

Akustik Görüntüleme Cihazları için Sızıntı Oranı Ölçümü (LRQ) Yöntemi

Dr. Toros Senan,
Akustik Araştırma Mühendisi

Giriş

Birçok uygulama sızıntı tespiti yapılmasını gerektirir. Bunların en bilinenleri arasında, birçok uygulamada kullanılan ve en yaygın olarak üretim tesislerinde uygulanan basınçlı hava sistemleri yer alır.

ii900 ve ii910'un çalışması ile ilgili hatırlatmalar

ii900 ve ii910'da, belirli bir dizi modelinde düzenlenmiş 64 mikrofon kullanılır. Dizinin ortasında sahnenin görüntüsünü sağlayan bir görünür kamera yer alır. Cihaz, ses kaynaklarının ses haritasını veya görüntüsünü oluşturmak için karmaşık algoritmalar kullanır ve oluşturulan ses haritasını görüntüye bir katman olarak ekler. Ses kaynağının ii900'un veya ii910'un görüş alanıyla ilgili konumuna bağlı olarak, her mikrofon sesi birbirinden biraz farklı zamanlarda alır. Mikrofonlar arası zaman farklılıkları, ses kaynağının konumunu bulmaya olanak sağlar: Ses cihazın sağ tarafından geliyorsa, dizinin sağ tarafındaki mikrofonlar sesi, dizinin sol tarafındaki mikrofonlara kıyasla saniyenin küçük bir kısmı daha erken alır. ii900 ve ii910 bu sese dair görüntüyü ekranın sağ tarafında görüntüler.

ii900 ve ii910 sızıntıları nasıl tespit eder?

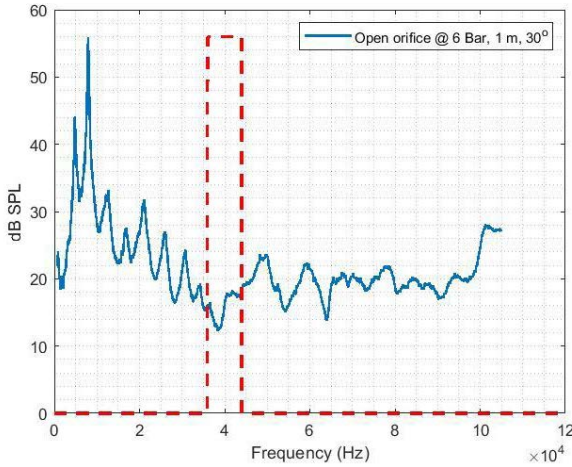
Basınçlı bir sistemde sızıntı olduğunda, kaçan gaz (hava) molekülleri türbülansa neden olur ve bu sebeple basınç ve akış hızında ani değişimler oluşur. Bu değişiklikler ses dalgaları olarak iletilebilir. ii900 ve ii910, bu ses dalgalarının konumunu ve yoğunluğunu tespit edebilir.

Ortam atmosferine sızan basınçlı hava, hem duyulabilir hem de ultrasonik frekans aralığında geniş bant gürültü oluşturur (Eret ve Meskele, 2012; Holstein ve ark., 2016). Endüstriyel basınçlı hava sistemlerinde, dar bantlı (yaklaşık 40 kHz merkez frekanslı) ultrasonik sensörler, sızıntı konumu tespiti için yaygın olarak kullanılan aletlerdir. Bununla birlikte, dar bantlı ultrasonik bir sensörün kullanılması bazı sınırlamalar getirir.

Sızıntı ile ölçüm cihazı ve ölçüm açısı arasındaki mesafe, ultrasonik sensörlerin etkinliğine katkıda bulunan temel faktörlerdir: İlk olarak, yüksek frekanslı ses atmosferik soğurma ile hızlı bir şekilde azaltılır (bkz. Wolstencroft ve Neale, 2008).

İkinci olarak, sıkıştırılmış hava sızıntısının oluşturduğu ses basıncı seviyesi ölçüm açısına göre değişir (Wolstencroft ve Neale, 2008). Ayrıca, gürültülü ortamların dar bantlı ultrasonik sensörlerin performansını kötü etkilediği bilinmektedir (Eret ve Meskele, 2012). Hem duyulabilir hem de ultrasonik frekans aralıklarında çalışan geniş bant sensörlerin kullanılması, kullanıcının yukarıda belirtilen sınırlamaları telafi etmesine olanak tanır. Frekans aralığında esneklik sağlanması, sızıntı tespit sisteminin sağlamlığını artırır. Örneğin, Şekil 1'de 6 Bar sistem basıncı altında açık delikten sızan basınçlı havanın geniş bant gürültü oluşturduğu görülebilir. Şekil 1, ölçülen en yüksek ses basıncı seviyesine sahip frekans bölgesinin duyulabilir aralıkta olduğunu göstermektedir. Buna karşılık, 35 - 45 kHz frekans aralığında ölçülen ses basıncı seviyesi (Şekil 1'deki kırmızı kesik çizgiler) frekans spektrumunun geri kalanından belirgin şekilde düşüktür.





Şekil 1: Açık bir delikten (1/4 inç) basınçlı hava sızıyor. Ölçüm, ii910 kullanılarak sızıntı kaynağından 1 metre uzakta, 30 derecelik bir ölçüm açısıyla yapılmıştır. Mavi çizgi düzeltilmiş spektrumu, kırmızı kesik çizgi ise 40 kHz civarındaki frekans bölgesini gösterir.

Basınçlı hava sızıntısı seslerinin frekans özelliklerini araştıran sınırlı sayıda çalışma vardır. Holstein ve ark. (2016) tarafından yürütülen bir çalışmada, sistematik olarak artan akış hızlarına sahip basınçlı hava sızıntısı ölçümlerinin frekans spektrumları sunuldu (bkz. Şek. 2, Holstein ve ark., 2016). Sızıntı kaynağı açık yuvarlak bir delikti ve ölçümler kaynaktan 20 cm mesafeden yapıldı. Frekans spektrumu, akış hızları ne kadar yüksek olursa 50 kHz üzerindeki enerjinin de o kadar arttığını gösterdi. Deneyde ölçülen en yüksek akış hızı için frekans spektrumu yaklaşık 80 kHz'lik bir tepe değerini gösterir.

Sızıntı tespitini etkileyen faktörler

Sızıntı tespitini etkileyen faktörler, bu bölümde ayrı ayrı ele alınmaktadır. Bu bölümde açıklanan faktörlerin birbiriyle etkileşim içinde olduğu ve geniş, karmaşık bir olgunun tekil bileşenleri olarak kabul edilmesi gerektiği unutulmamalıdır.

Sızıntı kaynağı faktörleri:

1. Sistem basıncı

Genel olarak, sistem basıncı ne kadar yüksek olursa sızıntı o kadar yüksek olur ve bu da daha yüksek ses yoğunluğuna yol açarak sızıntının tespit edilmesini kolaylaştırır.

2. Akış Hızı

Basınçta olduğu üzere, sistemin akış hızı ne kadar yüksekse sızıntı da o kadar büyük olur ve bu, sızıntı konumunda ölçülen ses yoğunluğunun da yüksek olacağı anlamına gelir. Yüksek ses yoğunluğu, akustik tespiti kolaylaştırır.

3. Deliğin boyutu ve şekli

Deliğin boyutu ve şekli birlikte dikkate alınmalıdır. Çok çeşitli olası hava sızıntılarını

göz önünde bulundurduğumuzda, şekil ve boyutun sızıntı tespiti üzerindeki etkisine dair bir yönerge sunmak zordur. Bu listede bazı olası sızıntı kaynakları gösterilmektedir. Listedeki her öge için deliğin boyutu ve şekli farklıdır Hava hortumları ve hava hortumu bağlantıları veya kaplinler

- Aşınmış ayırma noktaları veya O-halkaları bulunmayan ayırma noktaları
- Düzgün takılmayan filtreler, yağlayıcılar ve regülatörler
- Açık tahliye çıkışları
- Açık kondensat tuzakları
- Sızdıran veya baştan savma tahliyeler
- Arızalı veya düşük kaliteli sızdırmazlık bantları veya hatalı uygulanmış sızdırmazlık bantları
- Kontrol ve kapatma valfleri
- Aşınmış contalar veya bağlantı elemanları
 - Eski veya bakımsız pnömomatik aletler
 - Boşta veya kullanılmayan hava girişli makine veya üretim ekipmanı

Gaz	Formül	Po (kg/m ³)
Asetilen	C ² H ²	1,173
Hava	-	1,2929
Amonyak	NH ³	0,7710
Argon	A	1,7837
Karbondioksit	CO ²	1,977
Karbonmonoksit	CO	1,250
Klor	Cl ²	3,214
Etan (10 °C)	C ² H ⁶	1,356
Etilen	C ² H ⁴	1,260
Helyum	He	0,1785
Hidrojen	H ²	0,0899
Hidrojen Sülfür	H ² S	1,539
Metan	CH ⁴	0,7168
Neon	Ne	0,9003
Nitrik oksit (10 °C)	NO	1,34
Nitrojen	N ²	1,2506
Azot oksit	N ² O	1,977
Oksijen	O ²	1,429
Propan	C ³ H ⁸	2,9009
Sülfür Dioksit	SO ²	2,927
Buhar (100 °C)	H ² O	0,598
Sülfür heksaflorür**	SF ⁶	6,17
Soğutucu R134a***	CH ² FCF ³	14,433

Tablo 1: Gazların yoğunluk değerleri listesi. 0 °C 1 ATM'de* gazın yoğunluğu

*Kimya ve Fizik El Kitabı. 48. baskı

**https://en.wikipedia.org/wiki/Sulfur_hexafluoride

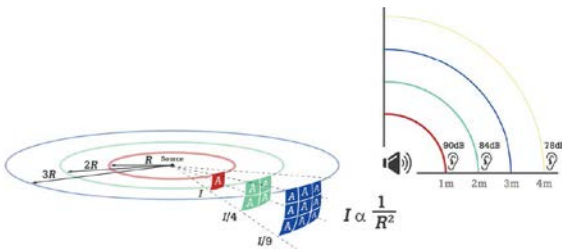
***https://www.engineeringtoolbox.com/r134a-properties-d_1682.html

Sıvı özellikleri

Sıvının özellikleri, sızıntıdan çıkan sesi etkiler.

4. **Yoğunluk** Aşağıdaki tablo, gazların 0 °C'de ve bir atmosfer basıncında kg/m³ cinsinden yoğunluğunu göstermektedir. Gazın yoğunluğu sızıntının ses yoğunluğunu etkiler. Örneğin, Helyumun düşük yoğunluğa sahip olması, basınçlı havayla kıyaslandığında, akış hızı ve basıncın aynı olduğu varsayılarak, sızıntı konumunda ölçülen ses basıncı seviyelerinin daha düşük olacağı anlamına gelir. Saha deneyimi, Helyum sızıntılarını tespit etmenin zor olduğunu doğrular.
5. **Viskozite**
Gazın viskozitesi sızıntı konumundaki ses basıncı seviyesini etkiler. Ancak etkisi, yoğunluğun etkisinden daha düşüktür.
6. **Ortam sıcaklığı**
Hem sızıntı kaynağındaki hem de yoldaki ortam sıcaklığını göz önünde bulundurmanız gerekir. Ortam sıcaklığı, sızıntı kaynağı açısından yoğunluğu ve viskoziteyi etkiler. Bu faktörlerin ikisi de sızıntı konumundaki ses basıncı seviyesini değiştirir. Ortam sıcaklığı arttıkça molekül kinetik enerji artarak sızıntıda daha yüksek bir ses yoğunluğuna neden olur.
7. **Ortam basıncı**
Ortam basıncı, gazın yoğunluğu üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Ortam basıncında azalma olması yoğunluğun azalmasına ve dolayısıyla sızıntıdaki ses yoğunluğunun azalmasına neden olur.

Yol faktörleri ve atmosfer efektleri



Ses kaynağı ile serbest alandaki ölçüm konumu arasındaki mesafenin iki katına çıkarılması ses yoğunluğunu 6 dB azaltır.

8. **Sızıntıyla görüntüleme cihazı arasındaki mesafe** Ölçüm mesafesi ölçülen ses basıncı seviyesini etkiler. Ses, kaynağından farklı yönlere doğru yayıldıkça yoğunluğu mesafe ile birlikte azalır.
9. **Ortam sıcaklığı**
Ortam sıcaklığındaki değişimler hem gazların yoğunluğunu hem de viskoziteyi değiştirebilir. Her ikisi de ortam boyunca hareket eden sesin hızını etkiler. Sıcaklık arttıkça ses daha hızlı hareket eder. Ortam sıcaklığındaki değişim, atmosfer tarafından emilen akustik enerji miktarını etkileyen mekanizmalardan biridir. Düşük frekanslar ve kısa mesafeler için sıcaklığın hava emilimi üzerindeki etkisi göz ardı edilebilir (Harris, 1966). Ancak, çok yüksek frekanslar ve uzun mesafeler için ses basıncı seviyesi fark edilir şekilde azaltılabilir (Vladišauskas ve Jakevičius, 2004).
10. **Nem**
Hava emilimi nedeniyle ses basıncı seviyesini etkileyen ikinci mekanizma nemdir. Normal koşullar altında, ortam sıcaklığının etkisi gibi nemin ses basıncı seviyesi üzerindeki etkisi de göz ardı edilebilir (Harris, 1966). Bu etki, çok yüksek frekanslarda ve yüksek nem seviyelerinde fark edilir (Vladišauskas ve Jakevičius, 2004).
11. **Ortam basıncı**
Ortam basıncı, ideal bir gaz yaklaşığında ses basıncı seviyesini etkilemez; çünkü hem hava yoğunluğu hem de gaz basıncı ses hızı üzerinde benzer ancak ters etkiye sahiptir. Bu ikisi birbirinin etkisini ortadan kaldırır. Bu nedenle, ortam basıncı nedeniyle sızıntı konumunun ses basıncı seviyesi ile ölçüm konumu arasında herhangi bir fark olması beklenmez.

ii900 ve ii910 hangi sızıntı özelliklerini ölçer?

ii900 ve ii910, sızıntı tipini ortaya çıkarır ve sızıntının akış hızını akustik girişe göre tahmin eder. Sızıntı tipi sınıflandırmasını ve akış hızı tahmin algoritmalarını geliştirmek için bir dizi laboratuvar deneyi tasarlanıp gerçekleştirilmiştir.

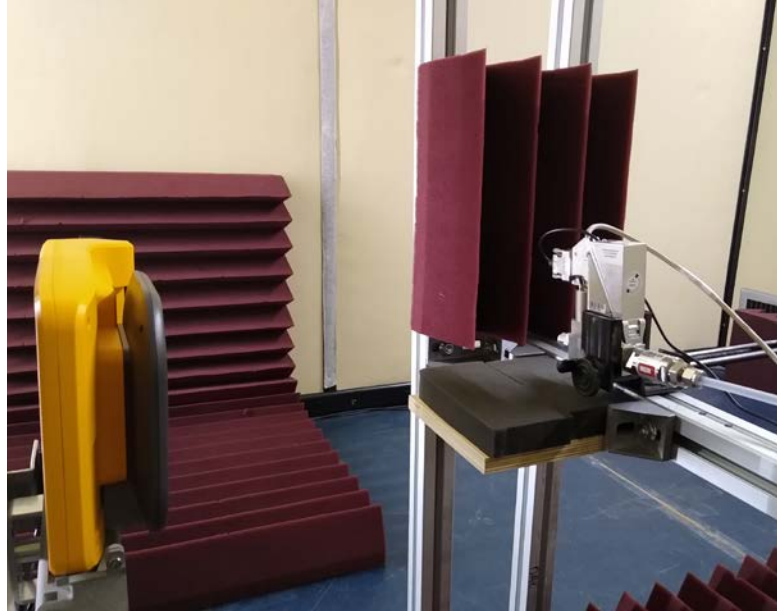
ii900 ve ii910'da sızıntı tipi sınıflandırması

ii900 ve ii910, yakalanan akustik sızıntı verilerini meydana geldiği yere göre sınıflandırır: Hortum, açık uçlu, hızlı bağlantı ve dişli kaplin. Dört sızıntı tipi olan dört sınıflandırma, basınçlı hava boru sisteminin ucuna monte edilmiştir ve akustik ölçümler yarı yankısız bir odada gerçekleştirilmiştir. Deneyin kurulumuna dair iki örnek Şek. 3 ve Şek. 4'te sunulmuştur. Deney için dört sızıntı koşulunu oluşturan bağlantı elemanları Şek. 5'te gösterilmiştir.

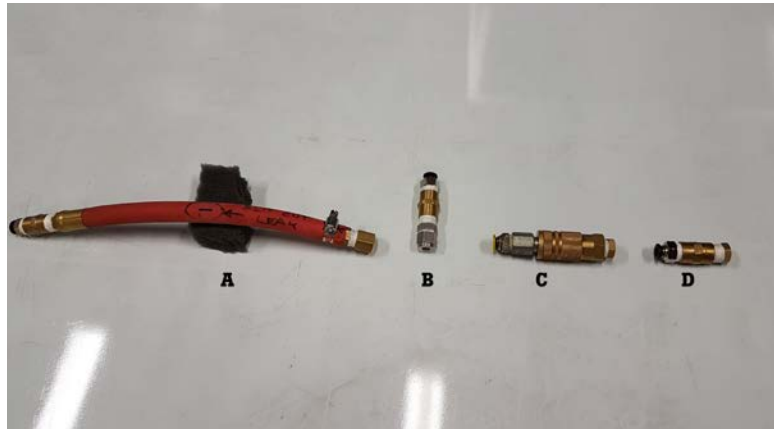
- 1. Hortum:** Hortum, kolay geçiş sağlayan esnek bir tüptür. Ancak metal ve pirinç borunun aksine daha hassas bir malzemedir. Bu nedenle, hava kompresörünü pnömatik cihazlara bağlayan hortumların üzerinde kolayca spesifik kesikler ve delikler oluşabilir. Sınıflandırma ve akış hızı tahmini amacıyla hortum sızıntısının akustik verilerini yakalamak için kesikli hortum sızıntısı kullanılmıştır (Şek. 3 ve Şek. 5a).
- 2. Açık uçlu:** Açık uçlu tüp veya açık delik, bilimsel çalışmalarda kullanılan en yaygın sızıntı tipidir (referanslar). Bu durum, basınçlı hava sistemindeki bir boru bölümü açık bırakıldığında meydana gelir. ii900'ün geliştirme aşamasında sınıflandırma ve akış oranı tahmini deneylerinde açık uçlu bir tüp kullanılmıştır (Şek. 4 ve Şek. 5b).
- 3. Hızlı bağlantı:** Hızlı sökülen veya hızlı ayrılabilen kaplinler olarak da bilinen hızlı bağlantı elemanları, kolay ve hızlı bağlantı sağlar. Hızlı bağlantı parçaları, bir yönde kayan ve ters yönde çekmeye karşı dirençli yataklara dayanır. Genellikle bir veya daha çok iç yatak hasar görmüştür ve basınçlı hava hızlı bağlantı elemanından sızır. Hava, bağlantı elemanının etrafında yayılır ve basınçlı hava sızıntısının yönü deformasyon durumuna göre değişir. ii900 ve ii910'un sınıflandırma ve akış hızı tahmin algoritmalarının geliştirilmesi sırasında akustik ölçümler için deforme olmuş hızlı bağlantı elemanları kullanılmıştır (Şek. 5c).
- 4. Dişli kaplin:** Basınçlı hava sisteminin uç noktaları için dişli uç kapağı kullanılması yaygındır. Dişli uç kapakları dikkatli bir şekilde yerleştirilmeli ve uç tüpüne kaydırılması gereken diş sayısına göre doğru şekilde ayarlanmalıdır. Bazen mühendisler bu uç bölümleri gevşek bırakabilir. Dahası, dişli uç kapakları birden fazla kullanımla deforme olabilir. Bu gibi durumlarda, basınçlı hava uç kapaktan sızarak sistemin verimliliğini olumsuz şekilde etkiler. Deneylerde sızıntı kaynağı olarak gevşek bir şekilde konumlandırılmış dişli uç kapağı kullanılmıştır (Şek. 5d).



Şekil 3: 30 derece açıyla hortum sızıntı tipi ölçümü.



Şekil 4: 90 derecelik açıyla açık uçlu bir sızıntı ölçümünün deneysel kurulumu.



Şekil 5: Deney sırasında incelenen dört sızıntı türü şunlardır: hortum (a), açık uçlu (b), hızlı bağlantı (c) ve dişli kaplin (d).

Sızıntı Oranı Ölçümü endeksi

ii900 ve ii910, yakalanan akustik verilere göre sızıntı konumundaki akış hızını tahmin eder. Akış hızı algoritmaları, yarı yankısız odada gerçekleştirilen laboratuvar ölçümlerinin sonuçlarına dayanarak tasarlanmıştır. Her sızıntı tipinin farklı akustik özellikleri nedeniyle, her sızıntı tipine göre bir akış hızı tahmin algoritması vardır. Bu nedenle, akış hızı tahmin algoritmaları sınıflandırma aşamasından sonra çalışır.

Bir sızıntı türünün tahmin edilen akış hızı, daha sonra sızıntı oranı ölçümü (LRQ) endeksine dönüştürülür. LRQ, 0 ile 10 arasında bir değerdir. Yüksek LRQ değeri, sızıntı konumunda daha yüksek bir akış hızını gösterir ve bir onarım önerisi olarak kabul edilebilir.

Sonuç

ii900 ve ii910, sızıntı tespitindeki zorluklara ve sızıntı ölçümüne çözüm getirmeye çalışan, etkili bir frekans aralığına sahip kullanıcı dostu bir el tipi cihazdır. LRQ özelliği, basınçlı hava sisteminin verimliliğini korumak için kritik öneme sahiptir ve raporlama işlevleri, bakım mühendisleri arasındaki iletişimi hızlandırır.

Referanslar

- Eret, P. ve Meskell, C. (2012). Microphone arrays as a leakage detection tool in industrial compressed air systems. *Advances in Acoustics and Vibration*, 2012.
- Harris, C. M. (1966). Absorption of sound in air versus humidity and temperature. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 40(1), 148-159.
- Holstein, P., Barth, M. ve Probst, C. (2016). Acoustic methods for leak detection and tightness testing. In *Proceedings, 19th World Conference on Non-Destructive Testing* (pp. 13-17).
- Vladišauskas, A. ve Jakevičius, L. (2004). Absorption of ultrasonic waves in air. *Ultragarsas*, 50(1), 46-49.
- Wolstencroft, H. ve Neale, J. (2008). Characterisation of compressed air leaks using airborne ultrasound. *Proceedings of Acoustics (AAS'08)*.

Fluke. *Keeping your world up and running.*®

Fluke TURKIYE
P.O. Box 1186
5602 BD Eindhoven
The Netherlands
www.fluke.com.tr

For more information call:
In the U.S.A. (800) 443-5853
In TR +31 (0)40 267 5100
In Canada (905) 890-7600
From other countries +1 (425) 446-5500

©2020-2021 Fluke Corporation.
All rights reserved.
Data subject to alteration without notice..
06/2021 210581-tr

Modification of this document is not permitted without written permission from Fluke Corporation.