

Nükleer Enerji

Saffet ÖZDEMİR

Elektrik Mühendisi

Elektrik Mühendisleri Odası olarak, öncelikle öz kaynaklarımızın değerlendirilmesini ve dışa bağımlı enerji kullanımının olabildiğince düşürülmesi gerektiği görüşündeyiz. Zira bugün itibarıyla mevcut kaynaklarımızın çok düşük bir miktarını kullanmaktayız.

Nükleer santraller yolu ile elektrik elde edilmesi, bütün diğer enerji elde etme teknolojileri ve yatırımları gibi; teknolojisi ve yer seçiminden tutun da normal çalışma koşullarında ve kazası halindeki sağlık ve çevre etkileri, beklenen fiyat artışlarına rağmen süreklilik arzeden tamamen dışa bağımlı yakıt desteği gereksinimi; savaş halinde koruma zorluğu; radyasyonlu atıklarının yok edilmesi, ekonomik ömür sonu santral sökümü ve bütün bunların maliyet hesaplarına değin, bilimin bütün dallarını ve toplumun bütün çıkar gruplarını ilgilendiren teknik bir konudur.

Bu nedenle artık nükleer bir gelecek istemeyen herkesin yaşamını etkileyecek nükleer enerji ve nükleer santraller hakkında düşünmesi ve tepkisini göstermesi gerekiyor. Bu ülkede yaşayanların tarafsız kalması sorumluluktan kaçması mümkün değil. Nükleer santrale sahip olmayı sorun olarak görmeyenlerin de dünyadaki genel eğilimin tersine olan bu gidişin ne anlama geldiğini, Türkiye'nin nükleer bir güç haline gelmesi ve özellikle de Rusya'ya olan bağımlılığın artması hakkında ne düşündüklerini yazmaları gerekiyor.

Dünya gelecekte enerjisini tamamen YEK'ndan karşılamaya hazırlanırken, ülkemizde de; nükleer santral yerine bu konuda AR-GE çalışmalarına bütçeden pay ayrılmalıdır. Nükleer santrallerdeki radyasyon yayılımı ve atık sorununun henüz çözülememiş olması her türlü toplumsal maliyeti aşmaktadır. Zira ortada ne kadar harcama yaparsanız yapın çözümsüzlük

vardır. Ayrıca radyoaktivitenin insan sağlığına yönelik boyutu, nesilden nesile aktarılmasıdır ve en tehlikeli yanı da budur.

Türkiye - Rusya

Nükleer Güç Santrali Anlaşması

Türkiyede nükleer santral kurulması için hükümetin Rusya ile yaptığı ikili anlaşmanın, önümüzdeki günlerde mecliste görüşülmesi bekleniyor. Buna göre Akkuyu'da her biri 1200 MW 'lık toplam 4 reaktörden oluşan bir santral kurulacak. Bu santralin 2020 yılına kadar devreye girmesi ve elektrik üretmeye başlaması planlanıyor.

Türkiye'de sadece enerji politikalarını da değil, pek çok konudaki bütün politik dengeleri değiştirecek, Türkiye'yi nükleer güce sahip ülkeler arasına sokacak son derece önemli bir karar alınmak üzere. Oysa artık nükleer bir gelecek istemeyen herkesin yaşamını etkileyecek bu konu hakkında düşünmesi ve tepkisini göstermesi gerekiyor.

Hükümet tarafından TBMM'ye gönderilen Nükleer Anlaşma Tasarısında "Ülkemizin nükleer teknoloji geliştirme ve enerji üretmeye yönelik hedeflerine ancak kararlı bir nükleer program dahilinde, ulusal endüstrimiz ve insan gücümüz ile ulaşılabilecektir" denilmektedir. Oysaki anlaşmaya bakıldığında, kurulacak nükleer santralin %100 hisseyle sahibi Rus tarafı olacaktır. Rusya %51 hissesi kendisinde kalması koşuluyla isterse kalan hisselerini satacaktır. Bu hisselerin sahibinin yerli şirketler olması ya da Türkiye'deki kamu kuruluşu olması dahi söz konusu değildir. Yalnızca satılacak şirketler konusunda Türkiye'nin de rızası alınacaktır.

Nükleer enerji santralinde Türkiye Cumhuriyeti yurttaşlarının yaygın olarak istihdam edilmesi ve eğitilmeleri ise yalnızca "mutabakat" olarak anlaşmaya girebilmiş, istihdama ilişkin belirli bir kota dahi getirilmemiştir. Bunun karşılığında Türkiye, yabancıların çalıştırılmasını kolaylaştırma sözü vermiştir. Anlaşmadaki bu hükümler tasarının gerekçesini boşluğa düşürmektedir.



Nükleer santral ihalesi öncesinde nükleer enerjinin ülkemiz açısından yararlı olduğunu vurgulamak ve anti-nükleer kamuoyunu ikna etmek amacıyla hükümet tarafından çeşitli halkla ilişkiler yöntemlerine başvurulmuştu. Hatta bunun için Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) bünyesinde bir nükleer bilgi birimi oluşturulmuştu. TASAM (Türk Asya Stratejik Araştırmalar Merkezi) Türkiye’de nükleer enerjinin önünün açmak üzere seferber edilmişti. Temel hedef özellikle, çok haklı nedenlerle kendi bölgelerinde nükleer santral kurulmasını istemeyen Sinop ve Mersin halkını ve bununla birlikte tüm ülke kamuoyunu ikna etmektir.

Bu kampanyalar esnasında işlenen iddialar şöyle sıralanabilir ;

1) Büyüyen Türkiye’nin enerji talebini karşılama için nükleer güç kapasitesine ihtiyaç vardır;

2) Nükleer enerji pahalı değildir, dolayısıyla kamu ortaklığı zorunlu değildir, özel şirketler tarafından yapılabilmektedir;

3) Türkiye’nin enerjide dışa bağımlılığını azaltacak bir faktördür;

4) İklim değişimi ve olağan radyasyon sızıntıları gibi faktörler dikkate alındığında doğa ve çevre dostu olduğu iddia edilebilir.

Bunların yanı sıra, nükleer güç santrallerinin Türkiye’nin teknolojik gelişimine katkı sunacağına, santral güvenliğinin geçmişe göre çok daha ileri bir noktada olduğuna, nükleer santral sahibi bir Türkiye’nin kendi bölgesinde çok daha güçlü bir şekilde konumlanacağına da değiniliyordu.

Yukarıdaki iddiaların hemen tümü, arkasında yılların bilgi birikimi ve deneyimini barındıran uluslararası ve ulusal anti-nükleer hareket, enerji analistleri ve nükleer enerji uzmanları tarafından çürütüldü. En azından, nükleer teknolojinin kalkınmak için bir zorunluluk değil, sadece siyasal bir tercih olduğu gösterildi.

Muhafif görüşleri dikkate almayan mevcut hükümetin nükleer güç santralleri gibi son derece karmaşık ve büyük riskler içeren bir teknolojinin

ülkeye getirilmesi için makul yöntem olan uygun kurumsal altyapının tesis edilmesi, yasal çerçevenin oluşturulması, ihale şartnamesinin hazırlanması ve ihale sürecinin işletilmesi aşamalarında başarısız olduğu açıkça görülmektedir.

Nükleer güç teknolojisini başarılı bir şekilde kurup yönetecek uzman kadroların yetiştirilmesi adına TAEK ve üniversiteler bünyesinde hiçbir hazırlık yapılmadı. 2007’de çıkarılan 5710 sayılı nükleer güç santralleri yasası, bizzat nükleer fizikçiler ve enerji uzmanları tarafından özellikle kazalara ve nükleer enerjinin kronik hastalığı olarak varlığını koruyan atık yönetimine dair hiçbir madde içermediği gerekçesiyle eleştirildi. İhaleye katılacak firmalar için düzenlenen ölçütler kıdemli nükleer enerji uzmanları tarafından yetersiz ve muğlak bulundu. On üç firmanın şartname aldığı ihaleye yalnızca bir firma (Rus-Türk şirketler grubu) katıldı ve zarf açıldığında 21 cent/kwh gibi fahiş bir fiyatla karşılaşıldı. Bu firmayla ihale şartlarına aykırı bir şekilde devam edilen pazarlıklar neticesinde fiyat KDV hariç 12,35 cent/kWh’e çekildi.

Gelinen noktada hükümetin başarısızlığa uğradığı tüm bu zorunlu süreçleri atlayarak nükleer santral meselesini bir oldu bittiye getirmek gayretinde olduğu görülmektedir. Nükleer santral ihalesinde zorunlu ve sağlıklı olan tüm iç süreçleri atlayıp işi uluslararası bir anlaşma çerçevesinde halletmeye çalışmaktadır.

Türkiye-Rusya anlaşmasının mahiyeti kamuoyuna tümüyle açıklanmamış olmakla birlikte, Rusya tarafından kurulacak ve üretimi yine Ruslar tarafından Türkiye pazarında satılacak santralin adeta Rusya’daki bir nükleer santral gibi çalışacağı, bu operasyonun Rusya’dan elektrik ithal etmekle aynı anlama geleceği , neticede Rusyanın Türkiye topraklarında nükleer santral sahibi yapılacağı iddia edilebilir.

Türkiye’nin kurumsal nükleer altyapısına hizmet etmeyen bu projenin çevresel risklerinin Türkiye tarafından üstlenileceği fakat maddi faydalarının Rusya’nın hanesine yazılacağı açıkça görülmektedir.

Akkuyu Nükleer Santral için seçilen konum, buranın güneyinde yer alan ve kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan Ecemiş Fayından sadece 20 – 25 km uzaklıktadır. 1970’li yıllardaki mevcut teknoloji ve etüt bilgilerine göre yapılmış olan çalışmalarla yeri belirlenen ve yer lisans onayı alan Akkuyu Nükleer Santral Projesinin, bugün benzer bir çalışma yapıldığı taktirde, artık lisans onayı alamayacağını bu lisansı veren uzmanlardan Prof.Dr.Tolga Yarman ciddi bir şekilde uyarıda bulunmaktadır.

Rusya, anlaşmaya göre Akkuyu’da her biri 1200 MW olan 4 reaktör inşa ederek toplam 4800 MW kurulu güçte nükleer santral sahibi olacaktır. Rusya buradan ürettiği elektriği de ortalama KDV hariç 12.35 sent/kWh gibi yüksek bir fiyat üzerinden Türkiye’ye satma garantisi elde etmiştir. 4800 MW’lık nükleer santral için 20 milyar dolarlık bir yatırım maliyeti açıklanmıştır. Bu Rusya’nın aynı türde inşaatına başladığı santrallerin birim yatırım maliyetlerinin oldukça üzerindedir. Rusya’nın Türkiye’de sahip olacağı nükleer santralin birim yatırım maliyeti açıklamalara göre 4166 dolar/kW olacaktır.

Yatırım maliyetinin yüksek tutulması, elektrik satış fiyatının da yüksek belirlenmesine yol açmaktadır. Nükleer santraldan Türkiye 12.35 sent/kWh üzerinden elektrik satın almayı garanti etmiş durumdadır. Yapılan açıklamalar, alım garantisi kapsamında müşterisi hazır olan nükleer santraldan satılacak enerjinin birim fiyatının 18.77 kuruş/kWh ile DUY denilen karaborsa fiyatına yükseltildiğini göstermektedir. Devletlerarası anlaşma yoluyla nükleer santral üzerinden 15 yıl gibi uzun vadeli olarak oldukça yüksek fiyat düzeyinin garanti edilmesiyle enerji fiyatlarında artış yapısal hale getirilmiş olacaktır. Ortalama fiyat üzerinden Türkiye, Rusya’ya 15 yılda satın alacağı 415 milyar kWh’lik elektrik karşılığında 51 milyar dolar ödeyecektir. Şirket, 15 yılın ardından da kurulan DUY piyasası üzerinden yüksek fiyatla satış olanağını sürdürebilecektir.

Nükleer Anlaşmada Paylaşma

Rusya ile yapılan anlaşmada öncelikle ucuz enerji üretiminin söz konusu olmadığı açıktır.

Tersine yurttaşların elektrik faturalarında artışa neden olacak bir yatırımdır. Böylece yurttaşlar hem nükleer santral nedeniyle ciddi bir riskle karşı karşıya bırakılmakta, bunun karşılığında ise ekonomik anlamda bir faydadan söz etmek dahi mümkün olamamaktadır. Yapılacak nükleer santralde tamamen yetki, kontrol Rusya’ya bırakılmış olup Türkiye’nin iddia edildiği nükleer teknoloji merkezi olması da söz konusu değildir. Nükleer santral tercihi kaynak ve ülke çeşitlendirme gereğiyle savunulmasına rağmen, tam tersine Rusya’ya ve dış kaynağa Türkiye daha da bağımlı hale getirilmektedir. Hükümet, Rusya ile imzaladığı alım garantili nükleer santral anlaşmasıyla yerli ve yenilenebilir kaynaklarını teşvik etmek yerine Rusya’ya nükleer santral teşviği vermeyi tercih etmiştir. Bu tercihin, ekonomik ve teknolojik olarak açıklanabilir bir tarafı bulunmamaktadır. Tamamen siyasal bir tercihtir ve örtülü ilişkilerin sonucudur.

Rusya ile yalnızca nükleer santral kurulmasına ilişkin anlaşma imzalanmamış, aynı gün Başbakan’ın damadının Genel Müdürü olduğu Çalık Holding’in yürüttüğü projeye ilişkin de işbirliği anlaşması yapılmıştır. İki ülkenin enerji bakanlıkları arasında imzalanan işbirliği mutabakatı ile Karadeniz Bölgesi’ndeki ham petrolün Samsun-Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı’nın önceliği temel alınarak taşınması öngörülmektedir. Böylece Çalık Holding’in projesine Rusya’dan petrol akıtılması kararlaştırılmış olmaktadır.

Sözün Özü;

Ülkemizin yerli ve yenilenebilir potansiyeli henüz değerlendirilmemişken, pahalı, tehlikeli, atık sorunu bulunan, dışa bağımlı nükleer santral tercihinde bulunulması kabul edilemez. Ülkemiz enerji yapılanmasında nükleer enerjinin yeri olmamalıdır. Bunca kullanılmayı bekleyen öz kaynaklarımız mevcut iken, nükleer santral kurulmasını istemek zengin bir meyve-sebze bahçesi olan birinin bu zenginlikten yararlanmayı, eczaneden milyonlarca para ile vitamin hapi almasına benzemektedir.

İki Ucu Sabitlenmiş Elektrostatik Eyleyicilerin Çökme Limiti Hesabı İçin Yeni Bir Model

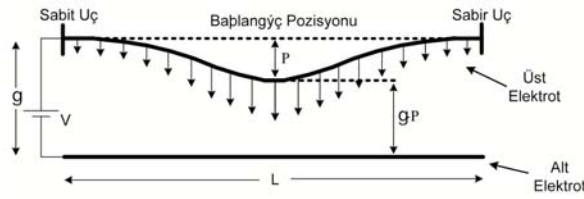
Cevher Ak¹ & Ali Yıldız¹

ME. Ü. Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü¹

Öz— Bu bildiri, iki ucu sabitlenmiş elektrostatik MEMS(Mikro ElektroMekanik Sistemler) eyleyicilerin çökme limiti hesabı için geliştirilmiş yeni bir model sunar.

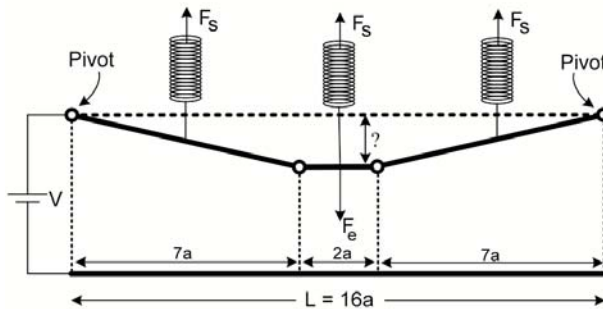
Elektrostatik eyleyiciler, düşük güç tüketimi, küçük boyutları ve kolay üretimi dolayısıyla oldukça popülerdir. Eyleyiciler, kan basıncı tespiti için basınç sensörü[1], mikrodalga anahtar[2], hava akış sensörü[3], hafıza elemanı [4], mürekkep püskürtücü[5] ve optik tarayıcı[6] olarak bir çok alanda kullanılır.

Elektrostatik eyleyici iki adet iletken paralel plakadan oluşur. Alt plaka zemine sabitlenmiş, üst plaka ise; alt plaka ile belli bir açıklık bırakılarak iki ucundan sabitlenmiştir. Plakalar arasında voltaj uygulandığında; üst plakanın orta kısmı alt plakaya doğru esnemektedir. (Şekil 1)



Pekil 1. İki Ucu Sabitlenmiş Elektrostatik Eyleyici

Yıllar boyunca bir çok araştırmacı, elektrostatik



Pekil 2. Yeni Modelleme

eyleyicilerin çökme limiti için bir çok hesaplama yöntemi ve model ortaya konmuştur. Ancak ortaya konan sonuçlar yeterince iyi yaklaşımlar olmamıştır. Sistemin bilgisiyarda benzetimi yapıldığında; çökme limitinin başlangıç açıklığının %40 olduğu görülmüştür.

Dolayısıyla yeni bir modele ihtiyaç duyulmuştur (Şekil 2). Yeni modelde, çökme limiti başlangıç açıklığının %40 olması sağlanmış ve ayrıca çökme voltajına kadar olan tüm voltaj seviyelerinde iyi ölçüm sonuçları vermiştir. Yeni modelden elde edilen hesaplama formülünde, önceki formül ve hesaplama yöntemlerine göre oldukça basit ve kolay hesaplanabilir olmuştur. Buda daha az zamana ve bilgisayar gücüne ihtiyaç olmasını sağlamıştır.

Referanslar:

- [1] Hin-Leung Chau, and K.D. Wise, "An ultraminiature solid-state pressure sensor for a cardiovascular catheter," IEEE Trans. Electron Devices, vol. 35(12), pp. 2355-2362, 1988.
- [2] Dooyoung Hah, and Euisik Yoon, "A Low-Voltage Actuated Micromachined Microwave Switch Using Torsion Springs and Leverage," IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., vol. 48(12), pp. 2540-2545, Dec. 2000.
- [3] Yu-Hsiang Wang, and Chia-Yen Lee, "A Mems-based Air Flow Sensor with a Free-Standing Micro-cantilever Structure," Sensors, vol. 7, pp. 2389-2401, Oct. 2007.
- [4] Michel S.C. Lu, and Gary K. Fedder, "Position Control of Parallel-Plate Microactuators for Probe-Based Data Storage," J. Microelectromech. Syst., vol. 13(5), pp. 759-769, Oct. 2004. 9
- [5] S. Kamusuki, M. Fujii, T. Takekoshi, C. Tezuka, and M. Atobe, "A high resolution, electrostatically driven commercial inkjet head," Proc. IEEE MEMS 2000 conf., pp. 793-798, Miyazaki, Japan, 23-27 Jan. 2000.
- [6] H. Schenk, P. Dürr, D. Kunze, H. Lakner, and H. Kück, "An electrostatically excited 2D-micro scanning-mirror with an in plane configuration of the driving electrodes," Proc. IEEE MEMS 2000 Conf., Miyazaki, Japan, 23-27 Jan. 2000, pp. 473-478.

Şaf (CHAFF) Bulutundan Elektromanyetik Saçılmanın Gerçekleştirilmesi ve Ters Yapay Açıklıklı Radar Görüntülerinin Elde Edilmesi

Betül YILMAZ, Caner ÖZDEMİR

ME. Ü. Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü
betuly@mersin.edu.tr, cozdemir@mersin.edu.tr

1. Giriş

Chaff, düşman radarına karşı alınan önlemler içerisinde bilinen en eski yöntemlerden biridir [5]. İlk olarak ikinci dünya savaşında Alman radarlarını şaşırtmak için kullanılmasına rağmen günümüzde de hala önemli bir pasif Elektronik Karşı Önlem (EKÖ) yöntemlerinden olarak kabul edilmektedir.

24 Temmuz 1943 günü bir Alman radar operatörü yeni bir hava taarruzu ile karşı karşıya kaldığını değerlendirerek gerekli akın ikazı çalışmasını yaptığı sırada, bir anda ekranda olmadık sayıda uçağın geldiğini görür. Tabii bu kadar çok uçağın gelebileceğini düşünmediği için de radarının arızalandığını varsayar. Ancak radarı çalışmaktadır ve mevcut karışıklık müttefik kuvvetlerin CHAFF uygulamasından kaynaklanmaktadır. Chaff uygulaması, Almanların karşı tedbir geliştirme çabalarına rağmen başarıyla uygulanmış ve müttefiklerin hava taarruzlarındaki başarılarının başlıca etkeni olmuştur.

Şaf materyali, çok sayıda ince iletken çubuk yada ince iletken plakalardan oluşmaktadır. Şaf atmosfere dağıldığında bulut gibi havada asılı kalabilen ve her biri belirli dalga boylarında birer elektromanyetik saçıcı gibi davranan dipol parçalarından tasarlanmaktadır [6]. Şaf bulutu, belirli tehdit frekanslarında yüksek geri saçılma (ya da yüksek radar kesit alanı-RKA) değeri sağlayarak, hedeften geri saçılan enerjiyi gölgeleyebilmek için kullanılan önemli bir EKÖ tekniğidir.

Bu çalışmada, ilk olarak seçilen bir tehdit frekansında şaf tasarımı gerçekleştirilmiş olup, sonrasında seçilen bir gemi hedefi ile birlikte şaf

bulutunun elektromanyetik (EM) benzetimi gerçekleştirilmiştir. EM benzetimi gerçekleştirilebilmek amacıyla yüksek frekanslarda büyük ve karmaşık hedeflerden saçılmayı etkin olarak tahmin edebilen Seken-Işın-Yöntemi (SIY) ve Fiziksel Optik (FO) bazlı bir kod kullanılmıştır. EM saçılma, değişik açı ve frekans değerlerinde toplanarak, hem hedefin hem de hedefle beraber şaf bulutunun RKA ve ters yapay açıklıklı radar (TYAR) görüntüleri elde edilmiş ve karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur.

2. Şaf ve Şaf Bulutu Tasarımı

Düşman radarlarından kaçınmak ve onları şaşırtmak için pasif bir EKÖ yöntemi olan şaf bulutu hedef platformundan fırlatılmaktadır. Şaf bulutu, içerisinde genel olarak milyonlarca farklı şekillerde, ve uzunluklarda dipol parçalarından meydana gelmektedir. Şaf dipolleri, hafif yapılarından dolayı havada asılı kalabilmekte, birer saçıcı dipol gibi davranarak seçilen tehdit frekansında üzerine gelen elektromanyetik enerjiyi önemli oranda geri saçarak hedefi gölgeleyebilmektedir.

Bilindiği üzere dipol tel saçıcılardan en yüksek saçılma enerjisi, tel uzunluğunun tehdit radar dalga boyunun yaklaşık yarısı kadar olduğunda oluşmaktadır.

Şaf bulutu tasarımında dikkat edilmesi gereken önemli noktalar şunlardır:

Şaf malzemesi: Dipollerin havada asılı kalma süresi bakımından kaplama malzemesinin hafif olması önemlidir. Genel olarak alüminyum kaplama, alüminyum cam fiber kaplama, bakır ve çinko kaplama malzemeleri kullanılmaktadır.

Şaf boyutları: Şaf elemanların boyutları tehdit radar dalga boyları göz önüne alınarak tasarlanır.

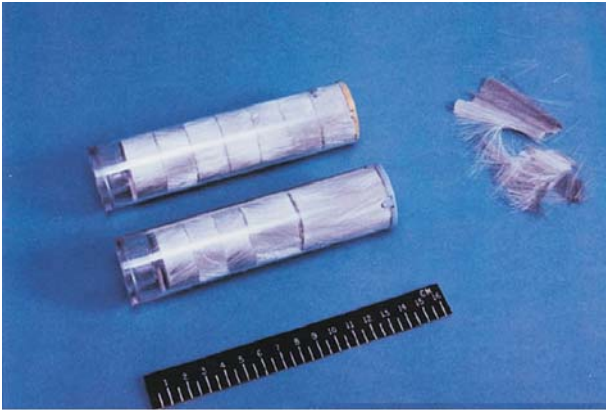
Şaf fırlatıcısının tipi, konumu ve fırlatma aralığı: Dağıtıcının hızlı bir sisteme sahip olması ve şaf malzemesini tıpkı bir havai fişek gibi ateşlenmesini



sağlayacak şekilde bir yapıda ve konumda olması önemlidir.

Tehdit radarının özellikleri: Çalışma frekansı, frekans bant genişliği ve diğer özellikleri, şaf tasarımı için önemli kriterlerdir.

Şaf dipolleri yeteri kadar geniş frekans bandını sağlamak için farklı boyutlarda kesilerek paketlenir. Örneğin bandında çalışan bir tehdit radarı için , dipol uzunluğu yaklaşık 15 cm civarında olmalıdır. Şekil 1’de uygulamada kullanılan bazı şaf fişekleri ve oluşturan şaf dipolleri gösterilmiştir [7,8]. Günümüzde, değişik hedefler için farklı malzemelerle kaplanmış, değişik frekans aralıkları için farklı sayıda şaf dipollerinden oluşmuş şaf malzemeleri mevcuttur. RR-112A/AL, RR-129A/AL, RR-149A/AL, RR-170A/AL ve RR-188A/AL bunlara örnek olarak verilebilir [7,8].



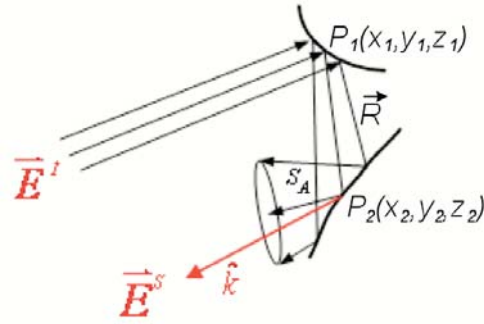
Şekil 1: Genel Şaf Fişekleri ve Şaf Dipolleri [7,8].

Bu çalışmada, EM benzetimi gerçekleştirilecek hedef olarak bir savaş gemisi modeli kullanılmıştır. Şaf bulutunu meydana getiren şerit şeklindeki dipollerin hepsi, 2 GHz orta frekansına tepki verecek ve aynı uzunluktaki mükemmel iletkenler olarak kabul edilmiştir. Literatürde kuş yuvası (Bird nesting) olarak adlandırılan, dipollerin havadaki dağılımı sırasında iç içe geçme durumu ihmal edilmiştir.

3. Savaş Gemisi ve Şaf Bulutu Senaryosunun EM Benzetimi

Savaş gemisi ve şaf bulutunun EM benzetimi, SIY-FO bazlı bir kod kullanılarak gerçekleştirilmiştir. SIY; büyük ve karmaşık platformlardan elektromanyetik saçılmayı yüksek frekanslarda

tahmin eden nümerik bir yöntemdir. SIY yönteminde, çok yoğun ışın demeti platforma doğru gönderilir ve ışınlar Geometrik Optik (GO) kurallarına göre takip edilir (Şekil 2). Her bir ışının alan şiddeti; yüzeyden yansıma katsayıları (?) ve ışın-tüpü ıraksama faktörleri (DF) hesaplanarak bulunur. Şekil 2’den de görüleceği üzere P1 noktasından saçılan alan, P2 noktası civarında aşağıdaki şekilde hesaplanabilir [2,9].



Şekil 2: Seken Işın Yöntemi Geometrisi(1)

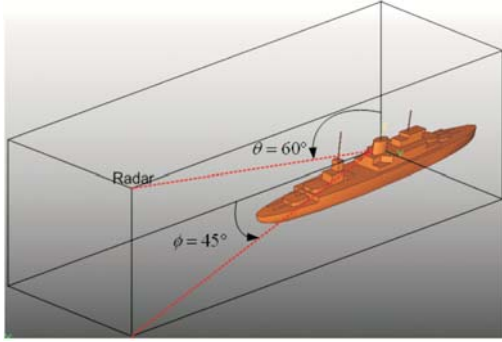
Buna göre P2 civarına gelen elektrik alan, P1’deki elektrik alanın, miktarı kadar faz kaybı ile ve DF katsayılarıyla çarpılmasıyla yaklaşık olarak bulunabilir [2]. Dolayısıyla her sekme için, sadece bu üç parametrenin hesaplanması o sekmeye ait elektrik alanın bulunması için yeterli olacaktır. Elektrik alan takibinin bu şekilde yapılmasından sonra, ışın platformdan ayrılırken, bakış yönüne doğru saçılan elektrik alan aşağıdaki FO saçılma entegrali sayesinde hesaplanır.

$$\vec{E}(x_2, y_2, z_2) = (DF) \cdot (\Gamma) \cdot \vec{E}(x_1, y_1, z_1) \cdot \exp\left\{ \begin{matrix} -jk[(x_2 - x_1)^2 + \\ (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2] \end{matrix} \right\} \quad (1)$$

$$E^{BS}(\vec{r}, \theta) = \frac{jk}{4\pi r} \cdot \exp(-jkr) \cdot \iint_{S_A} \vec{J}_S \cdot \exp(j\vec{k}\vec{r}_N) dS \quad (2)$$

Burada, $\vec{J}_S = 2 \cdot \vec{E}(x_N, y_N, z_N) \times \hat{n}$ son sekme yüzeyindeki akım yoğunluğunu vermektedir. Benzetimi gerçekleştirilecek olan savaş gemisi

hedefinin bakış açısı yönündeki Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) modeli Şekil 3 'de gösterilmiştir.



Şekil 3: Savaş Geminin BDT modeli

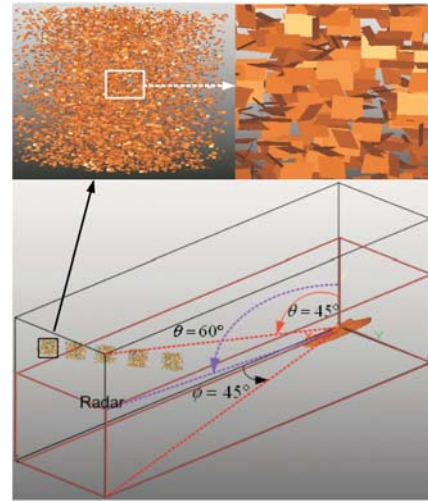
Bu çalışmada amaçlanan çalışmanın gerçekleştirilmesi amacıyla, BDT çizimi Şekil 3'de verilen ve 48,75 m x 6 m x 10 m boyutundaki gemi modeli kullanılmıştır. Gemi modelinin EM benzetimi 2 GHz orta frekansında ve 0,093 GHz bantgenişliği kullanılarak yapıldı. Elektrik alan saçılma verisi burun hizasından ve yatayda yaklaşık 5,415° bant genişliği için elde edildi. Elde edilen bu çoklu frekans-çoklu açı saçılma verisine 2-B TYAR algoritması uygulanarak hedefin 2-B TYAR görüntüsü oluşturuldu.

Öte yandan, gemi hedefini gizlemek adına gemiden bakış açısı yönünde 200 m uzaklığa ve burun hizasından açılarında 5 adet şaf bulutu yerleştirilmiştir. Her bir şaf bulutu yaklaşık 400.000 küçük şerit şaf elemanından oluşmaktadır ve şerit uzunlukları; 2 GHz'de yarım dalga boyuna denk gelen 7.5 cm olarak tasarlanmıştır. Benzetim için aynı dalga boyuna sahip şeritlerden oluşan ve her biri 27 m³ lük hacimde 5 adet şaf bulutu hedefe doğru bakış açısı yönünde 2şer derecelik azimut açısı aralıklarında senaryoya yerleştirilmiştir (Şekil 4). Benzetimde yaklaşık olarak toplam 2,000,000 adet şerit şaf elemanı kullanılmıştır.

4. Benzetim Sonuçları

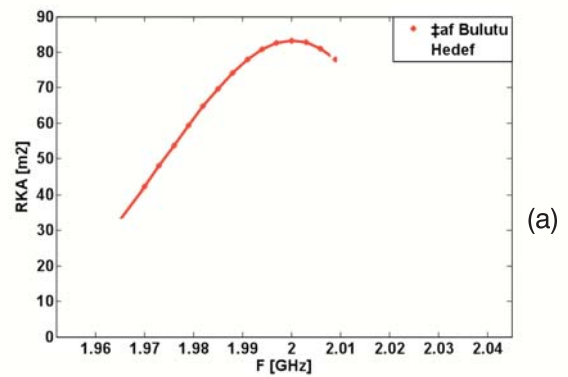
İlk olarak Şekil 3'de BDT modeli gösterilen savaş gemisinin EM saçılma benzetimi yukarıda ayrıntılı benzetim parametreleri kullanılarak SIY-FO bazlı EM benzetim koduyla gerçekleştirilmiştir. Daha sonra aynı benzetim parametreleri ile senaryosu Şekil 4'de verilen şaf bulutu fırlatmış

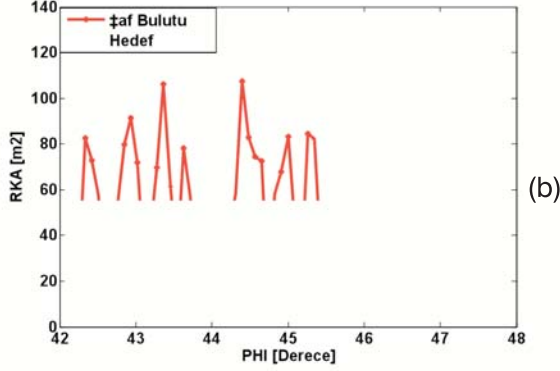
gemi modelinin benzetimi gerçekleştirilmiştir. Şaf bulutunun hedefi gizlemedeki başarısı RKA grafikleri ve ISAR görüntüleri ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.



Şekil 4: Savaş gemisinin, bakış açısı yönünde ve 200 m ilerisindeki şaf bulutu senaryosu.

İlk olarak ve de hedefin şaf bulutsuz ve şaf bulutlu RKA değerleri değişik frekanslar için Şekil -5 (a)'da çizilmiştir. Ayrıca, RKA değerlerinin değişik açılardaki karşılaştırmasını yapabilmek amacıyla, 2 GHz'de ve 'daki azimut açısına göre hedefin şaf bulutsuz ve şaf bulutlu RKA değerleri Şekil -5 (b)'de gösterilmektedir. Şekillerden görüleceği üzere, şaf bulutu senaryoya önemli bir RKA katkısı yapmakta ve hedef RKA'sının ortalama olarak 5 katı kadar katkı sağlamaktadır. Dolayısıyla, şaf bulutu seçilen 2 GHz civarında kendisinden beklenen gölgeleme görevini başarıyla sağlamaktadır.





Şekil 5: Hedef ve Şaf bulutunun (a) frekansa karşı, (b) bakış açısına karşı RKA bilgisi

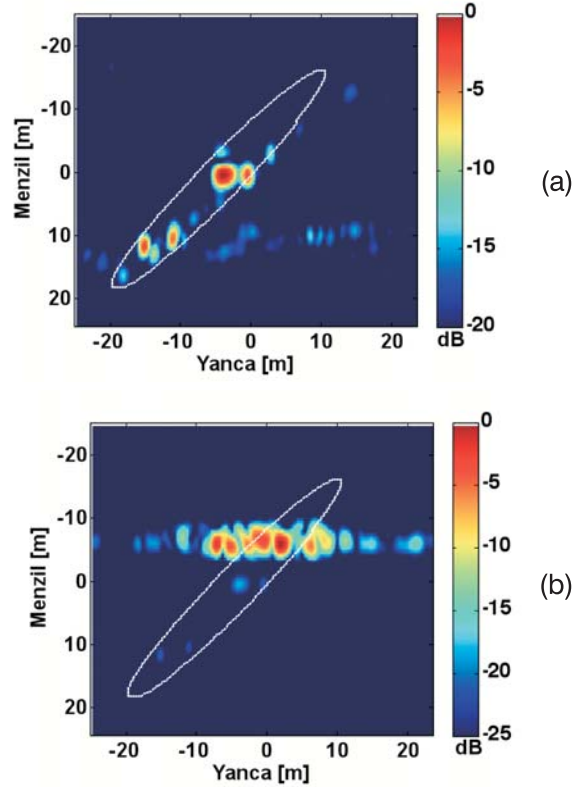
Her iki benzetim sonuçları kullanılarak, geri saçılan 2B elektrik alan verisi kullanılarak, hedefin şaf bulutu yokken ve varken 2B TYAR görüntüleri elde edilmiştir. Bu amaçla, Fourier bazlı TYAR görüntüleme algoritması kullanılarak [3,4], Şekil 6(a) ve (b)'de de gösterildiği üzere savaş gemisi hedefinin şaf bulutu olmadan ve şaf bulutu varken 2B TYAR görüntüleri elde edilmiştir. Şekil 6(b)'de de görsel olarak izlenebileceği gibi şaf bulutundan geri saçılan EM enerjisi, hedeften geri saçılan EM enerjisinin yaklaşık 10-12 dB üzerine çıkmaktadır. Böylelikle muhtemel tehdit radarına karşı bir önlem olarak, şaf bulutu hedefi şaşırtma durumunu başarı ile sağlamaktadır.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada bir savaş gemisinin farklı frekans ve bakış açıları EM benzetimi gerçekleştirilmiş olup, bir EKÖ yöntemi olarak şaf bulutunun etkinliği, hedef şaf bulutu benzetiminin yapılması ve bu iki benzetimin karşılaştırılmasıyla araştırılmıştır. Bu çalışmada tasarlanan şaf elemanı ve şaf bulutu modelinin, seçilen hedefi belirlenen çalışma frekansı ve bakış açıları başarı ile gölgeleyebildiği gösterilmiştir. Özellikle hedefin şaf bulutu olmadan ve şaf bulutu varken durumları için elde edilen 2B TYAR görüntüleri, şaf bulutunun hedefi gölgeleyebilmedeki başarısını göstermektedir.

6. Kaynaklar

- [1] Zaharis, Z.D. and Sahalos, J.N., "On the electromagnetic scattering of a chaff cloud" Electrical Engineering, Springer-Verlag, 85: 129-135, 2003
- [2] Ling, H., Chou, R. and Lee, S. W., "Shooting and bouncing rays: calculation the RCS of an arbitrary shaped cavity", IEEE Trans Antennas Propagat., 37: 194-205. 1989.
- [3] Özdemir, C., Chang K. (Ed), "Synthetic Aperture Radar", Wiley Encyclopedia of RF and Microwave Engineering, New York: Wiley-Interscience, 2005.
- [4] Yılmaz, B., Özdemir, C., "Nümerik Yöntemlerle Saçılan Alan Hesabı, 3-B Ters Yapay Açıklı Radar Görüntülerinin Elde Edilmesi ve Saçılma Merkezleri Analizi", 4. Savunma Teknolojileri Kongresi (SAVTEK 2008), s. 259-267, Ankara, 26-27 Haziran 2008
- [5] [http://en.wikipedia.org/wiki/Chaff_\(countermeasure\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Chaff_(countermeasure))
- [6] Constant, J.N., "Off-resonant chaff system for a large target viewed by low frequency radar", 459-542. 1974.
- [7] <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Usnchaff.jpg>
- [8] <http://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/systems/chaff.htm>
- [9] Bhalla R., Ling H., "A fast algorithm for signature prediction and image formation using the shooting and bouncing ray technique", IEEE Trans Antennas Propagat, 43: 727-731, (1995).



Şekil 6 (a): Sadece savaş gemisinin, (b) Savaş gemisi ve şaf bulutunun 2-B TYAR görüntüsü