

Uçak Kablo Sisteminde Meydana Gelen Yaşlanma ve Bozulmaların Bakım Odaklı Değerlendirilmesi

Nasır Çoruh^{*1}, Faruk Aras², Nezih Kaya³, İbrahim Cığerci⁴

ÖZ

Uçak elektrik kablo bağlantı sistemi yaşlanması üzerine olan bu çalışmada, kablo demetlerindeki bozulma seviyesini belirleyen bakım odaklı bir değerlendirme yapılmıştır. Tipik bir uçakta çok sayıda fonksiyonu yerine getiren yüzbinlerce kablo kullanılmaktadır. Kablo sisteminde yaşanabilecek arızalar yüksek maliyetli bakımlara ve tehlikeli durumlara neden olabilmektedir. Bu yüzden, uçak bakımında kablo incelemeleri önemlidir. Kablo sisteminde oluşan titreşim, nem, metal talaşları, dolaylı hasar, kirlenme ve aşırı sıcaklık gibi faktörler bozulmanın başlıca nedenlerindedir. Bu çalışmada, kablo sisteminde ve demetlerinde oluşan bozulmalar ve seviyeleri belirlenmiş ve MIL-HDBK-525 kapsamında, genel görsel muayene, ayrıntılı inceleme ve bunların bir kombinasyonunu kapsayan bölgesel incelemesine ilişkin elde edilen analizlerin riskleri değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Uçak bakımı, uçak elektrik kablo bağlantı sistemi, yaşlanma, bozulma, risk değerlendirme

A Maintenance-Oriented Assessment on Aging and Deterioration of Aircraft Cable System

ABSTRACT

The aging of electrical wiring interconnection systems (EWIS), a maintenance-focused assessment was conducted to determine the level of deterioration of the wire bundles/harness. In a typical aircraft, hundreds of thousands of cables are used to fulfill many functions. Failures that may occur in the cable system can lead to high cost maintenance and dangerous circumstances. Thus, Cable thus inspections thus have a significant place in aircraft maintenance. Factors, such as vibration, moisture, metal chips, indirect damage, contamination and excessive temperature, occurring in the cable system are the main causes of the degradation. In this study, the deteriorations of the cable system and the cable bundles were determined and in the scope of the MIL-HDBK-525 on the cable system, the risks of the analysis obtained in associated with general visual inspection (GVI), detailed inspection (DET) and zonal inspection (ZI) which covers a combination of GVI and DET were evaluated.

Keywords: Aircraft maintenance, electrical wire interconnection systems (EWIS), aging, deterioration, risk assessment

* İletişim Yazarı

Geliş/Received : 20.10.2017

Kabul/Accepted : 08.06.2018

¹ Dr. Öğr. Üye., Kocaeli Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Kocaeli, ncoruh@kocaeli.edu.tr

² Prof. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, faruk.aras@kocaeli.edu.tr

³ Öğr. Üyesi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, nezih.kaya@kocaeli.edu.tr

⁴ Uçak Bakım Teknisyeni, ibrahimcigerci@hotmail.com



1. GİRİŞ

Uçaklarda elektrik kablo bağlantı sistemi (electrical wiring interconnection systems -EWIS) kritik bir öneme sahiptir. Bu sistemde olabilecek bir olumsuzluk uçak sisteminin arızalanmasına ve bazı durumlarda uçuş güvenliğini tehlikeye sokacak boyutlarda önemli hasarlara yol açabilir.

Bu yüzden, uçak bakımında EWIS incelemeleri önemli bir yer tutmaktadır. Uçakta oluşan titreşim, nem, metal talaşları, dolaylı hasar, kirlenme ve aşırı sıcaklık gibi faktörler EWIS bozulmasının başlıca nedenlerindedir. Her faktörün EWIS bileşenleri üzerinde farklı bir bozulma etkisi vardır ve uçağın fiziki incelemeleri yapılırken her birinin göz önüne alınması gerekmektedir. Yapılan incelemelerin ana amacı, kablo sisteminde ve kablo demetlerinde oluşan bozulmaları tespit etmek ve bozulma seviyesini belirlemektir. Bu amaçla kablo sistemi üzerinde MIL-HDBK-525 kapsamında, genel görsel muayene (general visual inspection - GVI), ayrıntılı inceleme (detailed inspection - DET), ve ayrıntılı inceleme ile görsel muayenenin bir kombinasyonunu kapsayan bölgesel incelemesine (zonal Inspection – ZI) ilişkin elde edilen sonuçlar ve olası risklerin değerlendirilmesi, uçak bakımında kullanılan proaktif (önleyici) bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir [1].

Bu çalışmada uçak elektrik kablo bağlantı sisteminde meydana gelen yaşlanma ve bozulmalar bakım odaklı olarak değerlendirilmiştir. Öncelikle uçaklarda elektrik kablolarının bulunduğu uçak bölgelerine göre uygunsuzlukları bakım kayıtlarından tespit edilmiştir. Paul vd [2] tarafından ABD Hava Kuvvetleri'nde bir satın alma projesinin yaşam döngüsü için geliştirilen risk bileşen matrisi ile risklerin değerlendirilmesi yapılmış ve çeşitli komponentlerin kanat, iniş takımları, motor gibi riskli bölgelerde uygunsuzlukları tespit edilmiştir. Böylelikle, EWIS bakım planlamaları bu risk değerlendirme sonuçlarına göre yapılabilmektedir.

2. EWIS'DE YAŞLANMA VE BOZULMA UNSURLARI

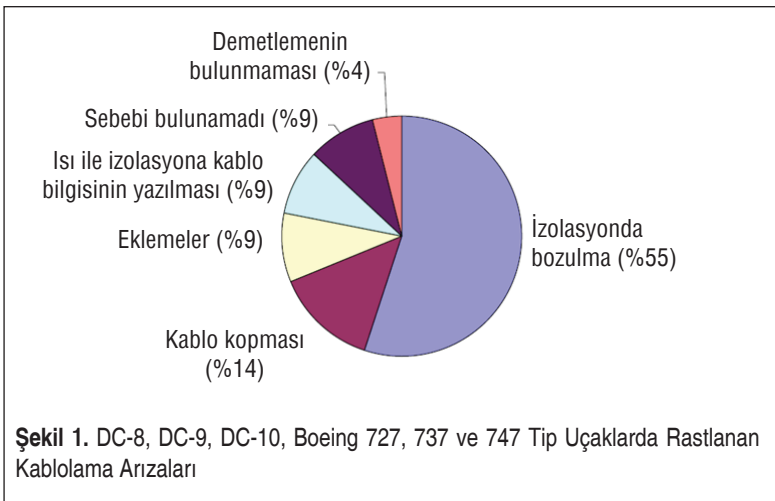
ABD Federal Havacılık Otoritesi (FAA) tarafından EWIS, iki veya daha fazla sonlandırma noktası arasında veri ve sinyal de dâhil olmak üzere elektrik enerjisinin iletilmesi amacıyla uçağın herhangi bir alanına kurulan sonlandırma aygıtları da dâhil olmak üzere herhangi bir kablo, kablolama aygıtı veya bunların kombinasyonu olarak tanımlanmaktadır. Uçaklarda EWIS değerlendirme süreci aşağıdakileri kapsar: Teller, kablo demetleri ve kablolar; elektrik hatlarındaki sonlandırma noktası, baralar, röleler, anahtarlar ve pasif elemanlar (dirençler, diyotlar, kondansatörler), bağlantı kutuları, kontaktörler, terminal kutuları ve panoları; devre kesiciler, sigortalar ve diğer akım sınırlayıcılar gibi devre koruma cihazları; konektörler ve konektör aksesuarları; kılıflar



veya örgüler ve kılıf (ekran) bağlantı terminalleri; elektriksel topraklama ve bağlama cihazları ve bağlantılar; tel yalıtımı ve tel dâhil teller için ilave koruma sağlamak için kullanılan malzemeler, kılıf ve kanallar; tel demetini yönlendirmek ve desteklemek için kullanılan kelepçe ve diğer elemanlar, kablo bağları, bağlama bandı, vb. etiket veya diğer tanımlama elemanları; bölgeler arası ortam koşulu ayırımı sağlayan ve koruyan basınç contaları; raflar, paneller, bağlantı kutuları, dağıtım panoları ve EWIS elemanları.

EWIS sistemindeki kablolamadaki yaşlanma ve bozulma problemleri 1990'ların sonlarındaki iki trajik kaza olan Temmuz 1996'da Boeing 747 Trans World Airlines (TWA) Flight 800'ün havada patlaması ve Nova Scotia'daki bir Swissair MD-11 kazası ile dikkatleri üzerine çekmiştir. TWA 800 kazasının, yakıt deposunda bir kıvılcıma yol açan bir kablo arızasının sebep olduğu tespit edilmiştir. Swissair felaketinin ise uçuş esnasında bir uçuş eğlence sistemleri (in-flight entertainment) kablosunda oluşan arkın sebep olduğu belirtilmiştir [3]. Bu gibi felaketler, uçaklarda kablolama politikalarını yeniden şekillendirmesini sağlamıştır.

Kablolamada yaşlanma ve bozulma sorunu, filo operatörlerinin ekonomik durumlar nedeniyle, daha eski uçaklarla uçuşa devam etmelerinden kaynaklanmaktadır. Bu da uçuş filolarının yaş ortalamasının, üreticilerin bekledikleri servis ömründen daha fazla olmasına sebep olmaktadır. Bu sorun, çok fazla uçak komponentinin değiştirilmesini gerektirmektedir. Kablo sisteminde ise Kapton (yaş ve nem ile bozunduğu) ile izole edilmiş kabloları kaldırarak ömrü daha uzun olan kablolama üzerine çalışmalar yapılmaktadır.





FAA tarafından DC-8, DC-9, DC-10, Boeing 727, 737 ve 747 tip uçaklar üzerine yapılan bir çalışmada [3], kablo demetleri görsel olarak incelenerek alınan numuneler laboratuvar testlerine tabi tutulmuştur. Şekil 1’de görüldüğü gibi, tespit edilen tüm kablolama arızalarının yarısından fazlası, izolasyondan kaynaklanmaktadır. Sürtünmeden kaynaklı iletken tellerde kesilme ve kopmalar ise %14 olarak bulunmuştur. Daha iyi bakım eğitimi ve daha iyi bakım dokümantasyonu sağlıklı kablolama için büyük bir önleyici önlem olacaktır. Bakım personeli tarafından kablo demetlerinin uygun olmayan şekilde sıkıştırılması gibi sebeplerin kablolamada sürtünmeye sebep olduğunu ortaya konmuştur. Aceleci bakım sırasında gerektiğinden fazla kabloların aynı kelepçeye takılması da kabloda sürtünerek aşınmaya neden olduğu belirtilmiştir [3].

Kabloların elektriksel arızalarının görsel kontrol ile tespit etme yönteminin sadece %25 etkili olduğu bilinmektedir [4]. Başka bir çalışma ile arıza türü ve bölgesine göre tek bir tipteki arızaların %90’ının uçaktan uçağa tekrarlandığı, arıza tiplerinin %10’u ile nadiren karşılaşıldığı ve tespit edilmesinin güç olduğu ve arızaların %80’inin insan kaynaklı olduğu belirtilmiştir [5].

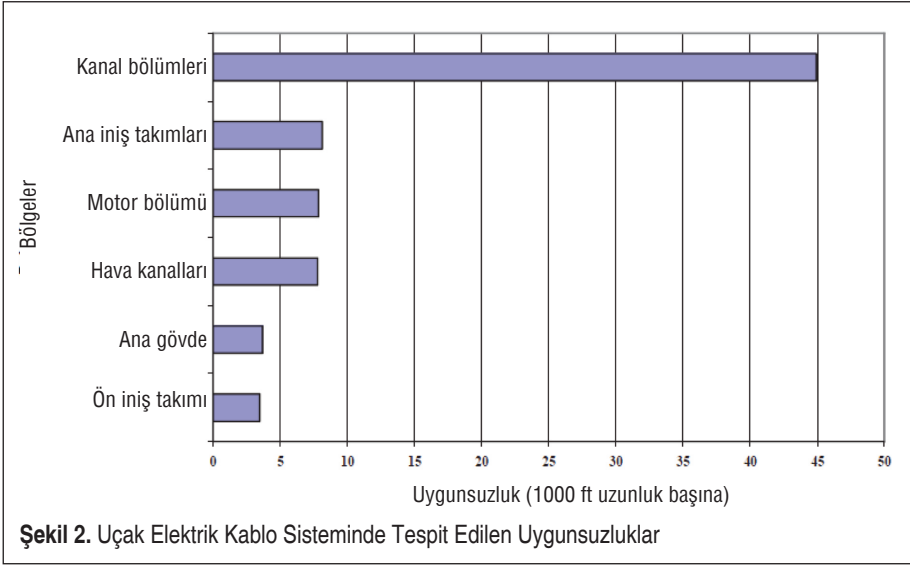
3. UYGUNSUZLUKLARININ TESPİTİ

Bir bakım programını planlı olarak ve prosedürler kapsamında gerçekleştirmek hayati önem taşımaktadır. Ancak uçaklarda elektrik kablo bağlantı sisteminin binlerce kilometre uzunluğunda ve gömülü olması uygunsuzlukların tespitini zorlaştırmaktadır.

Uygunsuzluk, bir sistemin kabul edilebilir standartları karşılayamamasıdır. Dolayısıyla bakım odaklı yaklaşımda, takvim veya kullanım esasına dayalı olan koruyucu bakım ile durum ve performans izlemeye dayalı kritik bakım teknikleri birleştirilerek arıza oluşmadan önce uygunsuzlukların tespit edilerek hata riskini azaltmak amaçlanmaktadır.

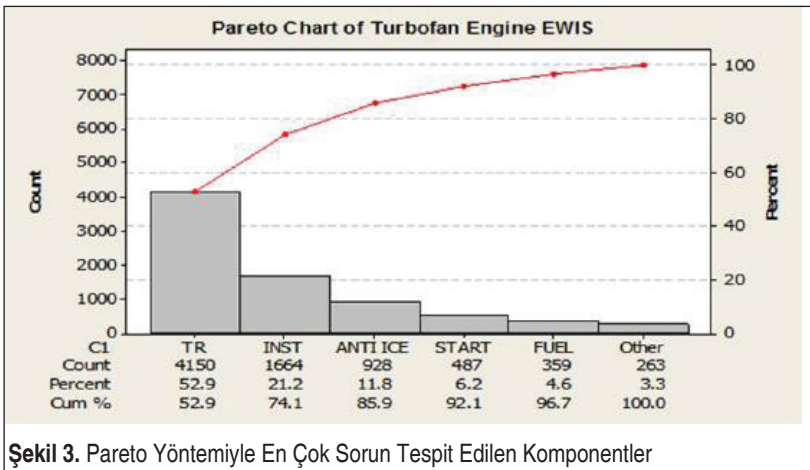
Bu yaklaşımda ilk adım, EWIS ile ilgili sorunları teşhis etmek için istatistiksel analizi doğru bir şekilde kullanmaktır. İstatistiksel analiz, gerçekleri, korelasyonları ve eğilimleri ortaya çıkarmak için kullanılan verilerin metodik çalışmasıdır. Analiz süreci, verilerin yönetsel bilgilere metodik olarak dönüştürülmesi, karar verme ve kontrol ile analitik süreci kapsar. Bu analizler karşılaştırmalı ve görsel analizle birlikte yararlıdır. Görsel gözlem, belirli koşullar altında geçerlidir ve gözlemcinin deneyimine, bilgisine ve erişim derecesine çok bağlıdır. Görsel gözlemin tek başına sınırlı olması sebebiyle karşılaştırmalı analiz ile birlikte, istatistiksel analiz dikkate alınarak gözlem yapılmalıdır.

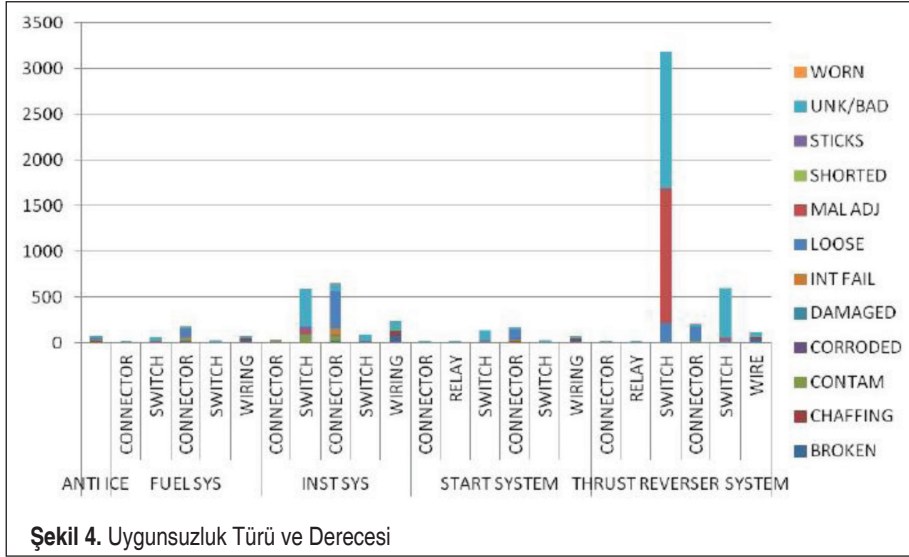
Yapılan bir araştırmada uçaklarda elektrik kablolarının bulunduğu uçak bölgelerine göre tespit edilen uygunsuzluk sayısı Şekil 2’de verilmiştir [6]. Kanat bölümlerinde



her 1000 ft için 45 uygunsuzluk görülürken bu değer ana gövde ve iniş takımlarında her 1000 ft için 4'ün altındadır. Bu analiz bize, gözlem yapılırken bu bölge için daha detaylı bir inceleme yapılması gerekliliğini göstermektedir.

Uçak elektrik kablo sisteminde tespit edilen uygunsuzlukların değerlendirmesinde kullanılan yöntemlerden diğer biri de Pareto yöntemidir. Şekil 3'te Pareto yöntemiyle en çok sorun tespit edilen komponentler sıralanmıştır [7]. Bunların uygunsuzluk türüne ve derecesine göre sayısı Şekil 4'de verilmiştir [7]. Böylelikle riskli elemanlar ve bölgeler tespit edilebilmektedir.





Şekil 4. Uygunsuzluk Türü ve Derecesi

4. EWIS RİSK DEĞERLENDİRMESİ VE BAKIM PLANLANMASI

Her sistemde olduğu gibi bir EWIS için de risk değerlendirmesi yapılabilir. Ancak bunun, yöntemsel ve etkili bir şekilde yapılabilir olması sonuçların kullanılabilirliği açısından önemlidir.

Kablolarda meydana gelen en büyük risk ve istenmeyen durum ark (kısa devre) olayıdır. Bu esnada çok yüksek bir enerji açığa çıkar ki bu sistemler hem de insanlar için tehlikeli sonuçlar doğurur. Kablolar çok çeşitli çevresel ve elektriksel streslere maruz kalmaktadır. Bazen dış etkenler olumsuz elektriksel sonuçların da ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Risklerin değerlendirilmesinde risk matrisi yöntemi kullanılır. Bunun iki önemli ayağı vardır: bozulma kategorisi ve bakım kategorisi. Tablo 1’de gösterilen bozulma kategorisinde, 6. kategori bozulmanın olmadığı yeni ekipmanı ya da komponenti temsil ederken kategori azaldıkça ekipman yada komponentte göreceli olarak bozulmaların derecesi artmakta, 1. kategoride ise ekipmanın ya da komponentin faydalı ömrünün sonuna geldiği ifade edilmektedir.

Tablo 2’de ise bakım kategorileri verilmiş olup benzer olarak bakım kategorisi 6 da herhangi bir bakım gerektirmezken, kategori azaldıkça bakım miktarı artar ve 1. kategoride planlı bakım yapılarak komponentlerin değiştirilmesi zorunlu hale gelir.

**Tablo 1.** Bozulma Kategorisi

Bozulma kategorisi	Komponent bozulma durumu modeli kullanıldığında tanımlama	Geçti/kaldı bozulma kriteri kullanıldığında tanımlama
1	Ekipmanlar ömrünün sonunda	Komponentlerin ömrü bitmiş.
2	Kalan hizmet ömrü sınırlı olan ekipman şiddetli bozulma gösteriyor. Mevcut ekipmanın yıpranması başlamıştır.	
3	Ekipman fonksiyonlarında azalma var. Devamlı ekipman kullanımı bir sonraki fabrika seviyesinde bakım döngüsü zamanında civarında aşınmaya neden olabilir.	
4	Ekipman hafif bozulma eğiliminde. Gelecek fabrika seviyesi bakım döngüsüne kadar bozulma olası değil.	Komponent istenilen teknik özellikler içerisinde çalışıyor.
5	Performansın çok az bozulduğu iyi durumdaki ekipman.	
6	Ekipman yeni gibi, bozulma yok	

Tablo 2. Bakım Kategorisi

Bakım kategorisi	Tanımlama
1	Planlı bakım ve komponentlerin değiştirilmesi gerekli.
2	Sık bakım gereklidir
3	Bakım gerekli
4	Bakım faaliyetleri cihaz üzerinde yapılmıştır. Cihaz ve cihazın küçük bir kısmı ile sınırlıdır.
5	Düşük olasılık,sınırlı bakım
6	Bakım gerekmez

Bakım ve bozulma kategorilerinin birleştirildiği Tablo 3'teki klasik risk değerlendirme matrisinden farklı olarak kategoriye göre bileşim sonucu değişmez ve sabit olarak değerlendirilir. Örnek olarak bakım kategorisi veya bozulma kategorisinden birisi 1 olduğunda cihaz/komponent ömrünün sonuna gelindiğini gösterdiğinden tüm kategori derecesinde 1 olarak yer almaktadır. Dolayısıyla bunun anlamı komponentin değiştirilmesi zorunluluğunu ifade etmektedir. Tablo 4'teki risk değerlendirme matrisinde derecelendirme yapıldığında bunlar kırmızı bölge ile yüksek risk olarak değerlendirilmektedir. Her iki kategori arttıkça riskler de azalmaktadır. Yeşil bölgeler düşük riskleri temsil etmektedir.



Tablo 3. Kategorilerin Birleştirilmesi

Bakım kategorisi	Bozulma kategorisi					
	1	2	3	4	5	6
1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	2	2
3	1	2	3	3	3	3
4	1	2	3	4	4	4
5	1	2	3	4	5	5
6	1	2	3	4	5	6

Tablo 4. Risk Değerlendirme Matrisi

Olasılık	Büyüklik			
	Katastrofik	Kritik	Sınırlar içinde (marginal)	İhmal edilebilir
Sıklıkla (1)	Yüksek	Yüksek	Ciddi	Orta
Muhtemel (2)	Yüksek	Yüksek	Ciddi	Orta
Nadiren (3)	Yüksek	Ciddi	Orta	Düşük
Çok az (4)	Ciddi	Orta	Orta	Düşük
Olası değil (5)	Orta	Orta	Orta	Düşük
Değerlendirme dışı (6)	Değerlendirme dışı			

5. SONUÇ

Bu çalışmada, bakım istatistikleri değerlendirilerek, EWIS sisteminde meydana gelen yaşlanma ve bozulmalar bakım odaklı olarak değerlendirilmiş ve uçaklardaki elektrik kablolarının bulunduğu bölgelere göre (kanat, iniş takımları, motor gibi) uygun-suzlukları tespit edilmiştir. Bakım ve bozulma kategorileri dikkate alınarak risklerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Yapılan risk değerlendirme sonuçları, bakım planlamalarına esas teşkil etmektedir.



KAYNAKÇA

1. **Qiang G.** 2011. “Novel Approach to Risk Assessment of Aircraft Electrical Wiring Interconnect System”, *Journal of Aircraft*, vol. 48, no. 6, p. 1888-1893.
2. **Paul R., Garvey P. R., Lansdowne Z. F.** 1998. “Risk matrix: an approach for identifying, assessing, and ranking program risks”, *Air Force Journal of Logistics*, vol. 22, no. 1, p. 16-23.
3. Federal Aviation Administration (FAA), TWA Flight 800, Boeing 747-100 Accident Overview, http://lessonslearned.faa.gov/l1_main.cfm?TabID=3&LLID=21&LLTypeID=2, son erişim tarihi: 7 Mayıs 2017
4. **Teal C., Satterlee C.** “Managed Aircraft Wiring Health Directly Relates to Improved Avionics Performance”, *Proceedings of the 19th Digital Avionics Systems Conferences*, October, 2000, Philadelphia.
5. **Teal C., Larsen W.** 2003. “Inspection Processes Must Compliment Systems Inspected”, *The 21st IEEE Digital Avionics Systems Conference*, December 2002, Irvine.
6. **Linzey W. G., Traskos M. G., Bruning A. M., Ashour J.** “Evaluation of Wire Harnesses Recently Removed from F-16 Aircraft,” <http://d2wwwvh76f5odon.cloudfront.net/lectromec-wp/wp-content/uploads/2014/11/Lectromec-F16-2007-Report.pdf>, son erişim tarihi: 08 Mayıs 2017.
7. MIL-HDBK-525, USA Department of Defense Handbook, Electrical Wiring Interconnect System (EWIS) Integrity Program, 2013.