

# real-time monitoring system and smart sensors

محمد عبدالسلام محمد الجرم

شركة الزاوية لتكرير النفط/إدارة مصنع اسفلت بنغازي/بنغازي/ليبيا/Eng.eljarm@yahoo.com

المخلص: -

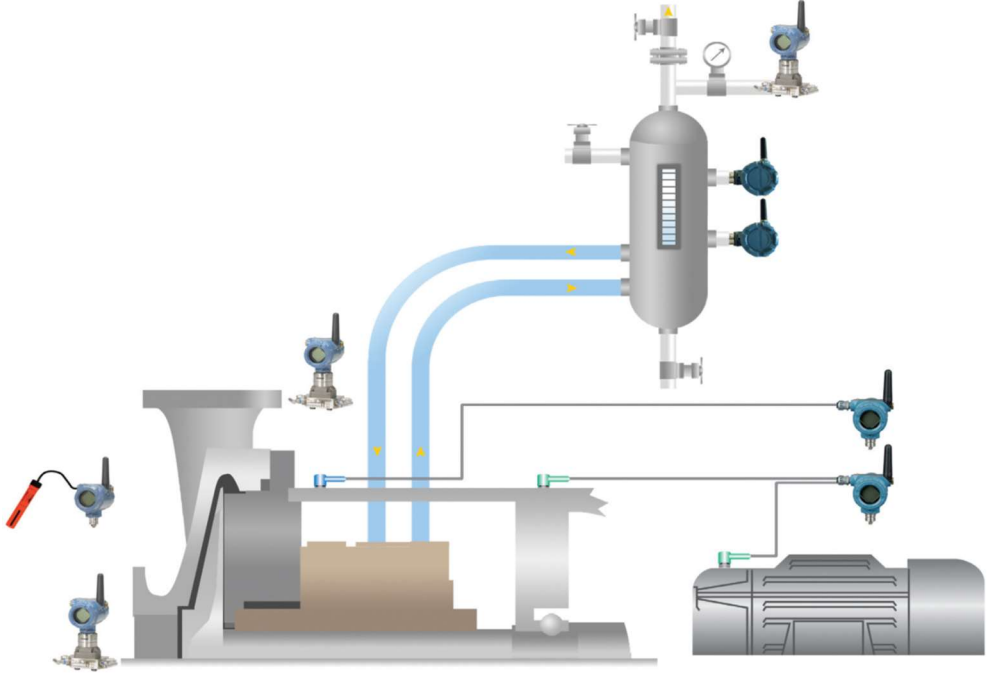
في هذه الورقة تناولت أحد محاور المؤتمر العلمي التي سنتظمه جامعة النجم الساطع والذي كان حول المدن الذكية/وتقنية الرصد المباشر والمجسات الذكية، وتحديدًا في موضوع "Real-time monitoring system & smart sensors". كما نعلم أن التطور بدأ يتسارع في عالم الصناعة، والتحديث في عمليات المعالجة، وتلقي المعلومات وتوظيفها في تطبيقات كثيرة، كالرصد والمراقبة والتحكم، ومن أهم الأجهزة التي فتحت لنا بابًا لتحكم والرصد، هي المجسات "Sensors" وهذه الأجهزة وظيفتها استخلاص المعلومة القياسية، ومن ثم إرسالها إلى أجهزة استقبال لتعامل معها، سنسرد من خلال الورقة كيفية توظيف هذه المجسات لعملية رصد المعلومات والحماية، فلا تقتصر وظيفة المجس على إرسال القياسات فقط، بل حتى الإنذار وإعطاء التشخيص المبكر لحالة الآلة للقيام بالتدخل السريع أثناء عملية التشغيل لها، مما سيحافظ ويطيل في عمر المعدة واستمرارها في الخدمة، سنتطرق أيضًا إلى تحول نقل المعلومات من النظام التماثلي "Analog" إلى النظام الرقمي "Digital" والذي سيوفر لنا الكثير من مزايا التثبيت، كإبواب نقل المعلومات والتقليص منها إلى حد كبير، والذي سيوفر لنا تكاليف نقل معلومات من أماكن متعددة وبعيدة، وسنتطرق إلى بعض الطرق لتحويل الإشارة التماثلية إلى الإشارة الرقمية، مستخدمين نظرية مفاتيح إزاحة التردد. "Frequency shift keying" بعد استخدام نظام "FSK" اتاحت المجال لنا إلى تطبيق آخر، يستخدم في معايرة المجسات الرقمية والتي أصبحت ترصد المعلومة كموجات جيبيه لا قياسات تماثلية كما في السابق وهو نظام "Hart communications" وهذا التطبيق وفر لنا الوقت والجهد في معايرة المجسات الرقمية والتي أمكننا من معايرة أكثر من مجس يعملان في حلقة واحدة في نفس الوقت، والذي كان يتطلب منا الذهاب إلى كل مجس ومرسل ومعايرته منفصلاً. بعد تحول الإشارة التماثلية إلى إشارة رقمية تمكنا أيضًا من نقلها إلى أي بقعة في العالم بعد إرسالها كمعلومات ترددية، يتغير فيها التردد بتغير المعلومة ووجدنا أن هناك توافق بين التغير في القياسات التماثلية والتي محصورة في الغالب ما بين 4mA إلى 20 mA إلى قيمتين من التردد وهي 1200 Hz إلى 2200 Hz وهذه الترددات ستطابق بعد معالجتها النظام الثنائي "Binary code" 0...1 والذي سهل لنا التعامل مع المعلومات القياسية، ووفر لنا المرونة لاستخدامات تطبيقات أكثر تعقيدًا، والتي كانت غير متاحة في أوقات سابقة، وهذا يعزى إلى التطور الغير مسبوق في علم المجسات .

## المقدمة: -

بعد دخول علم المجسات "sensors" عالم الصناعة اضافت هذه التقنية طفرة في مجال الرصد والتحكم, كما نعلم ان هناك طرق تقليدية تستخدم الي يومنا هذا في رصد ومراقبة خصائص المادة من حرارة وضغط وحركة للموائع من تدفق ولزوجة كل هذا كان يقاس بطرق تقليدية تعتمد على خصائص المادة بحد ذاتها وترجمتها كهربائيا لنقوم بعملية التحكم فيها كغلق وفتح صمامات كهربائية والتي تتحكم في معدلات التدفق لأي مائع او غاز او أي شكل من اشكال المادة, هناك مجسات عديدة والتي تُصنع من مادة تتغير بتغير خصائص المادة الموجودة فيها. فمثلا, حساس الخلية الضوئية "Photo cell" هذا الجهاز يقوم بتحسس الضوء لان الالكترونات الحرة تصبح مقيدة عند تسليط الضوء عليها وتتغير من مادة شبه موصلة الي مادة عازلة هناك نوع اخر من المجسات يعمل بالموجات الفوق سمعية "Ultra sonic" وهذا حساس يصدر موجات صوتية لتحديد أهدافه بدقة متناهية ويعمل بتقنية "pulsar" وهناك العديد من أجهزة الرصد لها خصائص معينة يمكن توظيفها في قياس الحرارة والتي تعمل بتقنية الازدواج الحراري "Thermo couples" او المقامة المتغيرة بتغير حرارة الوسط RTD

"Resistance thermal device" وهذا الحساس يتكون من مقاومة متغيرة تتغير قيمتها بتغير الحرارة تناسيبا, كل هذه الحساسات تعمل بنظام التماثلي "Analog" مؤخرا تم تعديلها الي النظام الرقمي كي تعطينا مزايا لا متناهية في توفير الوقت والمال وهذا سنتطرق اليه من خلال الورقة ونبين مدى المميزات والاختيارات التي ستوفر بعد تفعيل وتطبيق النظام الرقمي على كل هذه الحساسات, وسنضيف بعد التحسينات التي ستمكننا من تخفيض نسبة التكاليف الانشائية "commissioning" وتقليل من تكلفة كوابل ناقلات الإشارة بعد ضبطها على نظام "Hart communication" والتي اضافى ميزات لامحدودة في عالم التحكم والرصد وتنظيم نقل المعلومات من الحقل الي غرف التحكم. سنذكر بعض الفائدة التي سنتحصل عليها بعد تثبيت المجسات على الالة والتي ربما تكلفك أموال باهضة لصيانتها, ويمكن لهذه المجسات القيام بتشخيص مبكر لتقوم بتببيهاك بإجراء صيانة لتلافي أي ضرر ربما يحدث بسبب بعد المسافة او عدم الدراية بما يحدث للألة. بالإضافة الي انها قلصت لنا زمن التشخيص والفحص المبكر والذي كان يلزمنا الكثير من الوقت والجهد ونقلتنا من "manual monitoring" الي تقنية "online monitoring". بعد تحولنا من المجال التماثلي الي المجال الرقمي "Digit system" وضمنا هذا التحول في عملية نقل المعلومات الصادرة من المجسات الي غرف التحكم لمعالجتها كالقياسات وإصدار الأوامر الخاصة بعمليات التحكم او رصد الإنذارات الخاصة بعملية التصنيع او التي تخص نظم الحماية للمعدة لاسلكيا "wireless system" والتي لم نكن الحصول عليها الي بعد تحويل الإشارة التماثلية الي الرقمية مستخدمين نظرية "frequency shift keying" والتي اضافت لنا نقلة نوعية في عالم تبادل المعلومات والتي ذللت لنا مصاعب نقل المعلومة لمسافات بعيدة والتي

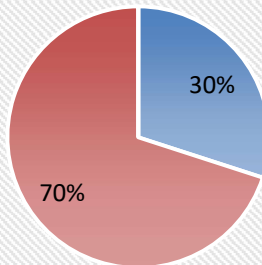
وضعت لكي توفر لنا الوقت والمال ومن اهم تطبيقاتها الرصد المباشر للمعلومات التي زودتنا بها المجسات وإمكانية تخزين المعلومة القياسية بسهولة اكثر مما كان عليها في السابق.



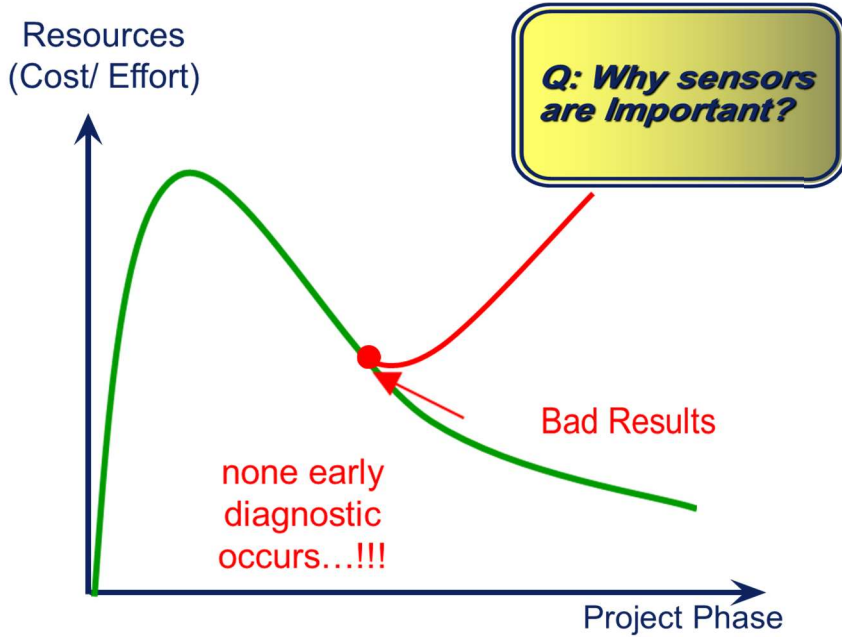
شكل "1" المجسات الذكية

في الشكل رقم "1" يبين محرك كهربائي مثبت معه مضخة تقوم بسحب منتج ودفعة الي منطقة التخزين وضعت عليه بعض المجسات لتكون الألة تحت المراقبة طول اليوم وارسال القراءات بشكل دوري حت تعلم المشغل بظروف الألة أنواع المجسات المثبتة حساس الاهتزاز وهذا يبين ما مدى الاهتزازات التي تحدث عند دوران المضخة بسبب عدم التثبيت الجيد وهذا يسبب ضرر كبير في عمود دوران مجس اخر خاص بحرارة المضخة والذي يبين لك حرارة المضخة اذا كانت تعمل تحت ظروف تشغيلية طبيعية او لا،

pie chart for planed downtime



هناك حساس سحب المقيد والذي يعطيك انذار على ضعف سحب المضخة وهذا يشير الي وجود انسداد في المصفى او أي سبب اخر كل هذه المجسات تساعدنا في حماية المعدة وجعلها تعمل تحت ظروف تشغيلية طبيعية بالإضافة الي انها ستجنبنا الكثير من نفقات التلف الذي يحدث بسبب عدم المراقبة المتواصلة للألة, وهذه التقنية اخلتنا مجال الرصد المباشر وما يعرف "online monitoring" خبراء في عالم الصناعة والصيانة وجدوا ان بعد تطبيق نظام الرصد المباشر بان زمن التشخيص والكشف عن الأعطال خُفّض الي 30% [1] مقارنة بالكشف اليدوي الذي كان يُعمل به بالسابق وهذا وفرته لنا مجسات الحماية "protection sensors"

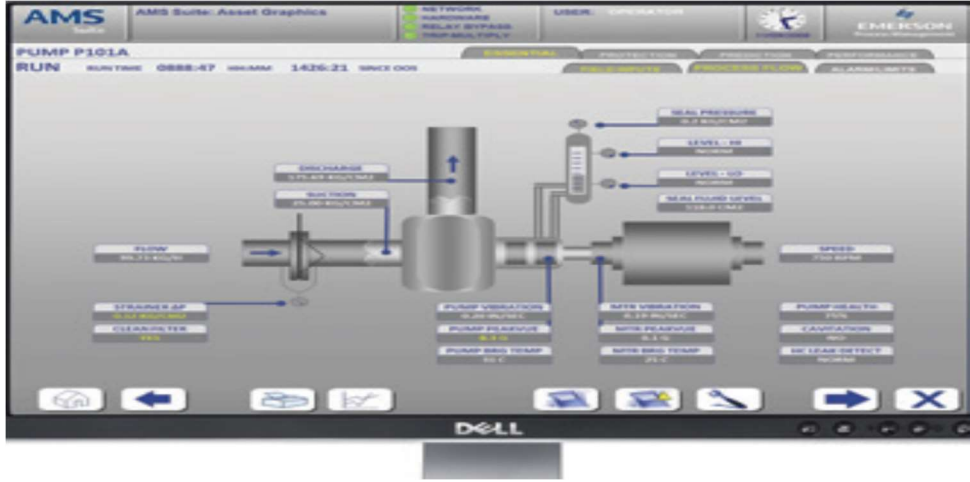


شكل "2" رسم بياني لاهمية المجسات لتشخيص المبكر

في الشكل رقم "2" يبين لنا ما أهمية مجسات او الحساسات ودورها بالقيام بالتشخيص المبكر للأعطال التي تحدث للمعدة مما يجنبنا تلف غير مبرر لتلك الالة ورصد نفقات إضافية لإصلاحها او استبدالها بسبب التشخيص الغير مبكر، فعند بداية كل مشروع سترصد نفقات خاصة بالموارد والتكاليف والقدرة للتنفيذ كل هذا مُثل بالمحور العمودي للمخطط التوضيحي، اما المحور الافقي فهو يلزم المشروع ويحاكي أيضا الاطوار التي يمر بها كل مشروع، في لحظة ما يسبب في تغير منحنى النفقات ويتصاعد بشكل حاد، وسنرجع الي نفس النفقات في بداية التركيب والتشغيل وهذا بسبب عدم الرصد والمتابعة للمعدة مما سبب انهيار تام لها، وهذا يؤدي بنا الى انفاق المزيد من المال بسبب عدم التشخيص المبكر والذي ستوفره المجسات "sensors" لنا.

### الزيادة في الأرباح: -

خبراء في الصناعة قاموا بدراسة حول تطبيق نظام الكشف المبكر "early diagnostic" للأعطال وجدوا ان ما يقارب من 0.18% من الإنتاج [1] سيضيع أو يُفقد بسبب فشل في المضخات أو اغلاقها بسبب ظروف تشغيله غير اعتيادية وتجاوز لفترة صيانة، فهنا يأتي دور مجسات "sensors" للقيام بالتشخيص المبكر لكي ما يدور حول المحركات الدوارة لشعلها تحت المراقبة والرصد.

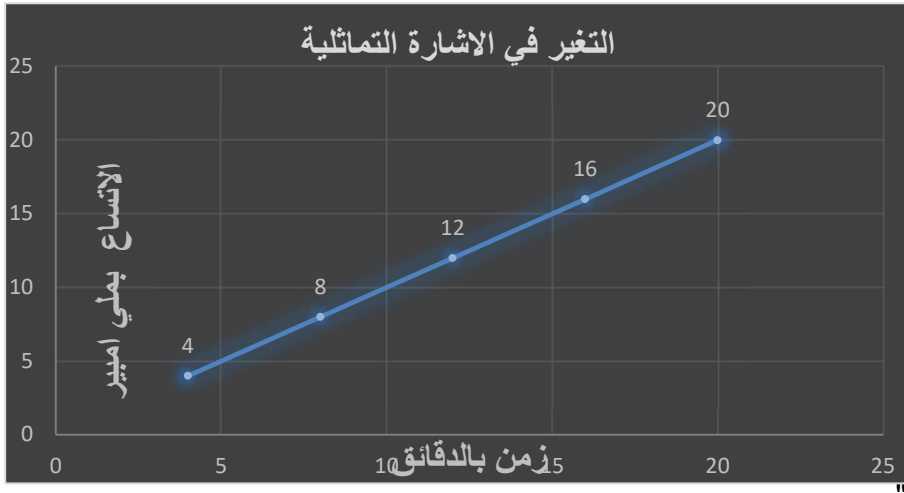


شكل "3" يوضح رصد الحي لمضخة من غرفة المراقبة

1. التخفيض المتوقع في تكاليف صيانة المضخات المعالجة بواسطة التشخيص المبكر يصل الى 30%.
2. التخفيض المتوقع في فقد الإنتاج بواسطة رصد ظروف مضخات المعالجة يصل أيضا الى 30%.

## الانتقال من النظام التماثلي الي النظام الرقمي للحساسات: -

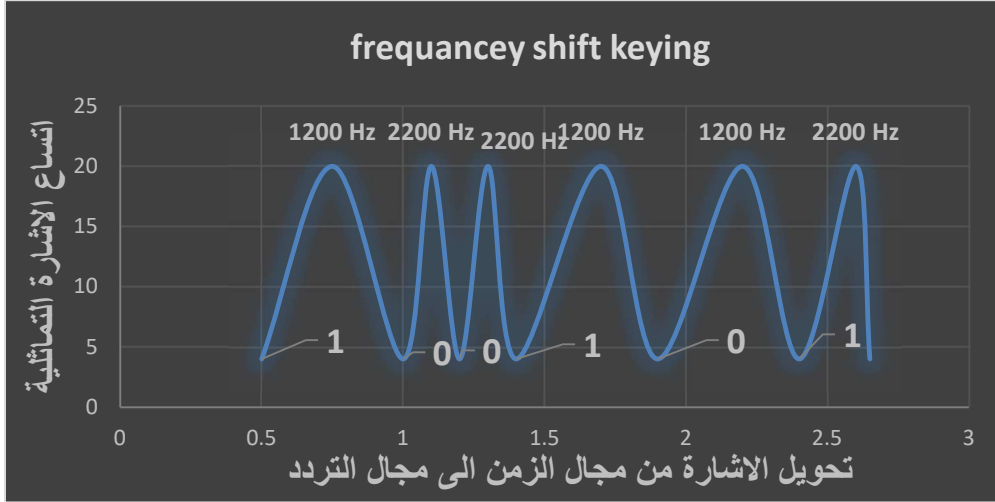
كما نعلم ان المجس "sensor" عبارة عن جهاز يترجم ظروف المحيطة به من حرارة وضغط وتدفق او ملوحة او وتوصليه او حتى تآكل في المعادن او أي ظرف غير اعتيادي الي إشارة كهربائية تماثلية وهذه الإشارة تُرسل الي أجهزة رصد ومراقبة لتبين لنا القياسات حتى نقوم بالتدخل السريع للحفاظ على المعدة او المنتج على حسب وظيفة كل مجس او مكانه. تم تطوير وتحديث نظام مخرجات هذه المجسات من النظام التماثلي "analog system" الي النظام الرقمي "Digital system" وهذا النظام يوفر لنا دقة في المراقبة ومرونة وتوفير في تكاليف الرصد والمراقبة، وسنتطرق الي هذه المميزات لاحقا.



شكل "4" التغير في الإشارة التماثلية

في الشكل 3 يبين لنا تغير في الإشارة تماثلية لأي مجس "sensor" عندما تتغير ظروف التشغيلية والذي يرصد أي حركة تحدث في المجال المحيط بيه والتي ستترجم الي معلومة قياسية لدى غرفة التحكم. بعد ما تعرفنا على شكل الإشارة التماثلية سنبين الطريقة الشائعة والمتبعة لتغير الإشارة من نظام التماثلي الي النظام الرقمي، وهذه الطريقة مأخوذة ومستندة على "Bell 202 telephone communication" وهي تعمل بطريقة مفاتيح إزاحة التردد "frequency shift keying" [2] وتُعرف أحيانا ب مبادئ FSK الإشارة الرقمية تصنع بترددين مختلفين 1200 Hz و 2200 Hz وتُمثل بالنظام الرقمي "0,1" بالتعاقب الموجة الجيبية لهذين الترددتين المختلفتين ستكون ملازمة للإشارة التماثلية "direct current" والتي تُعرف DC، موجة الاتصال الرقمي تملك استجابة تحديث للمعلومات المقاسة من 2-3 معلومة في الثانية بدون التسبب في أي قطع في الإشارة التماثلية بشرط ان لا تزيد مقاومة سلك ناقل الإشارة عن

230 OHM وهذا الشرط يكون مطلوب في حالة المخاطبة "sending & receiving". فهذه القيمة لمقاومة السلك أُختيرت بعناية حتى تجعل التيار التماثلي الصادر من المَجَس "sensors" يتراوح ما بين 4mA الي 20mA وهذه القيم تعتبر ثابتة في اغلب المجسات والتي ستُترجم كقياسات في أجهزة الرصد والتحكم, ووجد عند استقبال الإشارة التماثلية ان هناك اجارة جيبيه "sinusoidal signal" والتي تتغير قيمة الزمن الدوري لها بتغير الإشارة التماثلية بسبب تغير الظروف المحيطة بالمجس.

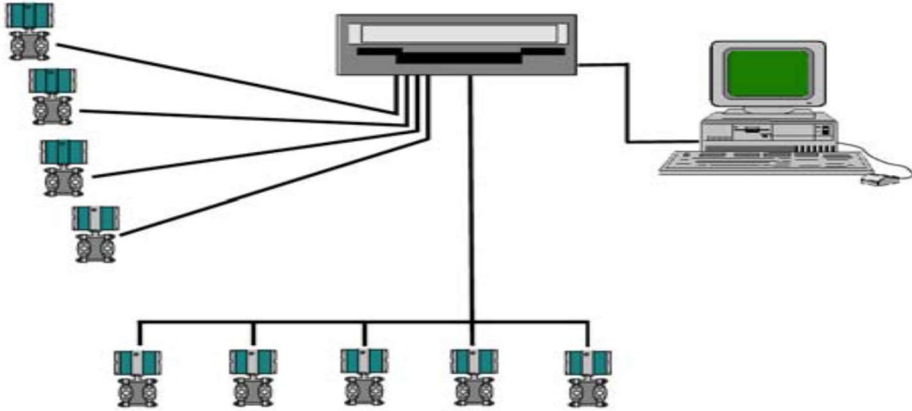


شكل "5" الإشارة الرقمية المصاحبة للإشارة الترددية

في الشكل رقم "4" يوضح لنا مقدار التغير الذي يحدث للإشارة الرقمية في التردد والذي يتراوح من 1200 Hz الي 2200 Hz ويمثل كل من الترددات السابقة برمز ثنائي "binary code"، فأى تغير يطرا في المجس "sensor" سيولد مجموعة من الترددات والتي تمثل برمز ثنائية تُنقل كمعلومة قياسية.

#### الأجهزة المتلازمة للنظام الرقمي "Multiplexer": -

بعد تمكننا من تحويل الإشارة التماثلية الى الإشارة الرقمية مستخدمين نظرية "frequency shift keying" سنتمكن من استعمال جهاز "multiplexer" الذي يعتبر أحد الوسائل الفريدة في نقل المعلومة الرقمية ولتخفيضه من تكاليف نقل المعلومة بسبب طبيعته عمله والتي تعتمد على ارسال المعلومة وتوجيهها الي عنوانها المختار سلفا، عن طريق بوابات منطقية "Logical gates" تحركها مفاتيح تعمل على النبضات "click pulses" وهي مسؤولة على فتح البوابات او إغلاقها.



شكل "6" مفتاح متعدد المداخل

في الشكل "6" مرسلات متصلة بـ "multiplexer" بطريقتين مختلفتين ومن ثم تُنقل المعلومة عن طريق كابل واحد الي غرفة الرصد والتحكم، كل مرسل يرسل معلوماته بشكل منفصل دون حدوث أي تداخل لان كل مرسل يملك عنوان خاص به فلا يحدث أي تضارب في نقل المعلومة لأنه سيتم توجيه كل معلومة عن طريق "multiplexer" الذي يتكون من بوابات منطقية تُفُتح وتُغلق عن طريق مفاتيح اختيارية تعمل بمفتاح نبضات "click pulse" وبهذه الطريقة سيتم توفير قيمة كوابل ناقلات الإشارة لان كابل واحد سفي بالغرض.

#### نظام المخاطبة بطريقة "Hart": -

بعد ما تعرفنا على طرق تحويل الإشارة التماثلية الي إشارة رقمية ومن أهمها مفاتيح إزاحة التردد "FSK" او بإضافة "Hart interface modem" وهو جهاز يحتوي على العديد من المرشحات الالكترونية والتي تقوم بحجز الإشارة التماثلية "DC" وجعل الإشارة المترددة تمر في حلقة التحكم، والتي تعتمد في تغييرها على تغير الظروف المحيطة بالحساسات "sensors"، ستضبط كل الأجهزة او مجسات على نمط "Hart"، والذي سيوفر لنا الكثير من الفوائد التي سنتطرق لها لاحقا.

#### إنشاء المخاطبة مع أجهزة التي تعمل بنظام "Hart": -

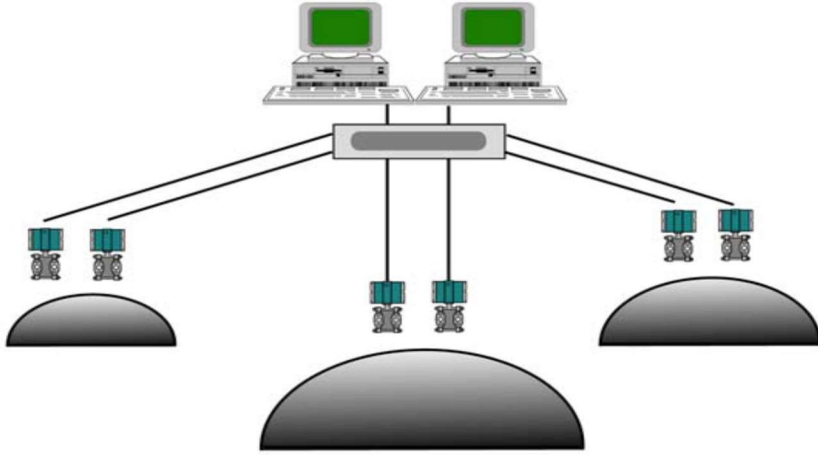
كل جهاز "Hart" يملك 38-bit Address يتكون من رموز ID والتي مُعدّة من المُصنّع، ستُعرّف كل العناوين في جهاز التحكم الموضوع في غرفة المراقبة وتعمل بدور السيد "Master" اما الأجهزة الموجودة في الحقل تأخذ دور التابع "slave" وهذه الأجهزة التابعة لها عناوين ستُخزن مُسبقا في جهاز السيد كما تم



ذكره سلفاً، وبهذه الطريقة يصبح جهاز التحكم يتعامل مع عناوين لا مع مجسات "Sensors" وأيضاً سيسهل التعامل مع الأجهزة "Hardware" وسنفسح المجال لبرامج التحكم "Software" والتي ستكسبنا مرونة في عملية التحكم والرصد.

#### فوائد نظام المخاطبة بطريقة "Hart": [2]

1. تخفيض وقت تشخيص المشاكل والتعرف عليها والتي لم تكن متوفرة في السابق.
2. تفرغ البيانات المحملة للأجهزة الجديدة بعد استبدال القديمة لسهولة التعرف عليها عن طريق عنونها.
3. يسمح نظام "Hart" بجهازين يأخذان دور السيد بتحكم في أجهزة الحقل بأن واحد.
4. توفير في تكلفة كوابل نقل الإشارة خصوصاً في تطبيقات رصد المعلومات للخزانات.
5. أجهزة التي تعمل بنظام "Hart" ستؤدي عمليات حسابية معقدة الناتجة من أنظمة "PID".

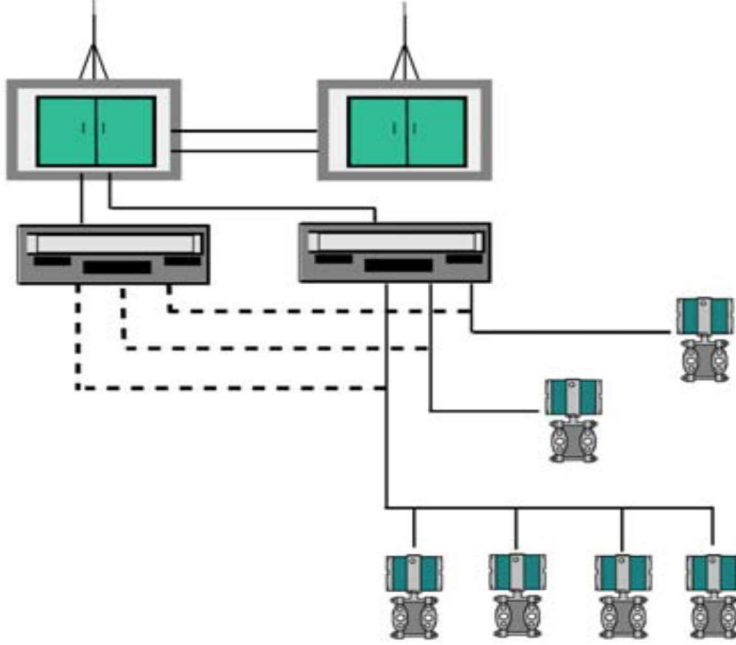


شكل "7" مفتاح متعدد المداخل ذو مخرجين

الشكل رقم "7" يبين لنا احد تطبيقات "Hart" مستخدمين فيه جهازين تحكم يعملان بدور السيد Master والذان يتلقيان المعلومات من 6 مرسلات متصلات بجهاز "multiplexer" الذي سيرتب دخول المعلومات الي أجهزة التحكم كل مرسل على حدى عن طريق عناوينهن وهذا التطبيق لا يتوفر إلا في نظام "Hart" الذي سيوفر لنا متابعة ورصد ممتازين وجعل كل الأجهزة التابعة تحت المراقبة والتشخيص، فعند تعطل أي جهاز تحكم سيدخل الاخر في الخدمة على الفور لتولي نظام المراقبة والرصد، بالإضافة الي يمكن معايرة كل الأجهزة في ان واحد وهذه الميزة لم تكن متوفرة في الأنظمة التماثلية والتي كان

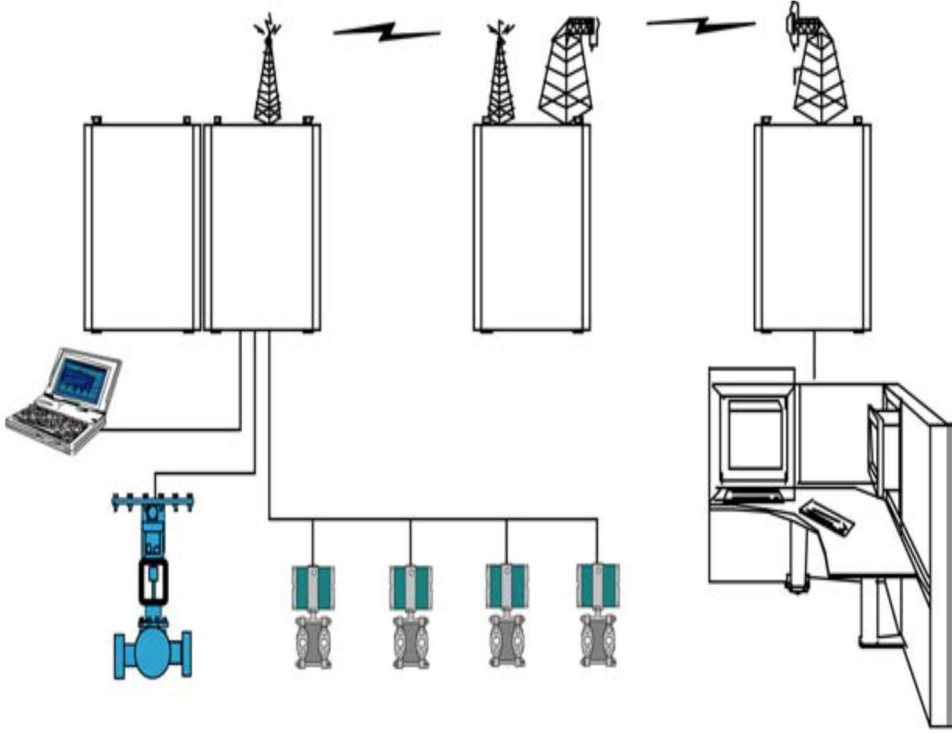
يتطلب من أخصائي الصيانة الذهاب الى كل جهاز ومعايرته منفصلا ومن تم تثبيته على حلقة التحكم وكل هذا سيأخذ الوقت والجهد وجاء نظام الرقمي ووفر لنا الوقت والجهد.

### مميزات التحول الرقمي في أنظمة التحكم: -



شكل "8" نقل المعلومة عن طريق موجة الراديو

بعد دخولنا الي العالم الرقمي تمكنا من تغلب على أي مشاكل ومعوقات قد تقابلنا وخصوصا في عالم الصناعة، هذه التقنية ذلت لنا الصعاب ووفرت لنا الوقت والجهد والمال، ف سابقا كانت معضلة نقل المعلومات والتي كانت تكلفنا الكثير لإيصالها الي غرف التحكم، هناك مثال حي لشركة نفطية كبيرة بعد تطبيقها لنظام "Hart" استطاعت استخدام أكثر من 92% من أجهزتها الرقمية في تطبيقاتها واستطاعت توفير 23,000 دولار في التركيبات والتشغيل "commissioning" والتشخيص والصيانة بالإضافة الي تحسين معدل تحديث المعلومات الي أكثر من 3.7 مرة لكل ثانية وهذا مما يعطي سرعة متناهية في التعامل مع المعلومات.



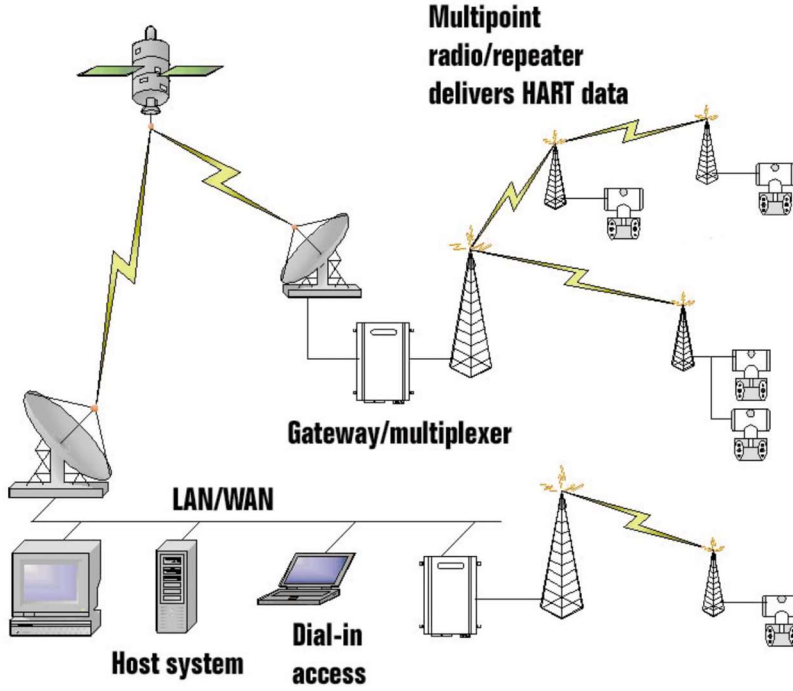
شكل "9" تخفيض في نفقات الامدادات مستخدمين التوصيل اللاسلكي في اقبال المعلومة

في الشكل رقم "9" يوضح لنا ما مدى الاستفادة الرقمية التي تحصلنا عليها والتي مكنتنا من تبادل المعلومات لاسلكيا بتحويل كل المعلومات الي نظام رقمي استنادا على تحويل الإشارة التماثلية الي إشارة ترددية تتراوح ما بين 1200 هرتز الي 2200 هرتز ومن ثم ارسالها عبر الأثير لتستقبل كمعلومة ثنائية "Binary code" في غرف التحكم، سنسرد بعض المميزات التي تحصلنا عليها بعد ارسال القراءات لاسلكيا [3].

1. تخفيض 30% من تكاليف التركيبات والتثبيت.
2. تخفيض بنسبة 16:1 من مدخلات الأنظمة او الأجهزة.
3. تخفيض في تكاليف شرائح الالكترونية للداخل والخارج في نظام وحدة المرسل التلقائي

"RTU"

4. تحسين وقت المعالجة لاستقبال وارسال المعلومة.



شكل رقم "10" ايصال المعلومة في اي مكان في العالم

في الشكل رقم "10" يوضح لنا العديد من الأجهزة كمرسلات او أجهزة ادخال ك "multiplexer" التي تنقل معلوماتها الي غرف التحكم, هذه التقنية تمكنا من الحصول عليها بعد ما توصلنا من تحويل الإشارة من نظام التماثلي الخطي "DC" الي نظام النظام الرقمي بمعلومية التغير في الترددات فبنظام "Hart communication" يمكن رصد من 2 الي 3 معلومة محدثة لكل ثانية هذه المعلومات الصادرة من المجسات "sensors" ترسل كترددات تتراوح من 1200 Hz الي 2200 Hz عن طريق حوامل للتردد "carrier" ومن ثم تستقبل عن طريق مرشحات لفك غطاء تردد الحامل وتستخلص منها تردد الإشارة والتي ستحول بدورها الي نظام ثنائي عن طريق frequency shift keying كل هذا تمكنا من الوصول اليه بعد التحول الي العالم الرقمي والذي لم يكن متاح لنا سابقا بسبب التعامل بالإشارة التماثلية التي كانت تكلفنا الوقت والمال لنقلها ومعالجتها.

## الاستنتاج والتوصيات: -

بعد ما تطرقنا من خلال هذه الورقة على علم المجسات وتقنية التحول من النظام التماثلي الي النظام الرقمي ومن ثم فتح لنا بابا الي نقل المعلومات لاسلكيا مما وفر لنا الوقت وخفّض أيضا من تكاليف التثبيت لأجهزة الرصد والتحكم بالإضافة الي توجه كل المستخدمين الي هذا النظام وترك النظام المعمول به سابقا ,النظام التماثلي الذي نحتاج الي تكاليف باهظة لتثبيته واكتساب المعلومات من خلاله كالرصد والمراقبة والتشخيص.

## المراجع: -

[1] world wide [www.miinet.com](http://www.miinet.com)

[2] Hart communication foundation [www.Hartcomm.org](http://www.Hartcomm.org)

[3] Process communication solutions [www.Procomsol.com](http://www.Procomsol.com)