

MANYETİK ÖLÇÜMLER

Figen Gencer ve Paul John McGuiness

TÜBİTAK, Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME), P.K.21, 41470, Gebze/Kocaeli

Özet

Manyetik malzemeler, elektrik üretimi ve dağıtım ve daha birçok elektromekanik cihazın çok önemli bir unsuru olduğundan stratejik öneme sahiptirler. Bu malzemelerin doğru ve verimli kullanılmaları ise, özelliklerinin ayrıntılı olarak belirlenmesine bağlıdır. Bu çalışmada manyetik ölçümlerin izlenebilirliklerinden bahsedilmekte ve UME de bu ölçümlerin yapıldığı cihazlar anlatılmaktadır.

1. Giriş

Manyetizma ve elektrik birbiriyle sıkı bir şekilde ilişki iki bilim dalıdır. Makroskopik bir boyutta, manyetik alanın, bir iletkende akan elektrik akımı tarafından oluştuğu söylenebilir. Mikroskopik boyuta indirgenirse, elektron ve çekirdek hareketinin, atoma manyetik özelliklerini kazandırması şeklinde açıklanabilir. Günümüzde "kalite sistem" leri, yapılan ölçümlerin gittikçe artan bir şekilde, yazılı ve fiziksel standartlara izlenebilir olmasını gerekli kılmaktadırlar. Manyetik ölçümler için de, ulusal ve uluslararası yazılı standartlar mevcuttur. Örneğin IEC 404 serisi (Uluslararası Elektroteknik Komite) standartlarının 7 bölümü, özel olarak manyetik ölçümlerden bahseder. Manyetik büyüklükler için primer standartlar yoktur. Bu nedenle temel SI birimlerine izlenebilirliği sağlamak amacıyla fiziksel standartlar geliştirilmiştir [1]. Pratikte SI birimleri için fiziksel standartlar, ulusal metroloji laboratuvarları tarafından saklanır. İzlenebilirlik zinciri şekil 1 de verilmiş olup, izlenebilirlik ya doğrudan ulusal laboratuvar veya ulusal standartlara doğrudan izlenebilir olan akredite edilmiş laboratuvarlar üzerinden sağlanır.

Uluslararası Ölçü ve Ağırlıklar Bürosu
(BIPM)

Ulusal Laboratuvarlar
Örneğin, ETL, IEN, NIST

Akredite Olmuş Laboratuvarlar
(Bu laboratuvarlar ölçüm alanlarını kapsamak için,
birden fazla ulusal laboratuvara izlenebilir olabilirler.)

Kalibrasyon ve Test Laboratuvarları
(Bu laboratuvarlar doğrudan ulusal laboratuvarlara
izlenebilir olabilirler.)

Şekil 1. Primer standartlara izlenebilirlik zinciri

2. Manyetik Rezonans

Manyetik büyüklükleri primer standart olarak elde etmek mümkün olmadığından, bunları ilgili standarda doğrudan izlenebilir bir yöntemle türetmek gerekir. Manyetik alan kuvveti ve manyetik akı yoğunluğu, en doğru şekilde frekans ve nükleer manyetik rezonansdan, protonun gyromanyetik oran değeri olarak belirlenir [2]. Manyetik alanın içindeki, γ gyromanyetik oranına sahip çekirdeğin Larmor frekansı aşağıdaki formülle ifade edilir.

$$2\pi\gamma_0 = \pi\mu_0 H_0$$

H = manyetik alan kuvveti

μ_0 = manyetik sabit

γ_0 = rezonans frekansı

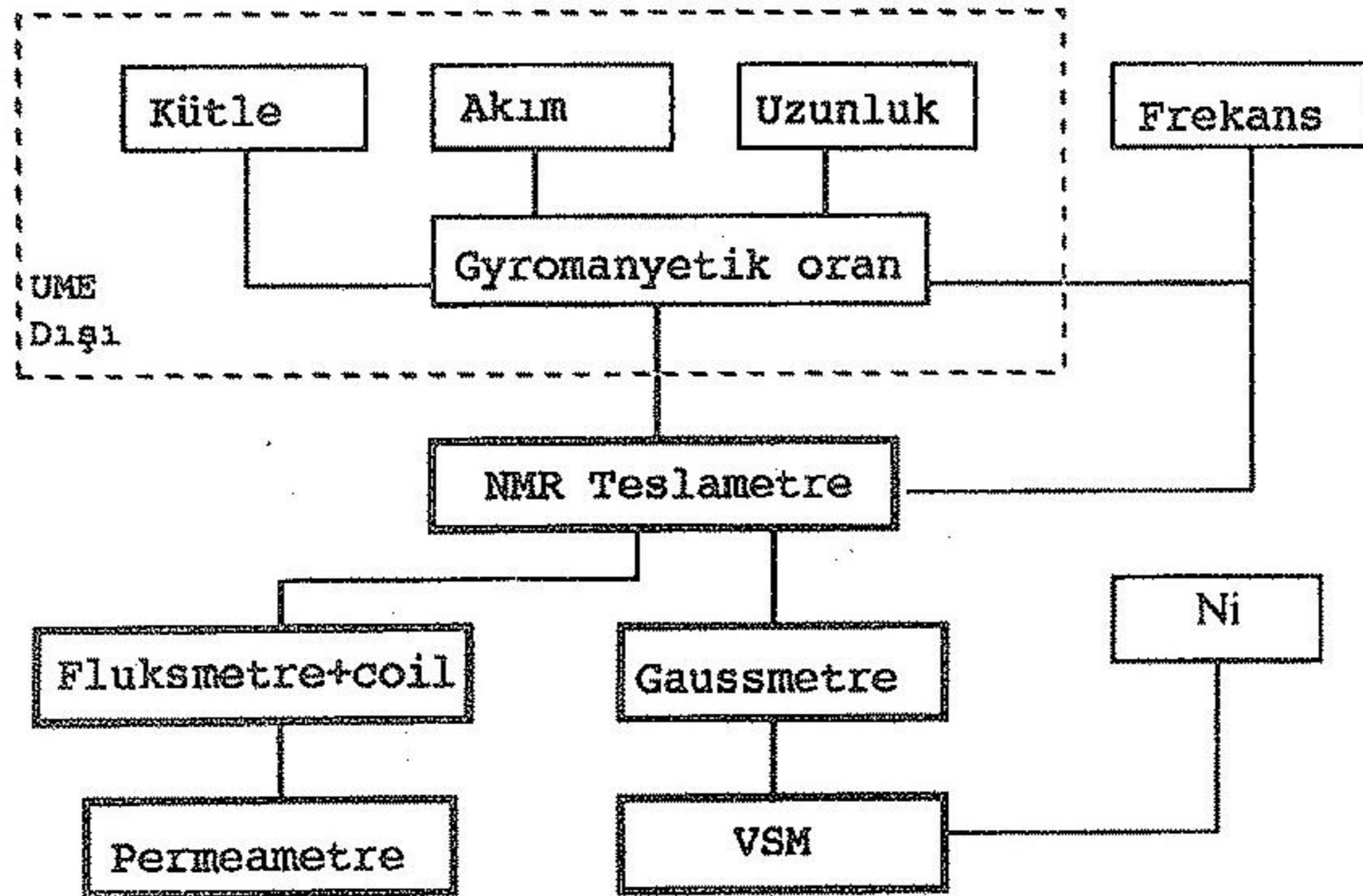
π = protonun gyromanyetik oranı

gyromanyetik oran = 42.57608 ± 0.00012 MHz/Tesla

Pratikte manyetik alan homojenliği, rezonansın gerçekleşebilmesi için % 0.2'den iyi olmalıdır. Frekans, zaman standardından yaklaşık 10^{12} belirsizlikle bulunur. Ancak, üzerinde anlaşılmiş sabit bir değer olan, protonun gyromanyetik oranı, yalnızca 3×10^7 doğrulukla bilinir. Bu yöntemle manyetik alan kuvvetini ölçmede, belirsizliği etkileyen en önemli unsur, alanın kendi homojenliğidir [2,3].

3. UME İzlenebilirlik Zinciri ve Ölçüm Cihazları

UME Manyetik Laboratuvarı'nın izlenebilirlik zinciri şekil 2 de verilmiştir. Diğer birçok ulusal manyetik ölçüm laboratuvarlarında olduğu gibi (NPL, PTB), UME Manyetik Ölçümler Laboratuvarı da ulusal standart olarak NMR teslametre kullanır. Bu cihazın izlenebilirliği, uluslararası üzerinde anlaşılmiş bir değer olan gyromanyetik oran ve zaman ve frekans laboratuvarından alınan frekans değeri ile belirlenir.



Şekil 2. UME Manyetik Ölçümler Laboratuvarı izlenebilirlik zinciri

3.1 NMR Teslametre

UME Manyetik Laboratuvarı'nda, manyetik alan kuvvetini çok yüksek doğrulukla ölçen Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) teslametre cihazı ulusal standarttır. Cihaz 4 proba sahip olup, 0.09 Tesla dan 2.1 Teslaya kadar olan manyetik alanları ölçer. Bu standardın rezolüsyonu 10^{-7} Tesla (10^{-3} Gauss) olup, 5ppm den daha iyi bir doğruluğa sahiptir. İzlenebilirlik, cihazın kendi içindeki frekans sayıcısının, UME Zaman ve Frekans Laboratuvarı'nda kalibrasyonu ile sağlanır. Bu cihazı kullanarak aşağıda belirtilen 3 şartın sağlanması koşuluyla, yüksek doğruluklarla manyetik alan ölçümleri yapılabilir.

- 1- Alan, 12.5 x 16.5 boyutundaki probun sığacağı bir aralıkta oluşturulmalıdır.
- 2- Alanın maksimum alan gradyanı 1000ppm/cm den fazla olmamalıdır.
- 3- Alan 0.09 - 2.1 Tesla (900-21000 Gauss) aralığında olmalıdır.

Yukarda belirtilen koşullardan tümünün gerçekleşmediği durumlarda, ölçümler Hall efekt(etki) gaussmetre kullanılarak yapılır. Bu cihazın izlenebilirliği ise NMR teslametre üzerinden sağlanır.

3.2 Hall Effekt Gaussmetre

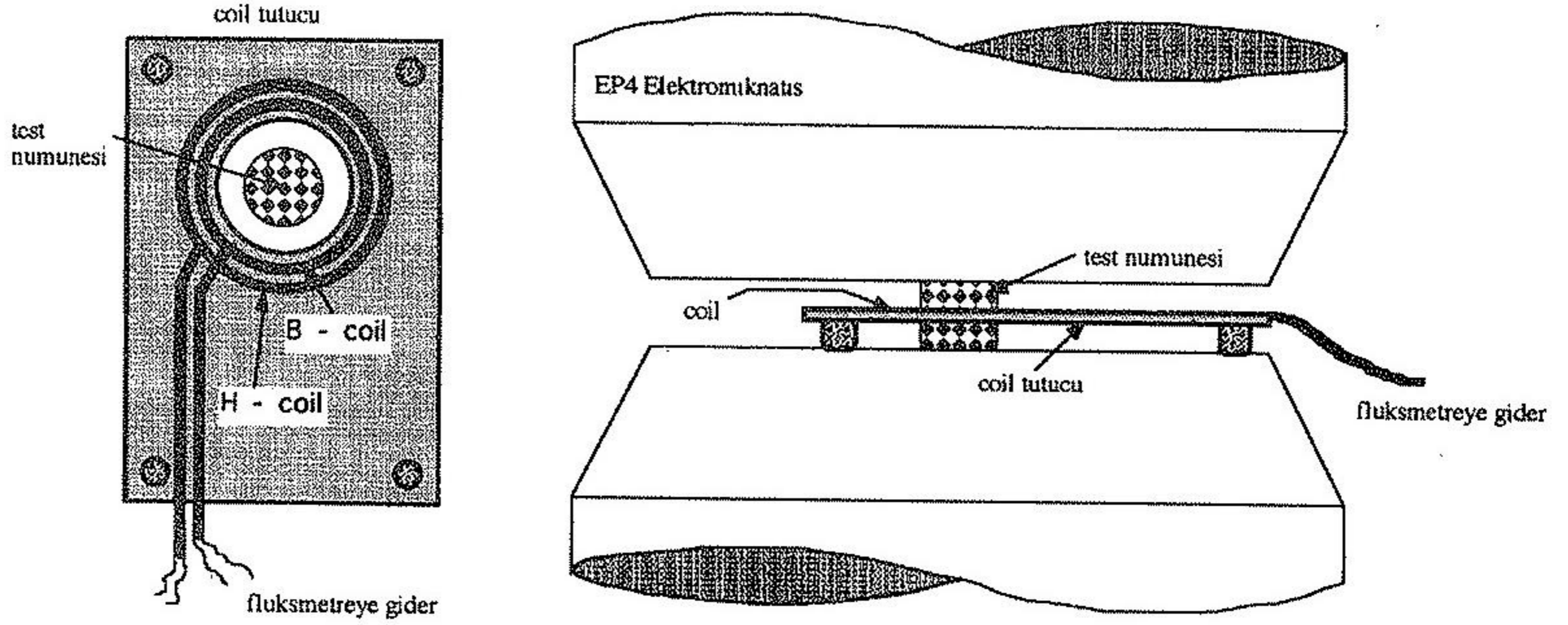
Bu cihazlara gaussmetre denilmesine rağmen, genellikle manyetik alanları ölçmek için kullanılırlar. Bir iletken veya yarı-iletken içinden geçen akıma, doğru açılarda bir manyetik alan uygulandığı zaman, iletken kesiti boyunca, akıma ve uygulanan alana aynı anda dik yönde olan bir emf oluşur. Bu etkiye Hall etkisi denir. Gaussmetre cihazı, akım kaynağı ve Hall voltaj algılama bölümlerinin oluşturduğu bir cihazdır. Problar kablo yardımıyla cihaza bağlanırlar. Hall etki gaussmetreleri düşük manyetik alan değerleri için bir çift Helmholtz sarımı, yüksek alanlar için ise NMR teslametre kullanarak kalibre edilirler. Manyetik alan veya akı yoğunluğu ölçümlerinde bu cihazın belirsizliği, kullanılan diğer cihaz ve kalibrasyon yöntemine bağlı olarak 0.1 - 2% civarındadır.

3.3 Helmholtz Sarımı

UME Manyetik Ölçümler Laboratuvarı'ndaki bu cihaz, aynı iki dairesel telin, iletken ve manyetik olmayan 75cm çapındaki malzemeler üzerine sarılması ile meydana getirilmiştir. Helmholtz sarımı düşük manyetik alanları ölçmek için kullanılır. Yapılan ölçümlerde %0.02 ye varan belirsizlikler mümkündür.

3.4 Permeametre

Sürekli mıknatısların özelliklerini belirlemek için, mıknatısı manyetize ve demanyetize etmek ve bu işlem sırasında search coil (telden dairesel sarım) kullanarak meydana gelen değişiklikleri saptamak gerekir. Bu ölçümleri yapmak için IEC tarafından tavsiye edilen bir cihaz olan permeametre kullanılır. UME Manyetik Ölçümler Laboratuvarı'nda bulunan permeametredeki kuvvetli bir elektromıknatıs sayesinde 2.8 Teslaya ulaşan alanlar elde edilir. Bu cihaz ile 180°C ye varan sıcaklıklarda ölçüm yapmak mümkündür. Çapı 26mm'yi geçmeyen hemen her çeşit sürekli mıknatıs karakterize edilebilir. Sonuçların belirsizlikleri ölçülen numuneye bağlı olmakla beraber, tipik olarak %1-2 civarındadır. Mıknatısın içine yerleştirildiği tel sarım ve elektromıknatısın 2 kutbu arasına bu mıknatıs tutucunun yerleştirilmiş hali, şekil 3'de şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 3. Miknatis tutucu tel sarım ve bu sarımın elektromiknatisin iki kutbunun arasına yerleşmiş hali

3.5 VSM Vibrating Sample Magnetometer (Titreşimli Numune Manyetometresi)

Çok küçük numunelerin ve tek kristallerin karakterize edilmesinde VSM kullanılır. Bir VSM deki manyetik alan kuvveti, genellikle Hall etki probu ile kalibre edilir. Manyetik akı yoğunluğu için ise, belirlenmiş bir noktada doymuş manyetik akı yoğunluğu bilinen, saf nikel referans standart kullanılır. Böylece izlenebilirlik, Hall etki sisteminin kalibrasyonu ve nikel referans standardın, elektromiknatis veya permeametre kullanarak, bir dc ölçüm yöntemi ile kalibrasyonu yoluyla elde edilir. UME Manyetik Ölçümler laboratuvarı'nın VSM cihazının elektromiknatisi 7 Teslaya çıkacak güçtedir. Çalışma sıcaklığı 4.2 - 1000 K arasında ayarlanabilir. Bu nedenle sıcaklığa bağlı ölçümler yapmak mümkündür. Yapılan ölçümlerde %1 belirsizlikle sonuç alınır.

4. Sonuç

Primer manyetik standartlar mevcut olmamasına rağmen manyetik ölçümler ve kalibrasyonların, kütle,uzunluk, zaman ve frekansın primer standartlarına, doğruluğu ispat edilmiş kalibrasyon yöntemleri ile izlenebilir olması mümkündür. Bu tür izlenebilirlik, yapılan ölçümleri güvenli kılmakla beraber, izlenebilirlik zincirindeki her adımda ölçüme eklenen belirsizlik de hesaba katılmalıdır. Genel bir ilke olarak, en kısa izlenebilirlik zincirine sahip basit ölçüm sistemleri en düşük belirsizliği verirler.

Kaynaklar

- [1] Private Communication with A. Drake, NPL, Teddington, England.
- [2] A. E. Drake, J. Mag. and Mag.Materials 133 (1994), 371-376
- [3] Testing and Measurement of Permanent Magnets, Magnetic Materials Producers Assc.,July 1977-4

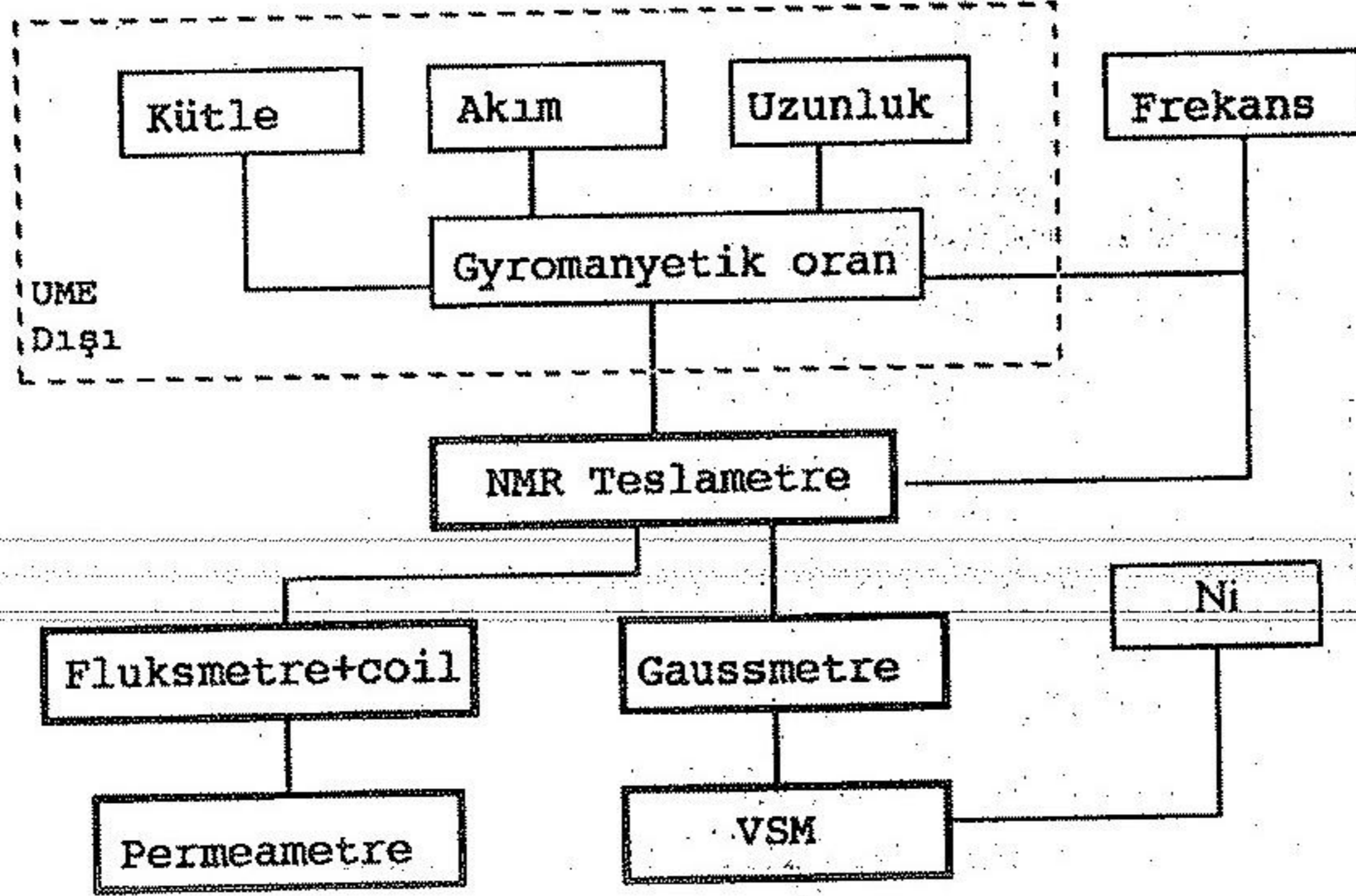
Uluslararası Ölçü ve Ağırlıklar Bürosu
(BIPM)

Ulusal Laboratuvarlar
Örneğin, ETL, IEN, NIST

Akredite Olmuş Laboratuvarlar
(Bu laboratuvarlar ölçüm alanlarını kapsamak için,
birden fazla ulusal laboratuvara izlenebilir olabilirler.)

Kalibrasyon ve Test Laboratuvarları
(Bu laboratuvarlar doğrudan ulusal laboratuvarlara
izlenebilir olabilirler.)

Şekil 1. Primer standartlara izlenebilirlik zinciri



Şekil 2. UME Manyetik Ölçümler Laboratuvarı izlenebilirlik zinciri