

ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE YARDIMCI SERVİSLER OTOMASYONU

Arif SÖYLEM
ATASEL Mühendislik Ltd. Şti.
Hürriyet Bulvarı No:3/1 D:402
35210 Çankaya, İzmir, Türkiye
Tel: 0090-232-441 04 05

ÖZET

Endüstriyel tesislerdeki yardımcı servisler kapsamında elektrik güç transformatörleri ve elektrik dağıtım panelleri, buhar kazanları, kızgın su kazanları, basınçlı hava kompresörleri, soğuk su üreteçleri (chiller'ler), sıcak su üreteçleri (boyler'ler) vb gibi ekipman gurupları bulunmaktadır. Bu ekipmanların her biri sürekli veya kesintili çalışan prosesleri desteklemekte ve üretilen son ürün üzerinde kalite, miktar ve verimlilik açısından etkili olmaktadır. Yardımcı tesislerin denetimsiz, verimsiz ve kalitesiz çalışması sonuç üretim maliyetleri üzerinde ciddi bir etki oluşturmaktadır. Yardımcı tesisleri kendi başına birer üretim ünitesi olarak görebilmek ve bu bakış ile yönetmek tesisin hammadde, yakıt, elektrik sarfiyatı gibi maliyetleri üzerinde önemli tasarruflar sağlayacaktır. Uluslararası piyasa koşullarında, gelişmiş ülkelerin, ilgili üretim sektörü bazında 1 kW enerji maliyetinin ne olduğunu araştırmak ve bu sınırlar içinde kalmak hedeflenmelidir. Böyle bir hedef doğrultusunda yardımcı servisler üzerindeki ölçme ve kontrol sistemlerini geliştirmek gerekmektedir.

GİRİŞ

Yardımcı servislerdeki çeşitli formlarda enerji üretimi ve dağıtımını için sistemler genel olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir. Bu sistemlerin ölçme ve kontrol cihazları ile donatılarak, bir bilgisayarlı denetim sistemi altında bulundurulması hedeflenmelidir. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) yazılımları ile bu sistemlerin denetim ve kontrol altında tutulması günümüzde artık çok ekonomik yatırımlar ile mümkün olmaktadır.

Yardımcı Servislerdeki belli başlı sistemler ve ekipman gurupları :

- Sürekli ve kaliteli elektrik enerjisi ve acil durum jeneratörleri
- Su temini ve ihtiyaca göre su hazırlama sistemleri
- Buhar Kazanları
- Kızgın su kazanları
- Kızgın Yağ kazanları
- Yakıt depolama ve dağıtım sistemleri
- Soğuk su üreteçleri (Chiller'ler)
- Sıcak su üreteçleri (Boiler'ler)
- HVAC, Isıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri, klima santralleri.
- Yangın söndürme su depoları ve basınçlı ve basınçsız hidrant sistemleri
- Atık su arıtma sistemleri

1. ELEKTRİK GİRİŞİ VE DAĞITIMI İLE ACİL DURUM JENERATÖRÜ.

Tüm enerji tesislerinde bir TEDAŞ bağlantısı ile enerji girişi bulunmakta ve tesise ait olan bir veya birkaç transformatör ile bunların arkasındaki ana dağıtım panoları ile elektrik enerjisi tüm sisteme beslenmektedir.

Günümüzde kullanılan çeşitli tiplerdeki enerji analiz cihazları Orta gerilim (34,5 kV) ve alçak gerilim (400 V) ana dağıtım panolarına monte edilerek , akım, gerilim, frekans, aktif, güç, reaktif güç vb gibi birçok parametreyi ölçebilmekte ve lokal olarak digital göstergesinde ölçtüğü bilgileri görüntüleyebildiği gibi bir çeşit protokol ile buna uyumlu bir bilgisayarlı SCADA sistemine aktarabilmektedir. Ayrıca günümüz teknolojisi ile tesis dağıtım panolarına monte edilen mikroprosesörlü ve haberleşme kabiliyetli akıllı röleler ile, elektrik dağıtımı ve kullanımı üzerindeki arıza, trip ve durum pozisyonları yine SCADA programlarına kolayca aktarılabilir. Böylelikle, güç akışları, gerilim ve frekans değişimleri SCADA sistemi üzerinde kayıt altına alınabilmektedir.

Acil durum jeneratörlerinin sürekli ve hazır durumu ile ilgili diagnostik bilgileri, yakıt depo durumu, akü şarj durumu, çalışma süreleri bilgilerinin SCADA sisteminde izlenmesi de önemli denetim sağlamaktadır.

Bu kayıtların günlük veya geçmişe dönük incelenmesi ile yardımcı servislerin işletmeye sunduğu elektrik tüketim profili ortaya çıkartılabilmektedir. Tesis içindeki ünite bazındaki tüketim bilgilerine ulaşmak, önemli bir maliyet etkisi olan elektrik giderlerinin denetim altına alınması anlamına gelmektedir. SCADA sistemleri üzerindeki sürekli kayıtlar, tesisin üretim planlaması ve gelişimi ile maliyet analizi için çok önemli bilgiler içermektedir.

2. SU TEMİNİ VE SU HAZIRLAMA SİSTEMLERİ

Endüstriyel tesislerde su, çeşitli amaçlar için çeşitli kalitede depolanmakta ve kullanılan ekipmanlar ve kimyasal maddeler ile şartlandırılmaktadır. Genel olarak, soğutma, ısıtma devrelerinde, buhar kazanı için besleme sisteminde, yangın söndürme sistemlerinde her tesisin suya ihtiyacı vardır ve önemli bir gider kalemi oluşturmaktadır.

Ham su kaynakları, kuyular vasıtası ile yeraltı suları veya rezervuarlardan pompalanan yerüstü suları olarak fabrika sahalarında veya dışında bulunurlar. Ham su kaynağındaki kuyu pompaları veya rezervuar transfer pompalarının sağlıklı çalışması ve izlenerek denetim altında tutulması gereklidir.

Fabrika sahası dışında ve uzak mesafelerde olan bu ekipmanlar her zaman göz önünde bulunmadığından su temini konusunda yaşanan zorluklar sırasında önem kazanırlar ve problemlerin giderilmesi süresi uzadığında, endüstriyel tesisin üretim kayıpları artar. Uzak tesisler için en uygun izleme sistemi Tlemetrik sistemlerdir. Telsiz Müdürlüklerinden resmi müracaat ile alınan frekans bandında radyo sinyalleri ile iletişim kurularak izleme kumanda fonksiyonları SCADA üzerinden gerçekleştirilebilir.

Tesis içindeki ham su depolama tankları genel olarak , hem su ihtiyacı hem de yangın söndürme sistemleri için iki amaçla kullanılırlar. Bu depoların dolumu, taşmasının önlenmesi gibi konular denetlenmelidir.

Endüstriyel tesislerde genel olarak ham su kalitesine göre, ön filtreleme (kum filtreleri), su yumuşatma, ters ozmoz sistemleri (reverse osmosis), aktif reçineli demineralize su hazırlama sistemleri gibi ünitelerden geçirilerek ileri kullanımlar için depolanırlar ve pompalar ile transfer edilirler. Su hazırlama ekipmanlarının çalışma ve kimyasallar ile rejenerasyon faaliyetleri, bu ünitelerden arıtılan su akış miktarları, ünitelerin çıkışında yapılan iletkenlik ve pH analizlerinin izlenmesi ve kayıt altında tutulması gereklidir. Tesis içine transfer edilen çeşitli kalitedeki su miktarının kullanıcı ünitelere dağılımını ölçmek su üretim ve kimyasal madde maliyetlerini bu ünitelere paylaşmak her yardımcı tesiste yapılması istenen önemli bir iştir. SCADA sistemlerine aktarılan bilgiler ile yine aynı programlar içine yazılabilecek basit EXCELL makrolarından oluşturulabilecek tablolar ve trendler işletmenin bu ihtiyacını karşılar.

Tesis içindeki suyun depolanması ve pompalar ile hareket kabiliyetinin denetlenmesi su ekipmanlarının sürekli işletme durumlarını izlemek, çalışma sürelerini eş zamanlı olarak paylaşmak, arıza önleyici bakım programlarını yapmak ile efektif ve mümkün olacaktır. SCADA ve raporlama yazılımları bu konularda her tesis için doğru bir şekilde konfigüre edilir ise suyun üretimi ve dağıtımını problemleri giderecektir.

3. BUHAR KAZANLARI

Endüstriyel tesislerde ısı enerjisinin üretimi ve dağıtımını hemen her proses için gereklidir ve tesisin üretim kabiliyeti için “olmazsa olmaz” bir ihtiyaçtır.

Isı enerjisi üretimi ve dağıtımını için kullanılan en önemli akışkan BUHAR’dır.

Buhar temel olarak “doymuş buhar” ve “kızgın buhar” şeklinde iki formda üretilir ve dağıtılır. (Doymuş buhar, belirli basınçtaki, belirli sıcaklığa ulaşmış ve içinde su bulunmayan bir akışkandır. Termodinamik buhar tablolarında belirli basınç ve sıcaklıkta sabit değerler ile doymuş buhar özellikleri ifade edilir. Kızgın buhar ise, doymuş buhar kademesinden sonra daha fazla ısı enerjisi taşıma kapasitesinin artımı için, ek bir enerji ile kızdırılan buhar formudur.)

Buhar kazanlarının yapısında iki temel akış yolu bulunur, bunlar :

- Su – Buhar Yolu
- Hava – Duman Yolu’dur

Bu akış yolları birbirinden izoledir ve buhar kazanının emniyetli ve efektif bir şekilde çalışması için ölçü ve kontrol cihazları ile donatılmışlardır.

Buhar kazanlarının **hava – duman yolu** üzerinde çeşitli tipte yakıtlar ve yakıcı (brülör) sistemleri bulunur. Yakıtlar, katı , sıvı, gaz formunda olabilirler.

Katı yakıt olarak KÖMÜR, sıvı yakıt olarak, Fuel Oil, gaz için de LPG veya Doğal Gaz en önemli örneklerdir.

Yakıt cinslerine göre depolama, konveyör, pompa veya kompresörler yardımı ile yakıcı sistemlere yakıtın hareketini sağlama bir kazan sisteminin yardımcı ünitelerinden birini teşkil eder. Yakıt depolarındaki seviye bilgilerinin ve stok takibinin kayıt altına alınması gereklidir ve bu amaç için, kapasitif, ultrasonik, radar, elektromekanik, hidrostatik tipte seviye ölçme elemanları kullanılarak SCADA sistemlerine gerekli bilgiler aktarılır.

Katı yakıtlarda, kül veya cüruf oluşumlarının tesis içindeki atık hareketleri için önemli yatırımlar yapılmaktadır ve bu atıkların bertaraf edilmesi için özel toz toplama filtreleri, siklonlar, dönel klapeler konveyör sistemleri ekipmanlarının da otomasyon sistemleri içinde yer alarak , SCADA sistemi altında izlenmeleri ve denetlenmeleri gereklidir. Bu tip sistemlerdeki yığılma ve tıkanıklıklar tüm kazan tesisinin duruşuna sebep olabilir.

Yakıt sistemlerindeki verimsiz işletme koşulları her zaman enerji maliyetlerine majör bir gider kalemi olarak negatif katkıda bulunmaktadır.

Bu sebeple her türlü yakıtın depo stok durumunu ve sarfiyatını ölçmek , üretilen buhar maliyetini hesaplamak açısından çok önemlidir. Bu amaçla katı yakıtlar için besleme konveyörleri üzerinde tartı ve hız ölçümü yöntemi ile, Fuel Oil için, pozitif deplasmanlı veya kütleli debi ölçerler ile, LPG veya Doğal Gaz için türbinli tip, pozitif deplasmanlı tip veya yine kütleli debi ölçerler ile akış ölçümleri yapılabilir.

Brülör sistemleri, brülörün kazan gövdesine akuple edilen yakıcı ünitesi ve bu ekipman öncesinde çeşitli cihazlar ile donatılmış yakıt hattından meydana gelir. Tüm sistem brülör imalatçı firmalar tarafından tasarımı yapılan “Brülör Yönetim Sistemi” adındaki bir otomatik kontrol panosu ile yönetilir. Bu panoların taradığı tüm komponentler “fail safe” yani arıza durumunda emniyet sağlayan şekilde tasarlanmıştır ve elektriksel olarak bu yöntemle göre kontrol sistemine bağlanırlar. Brülör sistemleri için genel olarak röle kontaklı esas ile çalışan konvansiyonel kumanda sistemleri kullanılmaktadır. Ancak günümüz teknolojisi ile, fail safe PLC sistemleri ile elektronik olarak brülör yönetim sistemleri de tasarlanmaktadır.

Brülör üzerinde, kazan buhar basıncının değişimlerine bağlı olarak regülasyon yapan yakıt ve hava oranını doğru ve verimli yanma için, vana ve damper pozisyonlarına kumanda eden yakma kontrol sistemi bulunmaktadır. Bazen brülör yanma kontrolü sistemleri, merkezi kontrol sisteminin algoritmaları ve denetimi altında tasarlanabilirler.

Her durumda SCADA sisteminin, Brülör sistemi üzerindeki Brülör çalışma süresi, diagnostik arıza ve alarmlar, yakıt akışı, hava akışı, kazan basıncı değişimleri ne karşı brülörün kontrol ve kapasite ölçümleri vb gibi sinyalleri kayıt altına alması çok önemlidir ve yanma kontrolünün denetimi ve verimliliğinin analizi ancak böyle mümkündür. Yakıt sistemini denetim ve izleme altına almak, verimli yanmayı sağlamak üzere yakma prosesinin takibi, enerji maliyetlerinin gerek hesabında gerekse verimlilik çalışmalarında bir çok avantaj sağlayacaktır.

Buhar kazanlarının **su-buhar yolu** temel olarak kazana besleme suyu pompalanması ile yakma sistemindeki ısı transferi sonucunda buhar elde edilmesi ve bir buhar kollektöründen tesis kullanımına buhar dağıtım sürecini kapsar.

Kazanların elde edilecek buhar kalitesine göre besleme suyu her zaman bir çeşit su yumuşatma sisteminde şartlandırılır.

Bu sistemlerden elde edilen yumuşak su veya demineralize su kazan dairesi içinde yer alan tesiste buhar kullanımı sonucunda oluşan kondenzasyonun da depolandığı kondens tankına tamamlayıcı su olarak beslenir. Kazan besleme suyunun, besleme suyu pompaları ile transferi öncesi ısıtıldığı ve sudaki serbest oksijenden arıtıldığı besleme

suyu tankına DEGAZÖR adı verilir. Kazan içinde su ve buhar arayüzünün bulunduğu hazne silindirik kazanlarda kazan seviyesi kontrolü, su borulu kazanlarda dram seviyesi kontrolü tanımları altında izlenir ve denetlenir. Buhar kazanına, kapasitesi kadar sürekli yapılan su beslemesi sonucu sürekli buhar elde edilmesi hedeflenir.

Buharın efektif ve minimum maliyet ile elde edilmesi için yanma kontrolü ve su buhar dengesi kontrolünün, uygun cihazlar ile denetlenen kazan işletmesi gerekmektedir.

Basınçlı ve sıcak ortama sahip olan kazan dairelerinde , emniyet kontrolü çok önemlidir ve kazan kumanda devrelerinde sertifikalı emniyet cihazlarının bulunması ve çalışmalarından emin olunması gerekmektedir.

Kazanlar üzerindeki su-buhar yolunda bulunan emniyet ve işletim enstrümanları ve kontrol devreleri:

- Kazan besleme suyu pompaları akış anahtarları
- Kazan buhar basıncı basınç anahtarları
- Kazan seviyesi “çok düşük” seviye anahtarları
- Kazan seviyesi “çok yüksek” seviye anahtarları
- Kazan buhar sıcaklığı “çok yüksek” sıcaklık anahtarları
- Kazan su seviyesi ölçümü ve oransal kazan besleme suyu kontrol sistemi
- Ekonomizer su girişi ve çıkışı sıcaklıkları
- Kondens tankı su seviyesi ölçümü ve seviye kontrolü
- Besleme suyu (DEGAZÖR) tankı su seviyesi ölçümü ve seviye kontrolü
- Kazan besleme suyu ve buhar akışı ölçümleri
- Kazan suyu iletkenliği ölçümü ve oransal yüzey blöf kontrolü
- Zaman kontrollü dip blöf kontrolü
- Buhar kollektör basıncı ölçümü
- Kondens, besleme suyu tankları ve buhar kollektörü sıcaklık ölçümleri
- Kondens dönüşü iletkenliği ve kirlilik ölçümü ile otomatik kondens kontrolü

Yukarıda tanımlanan ölçme ve kontrol devreleri ile , bilgisayar destekli bir izleme sistemi altında doğru ve emniyetli kazan işletmesi sağlanabilecektir. Yapılan ölçümler ve analizler sonucunda, kazanın yıllar içindeki verimliliği sürekli ve doğru hesaplanabilecek, yakıt, su, dozaj kimyasalları ve enerji kayıplarının önlenmesi sayesinde efektif bir enerji fabrika geneline sunulacaktır.

4. KIZGIN SU KAZANLARI

Basınç altındaki sıcak su 100 C'nin üzerinde brülör yardımı ile daha yüksek sıcaklıklara ısıtılabilir, genel anlamda ısıtma devrelerinde kullanılan bu akışkan kızgın su adını alır.

Kızgın su kazanları üzerindeki emniyet sistemleri ile ilgili otomasyon parametreleri, “düşük basınç”, “yüksek basınç”, “Yüksek sıcaklık”, “düşük sıcaklık” ölçümleridir. Bu ölçümlerin gerekliliği, düşük basınç altında kızgın suyun sirkülasyonu üzerinde buhar oluşumu tehlikesi durumunu izlemek ve çeşitli kilitlemeler ile denetlemektir.

Su ve buhar karışımı tehlikesi sirkülasyon boruları üzerinde, ciddi mekanik problemler ortaya çıkarmaktadır.

Kızgın su kazanlarında bir SCADA sistemi tarafından izlenmesi ve denetlenmesi gereken diğer ölçümler :

1. Brülör durum sinyalleri,
2. Sirkülasyon Pompalarının durum bilgileri ve kumandası,
3. Su tamamlama pompalarının durum bilgileri,
4. Kızgın su gidiş ve dönüş kollektörü basıncı ölçümü,
5. Kızgın su gidiş ve dönüş kollektörü sıcaklığı ölçümü,
6. Brülör yakıt akışı ölçümü,
7. Su sirkülasyonu kalorifik akış değeri ölçümü'dür.

5. KIZGIN YAĞ KAZANLARI

Özellikle Tekstil ve Kimya sektöründe, hassas ısı şartları sağlanması gerekliliğinde yaklaşık 25-300 C'lik sıcaklıkta ısıtılmış ve sirkülasyonu yapılan kızgın yağ sistemleri için işletilen kazanlardır.

Kızgın su kazanlarına benzer parametreler SCADA sistemlerinde izlenerek denetim altında tutulurlar.

6. YAKIT DEPOLAMA VE DAĞITIM SİSTEMLERİ

Enerji üretimi makinaları için en önemli maliyetli ürün girişi yakıttır. Yakıt şekli ne olursa olsun, depolanması, şartlandırılması ve brülörlere transferi hassas bir şekilde denetlenmelidir. Yakıt depolama tanklarında veya silolarındaki herhangi bir zamandaki yakıt miktarının durumunu bilmek, “düşük seviye” ve “yüksek seviye” alarmlarını algılamak işletme için önemli izleme ve denetleme parametreleridir.

Yakıtın uygun sıcaklıkta, basınçta sirkülasyonu, yakıt transfer pompalarının sağlıklı çalışması, yakıt akış miktarlarının kayıt altında tutulması gereklidir. Örneğin yakıt hattındaki düşük basınç, yanma problemleri ve yetersiz ısı transferi demektir, yüksek basınç ise gereksiz zengin karışım ve sarfiyat anlamına gelmektedir. Sistemin ekonomik verimlilikteki çalışması için yapılan her türlü hesaplamada, yakıtın sistem içindeki envanterini bilmek zorunludur.

Yakıt seviyelerinin ölçümünde, genel olarak kapasitif veya radar tipi seviye ölçüm cihazları kullanılır.

7. SOĞUK SU VE SICAK SU ÜRETEÇLERİ (CHILLER VE BOILER)

Endüstriyel tesislerin üretim sahalarındaki ürün kalitesi ve çalışanların konforu için HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning) ekipmanları bulunur. Bunlar genellikle kapalı çevrimde çalışan sirkülasyon pompaları ile desteklenen ısıtma ve soğutma bataryalarına sahiptirler. İklimlendirilecek olan mahalin ısı ölçümüne göre klima santrallerindeki bataryalar üzerinden geçirilen hava, bu mahallere şartlandırılmış olarak sirküle edilir.

Bataryaların gerisindeki sıcak ve soğuk su üreteçleri boiler'ler ve chiller'ler dir.

Boiler' ler de 90C'lik su elde etmek için, sekonder olarak bir ısı eşanjörü çalışma prensibi ile ısıtılmasının yanında, direk olarak elektrikli rezistif ısıtıcılar ile de çalışabilirler.

Chiller'ler ise soğutma tekniği uygulaması ile, uygun bir gazın, ısı absorbe etmek üzere bir kompresörle sıkıştırılması, ısı absorpsiyonu sonrasında, kondense edilmesi prensibi ile çalışan makinalardır ve bu makinaların kompresör yüklemesi yüzünden elektrik giderleri yüksektir.

Bir SCADA sistemi ile izlenen ve denetlenen CHILLER ekipmanının durum sinyalleri, chillerin soğutma kapasitesi ihtiyacına göre davranışlarının kaydı, işletmeci için bu cihazlara ve efektif çalışma fonksiyonlarına sahip olmak anlamına gelir.

Genel olarak bu tip sistemlerdeki ölçüm ve izleme parametreleri :

1. Sıcak su ve soğuk su gidiş kollektörü sıcaklıkları,
2. Sıcak su ve soğuk su dönüş kollektörü sıcaklıkları,
3. Sirkülasyon pompalarının çalışma durumu izlenmesi ve eş zamanlı çalışma denetimi,
4. CHILLER ekipmanı durum sinyalleri izlenmesi ve kompresör kademelerinin soğutma kapasitesi doğrultusunda kayıtlara alınması.

8. YANGIN SÖNDÜRME SU DEPOLARI VE BASINÇLI VE BASINÇSIZ HİDRANT SİSTEMLERİ

Endüstriyel tesislerde yangın felaketi can ve mal kayıplarının en üst düzeyde yaşanabilecek bir olaydır. Her hali ile yangın çok pahalıdır. Üretim sahalarında ve ofislerde çeşitli tipte yangın söndürme sistemleri monte edilir ve algılama sistemleri ile el komutu veya otomatik bir şekilde harekete geçirilirler.

Yangın ile mücadele için söndürücü akışkanların depo durumları ve gerektiğinde her zaman emre amade durumda olmaları izlenmeli ve denetlenmelidir. Bunlar, yangın söndürme suyu veya köpük tanklarının

Seviye bilgileri, basınçlı sistemlerin basınç ölçümü bilgileri, yangın pompalarının ve söndürme hatlarındaki vanalarının durum sinyalleri gibi çok önemli izleme parametreleridir.

Genel olarak, yangın algılama sistemlerinden gelen duman, alev vb gibi ön uyarı sinyalleri ile her tesiste bulunması gereken yangın söndürme ve tahliye senaryosuna göre SCADA sistemleri, gerekli kilitlemeleri gerçekleştirip gerekli enformatik bilgiler verebilir. Bu bilgiler olay sırasındaki ve olay sonrası aktiviteleri çözümlenmekte çok faydalı olacaktır.

9. ATIKSU ARITMA SİSTEMLERİ

Endüstriyel tesislerde gerek biyolojik gerekse endüstriyel atıklar her zaman tesis içinde kenarda kalmış ve işletme fonksiyonları açısından göz ardında olan tesislerdir. Bu tesislerin işletimi sürecinde birçok ekipman ve ölçü sinyali SCADA sistemleri tarafından izlenerek denetlenebilir.

Atıksu prosesinin yapısal elemanları üzerindeki seviye, akış ve analitik bilgilerin SCADA programı altında kayıt altında tutulması hem kanuni yaptırımlar karşısında tesisin durumunu raporlamak hem de çevremizi korumak adına çok önemlidir.

Bir nötralizasyon havuzundaki pH değerinin zaman içindeki davranışlarının trend'i bu durum için iyi bir örnek teşkil eder.

SONUÇ

“ I OFTEN SAY THAT WHEN YOU CAN MEASURE WHAT YOU ARE SPEAKING ABOUT AND EXPRESS IT IN NUMBERS, YOU KNOW SOMETHING ABOUT IT” Lord Kelvin

Bilimin temel prensiplerinden birini İngiliz bilim adamı Lord Kelvin şöyle tanımlıyor :

“Hakkında konuştuğunuz şeyi ölçebiliyor ve bunu sayılar ile ifade edebiliyorsanız, o zaman o konu hakkında bir şeyler biliyorsunuzdur.”