

KELVİN BİRİMİNE GELİŞMİŞ VE DAHA BASİT İZLENEBİLİRLİK SAĞLAMAK İÇİN ÇOK ENSTİTÜ KATILIMCILI AVRUPA PROJESİ

Murat KALEMCİ*

D. del Campo, J. Bojkovski, M. Dobre, E. Filipe, A. Merlone, J. Pearce, A. Peruzzi, F. Sparasci, R. Strnad, D. Taubert E., Turzó-András

*TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü, P.K: 54 41470 Gebze-Kocaeli TÜRKİYE
Tel: 262 679 50 00

ÖZET

Avrupa Metroloji Araştırma Programı çerçevesinde bu çok enstitü katılımcılı proje, Kelvin biriminin bilime, sanayiye ve genel anlamda, sıcaklık ölçüm kullanıcılarına daha geniş ve daha basit şekilde yaygınlaştırılmasını desteklemek için birimin gelişmiş izlenebilirliğinin sağlanmasına ve yeni gelişmiş tekniklerin geliştirilmesine odaklanmıştır. Projenin temel amaçları daha basit ve daha ucuz birincil termometreler, yeni, güçlü ve yüksek performanslı sensörler ve kalibrasyon prosedürlerinin optimizasyonunu geliştirmek ve sıcaklık ölçümünde belirsizliklerini azaltmaktır. Bu makale projenin tanıtımını ve geliştirilmekte olan farklı çalışmalarını içermektedir.

1. GİRİŞ

Endüstriyel süreçlerin üçte ikisinden daha fazlasında sıcaklık ölçümleri takip ve kontrol edildiği için, bilimde ve sanayide en sık ölçülen fiziksel büyüklüklerden biri şüphesiz sıcaklıktır. Sıcaklıktaki anormal değişimler bir cihazda veya işlemde yaklaşan bir bozukluğun erken bir göstergesi olabilir. Sonuç olarak sıcaklık kontrolü otomotiv, tüketici elektroniği, proses endüstrileri, ilaç, gıda ve içecek sanayi gibi birçok sektörde çok farklı uygulamalarda yer bulur.

Sıcaklığın yaygınlaştırılması için için sıcaklık sensörleri ve yöntemlerinin optimizasyonunun sanayi süreçlerinin kalite güvencesine ve enerji tüketiminin en aza indirilmesine ve iyileştirilmesine doğrudan bir etkisi vardır. Dahası, sıcaklık birimi kelvinin öngörülen yeni tanımından sonra bu, termodinamik sıcaklık T ve şu anda sıcaklık ölçüm cihazlarını kalibre etmek için dünya çapında kullanılan 1990 Uluslararası Sıcaklık Ölçeğine (ITS-90) göre tanımlanan sıcaklık T_{90} arasında pratik bağlantıları kurmak için gerekli olacaktır. Orta vadede hâlihazırdaki bu ölçeğin kullanımına devam edilecektir fakat aynı zamanda ele alınması gereken bazı sınırlamalar vardır.

EURAMET ve Avrupa Birliği içinde EMRP katılımcı ülkeler tarafından ortaklaşa finanse edilen ve Avrupa Metroloji Programı çerçevesinde bir çok enstitü projesini finanse eden EURAMET bu sorunların farkındadır. İzlenebilir sıcaklık yaygınlaştırılması için özgün teknikler projesi (NOTED) en çok kullanılan sıcaklık aralığı olan 1000°C ile -218°C arasında pratik sıcaklık metroloji ile ilgili en acil sorunlara çözüm sağlayacaktır. NOTED daha basit ve daha ucuz birincil termometreler, yeni güçlü yüksek performanslı sensörler ve belirsizlikleri azalmış sıcaklık ölçümü yapılmasında kullanıcılara kelvin biriminin gelişmiş izlenebilirliğini sağlamak için daha geniş ve daha basit yaygınlaştırılmasını desteklemek amaçlı yeni gelişmiş tekniklerin geliştirilmesi üzerine odaklanmıştır. Proje hakkında daha fazla bilgisiyi ve projenin farklı iş paketlerini bulabileceğiniz bir web sitesi (www.notedproject.com) bulunmaktadır.

2. SICAKLIĞI YAYGINLAŞTIRMAK İÇİN MEVCUT YÖNTEMLER

Sıcaklık ölçümünü yaygınlaştırmak için uluslararası kabul görmüş yöntemler şu anda Uluslararası Sıcaklık Ölçeği 1990 (ITS-90) [1] ve Geçici Düşük Sıcaklık Ölçeği- 2000 [2] dir. Şu anda bu iki ölçek Uluslararası Birimler Sistemi (SI) [4] ile uyumlu olan sıcaklığın pratik ölçümleri gerçekleştirmek için kelvin tanımı [3] için öngörülmüştür.

Termodinamik sıcaklığın doğrudan ölçümü zor, çok pahalı ve zaman alıcı olmasına rağmen, imkansız değildir. Kelvin birimini yaygınlaştırmak için pratik olmayan, iyi anlaşılabilir fiziksel sisteme dayalı birincil termometreler gereklidir. Sıcaklık Ölçekleri sıcaklık için uluslararası kabul gören pratik bir yol sunar. MeP-K termodinamik sıcaklık T ve ITS-90, T_{90} arasındaki farklılıklarını belirsizlikleriyle birlikte içerir. Sonuç olarak, kullanıcı elde edilen T_{90} ölçümlerini kolaylıkla T ye (ve tersi de mümkündür) dönüştürebilir.

Yaygın olarak kullanılan termometrik yöntemleri kullanıcıların ihtiyaçları doğrultusunda, Uluslararası Sıcaklık Ölçeğinin değişen yüksek maliyetlerini katmadan güncellemek ve genişletmek amacıyla, MeP-K Sıcaklık Ölçümü Danışma Kurulu (CCT) tarafından 2006 yılında oluşturuldu. Yakın bir gelecekte termodinamik sıcaklığın yüksek sıcaklıklarda doğrudan ölçümü için yapılan birincil yöntemlerde kelvin biriminin tanımını Boltzmann sabiti cinsinden verileceği öngörülmektedir.

ITS-90 pratik sağlam ve güvenilir bir araç olduğu için gelecekte kullanımına devam edileceği öngörülmektedir.

Bu proje aşağıdaki iki temel amacı elde etmeyi amaçlamak için geliştirilmektedir :

- Pratik birincil termometrelerden Standart Platin Direnç Termometreler (SPRT) kalibrasyonu ile kelvin birimi tanımına doğrudan yeni interpolasyon araçlar ve teknikler geliştirmek için.
- Belirsizlikleri azaltmak amacıyla ITS-90'da sabit noktalar ile ilgili güncel olağanüstü sorunları çözmek için.

Bir sonraki bölümlerde farklı teknik çalışmaların kısa bir özeti sunulmaktadır.

3. ITS-90 BELİRSİZLİKLERİNİN AZALTILMASI

ITS-90 üç unsurdan oluşur: tanımlı sabit noktalar (suyun üçlü noktası gibi saf maddelerin hal değişimleri), interpolasyon araçları ve interpolasyon denklemleri. Proje kapsamındaki -218°C - 1000°C sıcaklık aralığında, interpolasyon aracı SPRT'dir ve onun interpolasyon denklemi ITS-90 ile tanımlanır.

Sabit noktalar ile ilgili ana sorunlar safsızlıklara (bir sabit nokta hücrelerini % 100 saf madde ile doldurmak mümkün değildir) ve çevresi etkisiyle oluşan istenmeyen ısı akılarına bağlı belirsizliklerde yatmaktadır. Diğer taraftan SPRT'nin pratik uygulamalarda önemli bir sınırı vardır: mekanik şoklara karşı duyarlılığı algılama elemanının fiziksel durumunu değiştirdiğinden, ölçüm belirsizliğini artırır.

Proje, bu sorunların çözümüne yönelik çeşitli teknik faaliyetler tanımlamıştır.

3.1. Sabit noktalara safsızlıkların ve termal akıların etkilerinin çalışması

İlk kez bu proje, doğru teorik ve sayısal modeller elde etmede farklı yaklaşımlar kullanarak tanımlanan sabit noktaların faz geçişlerinin teorik bilgilerini derinleştirmek için girişimde bulunacaktır. Bunlar safsızlıklar ve belirsizlikler için düzeltmeleri hesaplamada son kullanıcılar tarafından pratik bir şekilde uygulanacaktır. Metal (cıva, galyum ve alüminyum) sabit noktasını ve suyun üçlü noktasını tanımlamada bilinen bazı safsızlıkların sıcaklığa etkisinin tam olarak ölçümü amaçlanmaktadır. Bu bilgiler, safsızlıklara bağlı belirsizliklerde bir azalma ile daha saf bir elemanın sabit nokta sıcaklığında düzeltme sağlayacaktır. Safsızlıklar nedeniyle belirsizlikler, ortalama olarak, toplam belirsizliğin yaklaşık % 20 'sidir [8].

Termal etkilere bağlı belirsizlikler ortalama olarak toplam belirsizliğin % 20'sine karşı gelir ancak bu alüminyum durumunda % 75'ten büyük olabilir. Bu projenin çalışmalarıyla termal etkilere ve onun en aza indirilmesine bağlı olan belirsizliklerin güvenilir bir tahmini sağlanacaktır. Bu hedefe ulaşmak için benimsenen iki yaklaşım:

-İlk olarak modeller olarak faz dönüşümünün (esasen katı-sıvı arayüzü evrimi) zaman evrimini verilen teorik varsayımların ve bu fırının termal gradyanları, donma başlatılması, fırın tipi, ortam sıcaklığı ve yalıtım gibi parametrelerin bir fonksiyonu, tanımlamak için geliştirilmiştir

-İkinci olarak kabul edilen modellerin geçerliliği deneysel olarak ilgili gözlenen ergime eğrileri üzerinde seçilen parametrelerin etkileri değerlendirilerek doğrulanacaktır.

3.2. Yeni ve geliştirilmiş kalibrasyon prosedürleri

SPRT'ler için, özellikle yeni geliştirilen ticari modelleri için eşitsizlik, (farklı SPRT'lerin sabit noktaları arasındaki interpolasyon değerlerindeki farklılıklar), oksidasyon, gerginlik etkileri ve kirlilik yeni veri elde etmede uygun kalibrasyonu önler. Bu yönler bu çalışmada kapsamlı şekilde incelenecektir. Son olarak fırın optimizasyonu için analitik bir model için geliştirilecektir ve SPRT için en uygun kalibrasyon prosedürlerinin geliştirilmesi kolaylaşacaktır.

3.3. Yeni sabit noktalar

Sabit noktaları tanımlayan veya mevcut olanların yerine geçecek gelecekteki ITS olarak kullanılabilecek olası yeni sabit nokta adayları üzerine geçmişte bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu projede özellikle iki konu ele alınmaktadır:

- a) en umut verici yeni sabit noktaları iyileştirme (Mevcut sıcaklık ölçeğini geliştirebilen ölçüm belirsizliklerini elde etmek)
- b) Tanımlanan bazı sabit noktalar arasında mevcut olan büyük sıcaklık boşlukları doldurmak için yepyeni sabit noktaların geliştirilmesi

ITS-90 içinde mevcut SPRT interpolasyon şeması Lagrangiandır.(interpolasyon denklemi kalibrasyon noktaları ile aynı sayıda eğri parametrelerine sahiptir.) Örneğin, argon noktasından suyun üçlü noktasına olan sıcaklık aralığı içinde, ek sabit noktalarının (örneğin Xe veya C2F6 için) varlığı toplam kalibrasyon belirsizliğini % 50 oranında azaltabilir.

Bu projede birçok yeni sabit noktalar araştırılmaktadır. Sıcaklık aralığı suyun üçlü noktasından düşük (0,01°C), karbon dioksitin üçlü noktası (CO₂, 56,558 °C), sıvı-buhar faz geçişi 56 °C üstünde ve sülfür altı florürün üçlü noktası (SF₆, 49.595 °C) cıva üçlü noktası (-38,8344 °C) ve ksenon (Xe, 111.745 °C) ve hexafluoroethane (C₂F₆, 100,07 °C) üçlü noktası için ITS-90'da en büyük boşluk olan argon (-189,3442 °C) ve cıva üçlü noktasını doldurmak için mümkün yerdeğişirmeler için çalışılacaktır. Suyun üçlü noktasının üzerindeki sıcaklık aralığında (İndiyum- suyun üçlü noktası (156.598 5 °C - 0,01 °C) ve Alüminyum - Gümüş (660 °C - 961,78 °C)) ITS-90'nın alt aralıklarındaki ikincil noktaları aramak için amaçlanmıştır. Bunlar İyot (I₂, 114,7 °C) ve Al-Cu ötektik (548,16 °C) olacaktır.

4 KELVİN BİRİMİNİ YAYGINLAŞTIRMAK İÇİN ALTERNATİF YOLLAR

4.1. 500 ° C ve 1000 ° C aralığı

1000 ° C ile 500 ° C sıcaklık aralığı ITS-90 özellikle sorunludur çünkü istikrarsızlıklar ve kirlilik sorunları nedeniyle yüksek sıcaklık SPRT'lerin kararlılığı iyi değildir. Bu proje, yüksek sıcaklık SPRT ile benzer düzeyde belirsizlikleri sağlayan fakat onun dezavantajlarına sahip olmayan yeni usul ve ekipmanları geliştirmeyi ve geçerli kılmayı amaçlamaktadır.

İnterpolasyon aracı olarak yüksek sıcaklık SPRT kullanarak Çinko donma noktası (419,527 °C) üzerinde ve en fazla 1000 °C ye kadar olan sıcaklıklarda en iyi ulaşılabilir belirsizlikler birkaç millikelvin mertebesindedir [8]. Yeni ekipman bulunması sıcaklığın yaygınlaştırılmasında belirsizlikleri azaltmada doğrudan etkisi olacaktır.

Bu projede hem çalışılacak sıcaklık aralığında hem de NIR dalga boyu aralığında çalışan radyasyon termometre tabanlı seçilen bir InGaAs-dedektörünün tam radyometrik karakterizasyonu için yakın kızılötesi(NIR) radyasyon termometrenin karakterizasyonu, geliştirilmesi, kurulum ve metodolojilerinin geliştirilmesi planlanmıştır.

Üçüncü alternatif seçenek Au / Pt ısılıçifttir. Proje, yüksek sıcaklık SPRT'in yerine geçmesi için ve kullanım kolaylığı açısından ve ölçek yaygınlaştırılması çalışmalarını geliştiren MeP-K içinde interpolasyon araçları olarak Au / Pt ısılıçiftinin dahil olmasını desteklemektedir.

4.2. Özgün pratik birincil termometreler

Projeye aynı zamanda yeni kelvin tanımına doğrudan SPRT'nin kalibrasyonunu mümkün kılacak pratik birincil termometrelerin geliştirilmesi (termodinamik sıcaklığa doğrudan izlenebilirlik sağlar) dahildir. Akustik termometrenin avantajları düşünüldüğünde (hassasiyet ve basit bir fiziksel ilke ile çalışma) pratik olarak kullanılacak akustik cihaz tasarımı ve imal edilmesi planlanmaktadır.

4. SONUÇ

Bu bildiri izlenebilir sıcaklık yaygınlaştırılması için özgün teknikler projesi (NOTED) içinde geliştirilen ana teknik çalışmaların bir özetini sunar. Proje, son kullanıcıya kelvin biriminin daha basit şekilde yaygınlaştırılmasını sağlamak için kullanılan termometrik yöntemler ile ilgili en önemli sorunlardan bazılarını çözmeyi amaçlamaktadır. Detaylı bilgi www.notedproject.com proje sitesinden bulunabilir.

Teşekkür

Bu araştırma EURAMET ve Avrupa Birliği içindeki Ortak Araştırma Projesi EMRP'ye katılımcı ülkeler tarafından finanse edilen bir EMRP Ortak Araştırma Projesidir.

KAYNAKLAR

1. Preston-Thomas H., Metrologia, 1990, 27(1), 3-10
2. Procès-Verbaux du Comité International des Poids et Mesures, 89th meeting, 2000, pp. 63-64 (French version) and pp. 129-130 (in English).
3. http://www.bipm.org/utis/en/pdf/MeP_K.pdf
4. http://www.bipm.org/en/si/si_brochure/
5. CCT Workshop "Toward the ITS-XX", Chicago, 25 October 2002, CCT Document CCT/03-01
6. D. R. White et al. Int. J. Thermophys. (2010) 31:1749-1761.
7. G. Machin et al. Metrologia 40 (2011) 68-69.
8. http://www.bipm.org/cc/CCT/Allowed/24/D19_rev_WG3_Doc_rev_10July2009.pdf.
9. <http://www.bipm.org/cc/CCT/Allowed/21/CCT01-08.pdf>.

ÖZGEÇMİŞ

Murat KALEMCİ

1972 yılı İzmir doğumludur. Bornova Anadolu Lisesi'ni bitirdikten sonra O.D.T.Ü. Fizik bölümüne girmiştir. 1996 yılındaki mezuniyetinin ardından aynı üniversitede Yüksek Lisans çalışmalarına başlamış ve 1999 yılında Yüksek Fizikçi ünvanını almıştır. 2004-2010 yılları arasında Yeditepe Üniversitesi Fizik bölümünde doktorasını tamamlamıştır. 1998 yılından bu yana TÜBİTAK-UME Sıcaklık Grubu Laboratuvarının Kontak Sıcaklık alanında ve özellikle birincil seviye sabit nokta yapım ve ölçümleri konusunda çalışmaktadır. 2011 Aralık ayından itibaren Sıcaklık Laboratuvarı Sorumluluğu görevini yürütmektedir.