

KALİBRASYON STANDARD VE REFERANS CİHAZLARININ BAKIMI VE TAKİBİ

Hanife URAL

Elektrik Yük. Mühendisi

SIEMENS-SİMKO Kalibrasyon Merkezi

Yakacık Yolu No.111

81430 Kartal - İSTANBUL

Tel: (0 216) 389 59 40 / 10 Hat

Fax: (0 216) 306 80 52 - 389 26 54

1954-Afyon'da doğdu. Afyon Lisesini 1971 yılında bitirdi.Yıldız Üniversitesi, Elektrik Mühendisliğini 1976, Master programını 1980 yılında tamamladı.1977-1989 yılları arasında TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezinde çeşitli araştırma projelerinde çalıştı. Ulusal Metroloji Enstitüsü'nün (UME) kurulmasında görev aldı. Uluslararası ölçme standartları araştırma merkezleri olan PTB-Almanya, NRLM-Japonya, JEMIC-Japonya'da "Elektriksel Standartlar ve Kalibrasyon Sistemleri"konusunda çalışmalarda bulundu.1989 yılından beri SIEMENS - SİMKO Kalibrasyon Merkezinde görev yapmaktadır.

ÖZET:

Kalibrasyon laboratuvarları, mevcut standard ve referans cihazlarını, birbirleri ile karşılaştırarak, sistemlerinin ölçme belirsizliğini hem güvence altına alabilir hemde iyileştirebilirler.

Standard ve referans cihazların, ulusal ve uluslararası sisteme izlenebilirliğini sağlamak üzere, Ulusal Metroloji Laboratuvarlarında yapılan periyodik kalibrasyonlarında, uzun süreli stabilitelerine bakılmaksızın, tahmin edilen bir belirsizlikle değerleri tespit edilir. Bunun amacı, standard ve referans cihazların birbirleri ile karşılaştırılmasından farklıdır.

Bu laboratuvar içi karşılaştırmalarla, standard ve referans cihazlarda, bir sonraki kalibrasyon periyoduna kadar olan sürede meydana gelebilecek beklenmedik kaymalar belirlenebilir.

ABSTRACT:

Greater confidence and better uncertainty can be ensured in a calibration laboratory if at least two similar standards are available and are regularly intercompared.

The laboratory standards are send to National Metrology Institute (UME) for periodic calibration, in order to provide traceability to national and international standards. The intercomparisons of the laboratory standards are not a substitute for periodic calibration by a higher echelon, they create information regarding the longterm stability of the standards.

Until next calibration period, an unexpected drift of the laboratory standards can be detected by the intercomparisons.

GİRİŞ :

Genel olarak, kalibrasyon laboratuvarlarında, referans cihaz (kalibratörler) veya standartların davranışlarının , yada başka bir deyişle, kalibrasyonların güvence altına alınması, bu referans ve standartların Ulusal Metroloji Laboratuvarları veya bir üst seviye referanslara sahip laboratuvarlar tarafından periyodik olarak kalibrasyonlarının yapılması ile sağlanır. Bu iki kalibrasyon periyodu arasında, referans ve standartların, tayin edilen bir belirsizlikle değerlerini muhafaza ettikleri varsayılır.

Laboratuvar referans ve standartlarının periyodik kalibrasyon datalarının incelenmesi ile stabiteleri, ölçme belirsizlikleri ve kalibrasyon periyodları hakkında yorum yapılabilir.Yani ölçme belirsizlikleri iyileşebilir veya kötüleştirilebilir, kalibrasyon periyodları uzatılabilir yada tersine kısaltılabilir.Bu yolla yapılan tahminler yeterli güven ve emniyeti sağlayamazlar.Örneğin geçmişine ait kalibrasyon dataları bulunmayan, sisteme yeni dahil edilen bir referans veya standard için bir tahmin yürütmek güçtür.

Laboratuvar referans ve standartlarının, grup oluşturacak şekilde sayılarının artırılması ve sürekli birbirleri ile laboratuvar içi dahili karşılaştırmalarının (intercomparisons) yapılması, bakım (maintenance) ve takiplerinin sağlanması, iki kalibrasyon periyodu arasında,kalibrasyon sistemini güvence altında tutar.

LABORATUVAR REFERANS VE STANDARDLARININ SAYILARININ ARTIRILMASI :

Özellikle, laboratuvar referans cihazları yani kalibratörler yada kalibrasyonlarda esas alınan ölçme cihazları, yoğun iş potansiyeli olan cihazlardır. Bunların periyodik kalibrasyonları için laboratuvar dışına çıkması hem cihazların nakliye esnasında zarar görme ihtimalini taşır, hemde bir süre için kalibrasyonların durdurulmasını gerektirir.

Kalibrasyon laboratuvarlarında,güvenirliği sağlamak, iş programında kesinti yaratmamak, kalibrasyonlarda ölçme belirsizliğini iyileştirmek ve düzenli laboratuvar içi karşılaştırmalar yapmak üzere transfer standartlarına ihtiyaç vardır. Kalibrasyon laboratuvarının ulusal ve uluslararası izlenebilirliği, bu transfer standartlarının periyodik kalibrasyonları vasıtasıyla sağlanır.

İki benzer standardın laboratuvar içi karşılaştırılmalarıyla sistem güvence altına alınabilir.Elde edilen fark değerlerden standartların davranışları hakkında bilgi sahibi olunur.Ancak kalibrasyon laboratuvarlarında daha büyük güvenilirlik üç benzer standardın birbirleri ile karşılaştırılmalarıyla elde edilir. Bu üçlü grubun üyelerinden birisinin stabitesinin bozulması halinde, iki grub üyesinin birbirine göre farkı değişmezken diğerinin büyük farklılık göstermesi , bize stabilitesi bozulan standardı tespit etme şansı verir.Halbuki iki benzer standardın karşılaştırılmasında, her ikisinde tesadüfen aynı yöne aynı şekilde olan kaymaları tespit edilemez, çünkü mutlak değer olarak, ölçülen farkta, göze çarpan bir değişme belirlenemez.Görüldüğü gibi oluşturulan grubun eleman sayısı arttıkça kalibrasyon sisteminin güvenilirliği de artar.

Dahili karşılaştırmalarla stabilitesinin bozulduğu, mutlak değerinin değiştiği tespit edilen standardta kayma (drift) devam ediyorsa, daha sıkı kontrol altında tutulur, gerekirse, grubun güvenilirliğini azalttığı için gruptan çıkarılır. Varsa gruba yeni üye alınır ve bir süre sıkı gözlem altında tutulur.

Oluşturulan grubun tüm elemanları, esasen referans sınıf olmayabilir. Bazısı düşük sınıf veya çalışma standardı olabilir. Önemli olan, oluşturulan grup için yeterli stabiliteye sahip olması ve karşılaştırmalarda rahatsızlık yaratmamasıdır. Ancak grupta en az bir adet yüksek sınıf referans standardı bulundurulmalı ve karşılaştırmalar düzenli olarak yürütülmelidir.

LABORATUVAR TRANSFER STANDARDLARI :

Kalibrasyon laboratuvarlarının izlenebilirliğini temin etmek ve kullanılan referansların değerlerini güncelleştirmek üzere, laboratuvarlarda teşkil edilen grubun bir elemanı transfer standardı olarak seçilir. Bu transfer standardı bir üst seviye laboratuvarlarda benzer standardlarla karşılaştırılır ve bir ölçme belirsizliği ile güncel değeri tespit edilir. Transfer standardı, laboratuvar dışına çıkmadan önce ve laboratuvara döndüğünde hemen diğer grubun elemanları ile karşılaştırılır, böylece transfer standardının nakledilmesi esnasında bir aksilik olup olmadığı tespit edilebilir.

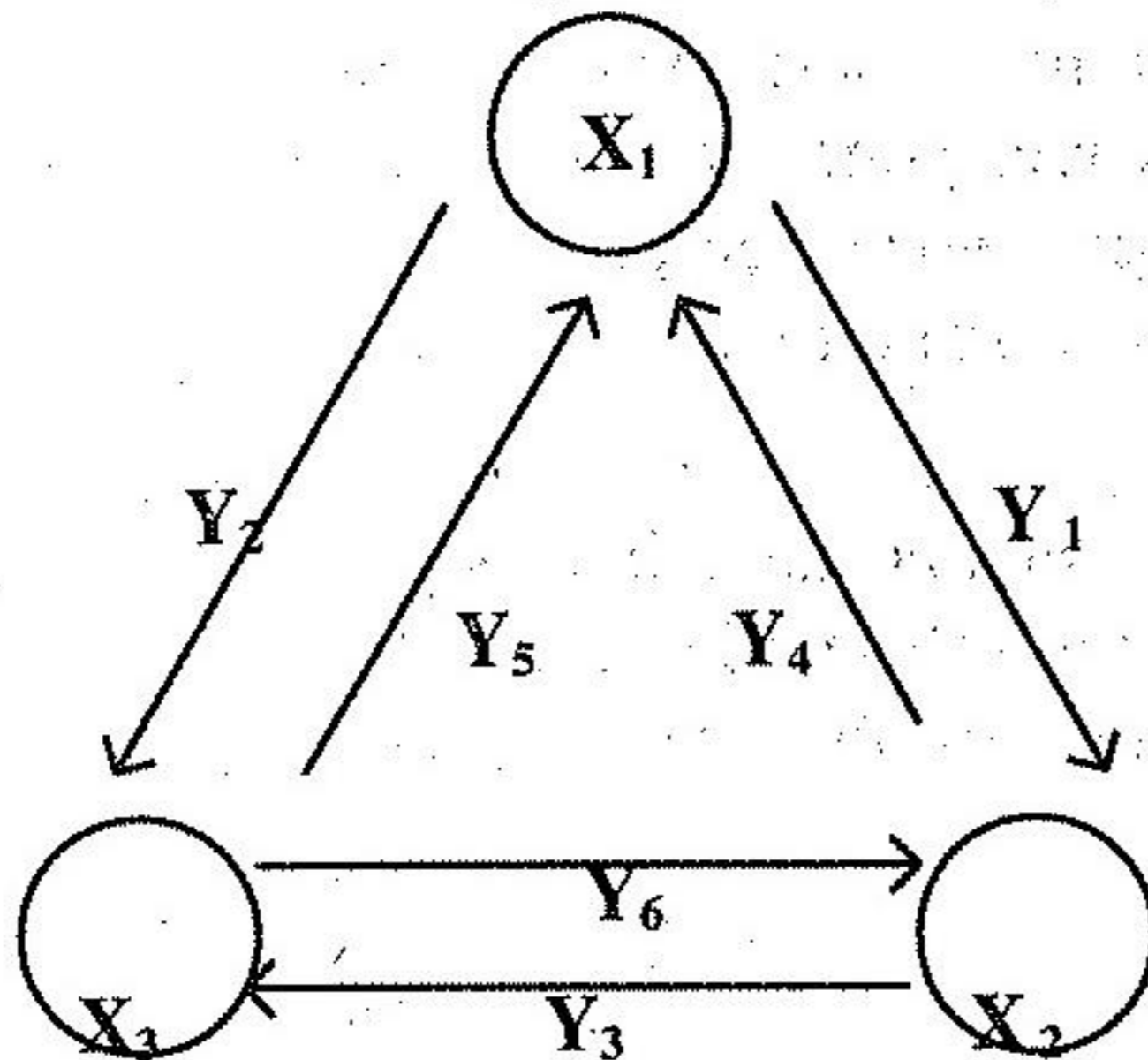
Transfer standardının seçiminde bazı hususlara dikkat etmek gerekir. Öncelikle taşınmaya müsait olmalıdır. Örneğin bazı elektriksel transfer standardlarının kesintisiz güç kaynaklarına ihtiyacı vardır. Transfer standardının stabilitesi iyi değilse, tespit edilen değer çabuk değişeceği için sağlıklı izlenebilirlik tesis edilemez. Laboratuvar şartlarında stabilitesi çok iyi olan bir kalibratörün aynı zamanda transfer standardı olarak kullanılması, kalibrasyonu için laboratuvar dışına çıkarılması, davranışında bozukluk yaratabilir, taşınması esnasında zarar görebilir. Sakıncalıdır.

DAHİLİ KARŞILAŞTIRMALAR :

Dahili karşılaştırma yönteminin esası, nominal değeri benzer büyüklüklerden, eleman sayısı en az 3 olmak üzere bir grup oluşturulur ve grup elemanlarının birbirlerine göre farkları ölçülür. Ölçülen bu farkların istatistiksel bir yöntemle analizinden sonra, grup elemanlarının güncel değerleri tespit edilir.

Genel olarak, laboratuvar standard ve referanslarının bakımı için uygulanan dahili karşılaştırma ile elde edilen data "least square" istatistiksel yöntemine göre alınır ve değerlendirilir. Bu metoda göre transfer standardının iki kalibrasyon periyodu arasında grup elemanlarının ortalama değerinin sabit kaldığı varsayılır. Grup elemanlarının değerlerinin tespitinde, kullanılan ölçme cihazının sistematik hatası ortadan kaldırılır ve rastgele hatalar minimize edilir. Yazıda, üç elemanlı bir grubun bazı karşılaştırma yöntemleri verilmiştir.

ÖRNEK 1: Değerleri X_1, X_2, X_3 olan grup elemanlarının, şekil 1'de olduğu gibi birbirlerine göre fark değerleri $Y_{1..6}$ ve ölçme cihazının sistematik hatası P , rasgele hataları $R_{1..6}$ ise,



$$\begin{aligned} X_1 - X_2 + P &= Y_1 - R_1 & Y_1 - X_1 + X_2 - P &= R_1 \\ X_1 - X_3 + P &= Y_2 - R_2 & Y_2 - X_1 + X_3 - P &= R_2 \\ X_2 - X_1 + P &= Y_4 - R_4 & Y_4 - X_2 + X_1 - P &= R_4 \\ X_3 - X_1 + P &= Y_5 - R_5 & Y_5 - X_3 + X_1 - P &= R_5 \\ X_3 - X_2 + P &= Y_6 - R_6 & Y_6 - X_3 + X_2 - P &= R_6 \end{aligned}$$

Grubun ortalama değeri M ,

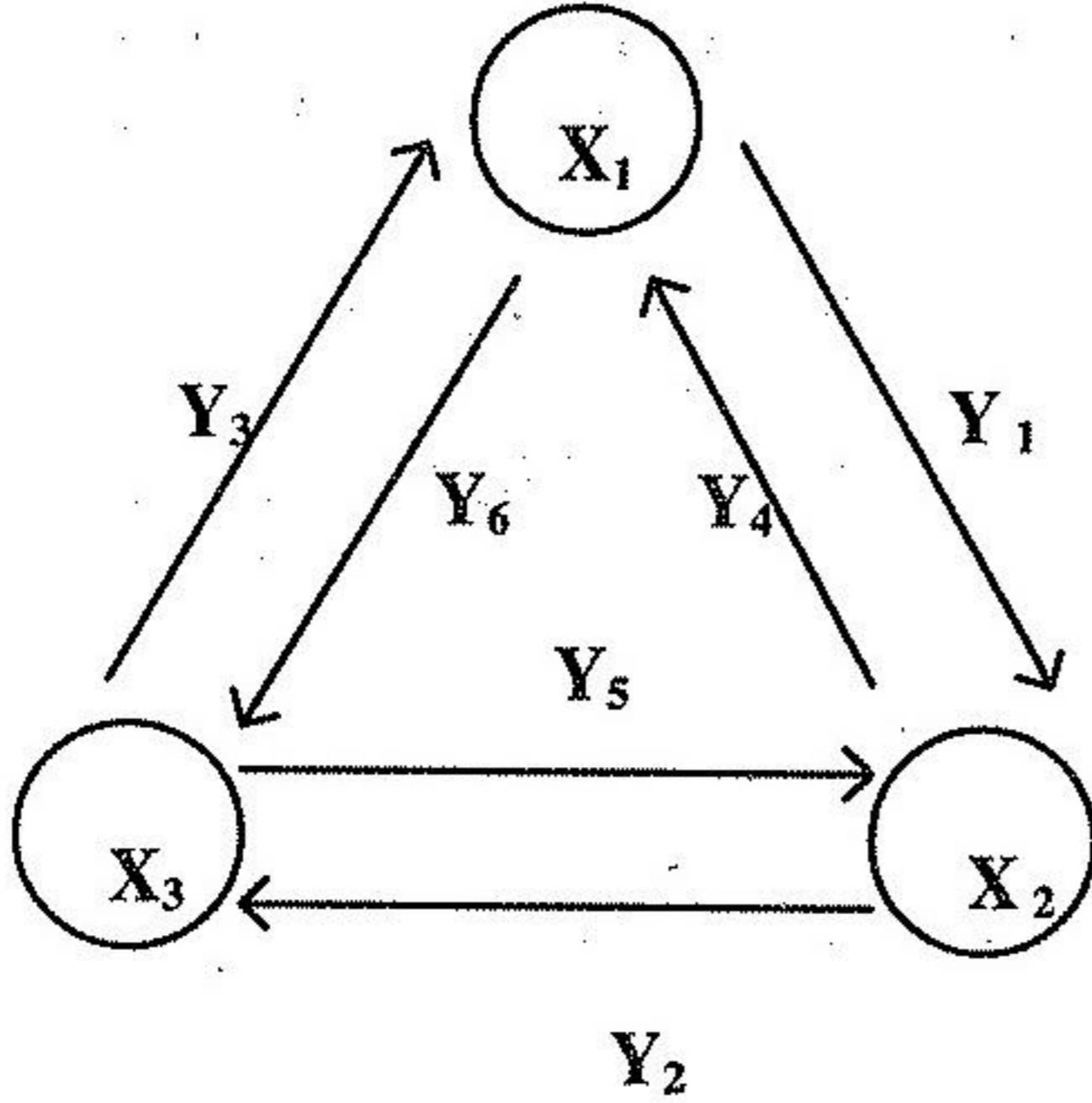
$$M = (X_1 + X_2 + X_3) / 3 \quad (\text{Şekil 1})$$

$$\Sigma R_i^2 = R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 + R_4^2 + R_5^2 + R_6^2 \quad \frac{\Sigma \partial R_i^2}{\partial X_1} = 0, \quad \frac{\Sigma \partial R_i^2}{\partial X_2} = 0, \quad \frac{\Sigma \partial R_i^2}{\partial X_3} = 0$$

Rasgele hataların karelerinin toplamının X_1, X_2, X_3 'e göre kısmi türevlerinin sıfır olduğudurumda, rasgele hatalar minimumdur. Yukarıdaki deklemlerden X_1, X_2, X_3 çözümlürse, grup elemanlarının güncel değeri $\underline{X}_1, \underline{X}_2, \underline{X}_3$ tespit edilmiş olur.

$$\begin{aligned} \underline{X}_1 &= M + \frac{1}{6} (Y_1 + Y_2 - Y_4 - Y_5) \\ \underline{X}_2 &= M + \frac{1}{6} (-Y_1 + Y_3 + Y_4 - Y_6) \\ \underline{X}_3 &= M + \frac{1}{6} (-Y_2 - Y_3 + Y_5 + Y_6) \end{aligned}$$

ÖRNEK 2: Değerleri X_1, X_2, X_3 olan grup elemanlarının, şekil 2 'de olduğu gibi birbirlerine göre fark değerleri $Y_{1..6}$ ve ölçme cihazının sistematik hatası P , rasgele hataları $R_{1..6}$ ise,



$$\begin{aligned} X_1 - X_2 + P &= Y_1 - R_1 & Y_1 - X_1 + X_2 - P &= R_1 \\ X_2 - X_3 + P &= Y_2 - R_2 & Y_2 - X_2 + X_3 - P &= R_2 \\ X_2 - X_1 + P &= Y_4 - R_4 & Y_4 - X_2 + X_1 - P &= R_4 \\ X_3 - X_2 + P &= Y_5 - R_5 & Y_5 - X_3 + X_2 - P &= R_5 \\ X_1 - X_3 + P &= Y_6 - R_6 & Y_6 - X_1 + X_3 - P &= R_6 \end{aligned}$$

Grubun ortalama değeri M ,

$$M = (X_1 + X_2 + X_3) / 3 \quad (\text{Şekil 2})$$

$$\Sigma R_i^2 = R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 + R_4^2 + R_5^2 + R_6^2 \quad \frac{\Sigma \partial R_i^2}{\partial X_1} = 0, \quad \frac{\Sigma \partial R_i^2}{\partial X_2} = 0, \quad \frac{\Sigma \partial R_i^2}{\partial X_3} = 0$$

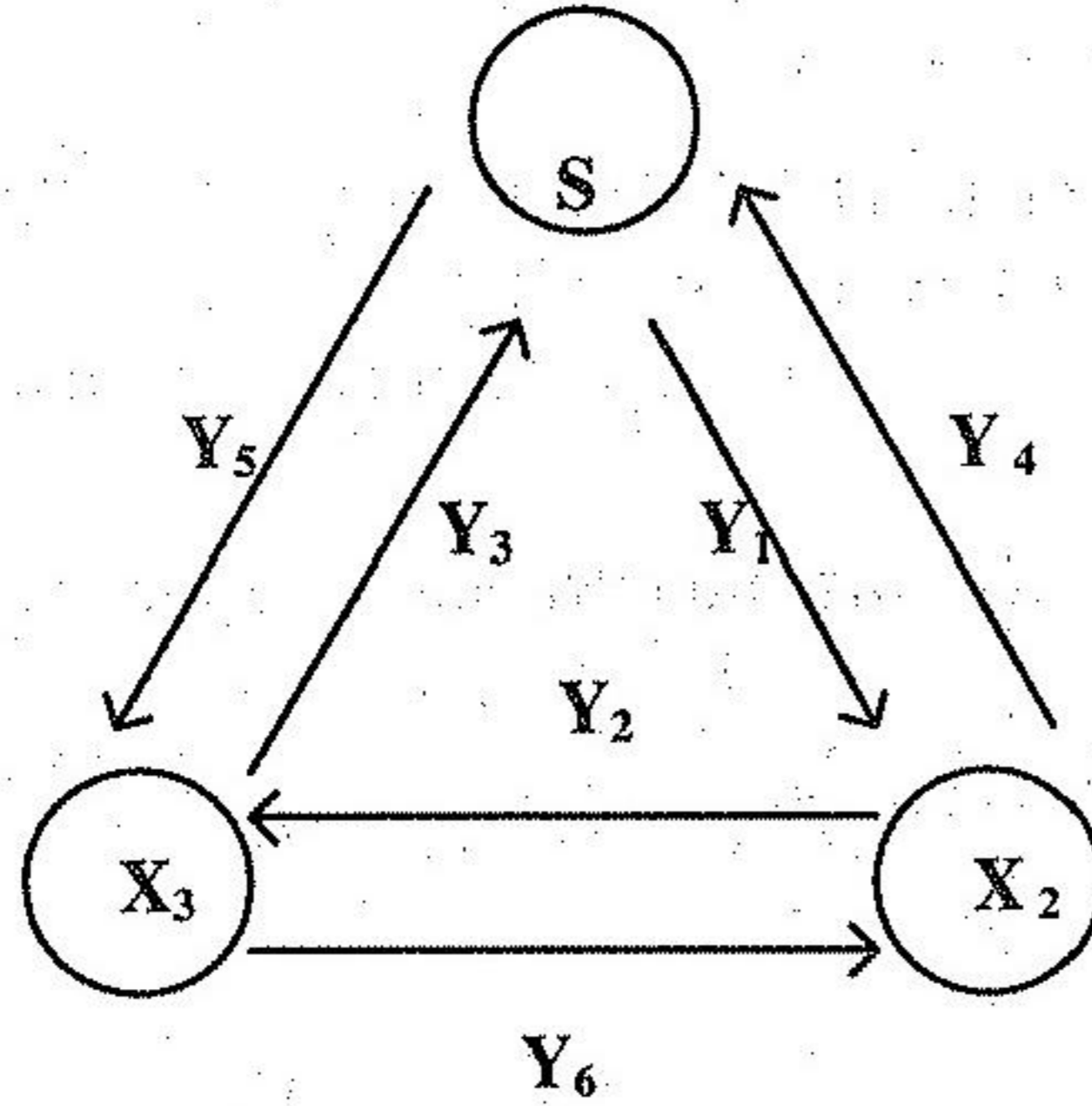
Rasgele hataların karelerinin toplamının X_1, X_2, X_3 'e göre kısmi türevlerinin sıfır olduğudurumda, rasgele hatalar minimumdur. Yukarıdaki deklemlerden X_1, X_2, X_3 çözümlürse, grup elemanlarının güncel değeri $\underline{X}_1, \underline{X}_2, \underline{X}_3$ tespit edilmiş olur.

$$\underline{X}_1 = M + \frac{1}{6} (Y_1 - Y_3 - Y_4 + Y_6)$$

$$\underline{X}_2 = M + \frac{1}{6} (-Y_1 + Y_2 + Y_4 - Y_5)$$

$$\underline{X}_3 = M + \frac{1}{6} (-Y_2 + Y_3 + Y_5 - Y_6)$$

ÖRNEK 3: Transfer standardının bir üst seviye laboratuvarında periyodik karşılaştırmalarından sonra, grup elemanlarının değerlerinin belirlenmesi ve grubun yeni ortalama değerinin tespit edilmesi.



(Şekil 3)

$$\begin{array}{ll} S - X_1 + P = Y_1 - R_1 & Y_1 - S + X_1 - P = R_1 \\ X_1 - X_2 + P = Y_2 - R_2 & Y_2 - X_1 + X_2 - P = R_2 \\ X_1 - S + P = Y_4 - R_4 & Y_4 - X_1 + S - P = R_4 \\ S - X_2 + P = Y_5 - R_5 & Y_5 - S + X_2 - P = R_5 \\ X_2 - X_1 + P = Y_6 - R_6 & Y_6 - X_2 + X_1 - P = R_6 \end{array}$$

$$\Sigma R_i^2 = R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 + R_4^2 + R_5^2 + R_6^2$$

$$\frac{\Sigma \partial R_i^2}{\partial X_1} = 0, \quad \frac{\Sigma \partial R_i^2}{\partial X_2} = 0, \quad \frac{\Sigma \partial R_i^2}{\partial X_3} = 0$$

$$\underline{X}_1 = S + \frac{1}{6} (-2Y_1 + Y_2 + Y_3 + 2Y_4 - Y_5 - Y_6)$$

$$\underline{X}_2 = S + \frac{1}{6} (-Y_1 - Y_2 + 2Y_3 + Y_4 - 2Y_5 + Y_6)$$

Grubun yeni ortalama değeri M,

$$M = (S + \underline{X}_1 + \underline{X}_2) / 3$$

SONUÇ:

Kalibrasyon laboratuvarlarında, nominal değerleri benzer standartlardan oluşturulan grubun periyodik dahili karşılaştırmaları, örnek 1,2,3 'de olduğu gibi yapılabilir. Böylece transfer standardının bir üst seviye laboratuvardaki iki kalibrasyon periyodu arasında sistem güvence altına alınmış olur.

Mesela, bir elektrik kalibrasyon laboratuvarında, gerilim transfer standardı olarak 732B/FLUKE seçilerek, çok fonksiyonlu kalibratörler 5700A ve 5100B/FLUKE 'den oluşturulan grubun, DC10V'da dahili karşılaştırmaları, Null dedektör 845/FLUKE vasıtasıyla yapılabilir ve yukarıda verilen istatistiksel yöntem ile değerlendirilerek, laboratuvarında gerilim kalibrasyonları kontrol altında tutulabilir. Benzer şekilde DC direnç transfer standardı 1 ohm ve 10 kiloohm seçilerek, 5700A ve 5100B/FLUKE 'den oluşturulan grubun dahili karşılaştırmalarında fark değerler, 6 1/2 digit multimetre 8505/FLUKE ile ölçülür ve değerlendirilir. Böylece laboratuvarında direnç kalibrasyonları güvence altına alınabilir.

REFERANSLAR:

- 1.A.F.Dunn, Maintenance of a laboratory unit of voltage, IEEE Trans.Instrum. Meas.,vol. IM-20, pp.2-10, Feb. 1971
- 2.Harry H. Ku, Chapter2. , Statistical concepts in metrology, Handbook of Industrial Metrology, pp.20-50. , Prentice-Hall , Inc. , 1967
- 3.H.Ural, S.Varol, Ş.Özgül, B.Bumin, DC Voltaj standard biriminin oluşturulması ve kalibrasyonu, UME, 1991
- 4.FLUKE, Calibration: Philosophy in Practice, Section 5, Statistic, Section 2- chapter 6, Standards and Traceability, 1994