

Isı Güdümlü Füzelere Karşı Korunma Sistemleri ve Test Yöntemleri



Ercan Caner, **BİTES Savunma, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Firması**’nda Proje Yöneticisi olarak çalışmaktadır. Türkiye Hava Sahası Yönetimi alanında doktora tez çalışmalarını sürdürmektedir. **İnsansız Hava Araçları** (2014) ve **Taarruz Helikopterleri** (2015) konulu makaleleri yayımlanmıştır. Türk Silahlı Kuvvetleri (TSK), Birleşmiş Milletler (BM), Kuzey Atlantik Antlaşması rgt (NATO) ve savunma sanayinde toplam 30 yıllık çalışma deneyimine sahiptir. Yazılarını ve çevirilerini <https://independent.academia.edu/ECaner> sitesinde paylaşmaktadır.

Günümüz karmaşık ve modern muharebe sahasında alçaktan uçan helikopterler için en büyük tehdit ısı güdümlü f zelerdir. Isı güdümlü füzelerin yanı sıra; radar ve lazer güdümlü füzeler, u aksavarlar, hafif silahlar ve roketler de helikopterler için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Kara birliklerini desteklemek maksadıyla tasarlanan bütün tip (taarruz, keşif, genel maksat, y k vb.) helikopterler muharebe sahasında görevleri gereği alçak irtifalarda uçmak zorundadırlar. Arazi uçuş teknikleri helikopterleri füze tehdidinden bir nebze olsun korusa da, alçaktan ve düşük süratle uçan helikopterler bu irtifalarda da yukarıda sayılan diğer silahların tehdidine maruz kalmaktadırlar.

Helikopterlerin muharebe sahasında etkin bir şekilde görev yapabilmeleri ve hayatta kalabilmeleri yukarıda tehdit olarak belirtilen bütün silah sistemlerine karşı taktik, teknik ve elektronik harp karşı koyma sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanmasına bağlıdır.

Bu yazıda helikopterler için tehdit olan radar, ısı ve lazer güdümlü füze sistemleri anlatılmayacaktır. Bu yazının maksadı özellikle ısı güdümlü füzelerle karşı koruma sağlayan elektronik harp sistemlerinin verim ve etkinliklerinin değerlendirilmesi maksadıyla yapılması gereken test ve değerlendirmeler hakkında okuyucuları bilgilendirmektir. Yazar bu dokümanı hazırlarken North Atlantic Treaty Organisation – Research and Technology Organisation tarafından hazırlanan ‘Electronic Warfare Test and Evaluation’ isimli dokümandan faydalanmıştır. Bu yazıda belirtilen test ve değerlendirme yöntemleri belirtilen dokümandan aslına sadık kalınarak yazar tarafından tercüme edilmiştir. NATO Research and Technology Organisation tarafından hazırlanan Electronic Warfare Test and Evaluation isimli dokümana arzu eden okuyucular NATO sitesinden ulaşabilirler. Bu yazıda sadece ısı güdümlü füzelerle karşı koymak maksadıyla hava araçlarına takılan çeşitli sistemlerin test ve değerlendirilmesi yöntemleri üzerine odaklanılmıştır.

Bir sonraki yazının konusu hava araçlarına takılan ısı güdümlü füze elektronik harp test sistemlerinin ayrıntılı olarak incelenmesini ve test sistemlerinin kullanılma teknik ve usulleri olacaktır.

Kolayca taşınabilen ve omuzdan atılabilen ısı güdümlü füzeler giderek gelişmekte, terörist gruplara kadar yaygınlaşmakta ve bu tür füzelerin son versiyonlarındaki başlıklar gerçek hedef ile flare gibi günümüz de artık basit kalan karşı koyma tedbirlerini kolaylıkla ayırt edebilmektedirler. Bütün dünyada helikopter kullanan silahlı kuvvetler helikopterlerini ve personelini korumak istiyorlar ise daha iyi gelişmiş karşı koyma sistemleri kullanmak zorundadırlar.



SA-18 Isı Güdümlü Füzesi

Spektrumun kızıl ötesi bölümünde enerji, hava aracı üzerinde sıcak olan bütün parçalar tarafından yayımlanmaktadır, bu da ısı güdümlü yerden havaya atılan füzelerin neden çok etkili ve öldürücü olmalarının nedenidir. Füzenin sensörü yeteri kadar hassas ve hava aracı ile güneş gibi diğەر ısı kaynaklarını ayırt edebilme özelliğine sahip ise, ısı güdümlü füzeler menzilleri içerisindeki korunma ve karşı koyma sistemi olmayan hava araçlarına karşı çok etkilidirler. Başlangıçta silahlı kuvvetler hava araçlarını korumak maksadıyla flare atma üniteleri ile entegre füze ikaz sistemleri kullanmışlardır. Hava aracı imzası ile aynı dalga boyunda ısı kaynakları atılarak ısı güdümlü füzelerin sensörlerinin karıştırılması hedeflenmiştir.



Yük helikopteri kızıl ötesi görüntüsü

Fakat teknolojiadaki ilerlemeler bu tür füzeleri ihraç eden örneğin Rusya'nın 'iki renkli' olarak adlandırılan arayıcı başlıkları geliştirmesine neden olmuştur. Bu tür başlıklar basit flare ve kızıl ötesi karıştırıcı sistemleri alt ederek hava araçlarını imha etmektedir. Isı güdümlü füze tehdidi arttıkça basit flare ve kızıl ötesi karıştırıcı karşı koyma sistemlerinden ziyade daha etkin ve aktif sistemlerin kullanılması kaçınılmaz hale gelmiştir. Pasif sistemler yerine hava aracı üzerindeki füze ikaz sisteminden uyarıyı almayı müteakip yönlendirilmiş lazer enerji yayımı ile füzenin arayıcı başlığında bulunan sensörlerin etkisiz hale getirilmesi yönünde çalışmalar sürdürülmektedir.

Günümüzde hava araçlarını ısı güdümlü füzelere karşı korumak maksadıyla kullanılan elektronik harp karşı koyma sistemleri aşağıda sıralanmıştır:

- Kızıl ötesi boya,
- Aktif ve pasif egzoz sıcak hava bastırıcı ve dağıtıcı sistemleri
- Pasif kızıl ötesi karıştırıcılar,
- Füze ikaz sistemleri,
- Flare atma sistemleri.

Elektronik Harbin Gelişimi

Birçokları elektronik harbin Kırım Savaşı ve Amerikan Sivil Savaşına kadar, telgrafın askeri haberleşmenin önemli bir formu olarak kullanılmaya başlanmasına kadar uzandığını iddia etmektedirler. Elektronik harbin ilk uygulamaları düşmanın telgraf hatlarının kesilmesi ve hatlara girilerek aldatıcı mesajların gönderilmesidir. Bu prosesler günümüz elektronik harp konseptleri ile aynılırlar.



Düşmanın iletişim hatlarını kesmek ve hatlara girerek yanıltıcı mesajlar göndermek Elektronik Taarruzun ilk örneklerindendir. Düşman telgraf haberleşme hatlarını dinlemek ise Elektronik Harp Destek uygulamalarının ilk örneğidir. İlk safhalarda elektromanyetik enerji

olmadığından, taarruz, korunma ve düşmanın elektronik haberleşmesinden faydalanmak için kullanılan yöntemler günümüz uygulamalarına nazaran oldukça basit ve ilkeldirler.

Elektronik harbin havacılıkta kullanılması araştırma ve çalışmalarına ilk olarak İkinci Dünya Savaşı yıllarında başlanılmıştır. İkinci Dünya Savaşı yıllarında bombaların hedeflerini etkin bir şekilde vurabilmeleri maksadıyla güdüm sistemleri, düşman uçaklarını tespit etmek maksadıyla ise radarlar kullanılmaya başlanmış ve telsiz muhaberesi komuta kontrol faaliyetlerinde temel unsur haline gelmeye başlamıştır. Yeni elektronik sistemlerin kullanılması hasmı elektronik taarruz veya karşı tedbirler geliştirmeye yöneltmiştir.

İkinci Dünya Savaşında öğrenilen en önemli derslerden bir tanesi elektronik harbin bir kuvvet çarpanı olduğunun anlaşılması olmuştur. İngilizler Hamburg'un bombalanması esnasında 'Window' adını verdikleri bir **chaff** sistemini kullanmışlardır. Almanların radar güdümlü hava savunma sistemleri nedeniyle ağır kayıplar veren İngilizlerin chaff sistemini kullanmaya başlamaları Almanları büyük bir şaşkınlığa uğratmış, İngiliz uçak kayıpları önemli oranda azalırken Hamburg şehri neredeyse tamamen harabe haline gelmiştir.



Radar Kontrollü Hava Savunma Sistemlerine Karşı Kullanılan Chaff Mhimmati

Vietnam Savaşı, İkinci Dünya Savaşı sonrasında elektronik harp uygulamalarının görüldüğü ilk alan olmuştur. Kuzey Vietnamlılar savaş esnasında, Sovyet yapımı entegre bir

hava savunma sistemi kullanmışlardır. Savaş süresince sistemin geliştirilme çalışmaları devam ettirilmiş, buna karşı ABD’de de yeni karşı tedbirler geliştirmeyi sürdürmüştür. Stratejik bombardıman ve keşif uçakları uzun bir sreden beri radar ikaz alıcıları ve kendini koruma karıştıracı sistemleri kullanmakta iken Vietnam Savaşı bu sistemlerin taktik uçaklar üzerinde de yaygın olarak kullanılmaya başlanmasına şahit olmuştur. Vietnam Savaşı aynı zamanda ‘Wild Weasel’ adı verilen, düşmanın kara-hava (SAM) radarlarını bastırma ve etkisiz hale getirme görevlerinde kullanılan uçakların ilk kez muharebe sahasında kullanılmasına da tanıklık etmiştir. Bu uçaklarda gelişmiş elektronik harp almaçları ve ARM (Anti-Radiation Missiles) füzeleri düşman hava savunma sistemlerini etkisiz hale getirmek amacıyla kullanılmışlardır.



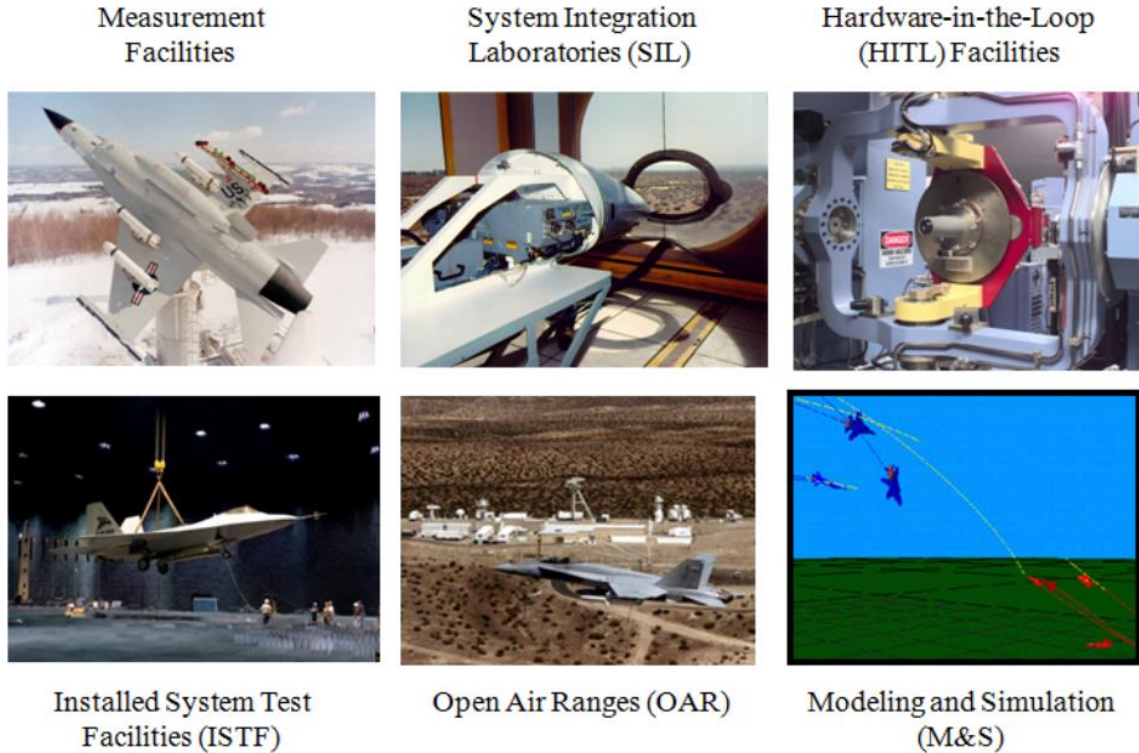
ARM (Anti – Radiation Missile) Füzeleri

Ekim 1973 Arap – İsrail Savaşı hava savunma sistemlerinin elektronik harp karşı koyma sistemlerine nazaran çok daha fazla geliştiğı durumlarda neler olacağıının çok güzel bir göstergesidir. Savaş bir aydan daha az sürmüştür, fakat her iki tarafın kullandığı modern silahlar göz önüne alındığında daha uzun bir savaşın özelliklerini taşımaktadır. Mısır ve Suriye hava savunma sistemleri Sovyetler tarafından geliştirilmiştir. Sovyet hava savunma sistem tasarımı yerden havaya füzeler ve uçaqsavar bataryalarının birlikte kullanılarak bütün hava sahasının kapsandığı bir savunma sistemidir. Çok iyi tasarlanan hava savunma sistemi SA-2, SA-3, SA-6, SA-7, ZSU-23-4 ve diğerk hava savunma sistemlerinden oluşmaktadır. Vietnam Savaşında SA-2 ve SA-3 füzelerine karşı etkinliklerini ispatlayan kızıl ötesi karşı koyma

sistemleri olmasına rağmen, SA-7 ve SA-6 füzelerinin kullanılması İsrail için tam bir sürpriz olmuştur. SA-6 radarları, elektro manyetik spektrumun daha önce Sovyetler tarafından hiç kullanılmayan bir spektrumunu kullanmaktadır. İsrail hava kuvvetleri, hava araçları karşı koyma sistemleri ile donatılmadığından SA-6 tehdidinden kurtulmak için çok alçaktan uçmayı denemişlerdir. Bu taktik İsrail uçaklarını ZSU-23-4 tehdidine maruz bırakmış ve birçok uçak kaybetmelerine neden olmuştur. Bu kayıplar İsrail Hava Kuvvetlerini elektronik karşı tedbirleri geliştirmeye, ABD'den Elektronik Karşı Tedbir podları ve chaff tedariki gibi ilave donanım arayışlarına yönelmiştir. Bununla beraber yeni taktikler belirlenene ve yeni donanım alınana kadar İsrail Hava Kuvvetleri ağır kayıplar vermiştir.

l Fırtınası Harekâtında Irak hava savunma sistemini çökertmek maksadıyla mevcut elektronik harp karşı koyma sistemlerinin tamamı başarıyla kullanılmıştır. Atılan sahte hedeflere Irak hava savunma sistem radarlarının kilitlemesi sağlanarak yüksek hızlı ARM füzeleri ile Irak hava savunma silahları tamamen etkisiz hale getirilmiştir. Harekât esnasında karıştırma yapan hava araçları kullanılarak düşman radarları kreltilmiştir. F-117A uçakları ile de Irak hava savunma sistemini destekleyen komuta kontrol ve muhabere sistemleri etkisiz hale getirilmişlerdir.

Elektronik Karşı Koyma Sistemlerinin Test Yöntemleri



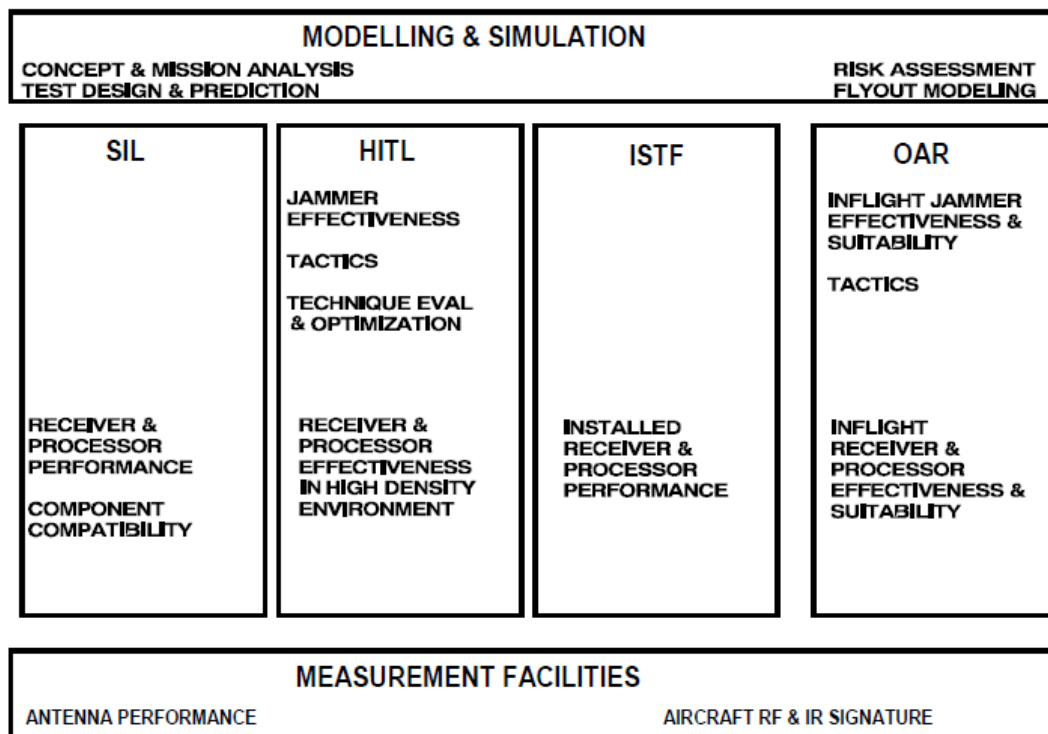
şekil – 1 Elektronik Harp Test Sistem Kategorileri

Elektronik karşı koyma sistemlerinin kullanım öncesi etkinliklerinin kontrol ve testleri bilimsel yöntemler, modern ölçme sistemleri ve elde edilen verilerin ayrıntılı analizini gerektiren bir işlemdir.

Askeri elektronik ve bilgisayar biliminin süratli gelişimine bağlı olarak elektronik harp sistemlerinin menzil, karmaşıklık ve etkinlikleri de önemli oranda gelişmeler göstermiştir. Bir elektronik harp karşı koyma sisteminin testi aşağıdaki amaçlara hizmet etmektedir.

- *Spesifikasyonlara uygunluğun belirlenmesi,*
- *Beklenen korumayı sağlayıp sağlamadığının görülmesi,*
- *Muharebe sahasında kullanılabilme ve desteklenebilmesinin ispat edilmesi.*

Yukarıda belirtilen test hedeflerine ulaşmak için yer ve uçuş testleri ayrıntılı olarak icra edilmeli ve bu testler esnasında ölçme tesisleri, sistem entegrasyon laboratuvarları, Hardware-in-the-Loop (HITL) tesisleri, hava aracına takılan çeşitli sistem test tesisleri ve açık saha testleri kullanılmalıdır. Günümüzde kullanılan bir diğer test kaynağı da modelleme ve simülasyondur. Şekil -2’de test süreci ve testler esnasında kullanılan kaynaklar gösterilmektedir. Uçuş testleri en uygun yöntem ve kaynak olarak algılansa da, sistem entegrasyon laboratuvarları, HITL tesisleri ve hava aracı üzerine takılan sistemlerin testlerinin eksiksiz olarak uygulanması da elektronik harp karşı koyma sistemlerinin kontrol ve testlerinin yapılmasında mutlaka kullanılmalıdırlar.



Şekil – 2 Elektronik Harp Sistem Test Üniteleri

Elektronik karşı koyma sistemlerinin test edilmesi sistemlerin üretiminde kullanılacak malzeme ve komponentlerin muayenesi ile başlayan ve yukarıda belirtilen bütün testlerin yapılmasını içeren karmaşık ve uzun bir süreçtir. Elektronik harp sistemlerinin kalitesi ve kullanım maksatlarına hizmet edebilirliğini belirlemek maksadıyla, çok geniş test imkân ve kabiliyetlerine ihtiyaç bulunmaktadır. Elektronik karşı koyma sistemlerinin test ve değerlendirme işlemlerinde kullanılacak test kaynak kategorileri aşağıda sunulmuştur:

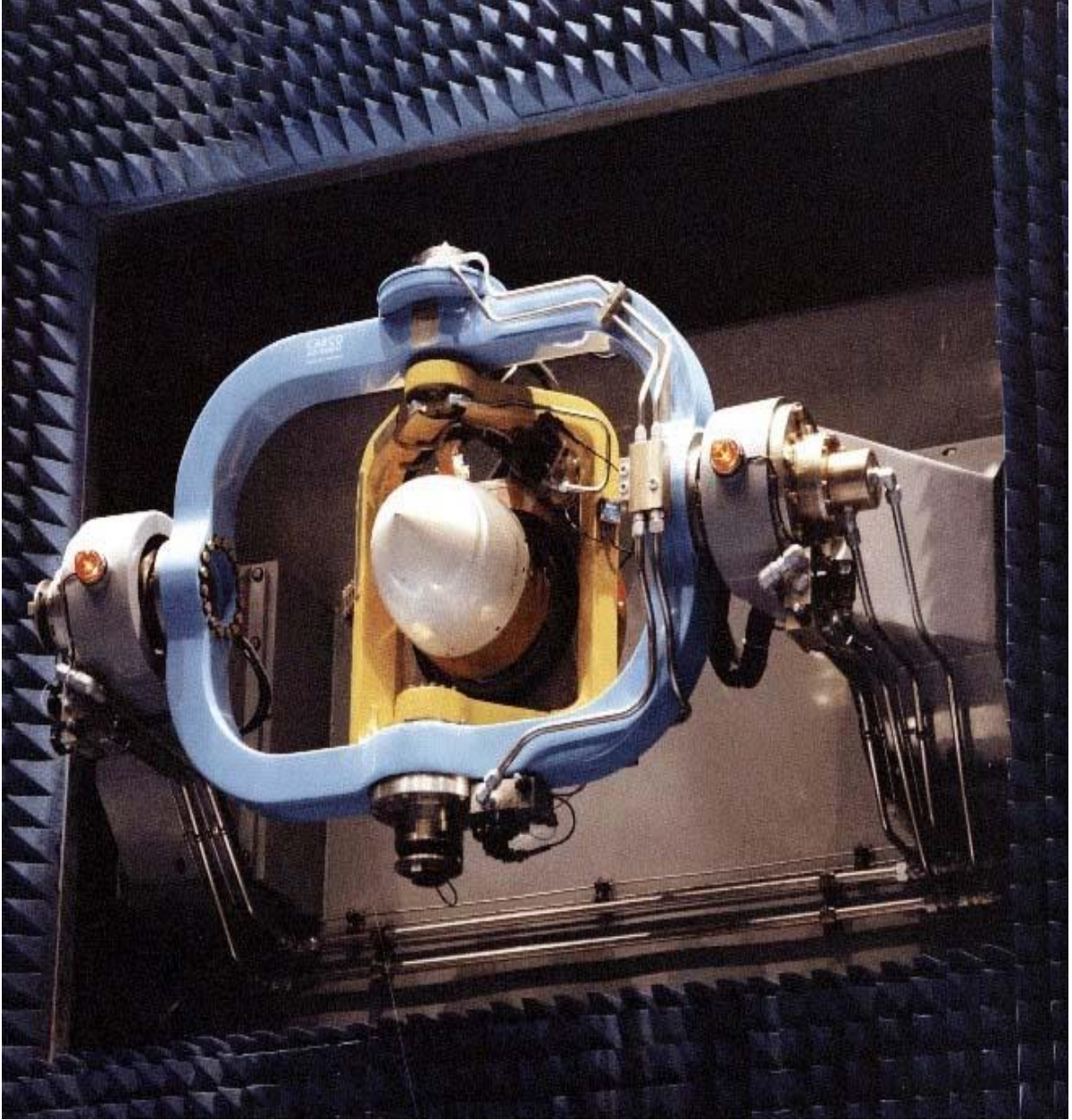
- *Measurements Facilities (MFs) – lme Tesisleri,*
- *System Integration Laboratories (SILs) – Sistem Entegrasyon Laboratuvarları,*
- *Hardware-in-the-Loop (HITL) Facilities – HITL Tesisleri,*
- *Installed Sysytem Test Facilities (ISTFs) – Takılan Sistem Test Tesisleri,*
- *Open Air Ranges (OARs) – Açık Hava Alanları,*
- *Modeling & Simulation (M&S) – Modelleme ve Simülasyon.*

Yukarıda belirtilen test kaynaklarında spesifik testler yapılmaktadır, örneğin açık hava sahaları, hava aracının planlanan uçuş rejimlerinde uurulabilmesi için ortam sağlarlar fakat aynı zamanda hava araçlarına yerleştirilen sistemlerin yer testleri de açık alanlar da yapılabilir.

Hava aracını içine alabilecek büyüklükteki yansıtmasız geniş odalar genellikle ‘Takılan Sistem Test Tesisleri’ olarak adlandırılırlar ve bu test niteleri HITL test sonuçlarını desteklemek ve doğrulamak maksadıyla kullanılırlar. Takılan Sistem Test Tesisleri yapılması gereken bütün test ve değerlendirmelerin icrası için yeterli değildirler. Bu test tesisleri HITL testlerini, entegrasyon faaliyetlerini ve simülasyonları desteklemek maksadıyla kullanılırlar.

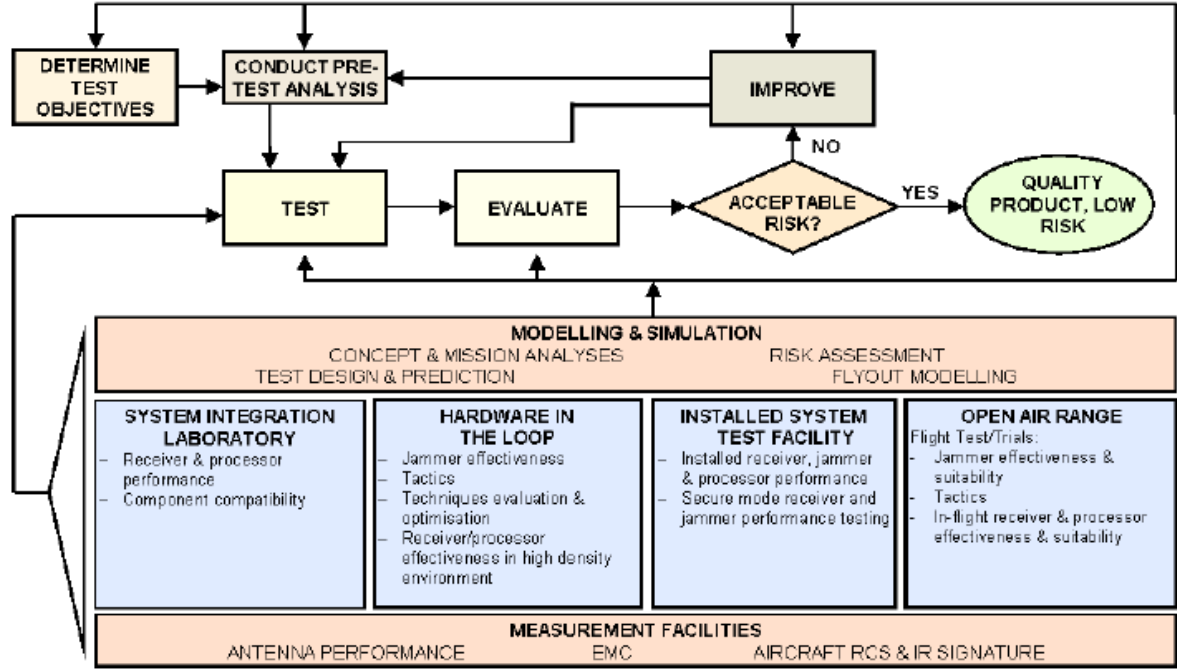
Test Tipleri

Genel olarak test ve değerlendirmesi yapılacak elektronik harp karşı koyma sisteminin test ve değerlendirmesi ile genel performansını belirlemek için uygulanacak test tipleri arasında bir hiyerarşı bulunmaktadır. şekil 3’de test süreç ve yöntemleri görülmektedir. şüphesiz böylesine kapsamlı bir test ve değerlendirme sürecinin tamamlanması finansal, program ve test tesis kısıtlamaları nedenleri ile zor ve hatta imkânsız olabilir. Test ve değerlendirme esnasında elde edilen bütün veriler bir anlamda elektronik harp sisteminin risk seviyesini azaltmakta kullanılmaktadır. Elektronik harp sistemlerinin test ve değerlendirmesini yapacak olan personelin uzmanlığı yukarıda belirtilen kısıtlamalar göz önüne alındığında bte, program ve test tesislerinin planlanması açısından önemlidir.



Füze HITL Ortamında Test Esnasında

Uçuş testleri genel olarak, HITL ve Takılan Sistem Test Tesislerinde yapılabilen testlerle kıyaslandığında daha doyurucu ve eksiksiz olarak görülmektedir. Bununla beraber deneyimli bir test uzmanı açık hava alanındaki mevcut tehdit simülatörlerinin yetersizliği dikkate alındığında, sistem test tesisleri ve HITL ortamında çok daha gerçekçi bir test ve değerlendirme ortamı yaratabilir. Saha testlerinde kullanılabilecek tehdit simülatör kısıtlamalarına nazaran HITL ve sistem test tesislerinde çok sayıda tehdit sinyali kolaylıkla simüle edilebilmekte ve karşı teknik, taktik ve korunma tedbirleri geliştirilebilmektedir.



Şekil – 3 Elektronik Harp Sistemleri Test ve Değerlendirme Süreci

Elektronik harp donanımı üreticileri ve platform sistem entegratörlerinin ispatlamak zorunda oldukları tek husus; hava araçları üzerine takılan sistem ve platformların tasarım maksatlarına uygun olarak hava aracını füzelere karşı koruduğudur. Uygulanacak bütün test ve değerlendirmelerin bütün aşamalarında elde edilen veriler, aslında hava araçlarının hayatta kalma şanslarını artırmak maksadıyla kullanılırlar.

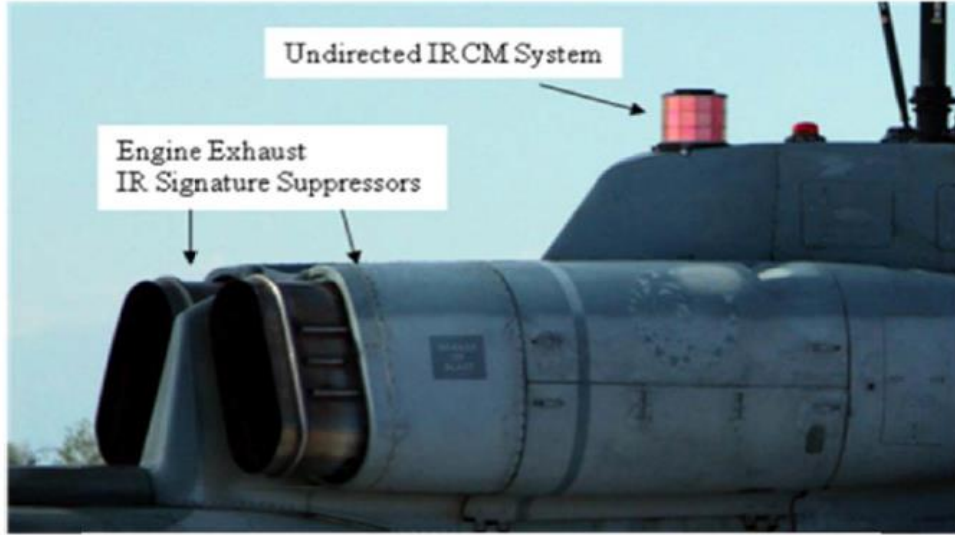
Füze İkaz Sistemleri

Bütün füze tipleri hava araçları için büyük bir tehdit oluşturmaktadırlar. Özellikle pasif olarak güdülen kızıl ötesi ısı güdümlü füzeler hava araçları için çok daha büyük bir tehdittirler. Isı güdümlü füzelerin en yaygın örnekleri bir asker tarafından kolaylıkla taşınabilen ve omuzdan atılan fzelerdir. Son 30 yıl boyunca kaybedilen hava araçlarının oğunluğ ısı güdümlü füzeler tarafından dşrlmşlerdir. Füzenin atıldığını tespit etmek, hava aracını mürettebatını ikaz etmek ve uygun karşı koyma sistemini atmak gerçekten elektronik harp karşı koyma sistemleri alanındaki en zor görevlerdir. ldrc ve göreceli olarak çok daha ucuz olan ısı güdümlü füzelerin yaygınlaşması ve terörist unsurların eline geçmesi birçok hava aracının füze ikaz sistemleri ile donatılmasına neden olmuştur.

Aktif Kızıl tesi Karşı Koyma Sistemleri

Konvansiyonel aktif kızıl ötesi karşı koyma sistemleri, hava araçlarını kızıl ötesi güdümlü füzelere karşı koruyan, elektrikle çalışan savunma amaçlı elektronik harp

sistemleridir. Farklı IRCM (Infrared Counter Measure) sistemleri mevcuttur. En basitleri ‘a ve unut’ tipi modüle edilmiş bir kızıl ötesi karıştırıcı dalga formunu devamlı olarak görüş alanına yayan sistemlerdir. şekil – 4’de tipik bir IRCM sistemi görülmektedir.



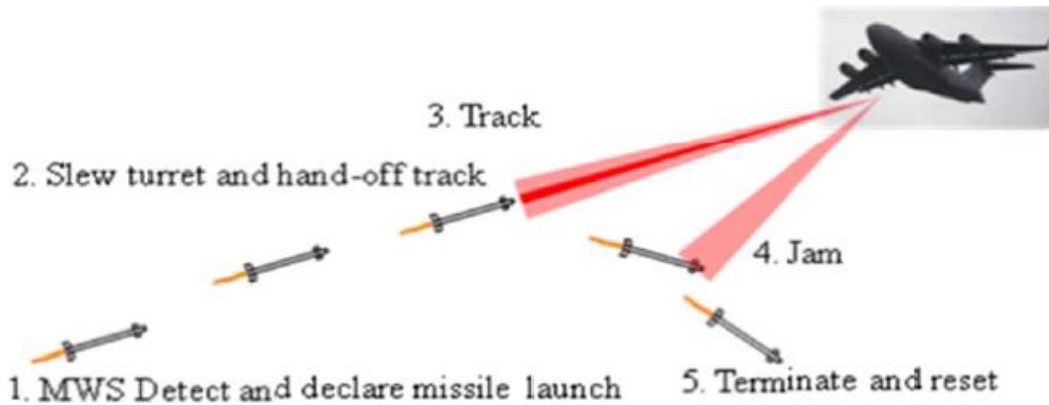
şekil -4 IRCM Sistemi

Daha gelişmiş IRCM sistemleri genellikle yönlendirilmiş kızıl ötesi karşı tedbir (DIRCM – Directed IRCM) sistemleri olarak adlandırılırlar, DIRCM sistemleri tipik olarak bir ark lambası veya lazerle üretilmiş bir AM karıştırma dalga formu kullanılırlar. Lazer tabanlı sistemler hedef fzeye yönlendirilen çok daha fazla enerji miktarı göz önüne alındığında daha etkindirler. şekil – 5’de tipik bir DIRCM sistemi görülmektedir.



şekil -5 DIRCM Sistemi

DIRCM sistemleri bir füze ikaz sistemi üzerindeki sensörlerden yönlendirme bilgisi alırlar. Hava araçları üzerinde uzaysal kapsamayı sağlamak maksadıyla birden fazla sensör olabilir. Her sensörde füze egzozundan çıkan sıcaklığı izleyen bir hassas izleme sensörü bulunmaktadır. Bu hassas izleme sensörlerinin görevi karşı koyma sistem gndermecini veya lazer enerjisi hedef fzeye yönlendirmektir. DIRCM gndermeci veya lazer hassas sensöre sıfırlanmıştır, bunun nedeni karıştırma enerjisi veya lazer enerjisinin hedef füze arayıcı başlığına yönlendirilme zorunluluğudur. şekil -6 tipik bir DIRCM sisteminin çalışma sırasını göstermektedir.



şekil -6 DIRCM alışma Sistemi

Kızıl tesi karşı koyma sistemlerinin etkinlikleri hava aracının kızıl ötesi imzasını (IR signature) düşürerek artırılabilir. Bu çeşitli yöntemlerle yapılabilir. Yöntemlerden bir tanesi şekil -7'de görüldüğü gibi motor ısı bastırıcı/dağıtıcı sistemlerin kullanılması veya hava aracı gövdesinde düşük kızıl ötesi imzası olan boyaların kullanılmasıdır. IRCM sistemlerinin etkinliklerini daha da artırmak maksadıyla flare olarak adlandırılan ateş topları kızıl ötesi karıştırıcılar ile birlikte kullanılmaktadır.

Aktif Kızıl tesi Sistemleri ve alışma Esasları

Karşı Tedbir Kodları

Bir IRCM sisteminin işlemcisi gndermece g sağlayan modüle edilmiş bir g kaynağıdır. Tehdit değerlendirilmesi yapılarak füze takip devrelerinin tarama frekansları belirlenir ve bu frekanslar g kaynağını modüle etmek üzere programlanırlar. Önceden programlanmış karıştırma kodlarının seğilmesi maksadıyla sisteme elle kumanda edilen anahtarlar yerleştirilmiştir. İlave IRCM kodları yeni tehditlere göre programlanarak IRCM sistemine dāhil edilebilirler.

Kontrol ve Göstergeler

Pilotun sistemin çalışma durumunu takip edebilmesi amacıyla kokpite bir kontrol göstergesi yerleştirilir. Göstergenin tek maksadı sistemi açıp kapatmak ve bir arıza durumunda pilotu uyarmaktır.

Göndermeç

İhtiyaç duyulan IRCM karıştırma sinyallerini üretmek için birkaç yöntem bulunmaktadır. Bir teknolojiye ısıtılmış karbon çubukları ve mekanik modülasyon tekniği kullanılarak hava aracına yaklaşmakta olan füzeyi yanıltmak amacıyla kızıl ötesi ışınlar üretilir. Diğer bir teknolojiye, ihtiyaç duyulan IRCM karıştırma ışınları için bir vakumlu tüp içerisine yerleştirilen ve elektronik olarak ışınları üreten bir ark lambası kullanılmaktadır. Son yıllarda lazerler de yüksek enerjili karıştırma sinyal kapasiteleri nedeniyle IRCM göndermeci olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Yönlendirilmemiş kızıl ötesi karıştırıcılar yatay düzlemde 180 – 360 derece arasında geniş bir görüş açısına sahiptirler ve birçok ısı güdümlü füze hava araçları üzerindeki en sıcak yer olan motora yönlendiğinden, tipik olarak genellikle motor egzozuna yakın bir yere yerleştirilirler.

Ark lambası ve lazer kullanan DIRCM sistemleri enerjilerini yaklaşan ısı güdümlü füze üzerine odaklarlar. Kullanılan lazer sistemlerinin diğer sistemlere nazaran üstün tarafı lazer enerjisini çok az bir dağılma ile yanıltılmak istenen ısı güdümlü füze üzerine yönlendirebilmesidir. Ark lambaları çok daha geniş bir görüş alanına yayın yaptıklarından yanıltılmak istenen ısı güdümlü füze üzerindeki etkileri göreceli olarak daha azdır.

IRCM Sistem Testleri

Hava araçları üzerine takılan IRCM sistemlerinin temel hedefi takıldıkları hava araçlarının hayatta kalma ve ısı güdümlü füzelere karşı korunma seviyelerini artırmaktır. IRCM sistemlerinin etkinliklerinin değerlendirilmesinde ıskalama mesafesi göz önüne alınması gereken önemli bir faktördür. Isı güdümlü füzeler at-unut tipi füzelerdir ve radar ve lazer güdümlü füzeler gibi atıldıktan sonra kullanıcının füzenin yönlendirilmesine bir etkisi yoktur.

Kızıl ötesi karıştırıcıların etkinliklerinin belirlenmesinde en önemli faktör karıştırma/sinyal oranıdır. Karıştırıcı tarafından modüle edilerek yayınlanan karıştırma sinyali takıldığı hava aracının kızıl ötesi imzası ile karşılaştırılır. Karıştırma sinyali hava aracı kızıl ötesi imzasından büyük olduğunda sistem performansı artmaktadır.

Entegre bir füze ikaz sistemi ve DIRCM sisteminin uçuş testleri, üzerine bu sistemler takılmış bir drone'a gerçek füze atışlarını gerektirebilir. Bu test yöntemi uygulanabilir ve potansiyel olarak arzu edilse de bu sistemlerin performanslarının değerlendirilmesi için başka test yöntemleri de mevcuttur. Uygulanacak testler füzenin atıldığının tespit edilmesi ve hava aracı üzerindeki hassas sensörlerin karşı tedbiri (ark lambası, lazer) hedef f zeye yönlendirme testleri olarak ikiye ayrılabilir.

Hava Araçlarına Takılma  ncesinde Uygulanacak IRCM Sistem Testleri

Karıştırma spektral ve geçici imzaları büyük bir hassasiyet ve doğrulukla bir laboratuvar ortamında ölçülebilirken sistemlerin takılacağı hava aracı kızıl ötesi imzaları da uçuş esnasında ölçülebilir. Hava araçlarının uçuşları esnasında yerden veya havadan radyometrelerle yapılacak imza ölçümleri, atmosferik geçirgenliğin hesaba katılabilmesi maksadıyla: kızıl ötesi imzası ölçülecek olan hava aracına olan hassas mesafe, a ı ve meteorolojik şartların (barometrik basınç, dış hava harareti ve kısmi nem) bilinmesini gerektirmektedir. Karıştırma sisteminin takılacağı hava aracının karıştırma/sinyal oranı karıştırıcı karakteristikleri ve hava aracı kızıl ötesi imzası bilindiğinde hesaplanabilir.

HITL, kızıl ötesi karşı koyma tekniklerinin geliştirilmesi ve değerlendirilmesi için m kemm l bir ortam sunmaktadır. HITL'da IRCM g ndermecinin gerçek etkileri incelenip etkilerinin değerlendirmesi yapılabilir. şekil -7'de görüldüğü gibi tam hareketli bir simülatöre yerleştirilen IR füze arayıcı başlığı, kızıl ötesi bir ortamda dinamik olarak simüle edilen bir hedef hava aracını takip eder. Lazer karşı tedbir sistemleri optik olarak ortama enjekte edilirler. Bu ortam, hava aracının simüle edilmiş kızıl ötesi imzası ve IRCM ışın yayının, denemesi yapılacak ısı güdümlü füze ile karşı karşıya getirildiği gerçekçi bir ortamdır. HITL, çok değişken hava araçları ve füzelerin gerçekçi bir ortamda ve değişik şartlarda karşı karşıya getirebildiği ve kısa sürede değerlendirmelerin yapılabil-diği bir ortam sağlamaktadır.

Isı güdümlü füze karşı koyma sistemlerinin test ve değerlendirmesi kablo ile çekilen bir araç üzerinde de yapılabilir. Kablo ile çekilen araç üzerine füze ikaz sistemi ve ısı güdümlü füze karşı koyma sistemi entegre edilerek gerçek füze ile atış yapılır. Bu test ve değerlendirme yönteminde füze ikaz sisteminin atılan ısı güdümlü füzeyi algılaması ve yanıl-tmasının test ve değerlendirmesi gerçek şartlarda icra edilmiş olur.

Isı güdümlü füze karşı koyma sistemlerinin test ve değerlendirmelerinin en tamamlanmış ve pahalı yöntemi gerçek füze atışı ile yapılan denemelerdir. Bu test ve değerlendirme yönteminde füze ikaz sistemi ve karşı koyma sistemi bir drone üzerine yerleştirilir ve gerçek füze atışı yapılır. Bazı ısı güdümlü füzelerin maliyeti oldukça düşüktür, bu

açık saha uçuş testlerinin maliyet etkin olmalarını sağlayabilir. Bununla beraber test ve değerlendirme işleminin maliyet etkinliği ısı güdümlü karşı koyma sisteminin performansına bağlıdır. Bu testlerin maliyet hesaplamalarında IRCM sisteminin görevini yapamayabileceği ve bunun sonucu olarak da drone üzerine takılan füze ikaz sistem ve karşı koyma sistem kayıpları dikkate alınmalıdır.



Şekil -7 Tam Hareketli Simülatöre Yerleştirilen IR Füze Arayıcı Başlığı

Hava Araçlarına Takılma Sonrasında Uygulanacak IRCM Sistem Testleri

Hava araçları üzerine takılan IRCM sistemlerinin uçuş test ve değerlendirilmesinde kullanılan birkaç yöntem bulunmaktadır. Bu test ve değerlendirme yöntemlerinin her birinin avantaj ve dezavantajları vardır. İcra edilecek test ve değerlendirmelerde:

- Mevcut bir ısı güdümlü füze atışının simüle edilebilmesi ve füze ikaz sisteminin ikazı,
- IRCM sisteminin doğru olarak yönlendirildiği ve
- IRCM sisteminin etkinliğinin gerçek ısı güdümlü füze arayıcı başlıklarına karşı etkinlikleri test edilmeli ve değerlendirilmelidir.



Şekil -8 IRCM Test Sistemi

Test edilecek hava aracına füze ikaz sisteminin ısı güdümlü füzeyi algılayıp algılamadığını ve hassas sensörlerin yanıltma/karıştırmaya sinyallerini doğru olarak yönlendirip ynlendirmediğini belirlemek maksadıyla sistemler monte edilir. Şekil -8’de görülen IRCM test sistemi hava aracının kızıl ötesi imzası ve karşı koyma sistemlerinin tepkisini algılama ile ısı güdümlü füze tehdit sinyal reteçleri ile donatılmıştır.

Karşı Tedbir Atma Sistemleri

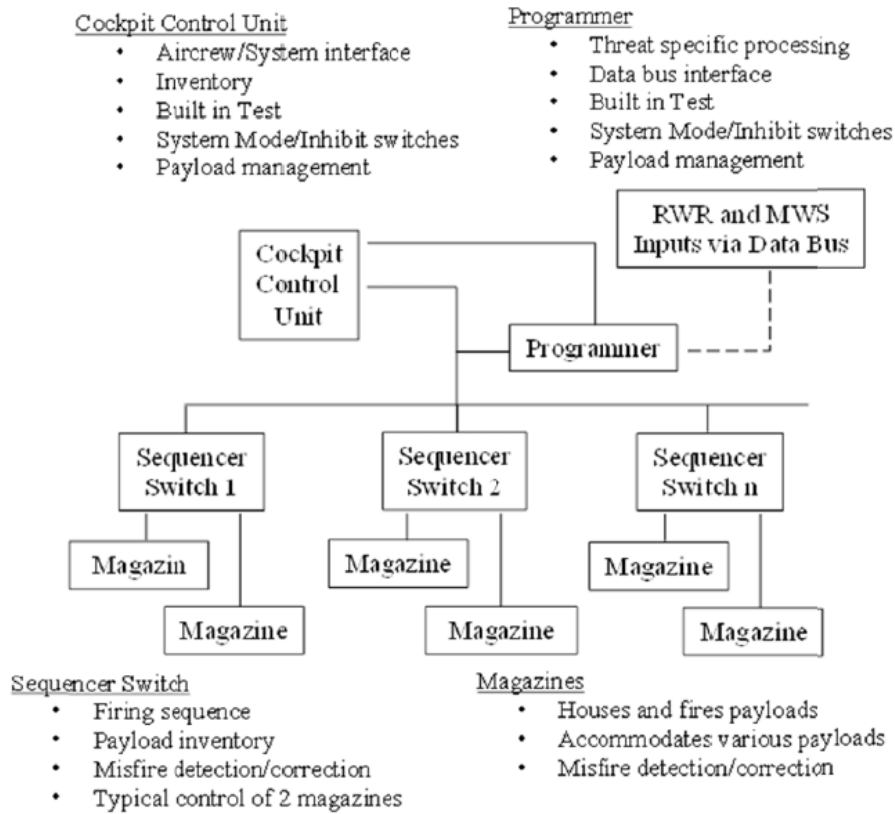


Karşı Tedbir Atma Sistemleri

Karşı tedbir atma sistemleri savunma amaçlı kullanılan elektronik harp karşı tedbirlerindendir. Feda edilebilir yükler atarak düşman hava savunma silah sistemlerini yanıltmak maksadıyla kullanılırlar. Konvansiyonel chaff ve flare günümüzde en yaygın şekilde kullanılan sistemlerdir. Karşı tedbir atma sistemleri hava aracı tarafından çekilmeyen RF sahte hedefler atabilme imkân ve kabiliyetine de sahiptirler. Chaff, çok sayıda mikro fiberden oluşan yansıtıcı dipollerdir. Atıldıklarında havaya yayılarak bir bulut oluştururlar.

Flare ise, ısı güdümlü füzeleri yanıltmak maksadıyla kullanılan maksadıyla onlara, hedef hava aracından çok daha çekici hedefler sunan payroteknik sistemlerdir. Konvansiyonel flare'ler magnezyum, fosfor ve teflon gibi çok çeşitli maddeler kullanılarak imal edilirler. Flare teknolojisi gelişen tehditleri bertaraf edebilmek maksadıyla sürekli bir gelişim içerisinde. Konvansiyonel flare'ler elektromanyetik spektrumda kolaylıkla görülebilirler ve özellikle gece şartlarında bir hava aracının yerini belli edebilirler. Bu problemi azaltmak maksadıyla, aynı kızıl ötesi imza özelliklerini taşıyan minimum görsel imzalı flare mühimmatı üretilmektedir. Bazı modern füze arayıcı başlıklarındaki kinematik elektronik korumayı alt etmek maksadıyla kinematik flare mühimmatları da geliştirilmiştir. Bu tür flare mühimmatı hava aracına yakın olarak uçarlar ve hava aracından açılma ayırmaları düşüktür.

Karşı Tedbir Atma Sisteminin Alt Parçaları ve Çalışma Esasları



Karşı Tedbir Atma Sistemi Blok Diyagramı

Karşı tedbir atma sistemleri, chaff ve flare mühimmatlarını otomatik olarak atmak ve fırlatma paternlerini optimize etmek için radar ikaz alıcıları ve füze ikaz sistemlerinden data alan entegre sistemlerdir. Genellikle üç farklı modda çalışırlar:

- Manuel kontrol – ateşleme mürettebat tarafından yapılır,
- Yarı otomatik – otomatik fırlatma için mürettebatın onayı gerekir,
- Otomatik – mürettebatın müdahalesi olmadan fırlatma yapılır.



Tipik Karşı Tedbir Atma Sistemi

Kontrol nitesi

Kokpit kontrol nitesi karşı tedbir atma sistemine kumanda edebilmek maksadıyla kokpite yerleştirilmiştir. Kullanıcının sistem çalışma modunu seçebilmesini sağlar, kalan mühimmatın miktarını gösterir ve manuel fırlatma parametrelerinin programlanmasını sağlar. Manuel fırlatma parametreleri atılacak mühimmat sayısını ve atım arasındaki zaman aralığıdır. Kokpit kontrol nitesi vasıtasıyla mürettebat sistem testini ve karşı tedbir atma sistemini acil bir durumda hava aracından atma işlemlerini gerçekleştirebilir. Birçok hava aracında kokpit kontrol nitesi aviyonik sistemler ile entegre edilmiştir ve fonksiyonları glass kokpit vasıtası ile kontrol edilebilir.

Programlayıcı

Programlayıcı operasyonel uçuş planı ve görev data dosyalarının bulunduğu karşı tedbir atma sisteminin işlemcisidir. Tipik olarak bir data bus aracılığı ile tehdit bilgilerini radar ikaz alıcı ve füze ikaz sisteminden alır. Atılacak chaff mhimmatını optimize etmek maksadıyla; radar ikaz alıcı sisteminin tehdit bilgilerinin yanı sıra hava aracının süratı ve uçuş durumu da işlemciye sağlanır. Tehdit bilgileri tehdidi tanımlamaya yarayan parametrik bilgileri içermektedir. Darbe genişliği, RF frekans aralığı, genlik veya tarama modülasyonu, darbe

Yinelenme frekansı tipik bir RF füze sisteminin parametreleridirler. Tepki datası ise, tanımlanan bir tehdide spesifik fırlatma tekniklerini içermektedir. Tehdide göre chaff, flare veya her ikisi birden atılabilir. Fırlatma ve atma teknikleri mühimmatın miktar ve fırlatma zaman aralıklarıdır. Sistem üzerinde yüklü bulunan mühimmat miktarı uçuşun her safhasında takip edilebilir



Flare ve Chaff Mhimmatları

Ardıştırıcı (Sequencer)

Ardıştırıcılar atma ünitelerine g sağlanması ve kontrol edilmelerinde kullanılırlar. Atma nitesinde bulunan mühimmat miktarını ve olası bir mühimmat atılmama durumunu belirlerler. Genellikle her iki atma nitesi için bir ardıştırıcı kullanılır.

Karşı Tedbir Atma nitesi

Karşı tedbir atma nitesi flare ve chaff mühimmatının içine koyulduğu ve hava araçları üzerinde chaff/flare atılmak istenen yere yerleştirilen sistemlerdir. Atma ünitelerine takılmaları öncesinde bazı flare/chaff mühimmatının atış öncesi hazırlanmaları gerekebilir.

- ABD normal olarak payroteknik ateşleme ve flare'leri ayrı olarak tedarik etmekte ve bunlar atma ünitesine yerleştirilmeden kısa bir süre önce birleştirilmektedirler. Her flare için bir ateşleyici olacak şekilde karşı tedbir atma nitesi içine yerleştirilirler.
- Avrupalı üreticiler ise genel olarak flare ve ateşleyicileri bütün ve yerleştirilmeye hazır olarak imal etmektedirler.

Ateşleyiciler flare'ler gibi tek kullanımlıktır. Bir hava aracına yaklaşık olarak 30 flare/chaff mühimmatı yerleştirilebilir. Sistemde bulunan emniyet anahtarının fonksiyonu çok önemlidir ve mühimmat karşı tedbir atma ünitesine takıldıktan sonra kaza ile ateş almayı önlemek maksadıyla herhangi bir elektrik akımını engelleme görevini yerine getirir.

Chaff/Flare Mühimmatı

Chaff/flare mühimmatı genellikle karşı tedbir atma sistem üreticileri tarafından imal edilmemektedirler. Bütün karşı tedbir atma ünitelerinde konvansiyonel chaff ve flare mühimmatı kullanılabilmektedir. Birçok atma ünitesinden kinematik flare gibi gelişmiş mühimmat da atılabilmektedir. Chaff/flare mhimmatlarının her gün gelişmekte olduğu göz önüne alınarak karşı tedbir atma sistemlerinin bunları atabilecek şekilde tasarlanması gerekmektedir. Gelişmiş chaff/flare mhimmatını atabilmek maksadıyla karşı tedbir atma ünitelerinde bazı modifikasyonlar yapılması gerekebilir.

Karşı Tedbir Atma nitelerinin Test ve Değerlendirmesi

Karşı tedbir atma ünitelerinin hava aracı üzerlerinde takılacakları yeri belirlemek sistemin etkinliği açısından çok kritik bir konudur. Hava aracı ve karşı tedbir atma sistem üreticileri sistemin en etkin ve verimli şekilde fonksiyonlarını yerine getirebilmesi maksadıyla koordineli olarak alışmaladırlar. Karşı tedbir atma ünitesinin hava aracı üzerinde takılacağı yer özellikle flare mühimmatının etkinliği açısından çok önemlidir. Yüksek znrlkl hava aracı kızıl ötesi imza görüntüleri tasarımcılara karşı tedbir atma ünitelerinin hava aracı üzerinde yerleştirilecekleri yerleri belirlemede yardımcı olmaktadır. Karşı tedbir atma ünitesinin hava aracı üzerindeki yeri ve fırlatılan flare mühimmatının atma sonrasındaki mermi yolu ısı güdümlü füzelerin yanıltılması ve hava aracının hayatta kalabilmesi açısından çok önemlidir. Yeni karşı tedbir atma üniteleri ve mhimmatlarının etkinlik testleri ayrı olarak yapılabilir, fakat sistemin bir bütün olarak etkinliğinin belirlenebilmesi, sistemlerin takıldığı hava araçlarının açık alan uçuş testlerine tabi tutulmasını zorunlu hale getirir. Uçuş testleri, hava aracının gerçek aerodinamik şartları ve kızıl ötesi imzasının da karşı tedbir atma ünitesinin hava aracı üzerinde yerleştirileceği yerin belirlenmesinde dikkate alınmasını sağlamaktadır.

Hava Aracına Takılma ncesinde Karşı Tedbir Atma Sistem Testleri

Karşı Tedbir Atma Sistem Alt Bileşen Testleri

Karşı tedbir atma sistemleri alt bileşenlerinin laboratuvar donanım testleri her bir sistem modülünün düzgün olarak çalıştığını ve tasarım parametrelerine uygunluğunu belirlemek maksadıyla yapılır. G, akım devamlılık, voltaj ve BIT testleri laboratuvar ortamında yapılmalıdır. Bu testler donanım konfigürasyon ve ara yüz problemlerinin belirlenmesi ve giderilmesini sağlamaktadırlar.

Yazılım içeren bütün alt sistem modüllerinin yazılım testleri de laboratuvar ortamında icra edilmelidir. Yazılım testleri olabilecek programlama ve zamanlama problemlerinin

belirlenmesini ve giderilmesini sağlarlar. Laboratuvar ortamında yapılan donanım ve yazılım testleri hava aracının emniyeti ve hayatta kalabilmesi açısından çok önemlidirler. Bu testler esnasında aynı zamanda karşı tedbir atma sistemlerinin manuel ve otomatik modda çalışabilirlik özellikleri ve performansları da test edilmektedir.

Karşı Tedbir Atma Sistemi Seviye Testi

Karşı tedbir atma sistemi üzerinde bulunan bütün donanım ve yazılımın ayrı olarak laboratuvar ortamında testlerinin tamamlanması sonrasında karşı tedbir atma sistemi bir bütün olarak test edilmeli ve fonksiyonlarını eksiksiz olarak yerine getirdiği doğrulanmalıdır. Diğer elektronik harp sistemlerinin aksine karşı tedbir atma sisteminde sensör bulunmamaktadır. Bununla beraber hava aracı üzerinde bulunan elektrik dağıtım sistemi vasıtası ile hava aracı üzerine takılan radar ikaz alıcısı ve füze ikaz sistemi sensörlerinden data almaktadır. Sistem seviye performansının belirlenebilmesi maksadıyla genellikle benzetilmiş elektriki sensör mesajlarının kullanılması yeterlidir.

Karşı tedbir atma sistemi seviye testlerinin bir maksadı da mürettebat tarafından sistemi kontrol etmek maksadıyla kullanılan bütün anahtarların doğru çalışıp çalışmadığını belirlemektir. Bu testler esnasında farklı radar ikaz alıcı ve füze ikaz sistem elektriki data mesajları kullanılarak bütün çalışma modları test edilebilir. Testler esnasında atma üniteleri izlenerek ateşleme sinyallerinin test şartlarına uyumlu olarak üretildiği doğrulanır.



Asılı Araç Testi

Entegrasyon testi bir sonraki test ve değerlendirme aşamasıdır. Laboratuvar ortamında bütün als sistemleri birleştirilen bir karşı tedbir atma sistemi gerçek hava aracı aviyonik donanımına ve elektronik harp donanımına hava aracı kablo sistemine uygun olarak entegre edilerek sistem icra edilir. Laboratuvar ortamında icra edilen bu test ve değerlendirme

aşamasında radyo frekansları ve/veya füze ikaz sistem sensörleri simüle edilir. Hava aracı elektriki data bus mesaj trafiği ve karşı tedbir atma sisteminin tepkileri takip edilir ve sistemin düzgün çalıştığının doğrulamak maksadıyla kayıt edilir. Açık alanda icra edilecek asılı araç testleri karşı tedbir atma sistem flare mühimmat performansının gerçek füzelere karşı denenebildiği etki bir test ve değerlendirme yöntemidir. Füze ikaz sistemi ve karşı tedbir atma sistemi bir kabloya asılı olan araç üzerine yerleştirilirler. Atılan flare mühimmatının sayısı ve atılma aralıkları çok kritik bir öneme sahiptir. Bu tür testler analiz yapan uzmanlara flare yanma ve fırlatma zaman aralıklarını değerlendirerek sistem performansının değerlendirilmesi için çok uygun bir ortam sağlarlar.

Flare Testleri

Karşı tedbir atma sistemlerinden atılan flare mühimmatının testleri tasarım spesifikasyonlarına ve gereksinimlere uygunluğunun belirlenmesi maksadıyla yapılmaktadır. Anahtar kızıl ötesi flare parametreleri aşağıda sunulmuştur.

- Ateşlemeye olan zaman,
- Toplam yanma süresi,
- Spektrum imza içeriği ve yoğunluğudur.

Tek bir tip flare mühimmatı birçok hava aracı modelinde kullanılabilir ve her bir karşı tedbir atma sisteminin kendine özel ayırma karakteristikleri mevcuttur. İlave olarak karşı tedbir atma sistemlerine farklı flare mühimmatları da yüklenebilir. Yazılım modellemesi, her bir tip flare mühimmatının ayırma karakteristiklerinin belirlenmesi maksadıyla kullanılmalıdır.

Hava Aracına Takılma Sonrasında Karşı Tedbir Atma Sistem Testleri

Yer Testleri

Hava aracına takılma sonrası icre edilen karşı tedbir atma sistem testleri esnasında bütün alt sistemler bir hava aracına entegre edilir ve bütün fonksiyonel testler sistemin düzgün çalıştığını doğrulamak maksadıyla icra edilirler. Bu testler elektriki, mekanik, yazılım ve elektromanyetik uyumluluk ve elektromanyetik karışımları belirlemek ve bir bütün olarak sistem performansını ve fonksiyonelliğini doğrulamak maksadıyla icra edilirler.

Elektromanyetik uyumluluk ve karışım testleri yansıtmaz bir odada test edilirken flare mühimmatları kullanılamasa da karşı tedbir atma sisteminin ateşleme komutlarının izlenmesi açısından yansıtmaz odalar uygun bir ortam sağlamaktadır. Bu testler esnasında önemli olan

hususlardan bir tanesi karşı tedbir atma sisteminin mürettebat müdahalesi olmadan kendi kendine atım/fırlatma yapmadığının doğrulanmasıdır.

Uçuş Testleri

Karşı tedbir atma sistemlerinin uçuş test ve değerlendirilmelerinde göz önüne alınması gereken ilk husus bütün uçuş zarfı boyunca flare mühimmatının ayrılma karakteristiklerinin belirlenmesidir. Örneğin flare mühimmatının fırlatılma sonrasında hava aracına çarpmadığı ve temas etmediğı bu testler esnasında belirlenmektedir. Test esnasında hava aracı üzerine kameralar yerleştirilerek karşı tedbir atma sisteminden fırlatılan flare mhimmatlarının uçuş yolları kayıt altına alınır. Yapılan testler esnasında flare mühimmatının hava aracından ayrılma aralığı az ise gerekli düzenlemeler yapılır. Karşı tedbir atma sistemi ve flare mhimmatlarının performans testleri yerdeki füze arayıcı başlıklar ve radyometrik lme sistemleri kullanılarak yerine getirilir.



- | | |
|------------------|----------------|
| 1. Seekers | 3. Televisions |
| 2. Mid-IR Imager | 4. Laser |

Yukarıdaki şekilde F-15 modeli hava aracına monteli bir kızıl ötesi lme sistemi (ATIMS III) tarafından F-18 modeli hava aracı üzerindeki karşı tedbir atma sisteminin test faaliyeti görülmektedir. ATIMS III podu dört adet tam enstrmante edilmiş füze arayıcısını taşıma kapasitesine sahiptir.