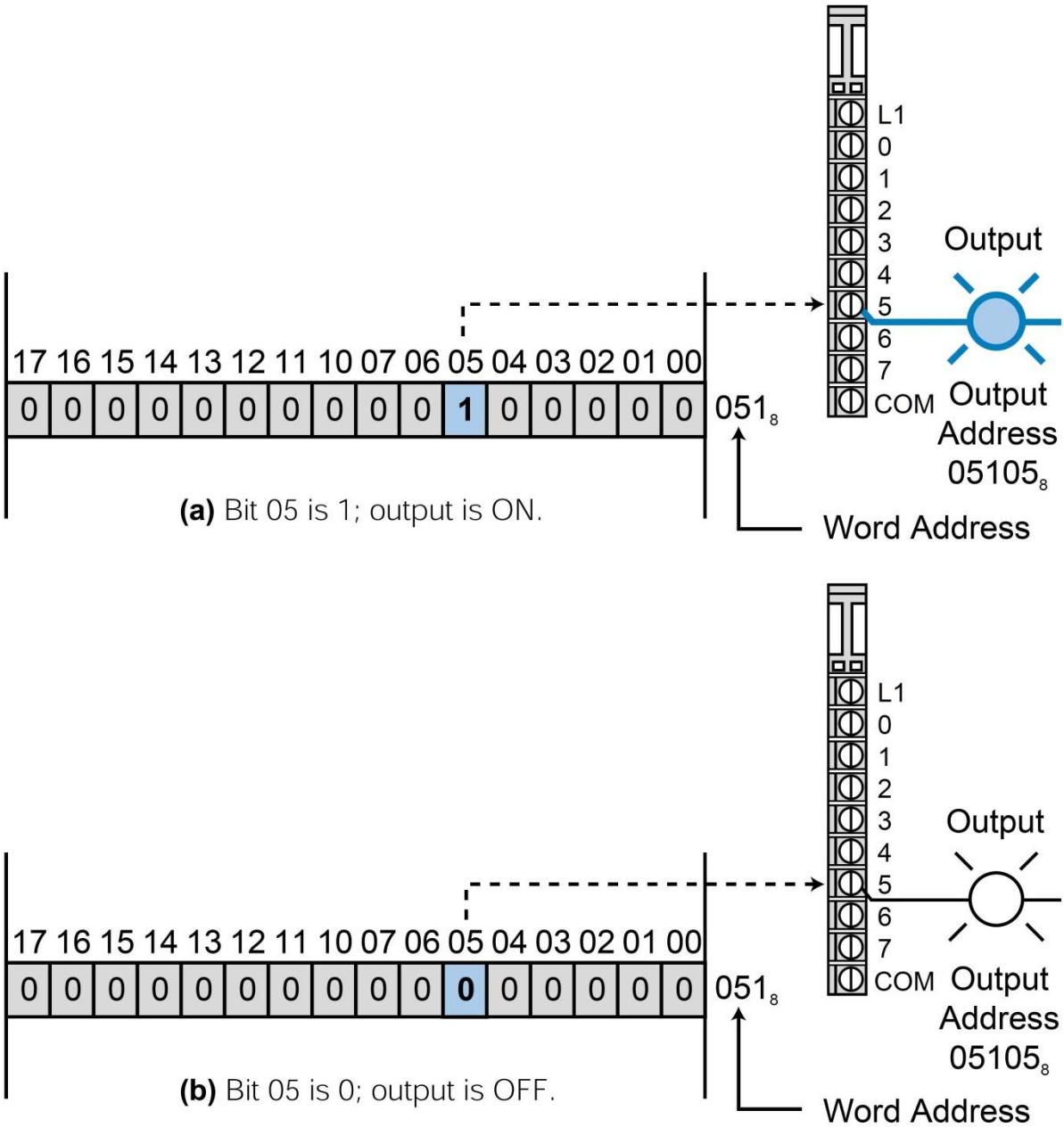
## وحدات الادخال والاخراج Input & output Module

### وحدات ادخال الاشارات الديجيتال Digital Input Module (DI)



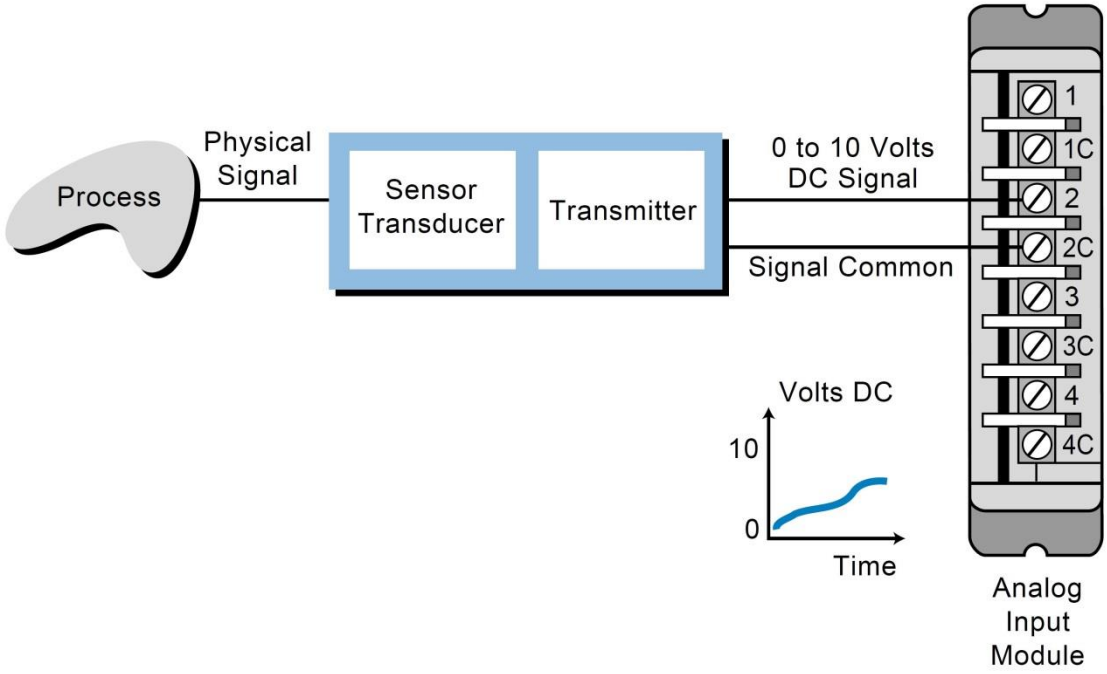

Limit switch connected to a bit in the input table.

## وحدات اخراج الاشارات الديجيتال Digital Output Module (DO)

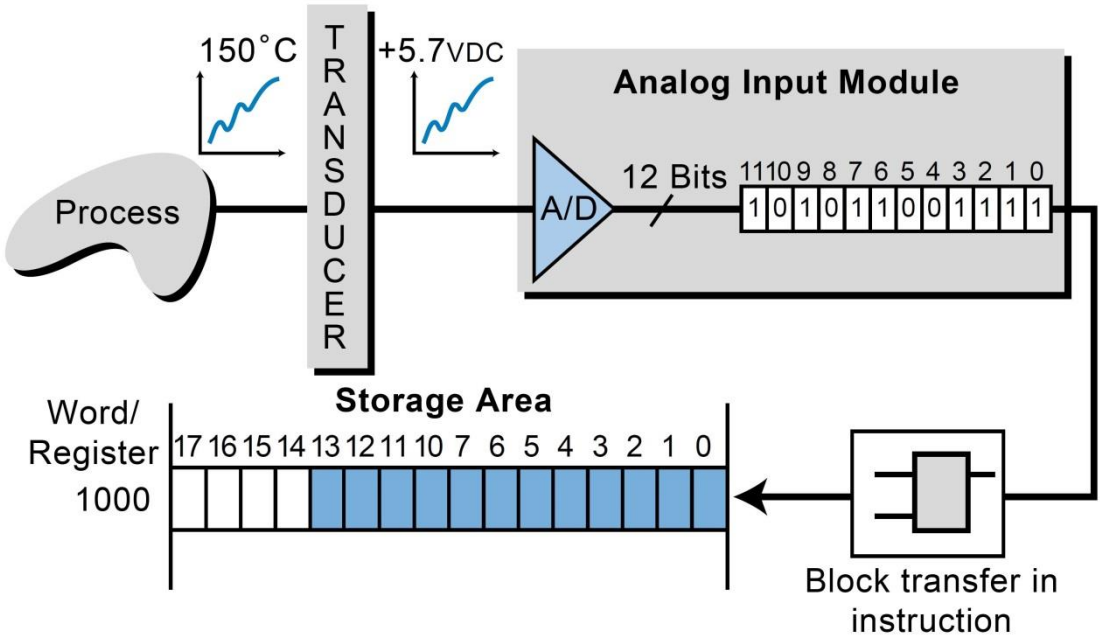



Field output connected to a bit in the output table.

## وحدات ادخال الاشارات التناظرية Analog Input Module (AI)

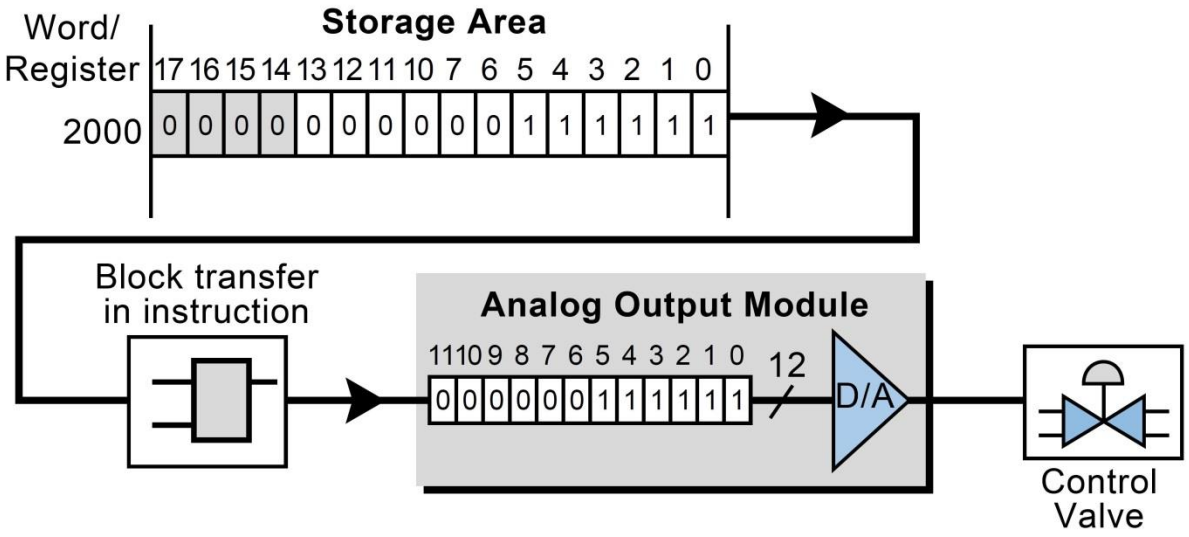



Conversion of an analog signal by a transmitter and transducer.



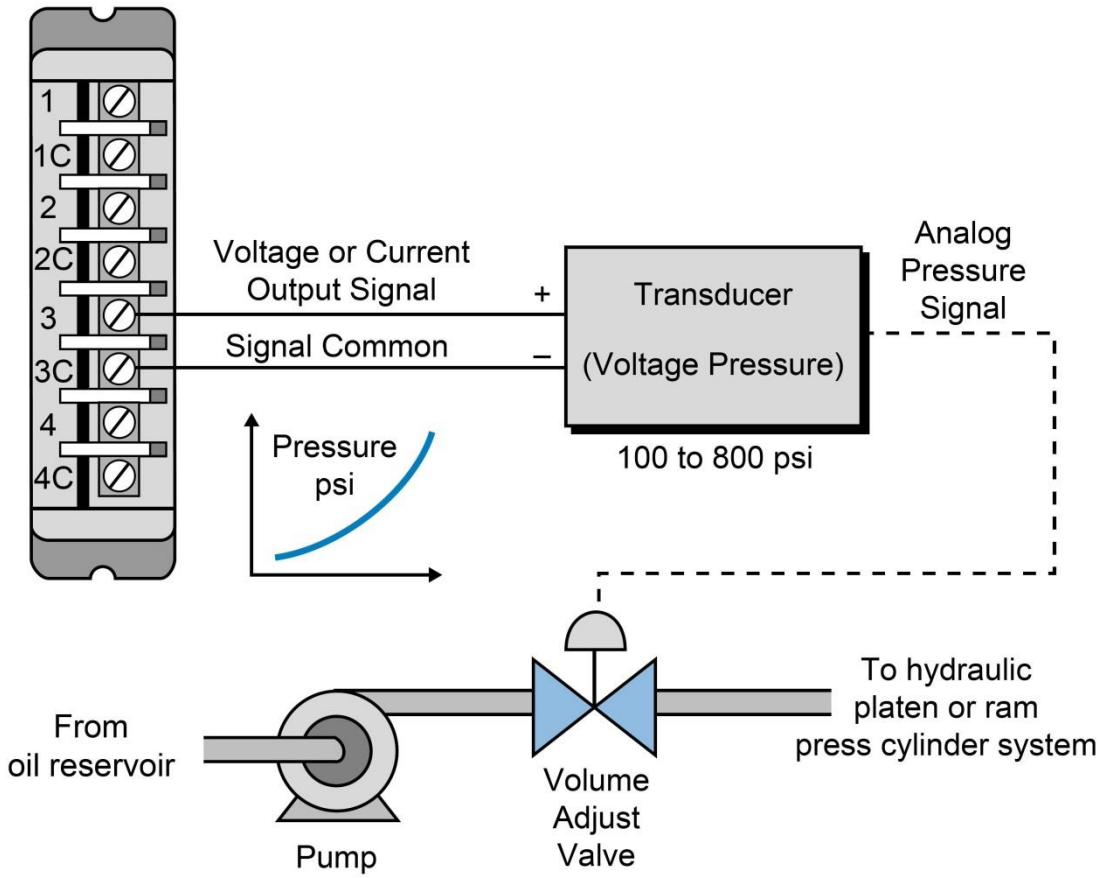

Multibit instruction.

**وحدات اخراج الاشارات التناظرية Analog Output Module (AO)**




| Decimal | Binary | |
|---|---|---|
| 0 | 0000 0000 0000 | Valve Closed |
| 4095 | 1111 1111 1111 | Full Open |

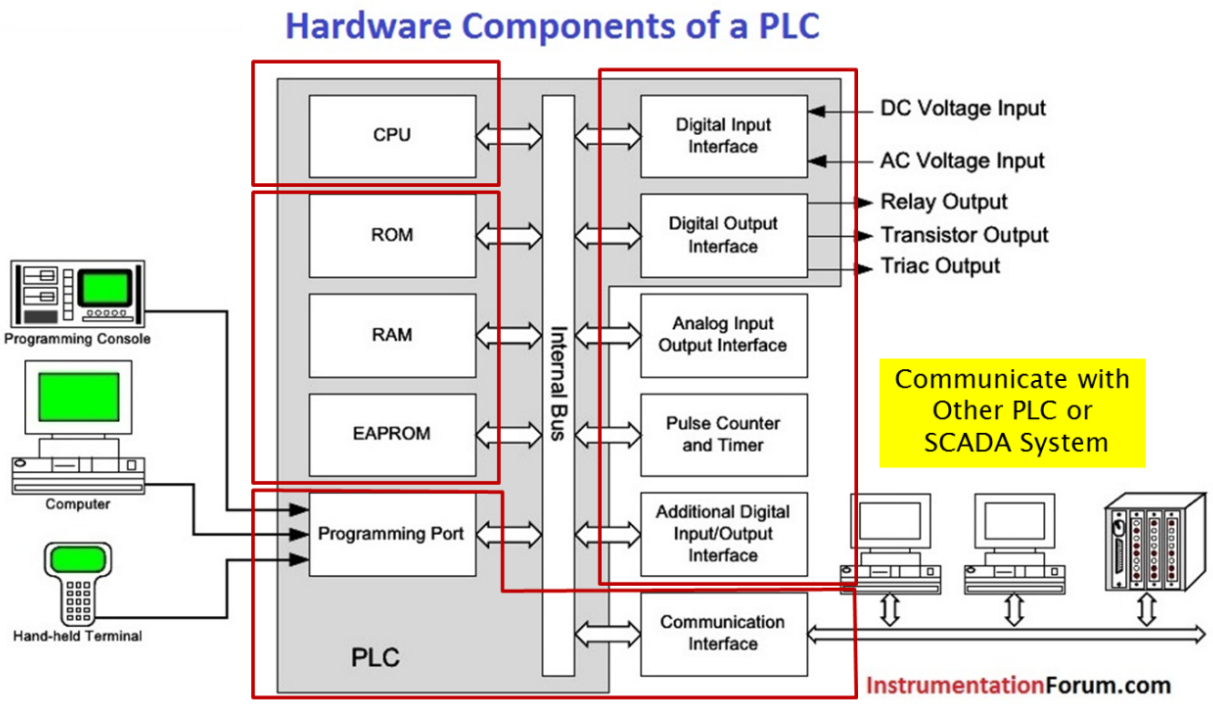
Block transfer of register contents to an analog output module.




Representation of a volume adjust valve.

لغات البرمجة المستخدمة مع PLC هى :-

- Ladder Diagram (LD)
- Function Block Diagram (FBD)
- Sequential Function Chart (SFC)
- Structure Text (ST)




**الوحدات الطرفية Remote Terminal Unit (RTU)**

عبارة عن وحدة الكترونية يتم التحكم فيه بواسطة معالج دقيق Microprocessor-Controlled device , تقوم بتجميع البيانات من مصادرها الاساسية (الاشارات الديجيتال والانالوج ) وارسالها الى نظام التحكم والمراقبة SCADA او انظمة التحكم الموزعة DCS .عن طريق وسائل الاتصال المدمجة بها ,

هذه الوحدات تعمل على تجميع وتخزين وارسال البيانات (Monitoring function) اكثر من اهتمامها بعمليات التحكم (Control function) على الرغم من وجود بعض دوال التحكم البسيطة التى يمكن استخدامها .كما انها تدعم عمل كافة الاعدادات لها عن بعد .

تشبه RTUs في تركيبها كثيراً الحاكمات المنطقية المبرمجة PLC فهي تتكون من رف Rack ووحدة تغذية power supply وكروت اتصال Communications modules وكروت ادخال واخراج Input & output modules .

الفارق الرئيسي بين وحدات الـ RTUs ووحدات الـ PLCs هو أن المطلوب هو تجميع وارسال البيانات Monitoring function للوحدة المركزية Master station الخاصة بنظام التحكم والمراقبة SCADA بدون القيام بوظائف تحكم Control function وبالتالي فالوحدة الطرفية RTU عادةً لا يوجد بها وحدة معالجة مركزية( CPU وقد يوجد في بعض الطرازات المتقدمة وحدة تحكم لتجهيز وتخزين البيانات والتحكم في إرسالها وأحياناً قد يمكنها القيام ببعض وظائف التحكم البسيط)

كما يمكن استخدام وحدات الـRTU لتجميع البيانات من وحدات (Intelligent electronics device (IED عن طريق وسائل الاتصال ، ثم يتم ارسالها الى انظمة التحكم الموزعة DCS او انظمة التحكم والمراقبة SCADA.

A remote terminal unit (RTU) is a microprocessor-controlled electronic device that monitors and simple controls field devices which interfaces objects in the physical world to a distributed control system (DCS) or supervisory control and data acquisition (SCADA) system by transmitting telemetry data to a master system, and by using messages from the master supervisory system to control connected objects.

**RTU** stands for **Remote Terminal Unit**, sometimes also called Remote **Telemetry** Unit or Remote **Telecontrol** Unit.

**وهناك نوعين من الوحدات الطرفية البعيدة Remote Terminal Units**

**النوع الاول :- وحدة طرفية كاملة RTU device :** عبارة عن وحدة كامله مدمج بها كافة الوظائف التى تقوم بنقل البيانات وتدعم تخزين البيانات بالاضافة الى اهتمامها بقنوات الاتصال التى تكون دائما من ضمن ملحقاتها الاساسية

مثل : SIMATIC RTU300 , SICAM A8000 سيمينز ( يدعم كروت اداخال واخراج , يدعم مراقبة البيانات ، يدعم بيئة الاتصالات GPRS communication interface ) .

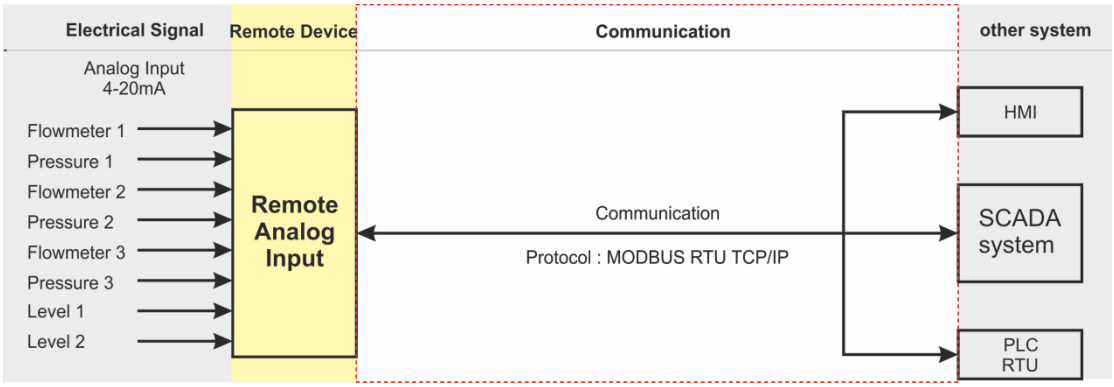
وهذه الوحدات قد توجد منفصلة Modular أو مدمجة Compact كما هو الحال مع الPLC ، ولكن الفارق الرئيسي هنا هو أن المطلوب هو فقط تجميع وارسال البيانات للوحدة المركزية للاسكادا بدون القيام بأي وظائف تحكم وبالتالي فالوحدة الطرفية RTU احيانا لا يوجد بها وحدة معالجة مركزية ( CPU وقد يوجد في بعض الطرازات المتقدمة وحدة تحكم لتجهيز وتخزين البيانات والتحكم في إرسالها وأحياناً قد يمكنها القيام ببعض وظائف التحكم البسيط).
الحاكمات القابلة للبرمجة PLC هى في الأصل وحدة تحكم ويمكنه القيام ببعض وظائف الاتصال البسيطة أما الوحدة الطرفية RTU فهي وحدة اتصال وقد تقوم أحياناً ببعض وظائف التحكم البسيطة.

**النوع الثانى :- لوحة مجمعة RTU Panel** : عبارة عن لوحة مجمعة من الوحدات مثل الـ PLC او IED واجهزة الاتصالات مثل GPRS gateway / Router ويتم تجميعهم معا لكى تقوم وحدات الـ PLC بتجميع البيانات من مصادرها الاساسية , ويتم عمل قنوات اتصالات بين الـ PLC والـ communication interface ويتم برمجة وحدات الـ PLC لكى تقوم بعمل Monitoring function ، لكن من العيوب الاساسية لهذا النموذج (RTU panel) هو القدرة الضعيفة على اعمال تخزين واسترجاع البيانات Logging Data.

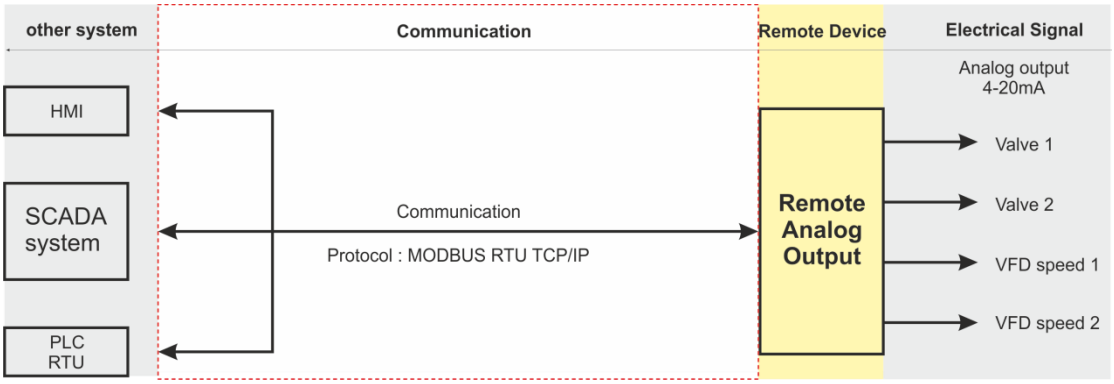
ملحوظة: قد تستخدم أحياناً وحدات طرفية RTU لتجميع البيانات و ارسالها لحاكم منطقي PLC مركزي كبير يتحكم في كل وظائف المحطة أو المصنع. وهذا الحاكم هو من يقوم بالإتصال بنظام التحكم والمراقبة SCADA .

**وحدات الادخال والاخراج البعيدة Remote input/output – Remote I/O**

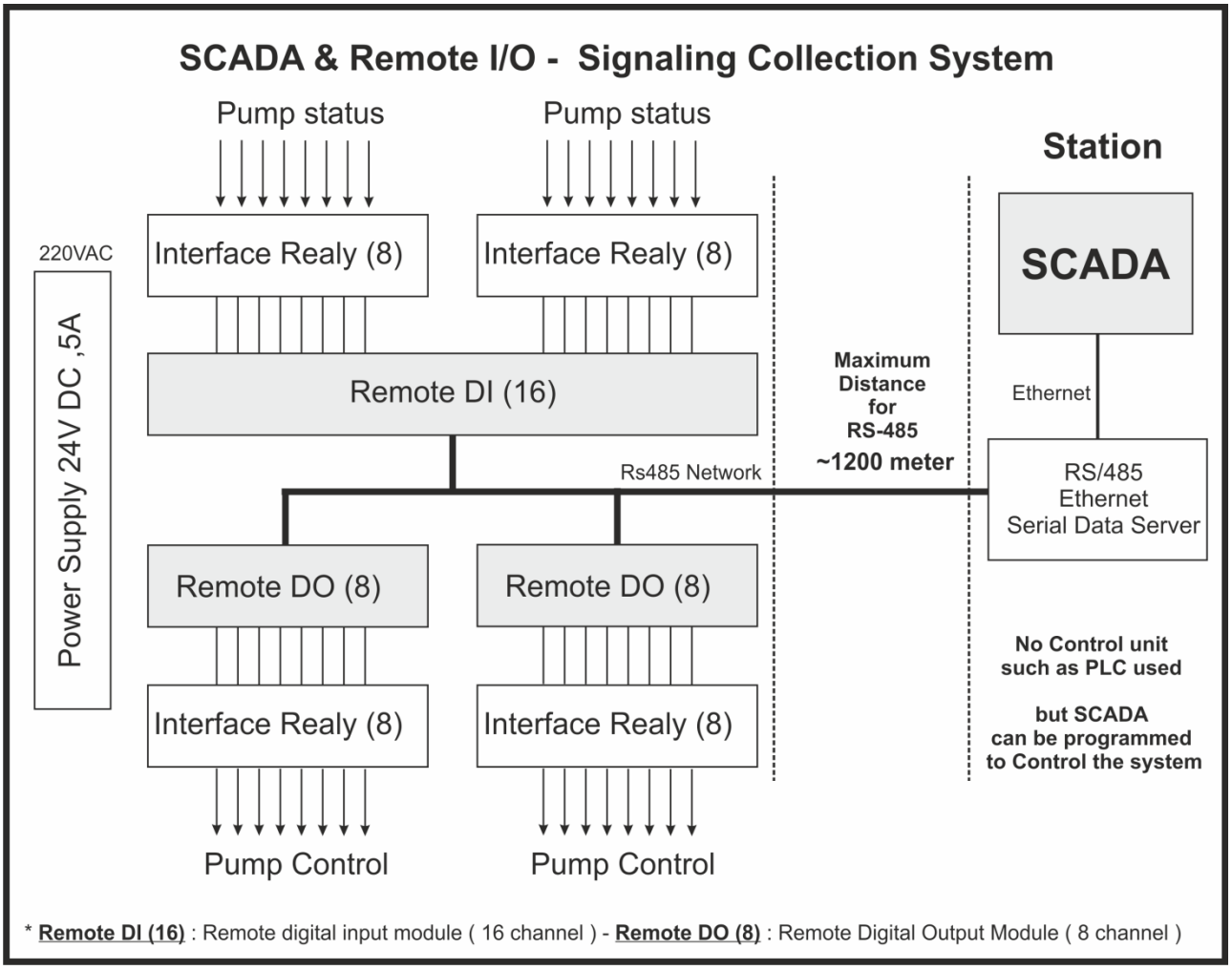
تستخدم هذه الوحدات لنقل حالات الاشارات الديجتال وقيم الاشارات الانالوج من او الى وحدات التحكم مثل PLC او الـ RTU او الى انظمة التحكم الموزعة DCS او انظمة التحكم والمراقبة SCADA باستخدام قنوات الاتصال Communication ، بمعنى اخر هى اجهزة تحول الاشارات الكهربية الى قيم يمكن نقلها باستخدام قنوات الاتصال والعكس.

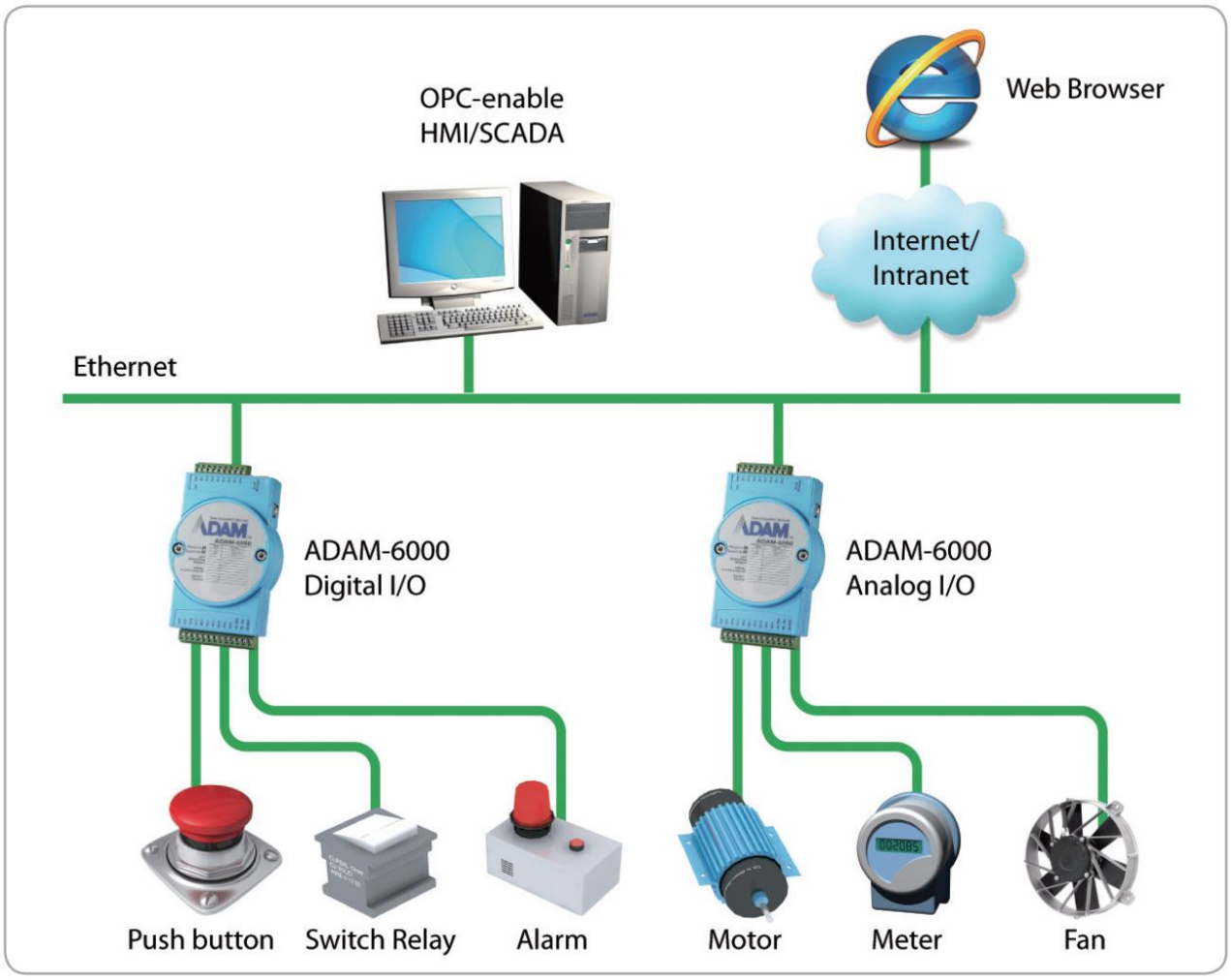



الشكل رقم (1) يوضح توصيل وحدة ادخال اشارات انالوج Remote Analog input (4-20mA) الى الانظمة المختلفة PLC , HMI , SCADA




الشكل رقم (2) يوضح استقبال وحدة الاشارات انالوج Remote Analog Output (4-20mA) قيم الاشارات من الانظمة المختلفة PLC , HMI , SCADA

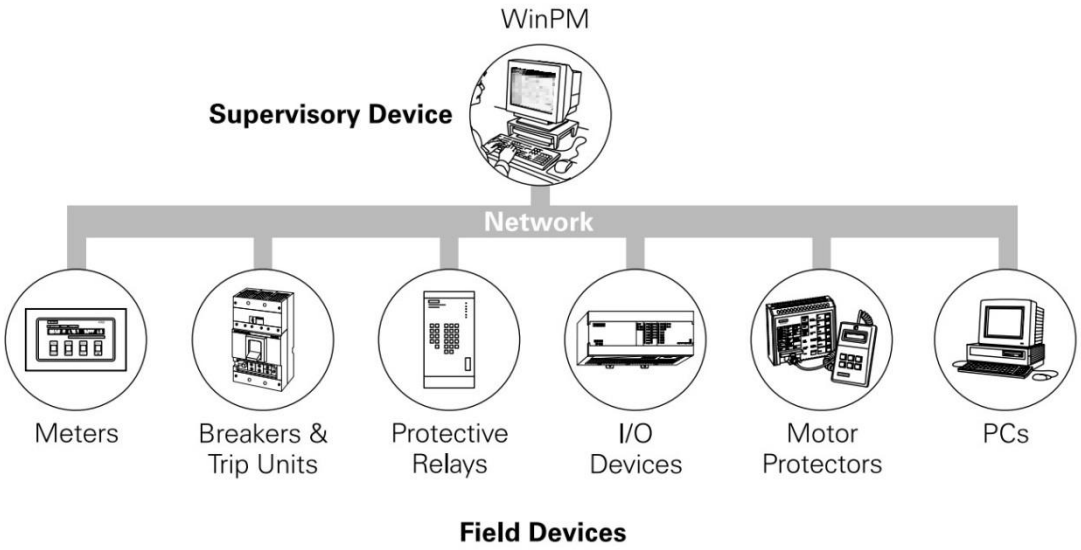

SCADA & Remote I/O - Signaling Collection System
Pump status
Pump status
Station
220VAC
Interface Realy (8)
Interface Realy (8)
SCADA
Power Supply 24V DC ,5A
Remote DI (16)
Maximum Distance for RS-485 ~1200 meter
Ethernet
Rs485 Network
RS/485 Ethernet Serial Data Server
Remote DO (8)
Remote DO (8)
No Control unit such as PLC used
but SCADA can be programmed to Control the system
Interface Realy (8)
Interface Realy (8)
Pump Control
Pump Control
* Remote DI (16) : Remote digital input module ( 16 channel ) - Remote DO (8) : Remote Digital Output Module ( 8 channel )

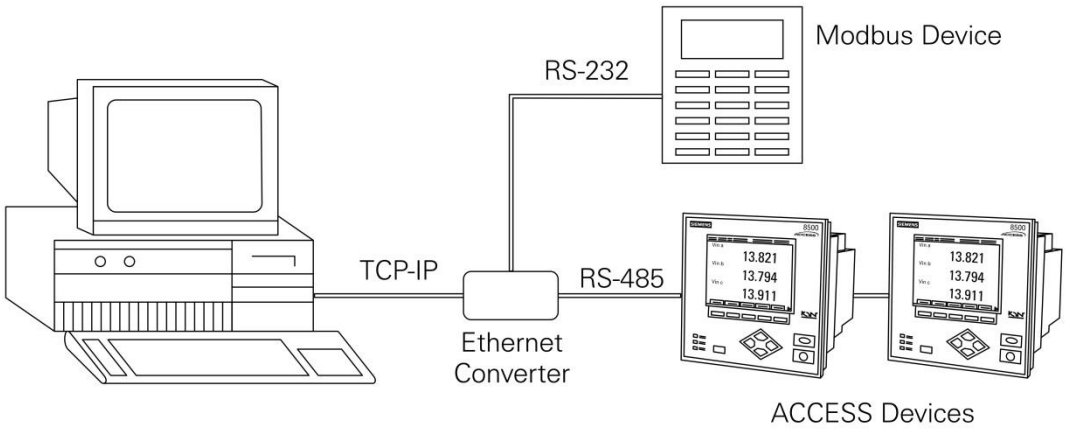



**الاجهزة الالكترونية الذكية Intelligent Electronic Devices (IED)**

عبارة عن اجهزة الكترونية تقوم بوظائف محددة مثل الحمايات الكهربية او مراقبة الطاقة ولها القدرة على مراقبة العمليات التى صممت من اجلها وتقوم بنقل كافة البيانات بالاتصال المباشر مع نظام الاسكادا.

IED, as it relates to the protection and power system automation industry, is a device that performs electrical protection functions, advanced local control intelligence, has the ability to monitor processes and can communicate directly to a SCADA system.



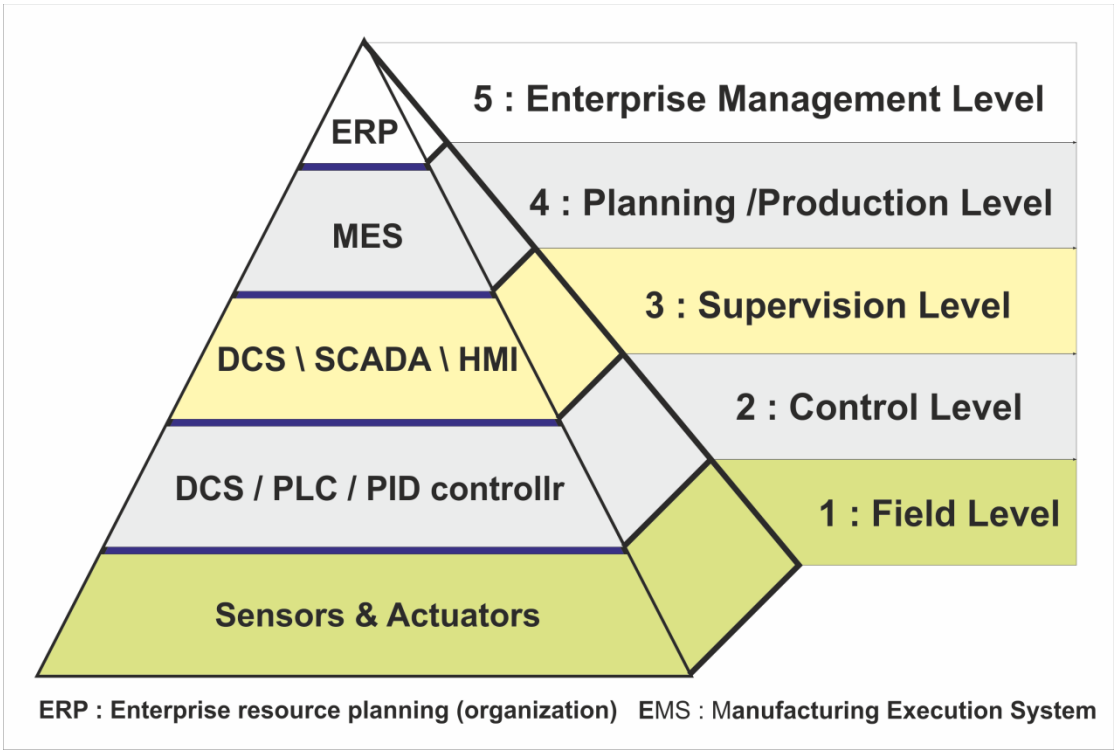




## ميزات نظام العمل مع الاجهزة اللالكترونية الذكية (IED)

- يتطلب عدد اقل من الاسلاك.لان جميع البيانات يتم نقلها عن طريق قنوات الاتصالات
- يمكن للمستخدم العامل الوصول الى مستوى الحساس في الشبكة.لان الاتصال مباشر
- تكون البيانات القادمة من الجهاز كبيرة وشاملة ويمكن ان تحتوي على الرقم المتسلسل Number Serial، قيمة القراءة، وجود اعطال، كذلك يمكن عمل معايرة Calibration من SCADA or DCS

## نظام الاتصال المستخدم لنقل البيانات Communication system

نظام الاسكادا هو بالأساس نظام للتحكم والمراقبة عن بعد Telemetry ، ونظام الاتصال بين مكونات بنية نظام الاسكادا وبعضها البعض متنوع ، لانه يتعامل مع العديد من مستويات الاتمتة الصناعية (المستوى الحقلى Field level , مستوى التحكم Control Level, مستوى المراقبة SCADA level, ومستوى الانتاج Production level,ومستوى المؤسسة Enterprise level) .




- الاتصال بين وحدات التحكم او المراقبة والشاشات الصناعية HMI
- الاتصال بين وحدات التحكم او المراقبه وبعضها البعض .
- الاتصال بين وحدات تجميع البيانات (PLC , RTU , PAC , IED , Remote I/O) وخادمات الاسكادا SCADA workstation servers
- الاتصال بين خوادم الاسكادا وبعضها البعض مثل Redundant SCADA system او OPC server and SCADA server
- الاتصال بين خوادم الاسكادا SCADA servers وخوادم التطبيقات المؤسسية الاخرى

**<u>ولاختيار طريقة الاتصال المناسبة يجب أن نراعي ما يلي:</u>**

عمل شبكة اتصالات مناسبة للبعد الجغرافى(المسافة ، طبيعة الارض ، التضاريس ، الموانع الطبيعية) للنقاط الطرفية remote terminal unit والاسكادا المركزية Central SCADA

شبكة سلكية wired network مثل الشبكات التى تعتمد على كابلات التوصيل النحاسية أو كابلات الياف ضوئية . وتستخدم تلك الشبكات فى نقل البيانات للمسافات الصغيرة نسبيا ، كما يمكن استخدام شبكات الالياف الضوئية على نطاق جغرافى كبير ولكن تكون التكلفة عالية.

شبكة لاسلكية wireless network مثل شبكات الواى ماكس WI-MAX , الميكروويف Microwave ، شبكات الراديو RF Network أو شبكات المحمول Mobile Network . وتستخدم تلك الشبكات فى نقل البيانات خاصة فى المسافات الكبيرة والتى لايمكن مد كابلات بين نقطتين فيها.

شبكة مختلطة Mixed network (wired & wireless)
شبكات يتم الخلط بين النوعين السابقين للتغلف على المسافات الكبيرة فى نقاط معية او التغلب على التضاريس الجغرافية والموانع الطبيعية فى تمديد الكابلات .

**معدل سرعة نقل البيانات Data Transfer rate**

يعتمد اختيار المعدل المناسب لسرعة نقل البيانات بين الوحدات المختلفة بالمنظومة على زمن استجابة العمليات Response time of Process "وهو الزمن اللازم لاستجابة النظام لاوامر التحكم أو المراقبة " ، ولذلك يتم وضع وحدات التحكم دائما فى اقرب مكان ممكن للمعدات والوحدات التى يتم التحكم فيها ، وايضا يعتمد على عدد قنوات الاتصال بهذه الوحدات ، كما يتم مراعاة معدل تحديث البيانات Data refresh/update rate – scan time rate خاصة بين الـ RTUs و Central SCADA .

وهذه السرعة ترتبط بالتطبيق ومدى سرعة تغيره فمثلاً مراقبة شبكة المياه او الصرف الصحي لا تتغير تغير يذكر خلال دقائق او عدة ثوانى ولن تكون بالسرعة المطلوبة لمراقبة شبكة الكهرباء التى تتغير في جزء من الثانية (ملي ثانية) .

ونجد ان اقصى معدل لسرعة نقل البيانات متاح وتكلفتة ومدى استمراريتة هو الذى يحدد نوع عملية التحكم سواء كانت تحكم كامل وتفصيلى للعملية الصانعية ( Process Logic & Parameters adjustment) أو تحكم اشرافى للعملية الصناعية( Enable/Disable process & Parameter Adjustment).

**كمية البيانات المطلوب نقلها وترتبط بعدد النقاط المطلوب مراقبتها والبيانات المطلوب نقلها لكل نقطة.**

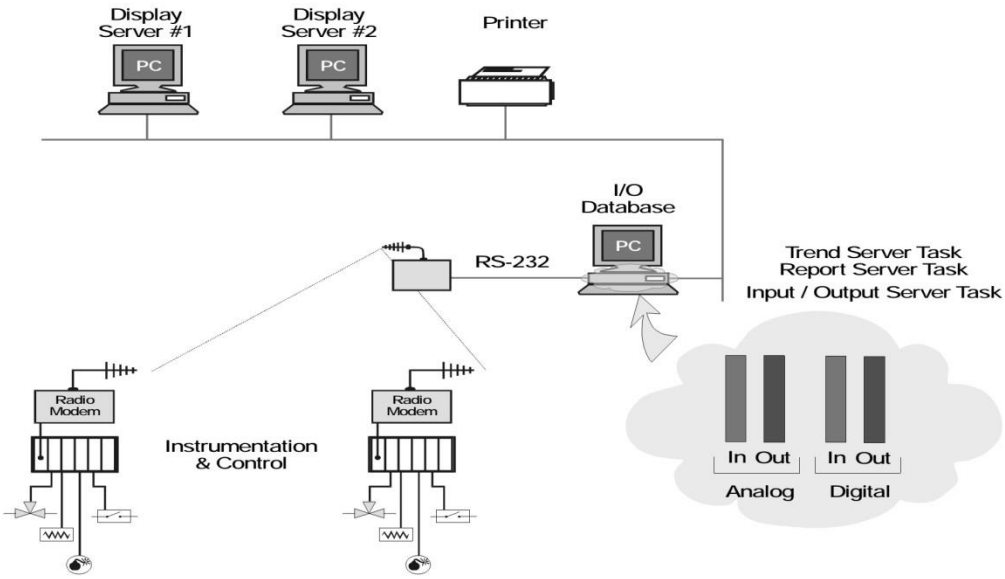
**مدى السرية للبيانات وأمن منظومة التحكم والمراقبة** : انه ليس من المنطقى استخدام شبكات اتصالات سهلة الاختراق فى نظام التحكم والمراقبة SCADA system والذى يستطيع التحكم فى العمليات من بعد ، لذلك يتم منع استخدام الشبكات العامة مثل النت فى حال عدم توافر امن المعلومات وتفعيل دور

مايسمى بالـ cyber security .

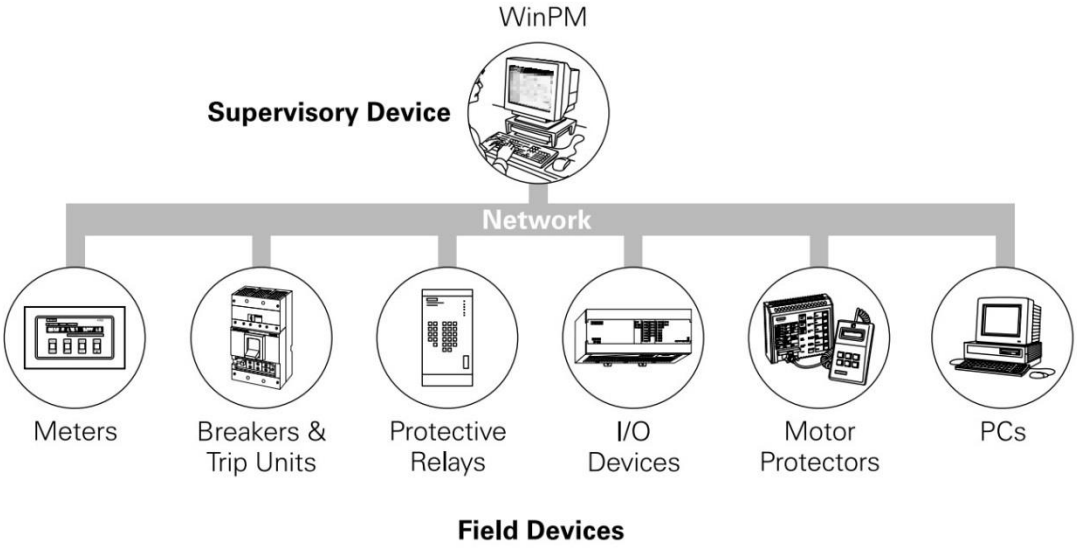
## وحدة التحكم الرئيسية Master station

تقوم وحدة التحكم الرئيسية Master station بجميع كافة البيانات من البيئة الخارجية لنظام الاسكادا مع تخزينها فى قواعد بيانات مركزية ومعالجتها وعرضها ، وبذلك يتم نقل الاشارات الى خوادم بنية الاسكادا.

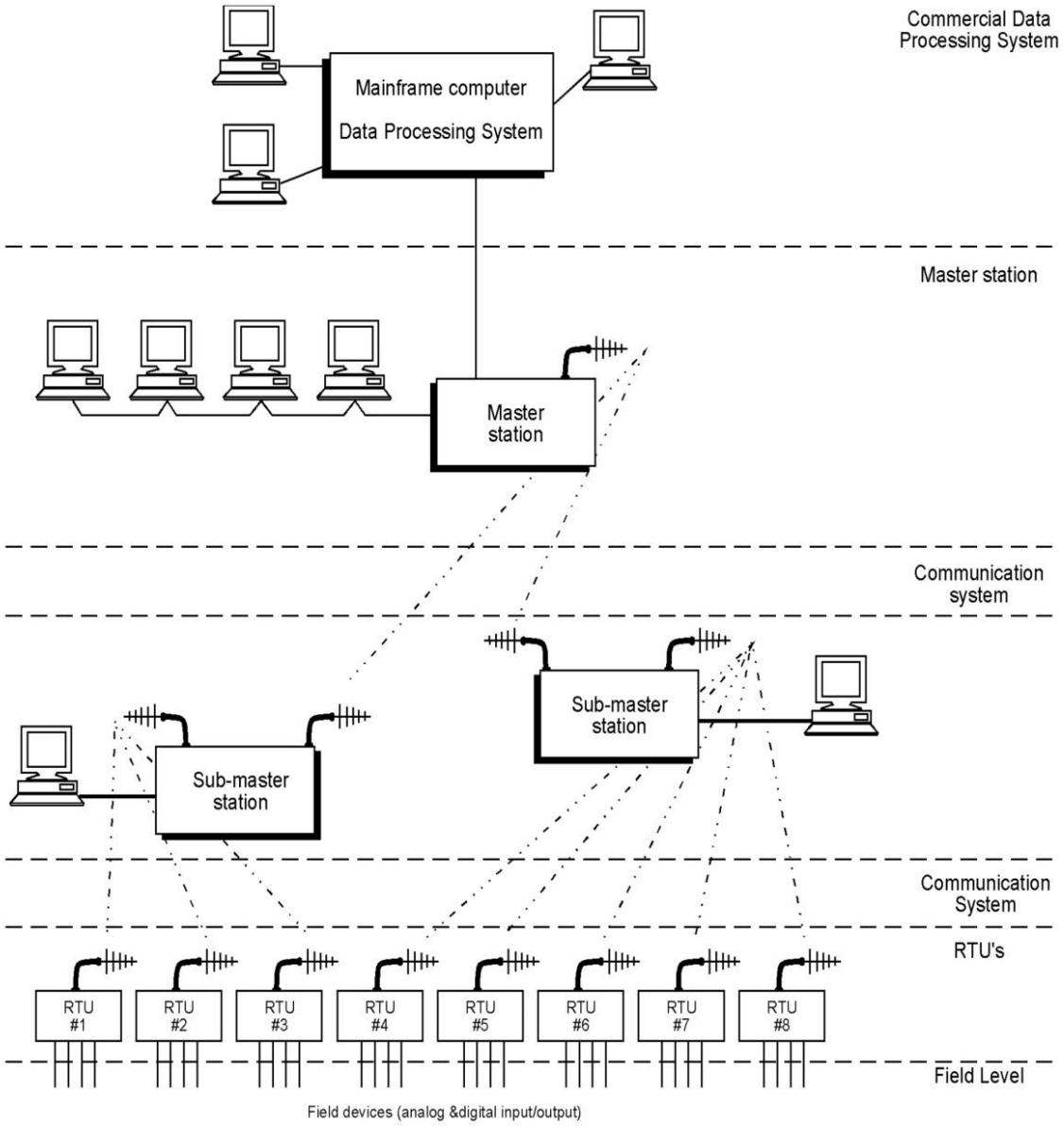
ويتم تبادل البيانات بين كافة مكونات الاسكاد عن طريق شبكة الاتصالات الموجوده فى هذا المستوى .وتعتبر الـ Master station (Server) هى النقطة المركزيه فى بنية الاسكادا.




شكل يوضح Master station – التى تستقبل البيانات من الخارج على قاعدة بيانات database I/O



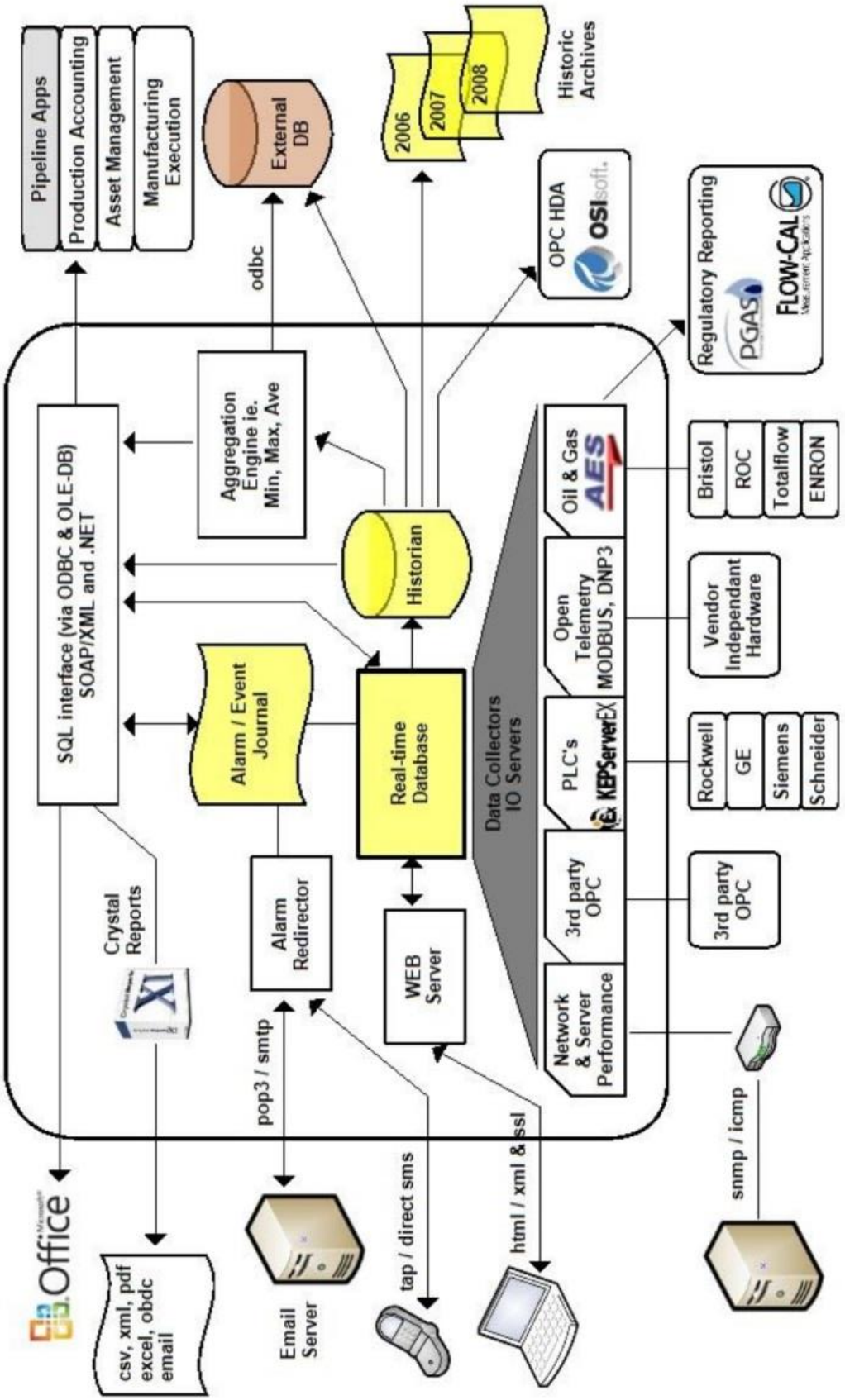

شكل يوضح Master station – التى تستقبل البيانات من الوحدات الخارجية المتنوعة



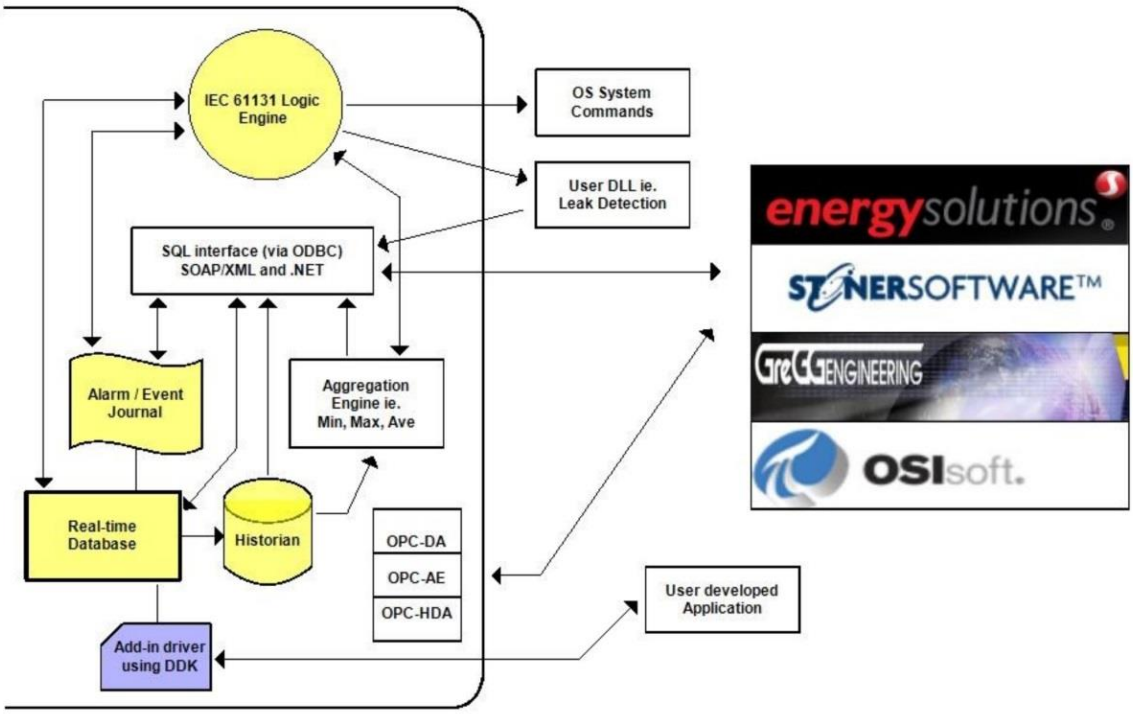

شكل يوضح وجود الـ Master station داخل طبقات نظام الاسكادا – مع توضيح الطبقات المختلفة

## بنية خوادم برامج الاسكادا SCADA server architecture

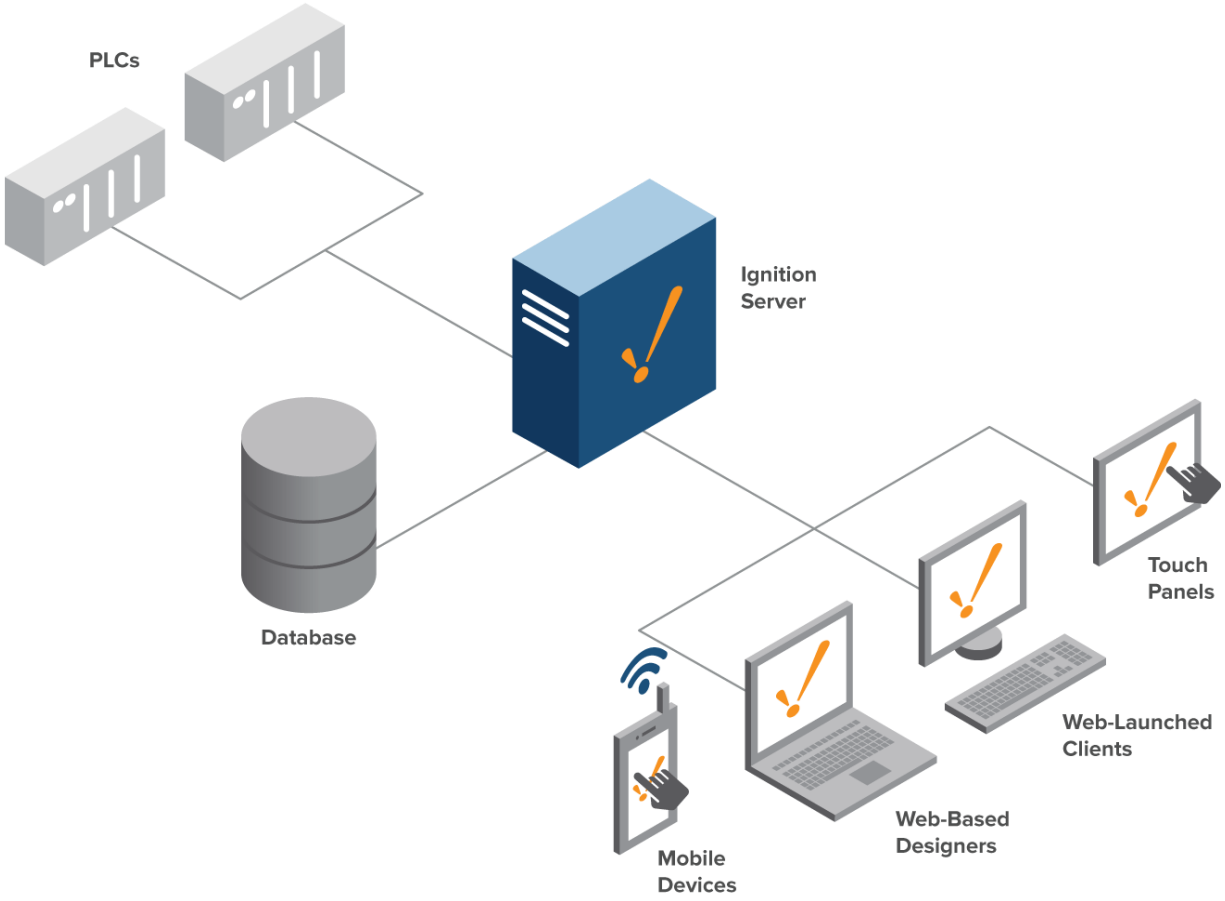
معظم برامج الاسكادا Software لها بنية متشابهة لدعم كافة وظائف الاسكادا , والتى تقوم بتخزين البيانات وعرضها على واجهات رسومية ورسومات بيانية وادارة الانذارات والاحداث واصدار التقارير والتكامل مع الانظمة الاخرى ، لذلك يجب ان تكون هذه البنية الخاصة بالخوادم تستطيع دعم هذه الوظائف .


Pipeline Apps
Production Accounting
Asset Management
Manufacturing Execution
External DB
odbc
2006
2007
2008
Historic Archives
OPC HDA
OSIsoft.
Regulatory Reporting
PGAS
FLOW-CAL
SQL interface (via ODBC & OLE-DB) SOAP/XML and .NET
Aggregation Engine ie. Min, Max, Ave
Historian
Oil & Gas
AES
Bristol
ROC
Totalflow
ENRON
Alarm / Event Journal
Real-time Database
Data Collectors IO Servers
Open Telemetry MODBUS, DNP3
Vendor Independant Hardware
PLC's
KEPServerEX
Rockwell
GE
Siemens
Schneider
Crystal Reports
Alarm Redirector
WEB Server
3rd party OPC
3rd party OPC
Network & Server Performance
pop3 / smtp
tap / direct sms
html / xml & ssl
snmp / icmp
Office
csv, xml, pdf excel, obdc email
Email Server

شكل التالى يوضح كيفية التكامل بين نظام الاسكادا والانظمة الاخرى



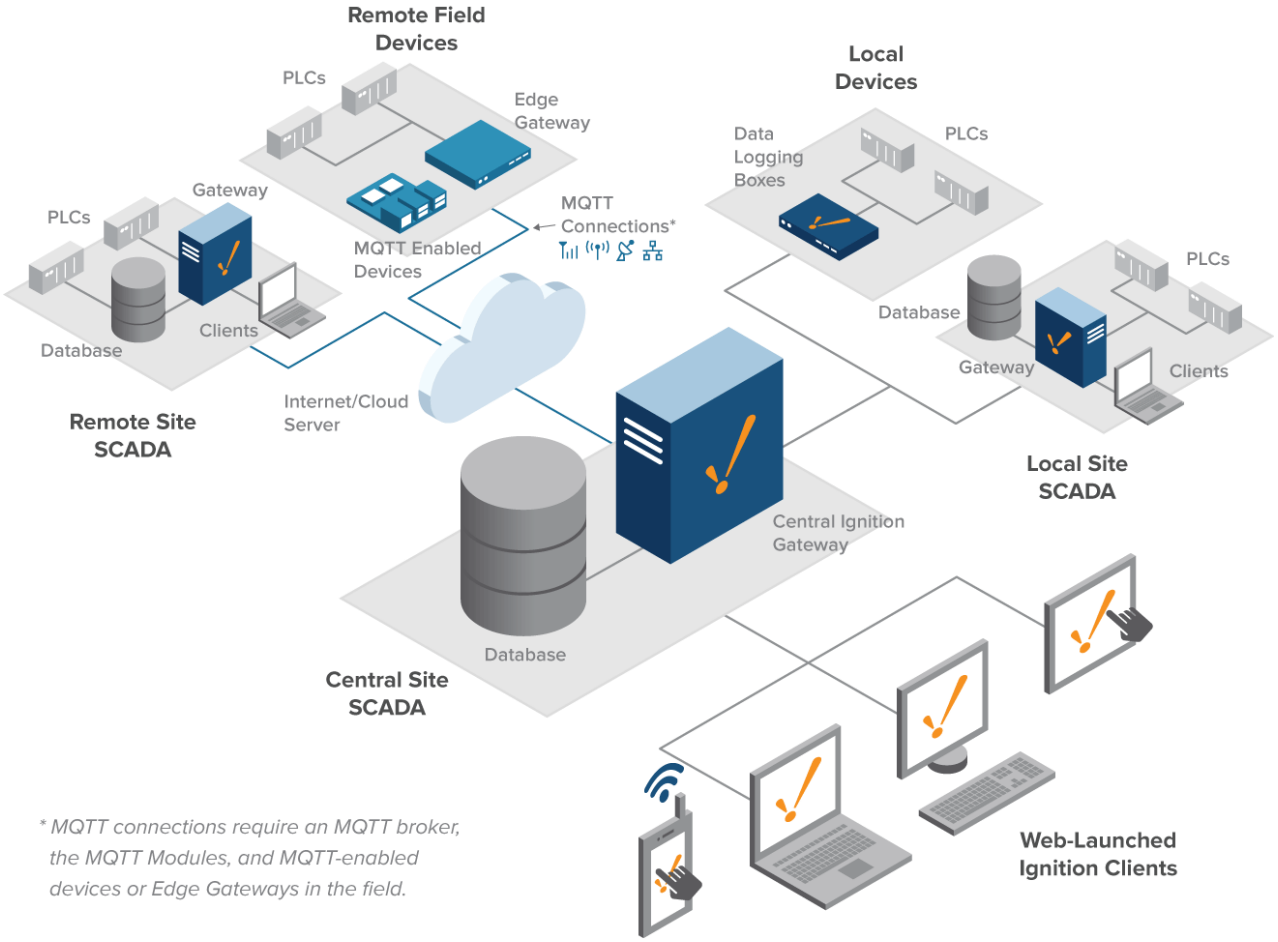
ويكون الشكل العام لبنية الاسكادا SCADA infrastructure overview مثل Local SCADA الموجودة فى المحطات كالتالى




Local SCADA system (inside plant)

ويكون البينة المركزيه لنظام التحكم والمراقبة General SCADA system overview والذى يتكون من نظام تحكم ومراقبة متكامل لعدد من المنشأت الصناعية(مثل محطات مياه الشرب والصرف الصحي

) المتباعدة جغرافيا كالتالى

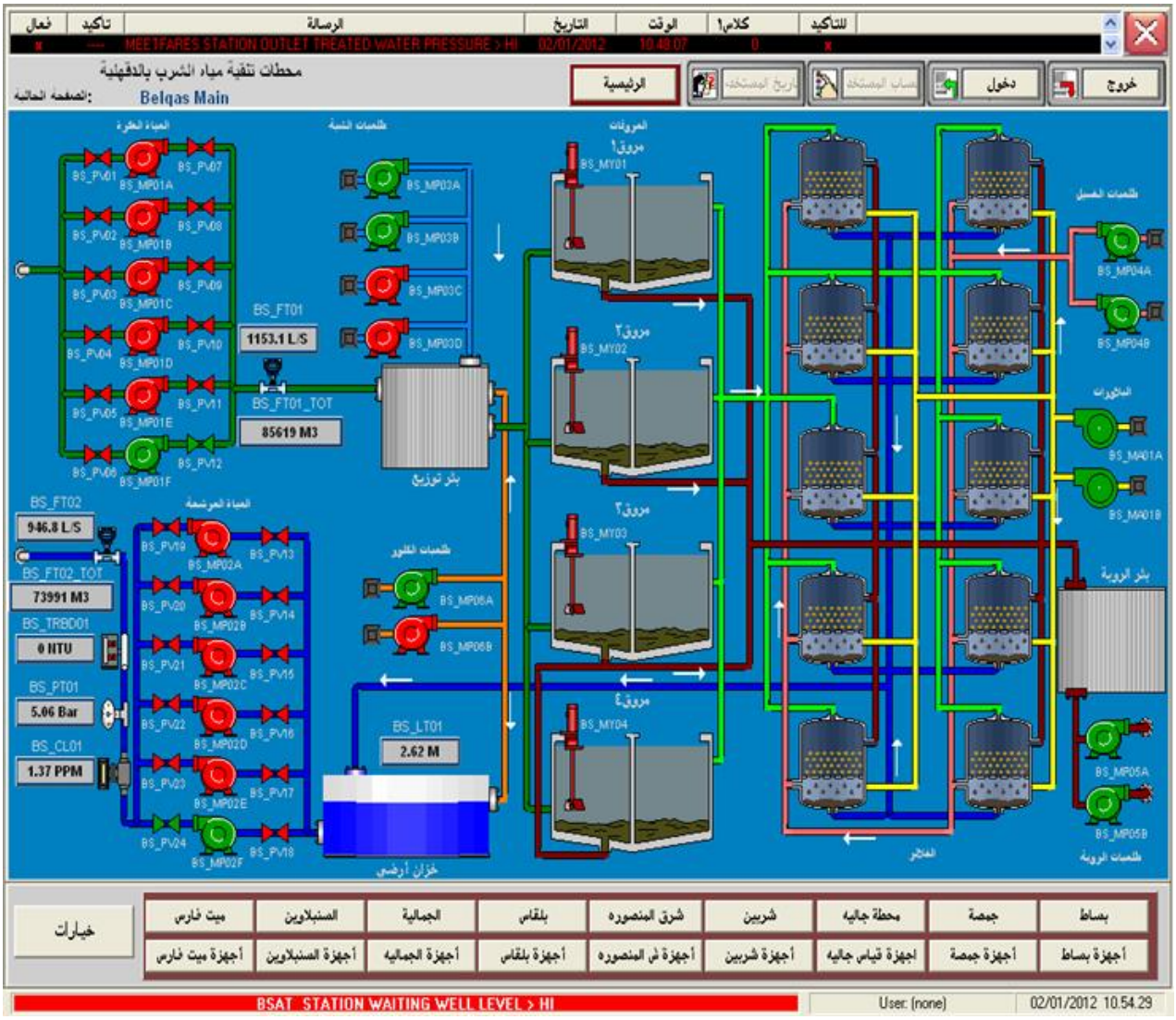



Central SCADA system

## خصائص نظام الاسكادا

### الواجهات الرسوميه Graphical user Interface

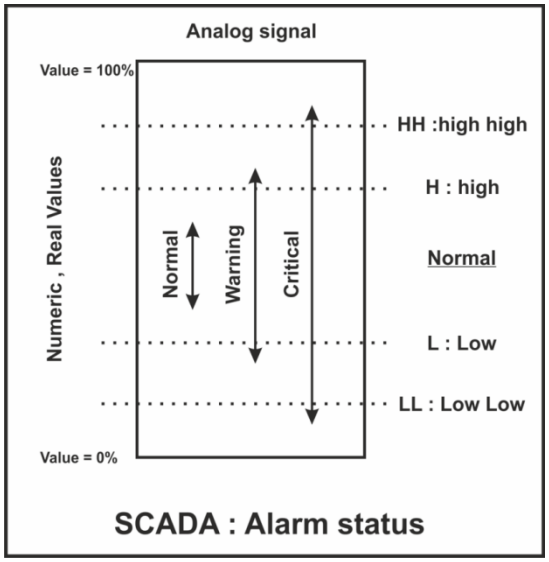
عبارة عن شاشات متنوعة Templates – Forms لعرض البيانات فى شكل رقمى او رسومات تفاعلية حية تتغير مع تغير البيانات ويتم تقسم الشاشات الى مجموعة من الشاشات التى تعرض البيانات وتفعيل اوامر التحكم لكل منطقة بالمشروع Functional Zone .

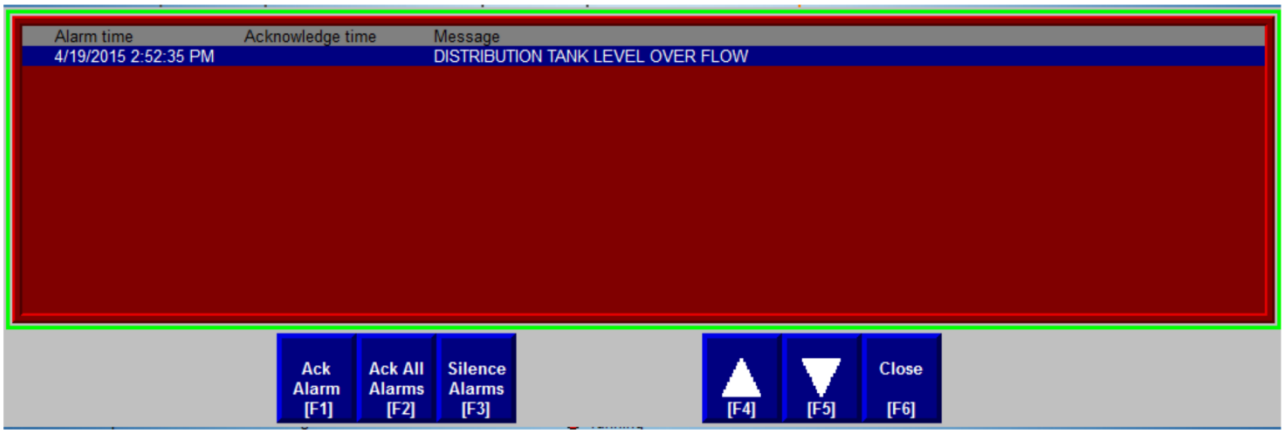


## الانذارات Alarms :

تعتبر من المقومات الاساسية لنظام السكادا، عباة عن الاحداث التى تعبر عن خطأ او الوصول الى قيم حرجة للتشغيل ، يتم تطبيقها على المتغيرات Analog عادة لتحديد نقاط حالة status ، حتى يتمكن المشغل من معرفة حدود العمل ومراقبة الانذارات ومتابعتها ، حيث يتم عرض الانذار Alarm ووقت حدوثه ووقت استلامة ووقت الانتهاء منه والمستخدم الذى تعامل معه والعديد من البيانات الاخرى فى قائمة الانذارات Alarm List , عند حدوث الانذار ينتظر برنامج الاسكادا من المشغل تأكيد استلام الانذار Acknowledge ,

يجب ان تظهر الانذارات بشكل مناسب على الشاشة لعرض كافة الانذارت التى تحدث اثناء تغير المتغيرات والوصول الى قيم معينة يتم ضبطها لكل انذار ، ويجب ان يسمح النظام لاجراء التعديلات للقيم/ الحدود للانذارات (LowLow LL , Low L , High H , High High HH) ، ولكل انذار درجة خطورة ابتداءا من Warning (انذار ببداية مشكلة ما)الى critical (الوصول الى وضع حرج و تحدث بعده خطورة عالية) وهنا يتم تفعيل اوامر الحماية Trip Action.




و يجب التفريق بين

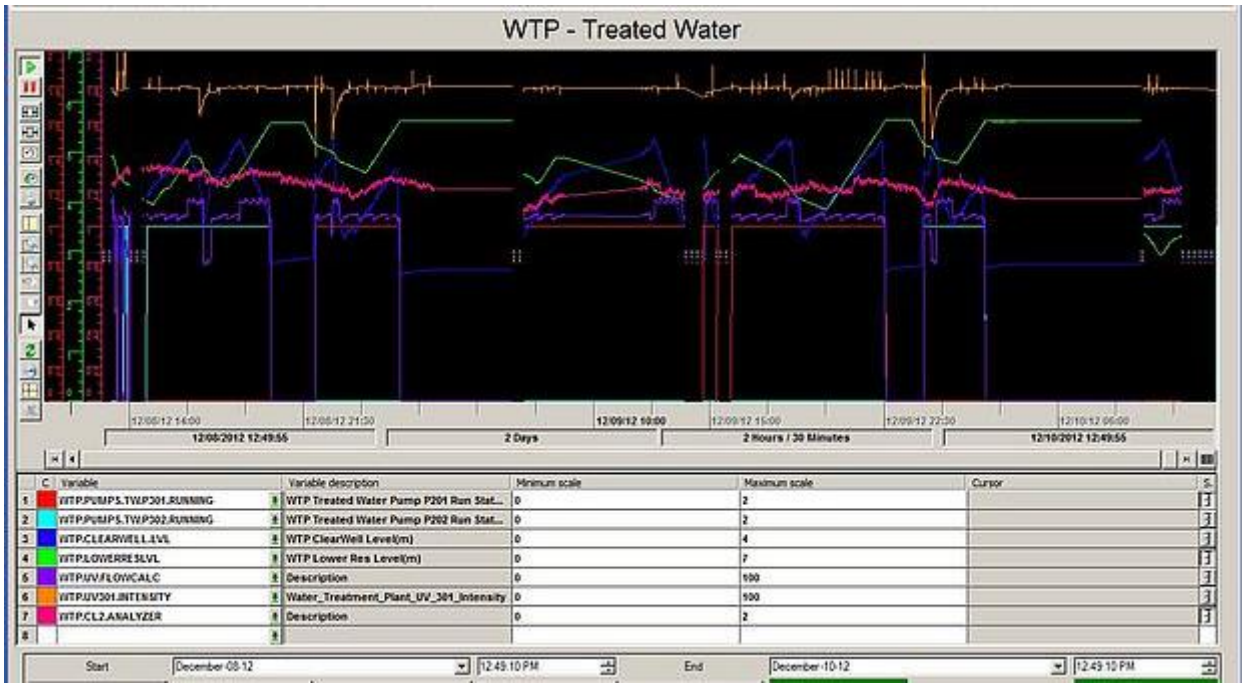
الحدث Event : هو اي عملية تحدث داخل النظام ، فمثلا قتح مشغل كهربى أو تشغيل مضخة او دخول مستخدم (User login)، فكل ذلك يعتبر حدث event يتم حفظه داخل قاعدة البيانات.

الانذار Alarm : يعبر عن وجود خلل او مشكلة ما مثل (زيادة درجة حرارة ملفات المحرك أو زيادة درجة حرارة رلمان البلى للمضخة ... الخ)، يعتبر كل انذار حدث و ليس كل حدث انذار .

**الرسومات البيانية Trends**

تعتبر الرسوم البيانية Trends من الوظائف المهمة والفعالة في انظمة الاسكادا ، و هي الوسائل المستخدمة لعرض تاريخ البيانات المسجلة على شكل رسم بياني Y,X ويكون عادة محور x– axis هو الزمن Time ومحور y–axis هو قيمة المتغير ،بغرض معرفة التغيرات على قيم اجهزة القياس و اداء الوحدات و تتبع الاعطال ، او معرفة زمن توقف/ تشغيل المعدات او الوحدات ، ويسمح بعرض اكثر من رسم بيانى معا فى وقت واحد ، كما يتم استعراض القيمة فى الوقت الحالى in–Real time او يتم عرض البيانات المخزنه سابقة historical values .

وتوفر برامج الاسكادا المختلفة هذه الوظيفة , ويحب ان يتم تفعيلها بشكل كامل واختبار ذلك خاصة عند استلام انظمة الاسكادا بصفة عامة , كما يجب تدريب المستخدمين للنظام على استخدام هذه الوظائف والتى تعمل على مرونة التعامل مع البيانات وتتبع الاعطال.



**التقارير Reports**

احد وظائف نظام الاسكادا وهى اداة اخراج البيانات فى هيئة تقارير يمكن تخزينها او طباعتها ، وهى عبار عن شكل من اشكال عرض البيانات بشكل مترابط وتستخدم فيه العديد من الدوال function التى تسمح بأخراج التقارير بشكل معين ، مثل تقارير الانتاج، او استهلاك الطاقة الكهربائية، او كمية المياه المنتجة ، و تساعد في تطوير العملية الصناعية وتحديد كفاءة الوحدات ...الخ .

وتستخدم هذه التقارير فى العرض على السلطات الادارية العليا وتعتبر من الوثائق التى يتم الاعتماد عليها داخل المنشأة لاتخاذ امر فنى او ادارى معين.

**الوصفات Recipes**

احد وظائف وامكانيات نظام الاسكادا وهى عبارة عن ملف به مجموعة من المتغيرات يتم تغيرها ويتم تحميلها load لتشغيل العملية الصناعية بالقيم الجديدة دفعة واحدة , ويتم انشاء هذه الملفات وتسميتها Rename لتسهيل الوصول اليها فيما بعد ، وتكون هذه الوظيفة مهمة للعمليات التى تعتمد على batch process مثل الصناعات الدوائية حيث ان كل دواء له متغيرات مختلفة عن الدواء الاخر أو التى تحتاج الى عملية التجربة والخطأ tray and error للوصول الى اداء مثالى . على سبيل المثال يمكن عمل ملفrecipe به متغيرات لضبط نظام الغسيل فى محطات المياه أو نظام التهوية واعادة الحمأة فى محطات الصرف الصحي فى الصيف وملف اخر للشتاء او ملف للوصول الى جودة معينة وهكذا . وبهذا يمكن اعادة جميع متغيرات النظام الى القيم الاصلية لها Default values او افضل اداء تم الوصول اليه سابقا.

## مميزات نظام الاسكادا SCADA

- القدرة على التعامل مع كمية كبيرة من البيانات والإشارات (رقمية وتناظرية).
- القدرة على نقل البيانات لمسافات طويلة و لأكثر من مكان.
- يمكن التعامل مع البيانات (للتحكم والمراقبة) من اي مكان و ليس من موقع واحد فقط.
- يمكن للمشغل Operatorالتفاعل مع البيانات بكل يسر و سهولة.
- يمكن تصميم و برمجة عدد كبير من الشاشات مما يتيح عرض كمية كبيرة من البيانات.
- إمكانية تمثيل البيانات بصورة رسومية حية (تفاعلية) مما يسهل متابعتها.

- أمكانية تعديل متغيرات العمليات process variables بوحدات التحكم والمراقبة (PLC,RTU,IED,..etc).
- إمكانية التحكم والمراقبة في المعدات والالات والعمليات الصناعية المتنوعة عن بعد.
- سهولة الإضافة و التعديل بعد تنفيذ البرنامج في وقت بسيط و بتكلفة محدودة.
- إمكانية تصميم رسوم بيانية Trends تعرض تغير القيم المطلوبة بشكل آلي مما يسهل متابعتها.
- إمكانية تنبيه المشغل لكافة الانذارات Alarms أو تغير خطر في الإشارات مما يسهل المتابعة.
- امكانية تسجيل كافة الاحداث Events مم يسهل متباعة الاجراءات الخاصة بالمستخدمين او النظام.
- تخزين البيانات مع وقت حدوثها (Real time values – values per time stamp) .
- إمكانية تسجيل و تخزين كمية هائلة من البيانات مع سهولة استدعائها بعد ذلك.
- امكانية عمل التقارير Reports بطريقة اتوماتيكية وطباعتها.
- يمكن التكامل مع الانظمة المؤسسية / الحاسوبية المختلفة ( Database system & third party software).

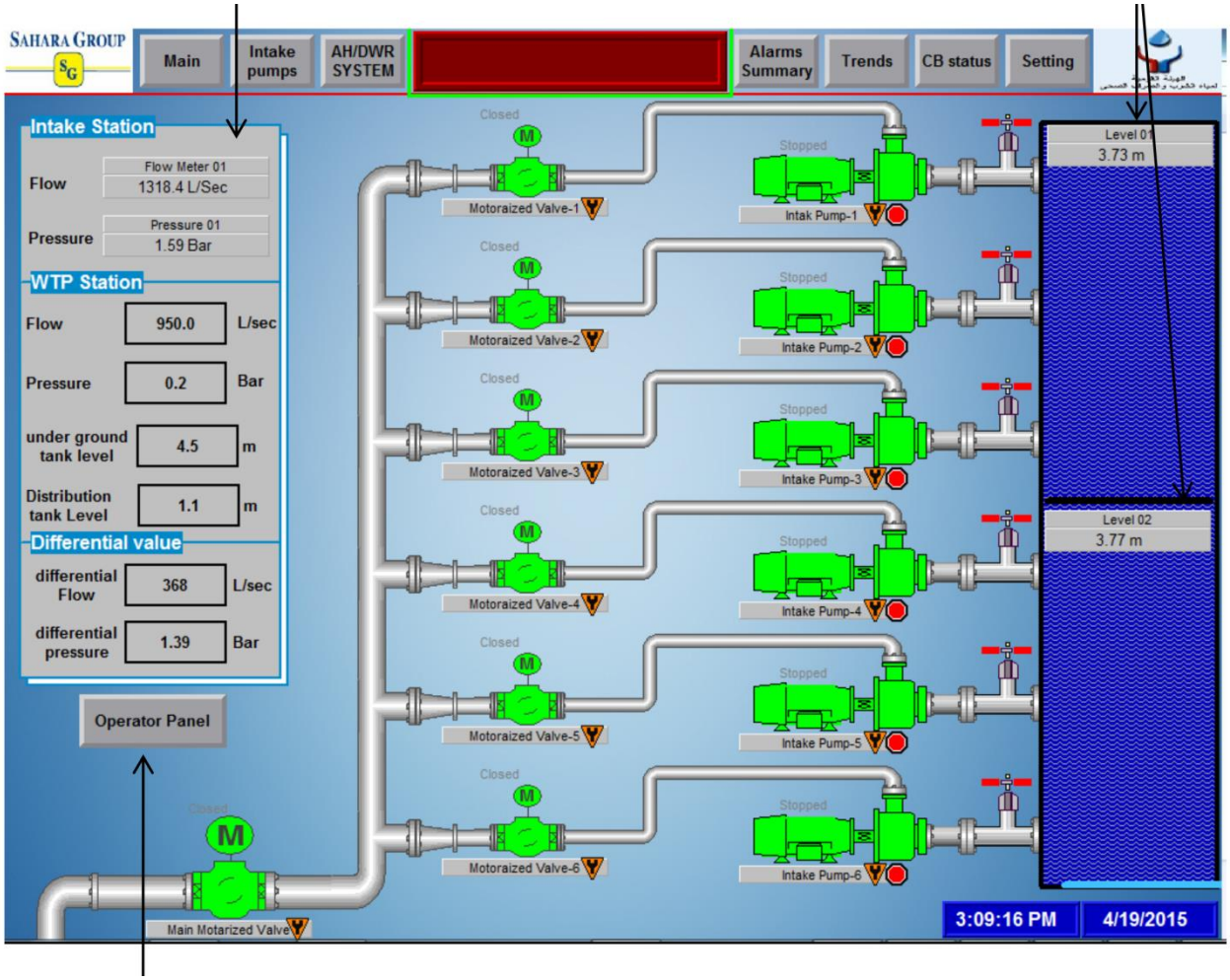
## تطبيقات نظام الاسكادا وكيفية الاستفادة منها

### ربط نظام التحكم والمراقبة فى محطات مياه الشرب والمآخذ التابعه لها

يتم الاستفادة من انظمة التحكم والمراقبة SCADA فى ربط نظامى التحكم والتشغيل لمحطات مياه الشرب والروافع التابعة لها لتنظيم كميات المياه الواردة لمحطات مياه الشرب للحفاظ على استقرار نظام التنقية ، وايضا عمليات ضخ الكيمياويات ، والحفاظ على كميات المياه ، وعدم اهدار الطاقة ، وذلك للوصول الى جودة عالية وتكلفة نسبية مناسبة.

ولعمل هذا النظام يتم اتباع الاتى:

1- عمل نظام اسكادا للمحطة SCADA system for water treatment plant
2- عمل نظام اسكادا للمأخذ SCADA system for intake : يمكن ان يكون نظام تحكم ومراقبة بمعنى انه يحتوى على وحدات تحكم PLC وشاشة تحكم HMI أو نظام اسكادا كامل مزود بأجهزة حاسب الى
3- توفير نظام اتصال Redundant communication system حيث يتم استخدام نظام اتصال اساسى (Fiber optic cables) ونظام اتصال بديل (wireless communication) وذلك بسب اهمية وجود اتصال دائم بين المحطة والمأخذ.

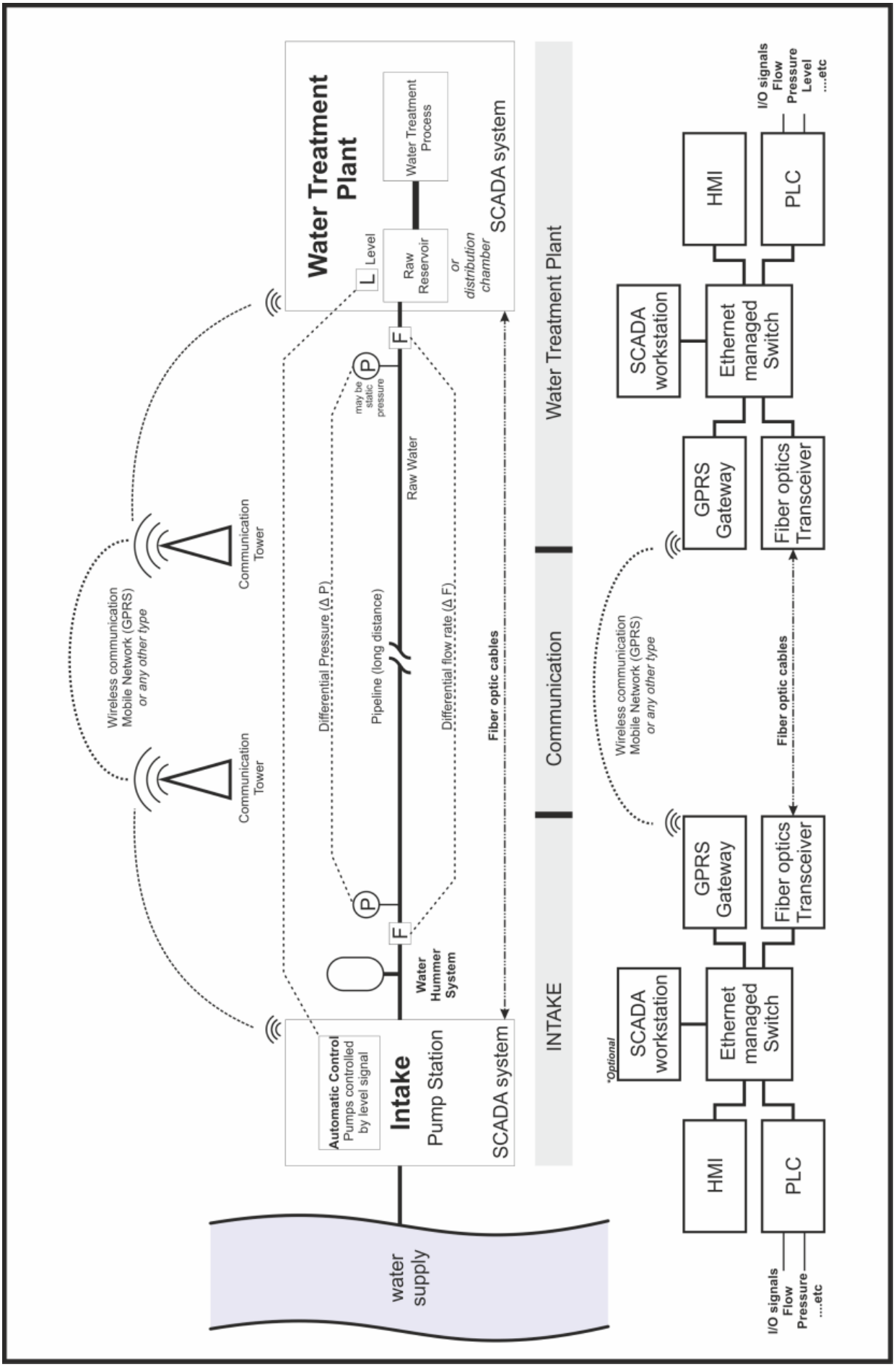



## ربط نظام الاسكادا للمحطة والمأخذ التابع لها

يتم للتحكم فى كميات المياه الواردة من الرافع الى المحطة , الاستجابة الى التغيرات اللحظية داخل المحطة والرافع ،التحكم الاتوماتيكى فى تشغيل طلمبات المأخذ بناءا على ارتفاع المياه على خزان الاستقبال فى المحطة (فى حالة استخدامه) او ارتفاع المياه فى بير التوزيع (وذلك عند ربط خط طرد المأخذ مع بئر التوزيع مباشرة ) أم عند التشغيل بناءا على عدد الطلمبات المطلوبة (الطريقة الثابته) او كميات المياه (الطريقة الالية) ، مراقبة خط الطرد للمأخذ حتى وصوله الى محطة مياه الشرب تركيب الاجهزة المناسبة لتحقيق ذلك.

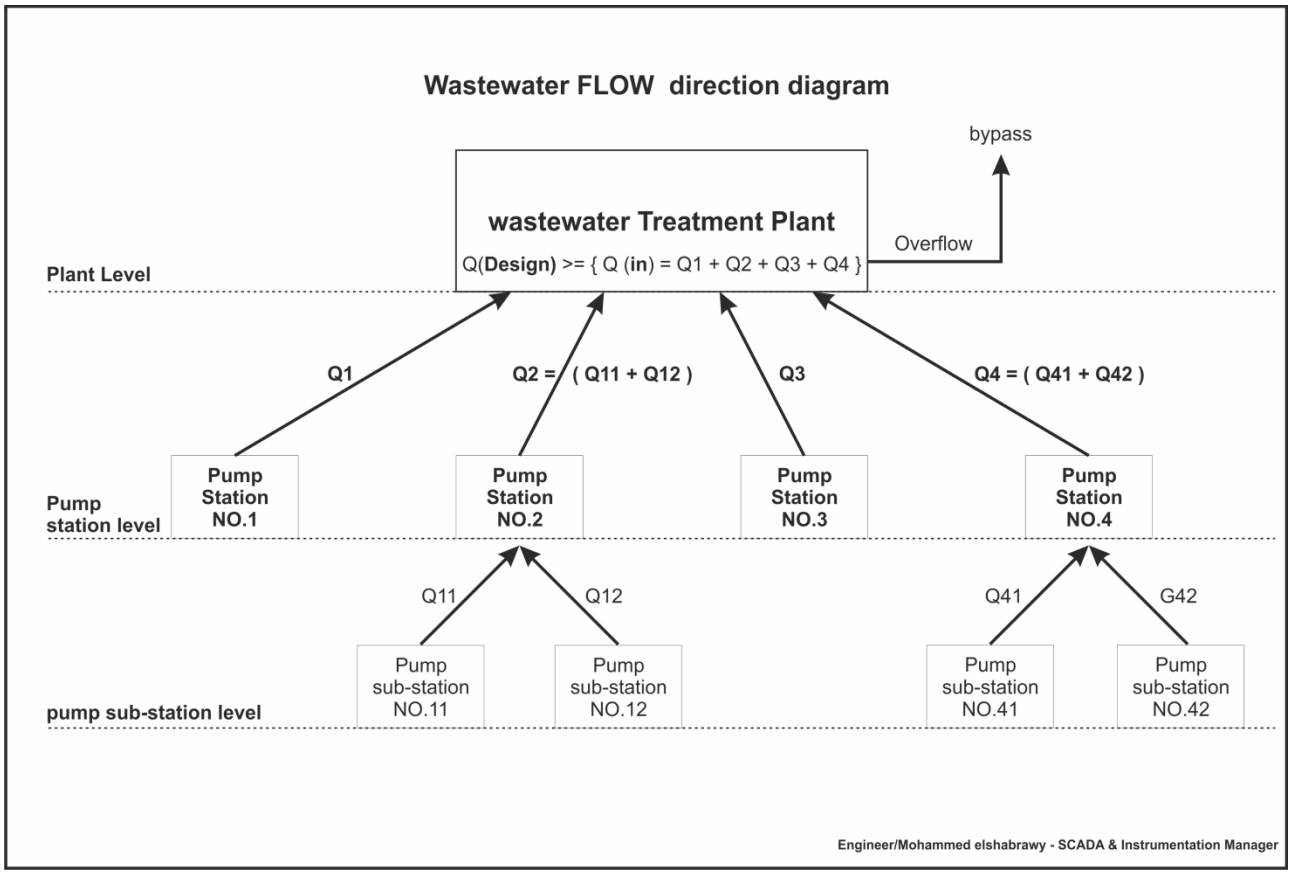
يتم استخدام اجهزة قياس التصرف عند المأخذ و المحطة لاتمام عمليات التحكم والمراقبة التى ترتبط بهما ، نجد ان يمكن استخدامه لمعرفة التالى :-

- معرفة التسرب حالة حدوثه على خط الطرد من خلال مقارنة قيمة جهاز قياس التصرف عند الرافع وقيمة قياس التصرف عند المحطة (differential Flow)
- معرفة الكسر فى الخط والاستجابة الفورية لهذا التغيير : وذلك من خلال وجود فرق كبير بين كمية التصرف الخارجة من المأخذ وكمية التصرف الواردة الى المحطة من هذا الخط (differential Flow)

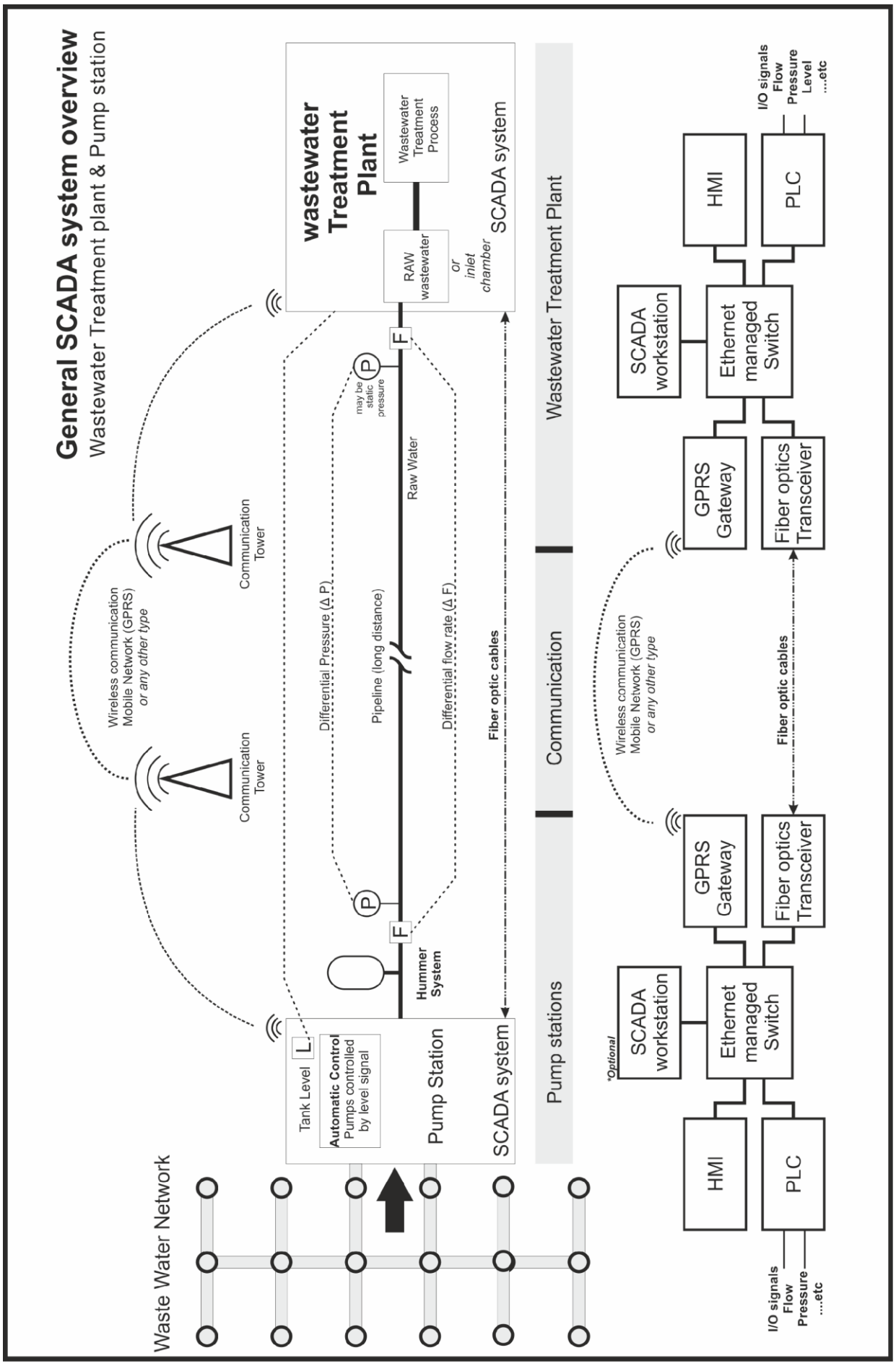

Water Treatment Plant
Water Treatment Process
Level
Raw Reservoir
or distribution chamber
SCADA system
Differential Pressure (Δ P)
may be static pressure
Pipeline (long distance)
Raw Water
Differential flow rate (Δ F)
Fiber optic cables
Water Hummer System
Automatic Control
Pumps controlled by level signal
Intake
Pump Station
SCADA system
Communication Tower
Communication Tower
Wireless communication Mobile Network (GPRS) or any other type
water supply
INTAKE
Communication
Water Treatment Plant
I/O signals
Flow
Pressure
Level
....etc
HMI
PLC
SCADA workstation
Ethernet managed Switch
GPRS Gateway
Fiber optics Transceiver
Wireless communication Mobile Network (GPRS) or any other type
Fiber optic cables
*Optional
SCADA workstation
Ethernet managed Switch
GPRS Gateway
Fiber optics Transceiver
HMI
PLC
I/O signals
Flow
Pressure
....etc

## ربط نظام التحكم والمراقبة لمحطات المعالجة والروافع التابعة لها "تنظيم عمليات ضخ المياه"

ان ضخ كميات مياه الصرف الصحى تؤثر على اداء محطات معالجة مياه الصرف الصحى وايضا الى زيادة استهلاك الطاقة فى بعض الاوقات كما تؤدى الى الضرر البيئى فى احيانا اخرى , ونظرا للتباعد الجغرافى بين محطات الصرف الصحى والروافع التابعة لها اصبح من الظرورى استخدام انظمة التحكم والمراقبة SCADA حتى تقوم بالوصول الى افضل اداء واقصى استفادة .



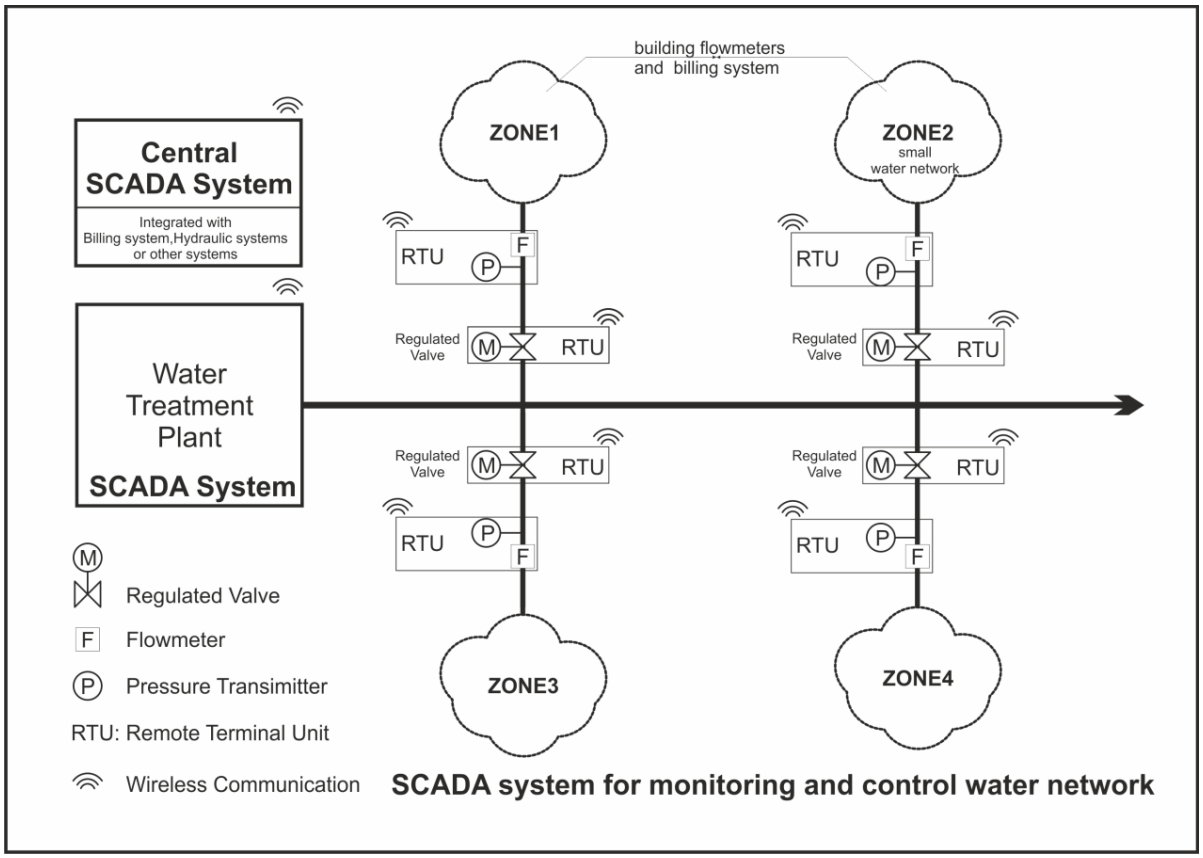

يوضح الشكل السابق انه يلزم ضخ كميات مياة تتناسب مع الطاقة التصميمة لمحطة معالجة الصرف الصحى ، وان هذه الكميات تتأثر بنمط تشغيل الروافع التابعة لها ، للك يجب التحكم فى كميات المياه الاجمالية الواردة من روافع الصرف الصحى


General SCADA system overview
Wastewater Treatment plant & Pump station
wastewater Treatment Plant
Wastewater Treatment Process
RAW wastewater
or inlet chamber
SCADA system
Wireless communication Mobile Network (GPRS) or any other type
Communication Tower
Communication Tower
Differential Pressure (Δ P)
may be static pressure
Pipeline (long distance)
Raw Water
Differential flow rate (Δ F)
Fiber optic cables
Tank Level
Automatic Control
Pumps controlled by level signal
Pump Station
Hummer System
SCADA system
Pump stations
Communication
Wastewater Treatment Plant
Waste Water Network
*Optional
SCADA workstation
Ethernet managed Switch
GPRS Gateway
Fiber optics Transceiver
HMI
PLC
I/O signals
Flow
Pressure
....etc
Wireless communication Mobile Network (GPRS) or any other type
Fiber optic cables

## نظام التحكم والمراقبة فى شبكات مياه الشرب **SCADA system for water networks**

يعتبر التحكم والمراقبة فى شبكات مياه الشرب من المشروعات الهامة والتى لها اثر مباشر على شركات مياه الشرب والصرف الصحي ، ويتم ذلك عن طريق توزيع اجهزة القياس التصرف والضغط على نقاط تم اختيارها بطريقة فنية خاصة على شبكة المياه ، ويتم حساب الفاقد الفيزيائى عن طريق المقارنة بين قرائتين على مسار واحد او حساب الفاقد التجارى عن طريق المقارنة بين كميات المياه الفعلية المقاسة عند تلك نقاط و قراءات العدادات المنزلية.

كما ان التحكم فى كمياة المياة او الضغوط بالشبكة عن طريق نظام الاسكادا يسمح بوصول الخدمة لكافة مناطق الشبكة ، وتطبيق طريقة امداد كميات المياه لبعض المناطق عن طريقة المناوبة بطريقة اليه منتظمة , ويعمل على تحسين النموذج الهيدروليكى للشبكات وذلك باستخدام محابس تحكم كهربية للتحكم فى كميات المياه والحفاظ على التصرفات و الضغوط حسب المطلوب والمتاح.




يوضح الشكل السابق نموذج التحكم والمراقبة لشبكات مياه الشرب ويتكون النموذج من الاتى :-

## نظام الاسكادا الداخلى لمحطة / محطات تنقية مياه الشرب Local SCADA system for water treatment plant

يقوم نظام التحكم والمراقبة الموجود داخل نطاق محطة تنقية مياه الشرب بالاضافة الى وظائفة بالتحكم فى انتاج كميات المياه ، ويقوم بضخ كميات المياه حسب متطلبات الشبكة فى نطاق الطاقة التصميمية للمحطة، وهنا يتم تحديد متطلبات الشبكة بطريقة الية .

- بناءا على البيانات المقاسة ( قياس كميات التصرف أوالضغوط عند مناطق كثيرة Zones على الشبكة) فى حالة الاعتماد على تحليل بيانات الشبكة ويتطلب ذلك توزيع اجهزة قياس تصرف وضغ\ على اماكن مختلفة فى شبكة المياه.
- الضخ بناءا على القيمة القصوى للانتاج مع مراقبة الضغط عند خرج المحطة عند بداية الشبكة دون مراقبة مايحدث داخل الشبكة. مما يؤدى الى قصور شديد فى توزيع المياه ووصولها الى كافة أطراف الشبكة .

## وحدات التحكم والمراقبة RTUs للمناطق المعزول Zones

تقوم الوحدات الطرفية البعيدة RTU الموزعة على شبكات مياه الشرب بالاتى :

- تجميع البيانات من خلال اجهزة قياس التصرف والضغط الموزعة بالشبكة والتى تعمل غلى امداد انظمة الاسكادا ببيانات كميات المياه وقيم الضغوط، كما تعما على معرفة نقاط الكسورات او التسرب ومناطق الخلل بالشبكات أليا والاستجابة السريعة لها , كما يمكن اضافة اجهزة معملية حقلية خاصة بكميات الكلور المتبقى residual chlorine او العكارة turbidity لمراقبة جودة المياة ايضا.
- التحكم فى كميات المياه فى الشبكة Flow أو الظغوط المطلوبة عند كل Zone عن طريق التحكم فى محابس الشبكة المزودة بمشغلات كهربية يمكنها فتح المحبس بنسبة Regulated actuator (او يمكن استخداممحابس هيدروليكية للتحكم فى الضغوط)، ويتم تحد نسب الفتح بناءا على النموذج الهيدروليكى المتاح للشبكة بمعنى انه يمكن تحديد كمية مياه معينة يتم

ضخها والحفاظ عليها عند هذه النقطة zone.ويتم مراقبة الضغط قبل وبعد المحبس لضمان مراقبة عمل المحبس نفسه واستجابتها لنظام التحكم.

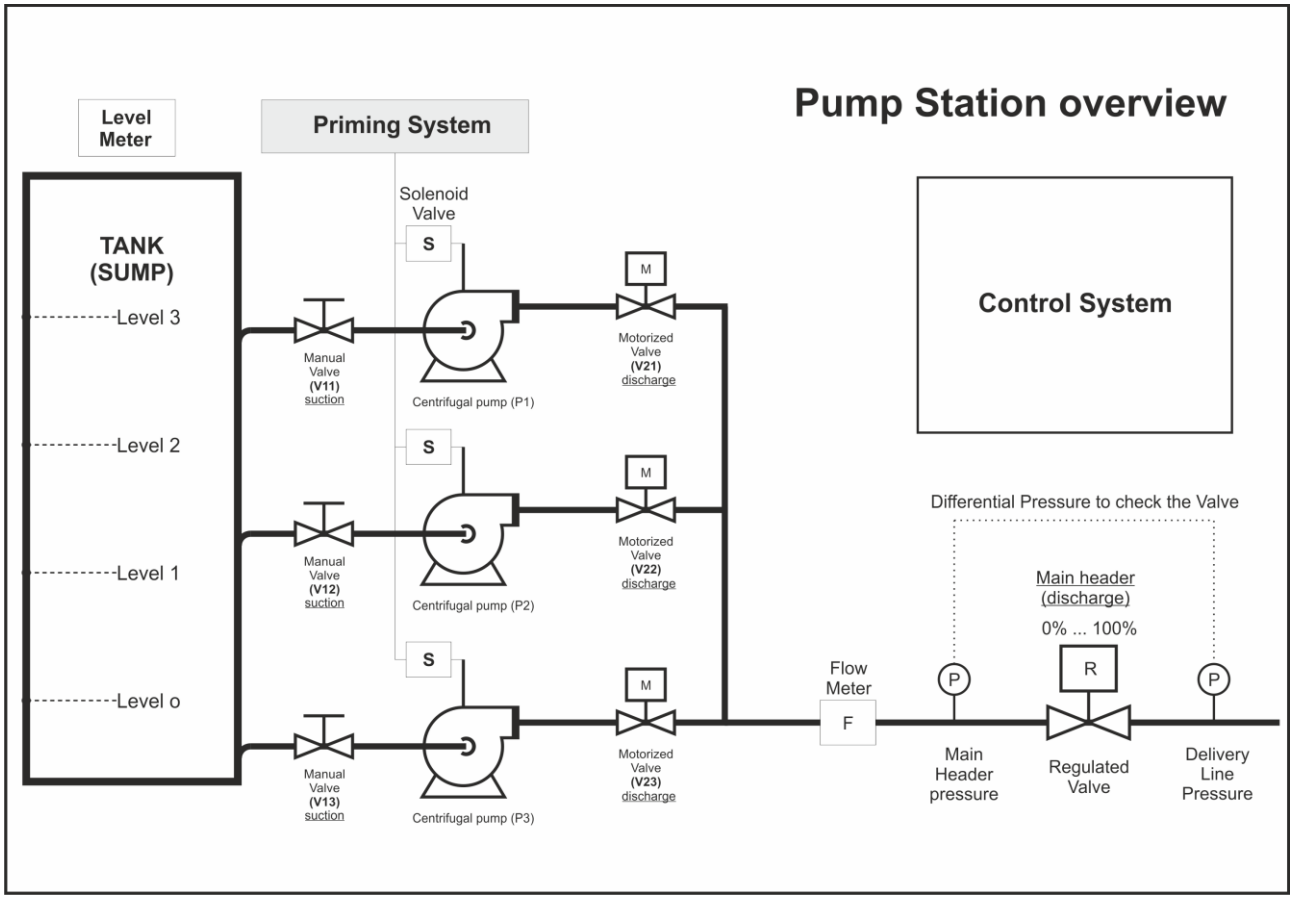
**نظام التحكم والمراقبة المركزى Central SCADA system**

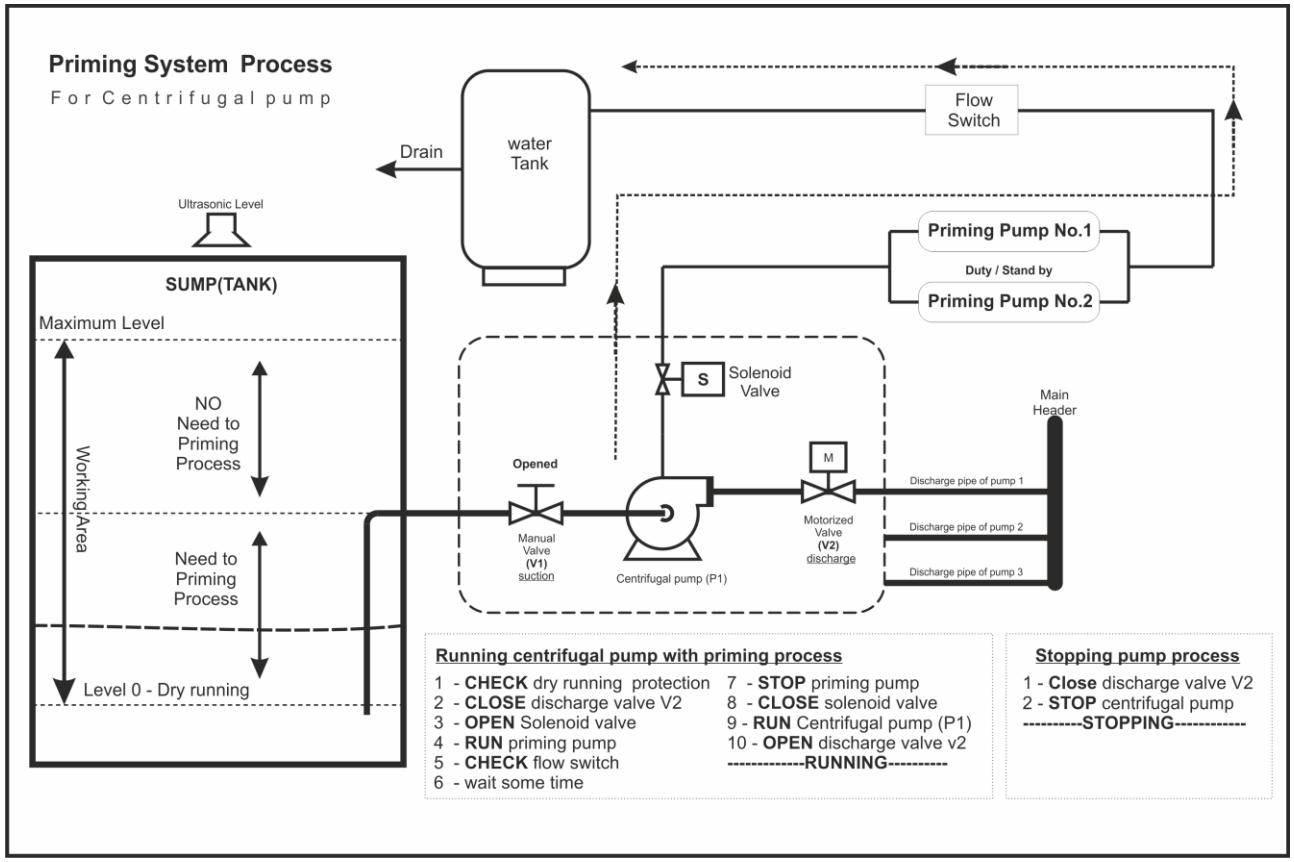
يقوم هذا النظام بالمراقبة المركزيه لجميع المحطات والشبكات بالشركة بصفة عامة وايضا يعمل على تنظيم عمليات التحكم فى كافة الشبكات خاصة فى حالة التداخل فيما بينها ، ويقوم على التكامل مع الانظمة المختلفة بالشركة مثل انظمة الفواتير billing system وبرامج التحليل الهيدروليكى water cad program وانظمة الخط الساخن hotline system وانظمة الخرائط الجغرافية GIS system لمراقبة المحطات والشبكات للوصول الى اعلى معدلات كفاءة فى التشغيل والصيانة والتوسع ، وينتج عن هذه الانظمة المتكاملة بيانات وتقارير هامة يتم الاستعانة بها لاتخاذ القرارات المناسبة مثل عمليات الاحلال والتجديد وعمليات رفع كفاءة المحطات وبحث امكانيت التوسع ومراقبة اعمال التشغيل والصيانة بالشركة ومعرفة اماكن الكسورات الدائمة ومعرفة الاماكن الساخنة والشكاوى المتنوعة ومعالجته هذه المشكلات بطريقة فنية واستجابة سريعة.

ونجد ان الانظمة المركزية للتحكم المراقبة فى محطات وشبكات مياه الشرب وايضا محطات وروافع الصرف الصحي يمكن ان تقوم بالحلول المشتركة فيما بينها للحفاظ على تكامل اداء المحطات ، على سبيل المثال يمكن معالجة توقف رافع صرف صحي لاى سبب فنى داخلى او كسر فى خط طرد الرافع عن طريق تخفيض او ايقاف ضخ كميات المياة على المناطق المتصلة مع هذا الرافع .

عمل مشروع تحكم مراقبة جديد لمحطة قائمة

يجب دراسة الوضع القائم جيدا وذلك لبحث مدى امكانية عمل نظام التحكم والمراقبة الجديد SCADA system ويجب معرفة الوحدات التى يمكنها العمل تحت مظلة النظام الاتوماتيك او التحكم عن بعد لانه كل وحدة لها متطلبات خاصة وعلى سبيل المثال طريقة عمل الطلمبات هل تحتاج الى عملية تحضير وبالتالى تحتاج نظام تحضير Priming system او ام انها لاتحتاج الى تحضير سواء كانت رأسية او طلمبات ذاتية التحضير او طلمبات افقة تحت مستوى الماء دائما Under head


Pump Station overview
Level Meter
Priming System
TANK (SUMP)
Level 3
Level 2
Level 1
Level o
Solenoid Valve
S
M
Manual Valve (V11) suction
Centrifugal pump (P1)
Motorized Valve (V21) discharge
Manual Valve (V12) suction
Centrifugal pump (P2)
Motorized Valve (V22) discharge
Manual Valve (V13) suction
Centrifugal pump (P3)
Motorized Valve (V23) discharge
Control System
Differential Pressure to check the Valve
Main header (discharge)
0% ... 100%
Flow Meter
F
P
R
Main Header pressure
Regulated Valve
Delivery Line Pressure


Priming System Process
For Centrifugal pump
Drain
water Tank
Flow Switch
Ultrasonic Level
SUMP(TANK)
Maximum Level
NO Need to Priming Process
Working Area
Need to Priming Process
Level 0 - Dry running
Priming Pump No.1
Duty / Stand by
Priming Pump No.2
S
Solenoid Valve
Main Header
Opened
M
Manual Valve (V1) suction
Centrifugal pump (P1)
Motorized Valve (V2) discharge
Discharge pipe of pump 1
Discharge pipe of pump 2
Discharge pipe of pump 3
Running centrifugal pump with priming process
1 - CHECK dry running protection
2 - CLOSE discharge valve V2
3 - OPEN Solenoid valve
4 - RUN priming pump
5 - CHECK flow switch
6 - wait some time
7 - STOP priming pump
8 - CLOSE solenoid valve
9 - RUN Centrifugal pump (P1)
10 - OPEN discharge valve v2
----------RUNNING----------
Stopping pump process
1 - Close discharge valve V2
2 - STOP centrifugal pump
----------STOPPING----------

**وظائف التحكم والمراقبة المطلوبة :**

يجب تحديد الوظائف المطلوبه من النظام الجديد حسب الامكانيات المتاحة للمعدات واجهزة القياس المتاحة و الميزانية المعدة للمشروع. (Full automatic , Automatic , Manual system).نظرا لان وظائف التحكم تحتاج الى مكونات واجهزة قياس وانظمة مساعدة مثل انظمة التحضير Priming system وايضا مكونات مساعدة مثل مشغلات المحابس Electrical actuators لتحويل التشغيل اليدوى الى نظام اتوماتيك او المشغلات الكهربية المطلوبه لفتح المحابس بنسبة معينة بالاضافة الى تهيئة اللوحات الكهربية لتشغيل الوحدات MCC لذلك

**عدد الاشارات الحقلية :**

يتم حصر جميع الاشارات الموجوده بالفعل فى جميع اللوحات وايضا حصر جميع اجهزة القياس المتاحة وبعد تحديد نظام التحكم والمراقبة المطلوب يتم استكمال باقى المكونات والاجهزة التى سوف يتم اضافتها مع الاخذ فى الاعتبار لاضافة بعض الاشارات الاحتياطية Spare لتغطية المستجدات عند التنفيذ .

**تمديد كابلات التحكم وانظمة الاتصال الداخلية :**

يجب دراسة كيفية تمديد كابلات التحكم وكابلات الاتصالات جيدا , وذلك لان هذه الدراسة تؤثر على ميزانية المشروع بصورة كبيرة مع مراعاة الطاقة الاستيعابية لمجارى الكابلات الموجودة مع امكانية عزل كابلات القوى عن كابلات التحكم او تمديد كابلات الاتصالات حسب المسافات البينية بين العنابر وغرفة التحكم الرئيسية لان هذا يتحكم فى نوع كابلات الاتصالات كما ان هذه الدراسة سوف يتحدد بناءا عليها عدد لوحات التحكم والمراقبة الموجوده فى المحطة Local control panel (LCP) وايضا هل يتم استخدام وحدات تحكم PLCs او وحدات مراقبة RTU او Remote I/O ام انه سوف يتم عمل نظام مركزى يجميع جميع الاشارات فى صورة اسلاك wiring الى وحدة التحكم المركزيه PLC.ومنها الى نظام الاسكادا.

**كيفية تنفيذ المشروع على مراحل:**

نظرا لان المشروع القائم لايمكن ايقافة لعمل التعديلات المطلوبة للنظام الجديد دفعه واحدة .لذلك يتم تنفيذ المشروع على خطوات متتالية مثل

a. البدء بجميع الاعمال التى لاتتطلب توقف المعدات مثل تنفيذ اللوحات المستقلة وتركيبها
b. تمديد الكابلات بدون توصيلها وتمديد شبكة الاتصالات داخل الموقع
c. تجهيز غرفة التحكم المركزية وتشغيل نظام الاسكادا بدون توصيل الاشارات على PLC
d. توصيل اشارات اجهزة القياس واختبار التوصيلات والقراءات
e. ادراج النظام اليدوى اولا على نظام الاسكادا للعنابر التى يمكن العمل بها ثم يمكن ايقاف الوحدة(بشرط ان يكون هناك وحدات اخرى يتم تشغيلها يدويا) وتوصيلها على نظام الاسكادا واختبار تشغيلها يدويا
f. عمل ذلك مرة اخرى باقى الوحدات بالتتابع ثم اختبار النظام اليدوى لكامل الوحدات بالعنبر الواحد معا وتشغيلها من نظام الاسكاد وهكذا فى باقى العنابر
g. يتم عمل نظام التحكم الالى لكل عنبر على حدة حتى الانتهاء منهم جميعا
h. وفى النهاية يتم استكمال نظام الاسكادا طبقا لخصائص الاسكادا.

**<u>وسائل الاتصال على النطاق الواسع</u> :**

يتم استخدام وسال الاتصالات والسبكات المتعدد المتاحة مثل ( Mobile networks /GPRS , WIMAX networks , microwave networks , radio frequency RF networks , Fiber optic network) بشرط الحفاظ على امن المنظومة ، لايتم استخدام الانترنت Internet كأحد وسائل الاتصالات لان هذا لايحقق أمن المنظومة ويعتبر امر فى غاية الخطورة خاصة عند استخدام اوامر التحكم عند بعد.

## استلام نظام التحكم والمراقبة (الاسكادا) – SCADA system

### 1. الفحص الظاهرى لكافة اللوحات

- فحص جميع مكونات نظام الاسكادا بناءا على المواصفات الفنية والعرض الفنى المعتمد
- يجب معرفة المكونات المادية المطلوبه مثل وحدات التحكم PLCs وشاشات التحكم HMI والوحدات الطرفية البعيد RTUs واجهزة IEDs المتصلة بالنظام مثل ريليهات الحماية واجهزة تحليل الطاقة وبوادى الحركة VFD و SOFTSTART.
- مكونات نظام الاتصالات التى تربط بين كافة مكونات المشروع ، مراجعة نظام الاتصال المستخدم ومراجعة اقصى مسافة ممكنة بين نقاط الاتصال .
- اجهزة الحاسب الالى والخوادم والطابعات وشاشات العرض المركزيه الموجودة بالمشروع , والتجهيز المناسب لغرفة التحكم المركزيه وملائمتها للظروف البيئية.
- وحدات مانع انقطاع التيار الكهربى(UPS)uninterruptible power supply ومراجعة السعة من حيث القدرة والزمن وأماكن تركيبه , ومعرفة نوعها online UPS or offline UPS An *uninterruptible power supply* or *uninterruptible power* source (*UPS*) is an electrical apparatus that provides emergency *power* to a load when the input *power* source or mains *power* fails
- ومراجعة جميع الاشارات وأعدادها وأنوعها طبقا لل I/O List & PID & Instrumentation list, ومراجعة الوظائف المطلوبة وهل قائمة الاشارات I/O list كافية لتحقيق تلك الوظائف ام لا. كما يؤخذ فى الاعتبار ان جميع الرسومات والمواصفات الفنية وطبيعة نظام التحكم والوظائف المطلوبه مكملة لبعضها البعض.
- مراجعة جميع اللوحات بكافة انواعها ومكوناتها ومطابقتها للمواصفات الفنية.

### 2. مراجعة المكونات للوحات والـ PLC:

- يجب التدقيق الجيد فى لوحات التحكم او المراقبة الموجودة بالمشروع وفحصها والتأكد من عمل كافة مكوناتها الداخلية وتطابقها مع الرسومات التنفيذية
- مراجعة اعمال الترقيم للكابلات والروزتات ومطابقة الرسومات as built بالواقع .

- مراجعة نهايات الكابلات وطريقة العزل الكهربى .
- مراجعة اعداد الاشارة حسب نوع كل اشارة والتأكد من توصيل كافة الاشارة .
- اختبار جميع الاشارات والتأكد من عملها وان وحدات الـ PLC تستجيب لها وايضا شاشات التحكم ان وجدت ونظام الاسكادا على الحاسبات المستخدمة workstation ( بمعنى انه يجب معرفة والتأكد من المسار بالكامل من بداية الاشارة من مصدرها حتى عرضها على الاسكادا.
- ويتم مراجعة نظام تغذية اشارات الدخل او الخرج او الانالوج والتأكد من عزل جميع الاشارات .
- يجب التأكد من ان النظام اليدوى يستطيع العمل كاملا بدون استخدام وحدات الـ PLC (ويتم ذلك بطريقة بسيطة وهى فصل مصدر التغذية عن وحدة الـ PLC واختبار النظام اليدوى بالكامل ولايتم قبول النظام اليدوى إلا اذا تحقق هذا الفحص).
- مراجعة .Model / Serial No المعتمد وبلد المنشأ لوحدة التحكم PLC والكروت الخاصة بها واعدادها .
- التأكد من تحقيق نسب النقاط الاحتياطية Spare I/O وايضا الكروت الاحتياطية spare part module طبقا لمواصفات المشروع والعرض الفنى المعتمد.
- التأكد من ان جميع مكونات اللوحة (PLC , HMI , relays, pushbuttons ,...etc.)من ماركة واحدة او مصنع واحد (the same manufacturer) اذا تم النص على ذلك فى المواصفات الفنية
- يتم التأكد من ان جميع المكونات من بلد منشأ مطابق للمواصفات الفنية والشروط الخاصة بالمشروع.
- تقديم جميع الرسومات الفنية التفصيلية التنفيذية As built لهذه اللوحات وارتباطها ببعضها .

*"يمكن الرجوع الى دورة المخططات الهندسية لمعرفة الرسومات وانواعها"*

### 3. فحص واختبار اجهزة القياس

- يتم مراجعة طريقة تركيب جهاز القياس طبقا للمواصفات الفنية وتوصيات المصنع واصول الصناعة بالاضافة الى الحماية من العوامل المحيطة.
- مراجعة الكابلات المستخدمة فى نقل الاشارات الى نظام التحكم ، كيفية حمايتها وطريقة تمديدها.

- مراجعة وجود مبينات رقمية digital indicator مناسبة للجهاز فى حال استخدامها وكيفية ربطها على نظام التحكم.
- مراجعة عمل الجهاز ومقارنة القراءات الناتجه عنه مع طريقة مرجعية يمكن الوثوق بها.
- مراجعة الاشارات الخارجة من الجهاز واعدادها وكيفية اتصالها بنظام التحكم .
- مراجعة Model/order code/serial no لكل جهاز قياس .
- مراجعة شهادات المنشأ لجميع الاجهزة وشهادات المعايرة لجميع الاجهزة وان تكون سارية حتى انتهاء الضمان (يلزم ان تكون جميع الشهادات اصلية) .
- الكتالوجات الاصلية للاجهزة التى تبين مكونات الجهاز و طريقة التركيب والاستخدام وكيفية البرمجة وتغير الاعدادات وتوضيح الـ order code لكافة مكونات الجهاز والمكونات الاحتياطية spare parts .
- مراجعة مدى القياس والـ scale الخاصة بقراءة الجهاز ومطابقته للعملية الموجودة ومراجعته مع scale (min, max) الخاص بالاشارات الانالوج Analog output (4-20mA) ومطابقته مع جميع مكونات التحكم التاليه له مثل Digital indicator , Process controller , PLC ., SCADA

**4. الاختبارات الخاصة بالعملية طبقا لفلسفة التحكم والمراقبة**

- يلزم مراجعة فلسفة التحكم وتطبيقها على الواقع بدقة.
- يجب تحقيق كافة العمليات التشغيلية بالموقع والتأكد من الحمايات الكاملة لجميع العمليات.
- يلزم اختبار النظام اليدوى اولا مع تحقيق كافة شروط الحماية واختبارها (على سبيل المثال شرط الحماية الخاص بالتشغيل الجاف Dry running واختبار هل تعمل الطلمبات فى حالة عدم وجود المياه ؟ .... الخ)
- مراجعة النظام الاتوماتيك للنظام.
  - يجب التأكد من ان النظام الاتوماتيك لايعتمد على المشغل ( على سبيل المثال : يقوم النظام الاتوماتيك بتشغيل المضخات فى عنبر الطلمبات المرشحة بناءا على قيمة ضغط معين للشبكة "ويتم تعديل قيمته من خلال شاشة التحكم HMI او نظام الاسكادا SCADA" , وان طلمبات المرشحة يجب **تحضيرها يدويا أولا** ، فى هذه الحالة يجب اضافة منظومة تحضير اتوماتيكية للطلمبات حتى يمكن تحضيرها من خلال النظام

الاتوماتيك او يتم رفض النظام الاتوماتيك بالكامل لانه غير ممكن تطبيقة بصورة سليمة).

- يجب التأكد من ان جميع المتغيرات يمكن تغيرها بواسطة شاشة التحكم HMI وايضا من خلال نظام الاسكادا SCADA مثل قيمة الضغط وزمن عدم الاستجابة لاى امر Time out وقيمة المنسوب واقصى عدد تشغيل متواصل Maximum continuous running time للطلمبة الواحدة وبعده يلزم ايقافها وتشغيل مضخة اخرى لكل مضخة على حده.
- مراجعة عمل النظام الاتوماتيك فى حالة فقد الاتصال Communication Lost او فقد احد اشارات اجهزة القياس.

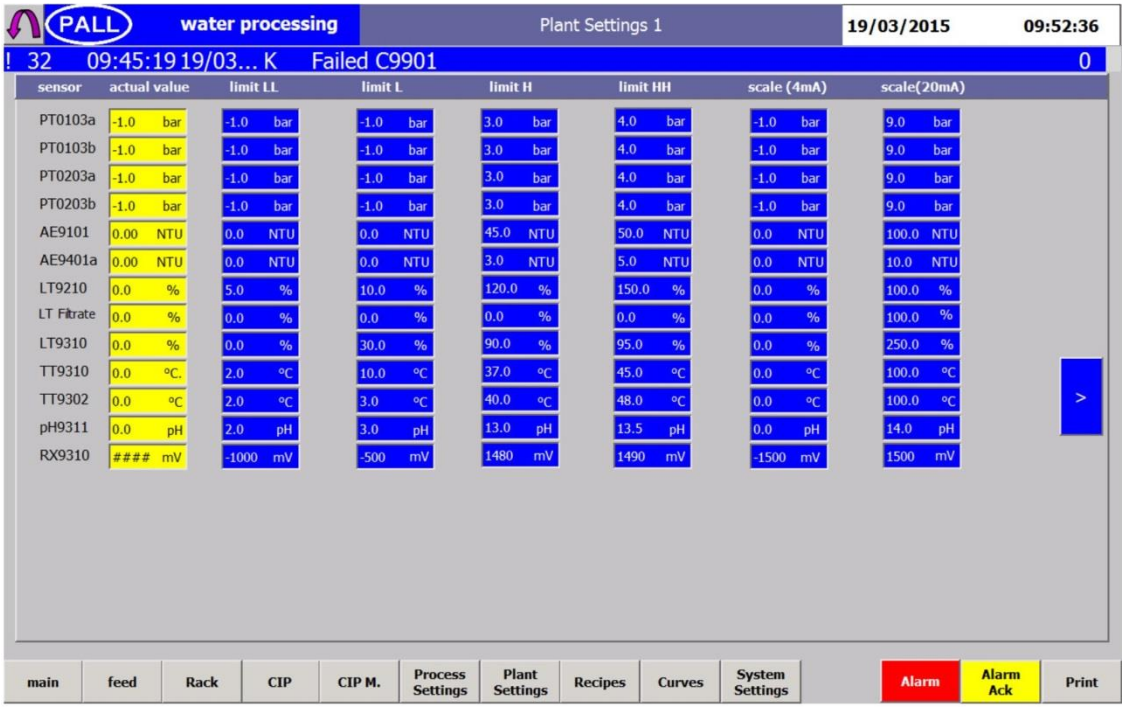
- مثال 1 : اعتماد نظام التحكم الاتوماتيك للطلمبات العكرة فى المأخذ على منسوب المياه فى خزان الاستقبال للمياه العكرة فى المحطة وان عدد الطلمبات التى تعمل تتغير بناءا على هذا المنسوب لذلك فان تأثير فقد الاتصال فى هذه الحالة من الممكن ان يؤدى الى التشغيل الكامل للطلمبات الامر الذى يؤدى الى زيادة المياه داخل خزان الاستقبال بالمحطة overflow ... وهذا خطأ يلزم معالجته.
- مثال 2 : اعتماد نظام التحكم الاتوماتيك للطبات العكرة فى المحطة على عدد الفلاتر الموجودة حاليا فى الخدمة ، فى حالة فقد الاتصال بين عنبر رالمضخات العكرة ونظام التحكم فى الفلاتر فان النظام الاتوماتيك يقوف بايقاف المضخات العكرة فى هذ الحالة ... وهذا خطأ يلزم معالجته.
- مثال 3 :اعتماد نظام التحكم فى تشغيل طلمبات رافع الصرف الصحي على جهاز قياس منسوب بيارة الاستقبال ، فى حالة توقف جهاز القياس فانه فى هذه الحالة تتوقف الطلمبات وبذلك يؤدى الى غرق الرافع لزيادة المياه ببيارة الاستقبال overflow ... وهذا خطأ يجب معالجته
- مثال 4 : اعتماد نظام التحكم الاتوماتيك لضخ الكلور على قراءة جهاز الكلور المتبقى residual chlorine ، فى هذه الحالة يقوم النظام بضخ اقصى قيمة ممكنة لكميات الكلور ويؤدى الى زيادة الكلور فى محطات الشرب عن القيمة

المسموح بها طبقا لمنظمة الصحة والتى تؤدى الى اضرار بالغة على صحة الانسان ، اما فى محطات معالجة الصرف الصحى تؤدى الى اهدار كميات كبيرة من الكلور.

**5. تحقيق كافة خصائص نظام التحكم والمراقبة SCADA**

- يجب تحقيق التصميم functional zones وادراج البيانات المتكامله لكل عنبر من عنابر المحطة (Template/Form for each Zone). تقسيم الشاشات Templates طبقا للعنابر الموجوده .
- عمل رسومات متغيرة حسب قيمة الاشارات الانالوج Analog signal(التغير البصرى مقابل القيمة) بالاضافة الى عرض القيمه على شكل ارقام.
- عمل تصميم graphical design مطابق للواقع physical environment
- عمل تصميم اخر graphical design مطابق للوحات P&ID الخاصة بالمشروع
- عمل شاشات عرض لاهم البيانات summery templates .
- توحيد شاشات العرض والتحكم Faceplate او مايكافئها للوحدات المتشابهة مثل المضخات.مع توضيح حالة المعدة وطريقة التحكم فيها ( Local , Remote from HMI , Remote from SCADA , in Duty , in standby , out of service .... etc.) وتوضيح جميع الاخطاء التى تؤدى الى توقف المعدة مثل ( Overload , Time out, Power failure , dry running , over/over voltage , phase sequence or failure, over temp for winding , over temp for bearing ,...etc.) للمضخات و مثل ( over torque at open or at close , overload , over temp,.... etc.) للمحابس .
- عرض كافة الاشارات والبيانات لجميع المعدات والوحدات بالمشروع.
- الالتزام بكتابة وعرض اسماء الوحدات طبقا لـ Tag Name المذكور فى لوحات الـ P&ID وايضا كتابة البيانات الخاصة بها.
- عمل شاشة لتوضيح معنى الرموز والاشكال والالوان المستخدمة Legend
- يجب ان يكون النظام قادر على منع المشغل من الخطأ عند تعديل قيم المتغيرات بحيث لايقبل القيمة المراد تغيرها الا اذا كانت داخل المدى المسموح به( min & max limit ).مع عرض شاشات التحذير المناسبة.

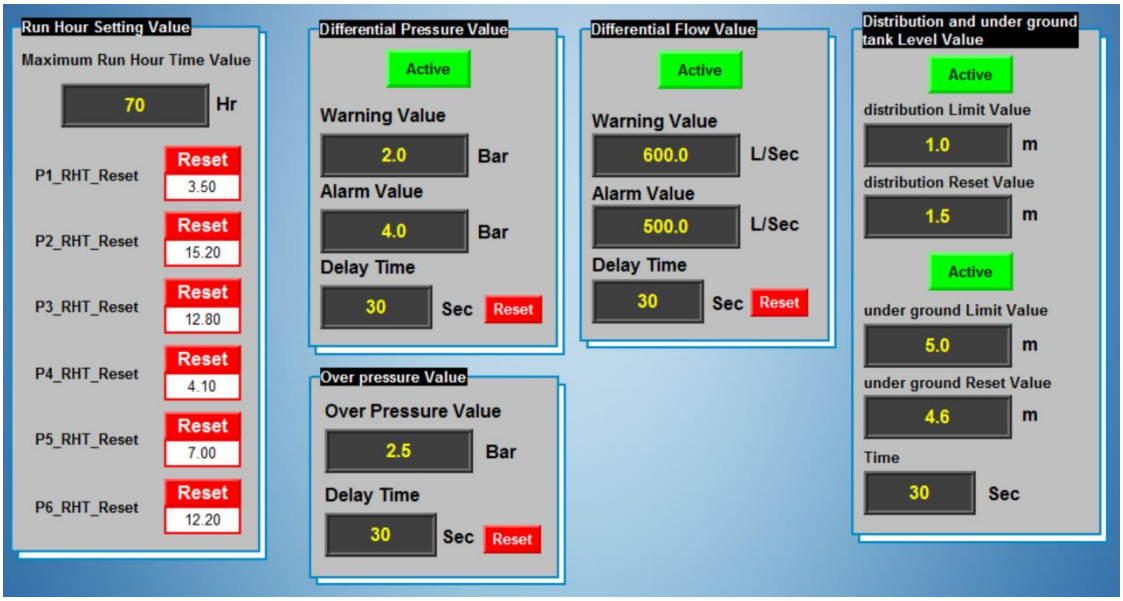
- امكانية تغير الـ SCALE الخاص بالاشارات الانالوج (Min & Max Value)




- يجب الربط بين كافة النوافذ Templates مع سهولة التنقل بين النوافذ المختلفة.

- عمل الرسومات البيانية Trends لكافة الاشارات بالنظام وامكانيكة دمج الاشارات المرتبطة ببعضها على رسم بيانى واحد. وعرض الرسومات بالقيم فى الوقت الحقيقى real-time مع امكانية الرجوع الى قيمها فى اوقات مختلفة.
- عمل التقارير Reports اللازمة للمشروع مثل عدد ساعات التشغيل, وتقارير الصيانة, تقارير الدخول والخروج من الخدمة للوحدات وتقارير كفاءة الوحدات وتقارير كفاءة المحطة ...الخ مدعما بالبيانات اللازمة مع امكانية عمل التقارير الجديدة او التعديل على التقارير الحالية.
- امكانية عمل Recipe وهى تغير مجموعة من المتغيرات المترابطة مع بعضها دفعة واحدة كما يمكن عمل اسم لكل مجموعة وتدعم load , rename , update , create new (مثل ضبط مجموعة من المتغيرات لاحواض التهوية فى محطات المعالجة SPRاو ASPR ...الخ مرة واحدة – او ضبط متغيرات الفلتر دفعة واحدة فى محطات تنقية مياه الشرب للحصول على كفاءة معينة ). ويمكن الرجوع الى هذه الوصفات او مجموعة المتغيرات فى اى وقت.
- التأكيد على وجود max value , min , default لكل متغير.

- التأكد من امكانية النظام فى تعديل كافة المتغير الممكنة واللازمة لاستقرار العمليات




- امكانية عرض وحدات الPLC بالشكل الواقعى لها وعرض البيانات الخامraw data على كل نقط كروت الدخل او الخرج لسهولة الصيانة مع دعم عرض جميع الدوائر الكهربية و الكتالوجات الخاصة بها.
- التأكد من عرض وتخزين كافة الانذارات Alarms والاحداث Events
- التأكد من توضيح معانى الانذارات وعرض الوصف الخاص بها وكيفية التعلب علية وان تكون مطابقة مع دليل المستخدم للمشروع .
- التأكد من ان النظام ستخدم Historical Database server لتخزين البيانات لفترات كبيرة وان يكون ذات رخصة اصلية ، حسب مايتم النص علية بالمواصفات .
- التأكد من وجود OPC server لارسال واستقبال البيانات وان يكون ذات رخصة اصلية تغطى كافة احتياجات المشروع لجميع انواع البروتوكولات والمكونات المستخدمة أو حسب مايتم النص عليه فى المشروع.
- توافر رخص البرامج الاصلية وايضا رخصة على الاقل لامكانية التعديل Development license وان تكون ذات سعة مناسبة لاى تعديل Tag number وعدد من الرخص الخاصة بالتشغيل Runtime license مناسبة للمشروع.
- توافر نظام تشغيل ذات رخصة اصلية وكافة البرامج المستخدمة يكون لها رخص أصلية
- لايتم قبول الرحض المزيفة Cracked licenses لاى من برامج المشروع .

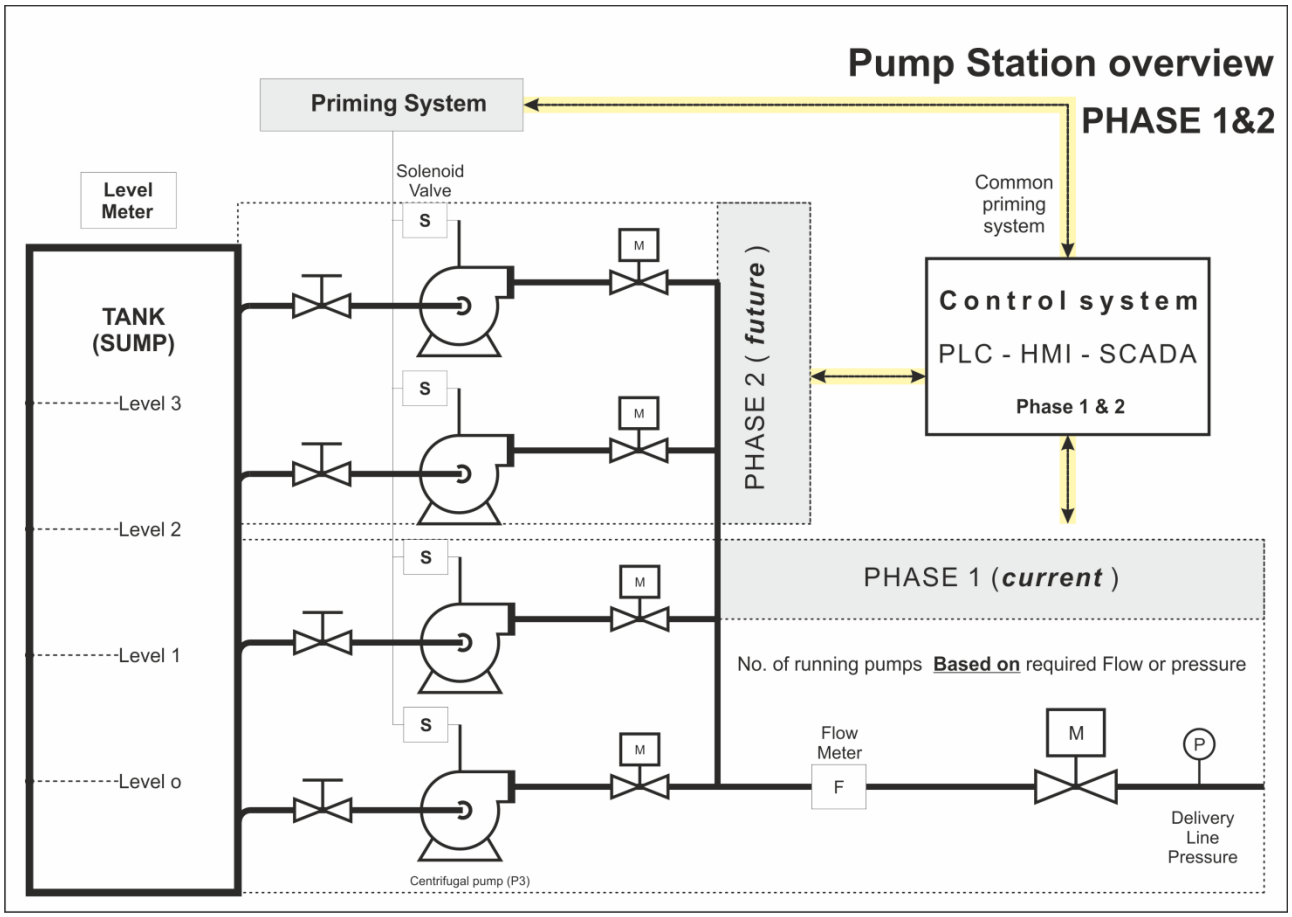
- هل النظام يقبل البرمجة اثناء العمل او غير ذلك (online , offline programming) . وهذا ينطبق على نظام الاسكادا ووحدات التحكم مثل ال PLC.

**6. تحقيق كافة خصائص امن المعلومات وامن العمليات Engineer & Operator Privileges**

- يجب ان يتحقق امن المعلومات الخاصة بالنظام بالتأكد من ان جميع الاعدادات ومسارات انتقال البيانات داخل شبكات الاتصالات لسيرفرات او Real IP خاص بشركة مياه الشرب والصرف الصحي التابع لها للمشروع
- يحب ان يتم تصميم النظام على تعدد المستخدمين كلا منهم له اسم مستخدم وايضا كلمة سر للدخول على النظام ,كما يتم منح كلا منهم بعض الصلاحيات
- صلاحيات المستخدم (المشغل Operator) قاصر على التشغيل فقط بدون عمل التغيرات التى تؤثر على النظام او تعديل المتغيرات او حسب منحه بعض او كل الصلاحيات .
- صلاحية المستخدم (المهندس Engineer) نفس صلاحيات المشغل Operator ولكن يستطيع تغير كافة قيم المتغيرات.
- صلاحيات المستخدم (Administrator) فتكون فى انشاء مستخدمين اخرين بصلاحيات مختلفة ويمكنة ايضا اعادة تعين كلمة السر للمستخدمين الاخرين ويمكنه ايضا تحديد الصلاحيات لكافة المستخدمين.

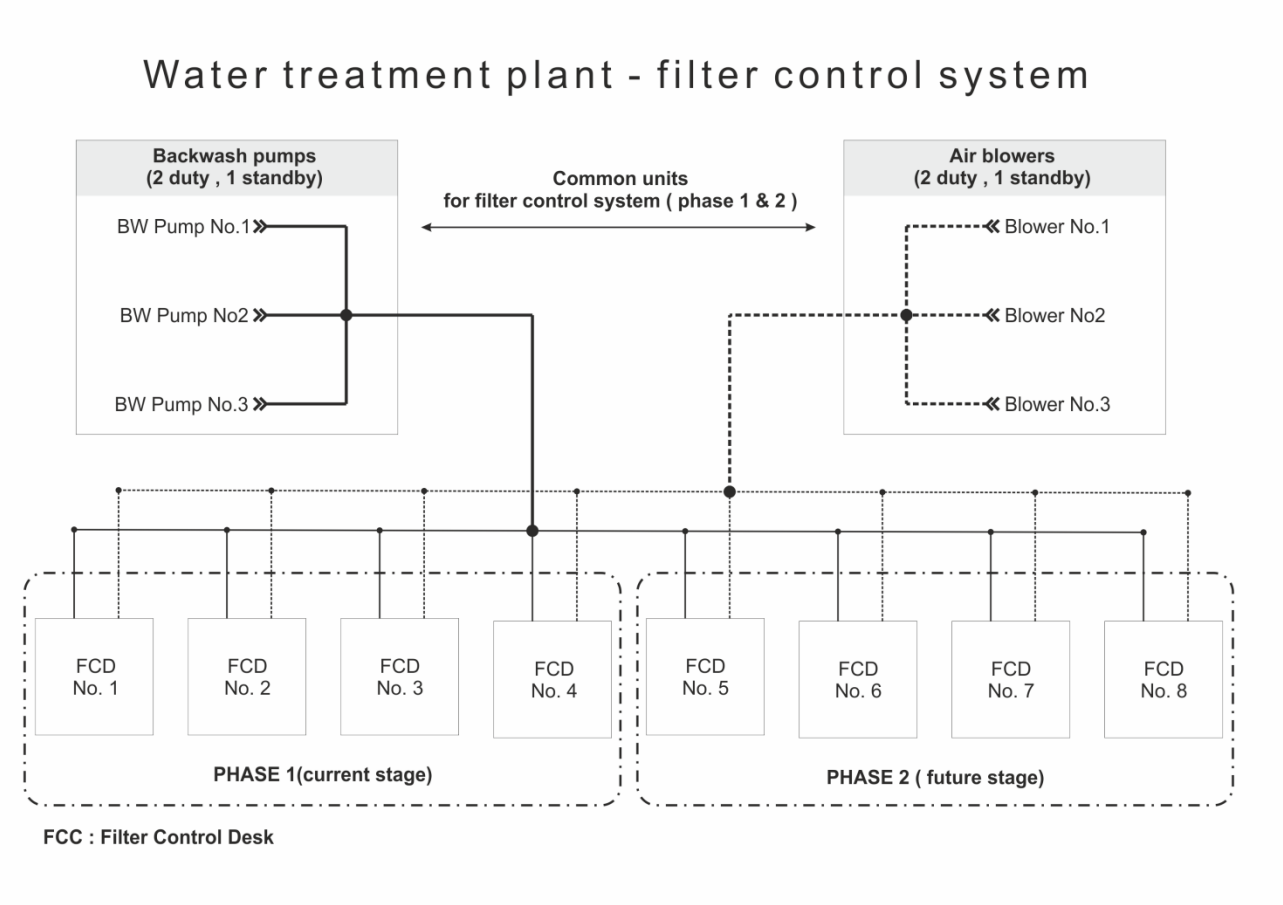
**7. مراعاة امكانية التوسع المستقبلى**

يجب مراعاة التوسع المستقبلى لمنظومة التحكم والمراقبة خاصة فى الوحدات التى تشترك فى عمليات تحكم واحدة مثل زيادة عدد المضخات بمحطة رفع صرف صحي او عنبر المياه العكرة او المرشحة ..الخ، ونظرا لان الوحدات القائمة قبل التوسع تم تصميم برنامج التحكم الاتوماتيك لها لتشغيل عدد من المضخات بناءا على قيمة الضغط Pressure او كمية المياه Flow rate المطلوبه ، لذلك يجب ان يكون هناك نظام تحكم واحد للمضخات الحالية (المرحلة الاولى ) وايضا التوسعات (المرحلة الثانية ) ، حتى لانضطر الى عمل نظام موازى فى حالة التوسعات وفقد التكامل بين الوحدات او اعادة بناءا النظام الحالى ليستوعب التوسعات وبذلك تكون التكلفة كبيرة لانها تؤثر على لوحات التحكم ومكوناتها وبرامج الـ PLC و شاشات التحكم HMI و برامج الاسكادا SCADA .




## 8. مراعاة التكامل بين الانظمة فى حالة التوسعات خاصة للوحدات المشتركة .

ان عمليات التكامل بين انظمة التحكم والمراقبة خاصة فى المشروعات التى تتم على اكثر من مرحلة لابد من دراستها بطريقة فنية تفصيلية دقيقة فى مرحلة التصميم ، أما فى مرحلة الاستلام فانه يلزم الاختبار الدقيق ايضا , وذلك لانها يمكن ان تؤدى الى انهيار بنية منظومة التحكم والمراقبة للمرحلة السابقة وفى هذه الحالة يتم رفض النظام من الناحية الفنية , كما انه يمكن اللجوء الى فصل الوحدات المشتركة (الاعمال الكهروميكانيكية) بحيث يكون لكل مرحلة من المشروع المكونات الخاصة بها دون تداخل بين المراحل, او انه يتم مراعاة مراحل المشروع بالكامل عند تنفيذ المرحلة الاولى (دون ادراج جميع المكونات التى يمكن تأجيلها الى المرحلة الخاصة بها) ولكن ذلك يؤثر على سعة وحدات التحكم PLC I/O capacity وايضا فى شاشات التحكم وخوادم نظام الاسكادا ( ويجب مراعاة رخص البرامج المستخدمة حتى تستوعب هذه التغيرات).




الشكل السابق يوضح بنية منظومة الفلاتر لمحطة تنقية مياه الشرب ، ونجد ان منظومة التحكم فى ترابيزات الترشيح Filter Control Desk تقوم بعملية تحكم معينة , وجميع الفلاتر تستخدم الوحدات المشتركة مثل بلاورات الهواء ومضخات الغسيل العكسى (تستخدم الوحدات المشتركة مع مرشح Filter واحد اثناء عملية الغسيل العكسى له backwash process ولايمكن غسيل مرشح اخر فى نفس الوقت ولكنه ينتظر حتى ينتهى المرشح الحالى من عملية الغسيل ويقوم نظام التحكم بتسجيل طلبات الغسيل washing request ويتم الغسيل العكسى بالترتيب washing queue ).

لذلك عند تنفيذ المرحلة الثانية PHASE 2 (future stage) يتم استخدام الوحدات المشتركة Common units مع المرحلة الاولى ، وعند انشاء نظام تحكم خاص بالمرحلة الثانية **(منفصل)** فانه يستخدم الوحدات المشتركة بين المرحلتين مما يؤدى اى اضطراب فى عمليات الغسيل العكسى للمرحلة الاولى والثانية ، لذلك يلزم عمل نظام واحد للتحكم فى المنظومة (المرحلة الاولى والمرحلة الثانية والوحدات المشتركة ) او الوصول الى حلول فنية لاعمال التحكم والمراقبة لتنظيم عمليات

الغسيل العكسى لجميع الفلاتر القديمة والجديدة معا دون مشاكل ، وهذا يؤثر على PLC & HMI & SCADA system .

**9. المستندات والرسومات والكتالوجات**

- المواصفات الفنية المطروحة والعرض الفنى المعتمد
- الكتالوجات الاصلية لجميع مكونات المشروع بكافة انواعها
- جميع اللوحات والرسومات للمشروع (اعمال الكهرباء والتحكم ... الخ)
- فلسفة التحكم التى تصف كافة مكونات المحطة وطريقة التحكم التفصيلية لها
- كتيبات التشغيل والصيانة لجميع مكونات المشروعبالكامل ووصف عمليات التشغيل والصيانة وجميع الانذارات وكيفية التعامل معها (باللغة العربية والانجليزية).
- مواد تدريبية على المنظومة للعاملين بالمشروع( فنين والمهندسين) خاصة بأعمال الصيانة والتشغيل.
- قائمة أجهزة القياس Instrumentation list (full model no "order code" , tag name , P&ID page no , signal type , max value , min value , units ).
- لوحات المواسير وعليها اجهزة القياس – موضح بها بيانات التركيب الحقيقية
- كتالوجات اجهزة القياس ، شهادات معايرة لجميع اجهزة القياس سارية.
- HMI,PLC (CPU , I/O modules ) serial number and I/O list
- Process Flow Diagram (PFD)
- piping and instrumentation diagram(P&ID)
- electrical single line diagram (SLD)
- Wiring diagram (electrical control circuits, PLC).
- Control & Instrumentation Loop diagram
- Panels layout & component arrangement
- SCADA architecture (layout)
- PLC & HMI & SCADA operation and instruction manuals
- Network switches, gateways, converter….etc. Operation and instruction manuals

- Network configuration & layout.
- Cable list from-to , Cable & Communication network routing

**10. نسخ البرامج والكابلات الخاصة.**

يتم استلام جميع البرامج الاصلية Developer programs والرخص الاصلية الخاصة بها والكابلات المستخدمة Programming adaptor / cables لعمليات البرمجة وكتيبات التشغيل والتركيب والبرمجة لجميع وحدات التحكم PLC & HMI وايضا يتم استلام نسخ احتاطية Project programs backup لجميع الوحدات مع توثيق الاعدادات و طريقة الاستخدام وكيفية تثبيت هذه البرامج على الحاسب للاستخدام فى اعمال الصيانة .

يلزم التفكير الدائم فى كيفية الاستفادة من انظمة التحكم والمراقبة , وكيفية تهيئة المنظومة للتعامل مع كافة الظروف للحفاظ على النظام الاتوماتيكى , وان يكون قابل لتعديل القيم والمتغيرات المختلفة التى تؤثر على عمليات التحكم , وقابل لانتاج التقارير والرسومات للقياس لمعرفة اداء الوحدات وعدد ساعات التشغيل و استهلاء الكهرباء والكيماويات وما يماثله ، وان تكون بيانات وبنية النظام وافية للوصول الى اماكن الخلل وتحديد الاعطال لتسهيل عمليات الصيانة. وان تكون جميع البيانات الفنية عن جميع المكونات والمستندات والرسومات الهندسية ودليل المستخدم والبرامج والنسخ الاحتياطية وكابلات البرمجة ومايماثله محفوظة وموثقة ويمكن الوصول اليها فى اى وقت.

ويجب وضع المواصفات الفنية للمشروعات التى يتم طرحها لمثل هذه الاعمال بطريقة تفصيلية للمكونات وطريقة عملها وتوصيلها وامكانياتها وانواع الاشارات والحمايات المطلوبة وطريقة التشغيل والتحكم وتكاملها مع المنظومة ووصف امكانيات البرامج والخوادم والرخص المطلوبة ومراعاة متطلبات النظام الخاصة فى حالة التوسعات .

ونؤكد ان الوصول الى كفاءة منظومة التحكم والمراقبة يعتمد على التكامل بين جميع التخصصات الفنية المختلفة ويجب الرجوع الى الاكواد العالمية والمصرية واهل التخصص للوصول الى المعلومات الفنية وطريقة التشغيل الصحيحة لجميع المكونات والوحدات لكافة المشروعات.

## المراجع

- تم إعداد الإصدار الأول بمشاركة المشروع الألماني GIZ
- و مشاركة السادة :-

| | |
|---|---|
| مهندس/ أشرف لمعي توفيق | شركة صرف صحي القاهرة |
| مهندس/ السيد رجب شتيا | شركة مياه وصرف صحي البحيرة |
| مهندس/ أيمن النقيب | شركة صرف صحي الاسكندرية |
| مهندس/ خالد سيد أحمد | شركة مياه القاهرة |
| مهندس/ طارق ابراهيم | شركة صرف صحي القاهرة |
| مهندس/ علي عبد الرحمن | شركة صرف صحي الاسكندرية |
| مهندس/ علي عبد المقصود | شركة صرف صحي القاهرة |
| مهندس/ محمد رزق صالح | شركة مياه وصرف صحي البحيرة |
| مهندس/ مصطفي سبيع | شركة صرف صحي القاهرة |
| مهندس/ وحيد أمين أحمد | شركة مياه القاهرة |
| مهندس/ يحيى عبد الجواد | شركة مياه وصرف صحي الدقهلية |

- **تم التحديث V2**

**بمشاركة السادة :-**

- **مهندس/ خالد سيد أحمد — شركة مياه القاهرة**
- **مهندس / ريمون لطفى زاخر — شركة صرف صحي القاهرة**
- **مهندس/ علاء عبد المهيمن الشال — شركة مياه وصرف صحي الغربية**
- **مهندس/ محمد عطية يوسف — شركة مياه وصرف صحي الدقهلية**
- **مهندس/ محمد محمد الشبراوى — شركة مياه وصرف صحي الدقهلية**
- **مهندس/ محمد صالح فتحى — شركة مياه وصرف صحي الدقهلية**
- **مهندس/ هانى رمضان فتوح — شركة مياه وصرف صحي الدقهلية**
- **مهندس/ عادل عزت عبد الجيد — شركة مياه وصرف صحي بنى سويف**

❖ **تمت أعمال التنسيق بواسطة كل من :**

- **الأستاذ/ علاء محمد المنشاوي — الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى**
- **المهندسة / بسمة فوزى — الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى**
- **الأستاذ / سيد محمود سيد — الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى**

للاقتراحات والشكاوى قم بمسح الصورة (QR)

حقوق الطبع محفوظة
الإدارة العامة للمسار الوظيفى - الإدارة العامة للمناهج
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى