

RADAR

Sinan KULAÇ
Elektrik Müh. - ASELSAN
Doç. Dr. Erdem YAZGAN

ÖZET

Radarlar önceleri askeri amaçlar için geliştirilmiş olmalarına karşın günümüzde sivil hava trafiğini denetleme, meteoroloji - uzay çalışmaları, denizcilik, kara taşıtlarının hız denetimi vb. gibi birçok alanda insanlığa yararlı işlevlerini sürdürmektedirler.

Bu yazının amacı radarın çalışma ilkesi, türleri, çalışma frekansları, uygulama alanları ve parametreleri hakkında okuyucuya bilgi sunmaktır.

1. GİRİŞ

Tarihteki ilk savaşlarda insanlar ses ve ışıktan yararlanıyordu. Ancak kötü hava koşullarında bu tip haberleşme olanaksızlaşıyordu. Aynı zamanda uzaklık sınırlaması vardı. Uçakların savaşlarda kullanılmaya başlanılmasından sonra da, uçakların hedeflerine ulaşmadan sezelebilmeleri konusu önem kazandı.

Hareketli hedeflerin yerlerinin saptanması için çeşitli yöntemler geliştirildi. EKO (yankı) ilkesi ile hareketli hedeflerin varlığının sezilmesinin ve konumlarının saptanmasının en uygun biçim olduğu zamanla kabul edildi.

Doğada da yarası gibi bazı canlılar EKO ilkesi ile çevrelerindeki engellerin yön ve uzaklıklarını saptayabildikleri bilinmektedir. Yarasalar karanlıkta hiçbir yere çarpmadan uçarlar. Bunun nedeni araştırıldığında, bu hayvanların insan kulağının duyamayacağı frekanslarda sinyalleri yaydıkları ve bunların çevrelerindeki engellerden yansıyıp gelen ekolarını değerlendirerek engellerin yerlerini saptadıkları anlaşılmıştır.

Radarlar da temel olarak eko ilkesine uyarlar. Çok yüksek frekanslarda sinyaller yayarlar ve bunların hedeflerden yansıyıp geri gelenlerini toplayıp değerlendirerek hedeflerin yön, yükseklik, boyut ve uzaklıkları hakkında bilgi edinilmesinde yardımcı olurlar.

2. RADARIN GELİŞME AŞAMALARI

RADAR - Radio Detection And Ranging kelimelerinin kısaltılmasıyla elde edilmekte olup, yasal sözcük olarak

1940 yılının Kasım ayında Amerikan Deniz Kuvvetleri tarafından kabul edilmiştir. Radar, Fransa'da "DEM-Detection e'lectromagne'tique", Almanya'da "Funkmessgerat" olarak bilinir. Uluslararası kullanılan adı ise RADAR'dır.

Radarların bugünkü bilinen özelliklerine ulaşabilmeleri uzunca bir süreç içinde yüzlerce bilim adamı, mühendis ve teknisyenin katkılarıyla olanaklı olabilmıştır. Bu süreç içindeki önemli aşamalar şöyle sıralanabilir;

1886'da Heinrich HERTZ; Radyo dalgalarının yansıma teorisini geliştirdi.

1903'de HULSMAYER; Radyo dalgalarının bir gemiden yansıtılarak sezilmesini sağladı. 1904 yılında da birkaç ülkede hedef sezici için patent hakkı elde etti.

1922'de MARCONI; Radyo sezinleme için yeni donanımlar geliştirdi.

1922'de TAYLOR ve YOUNG; Ayrı alıcı ve verici antenlere sahip CW (Sürekli Dalga) radar kullanarak bir gemiyi sezinledi. Dalgaboyu 5 m. idi.

1930'da LA. HAYLAND; İlk kez bir uçağı elektromanyetik dalga girişiminden yararlanarak sezinledi.

1934'de Amerikan Deniz Araştırma Laboratuvarı'nda, Vuru Modülasyonu ile çalışan ilk radar gerçekleştirildi. 1939'da yine Amerika'da erken uyarı için uzunmenzilli radar geliştirildi.

2. Dünya Savaşı'ndan günümüze kadar, teknolojiye gelişmelere koşut olarak radar da her geçen gün daha gelişmiş modelleriyle hizmet vermeye devam etmektedir.

3. RADAR FREKANSLARI

Radar frekansında temel bir sınırlama yoktur. Radarlar 10 m. dalga boyundan (kısa dalga) 10^7 m dalga boyuna (ultraviyole) kadar oldukça geniş bir frekans bandında çalışabilirler.

Pratikte birçok radar mikrodalga frekanslarında çalışır. Temel radar ilkeleri herhangi bir frekansta aynıdır. Ama

dikkate alınması gereken sınırlamalar da oldukça fazladır.

Tablo 1'de radar frekans bandları verilmektedir. <*

TABLO 1. Radar Frekans Bandları (IEEE Standarts 521-1976)

İsim	Frekans Aralığı	Çalışma Frekansları
VHF	30 - 300 MHz	137-144 MHz 216-225 MHz
UHF	300-1000 MHz	420 - 450 MHz 890 - 940 MHz
P - band	230-1000 MHz	
L-band	1000-2000 MHz	1215-1400 MHz
S - band	2000 - 4000 MHz	2300 - 2550 MHz 2700 - 3500 MHz
C - band	4000 - 8000 MHz	5255 - 5924 MHz
X - band	8000-12500 MHz	8500-10700 MHz
Ku - band	12,5-18 GHz	13,4-14,4 GHz 15,7-17,7 GHz
K - band	18-26,5 GHz	23 - 24, 25 GHz
Ka - band	26,5 - 40 GHz	33,4 - 36 GHz
Milimetre	> 40	

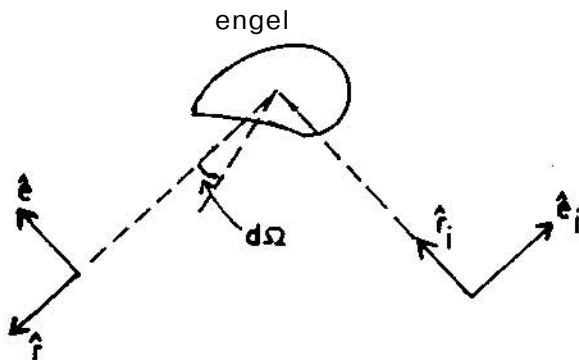
(x) Kaynak No: 2.

Radar çalışma frekanslarını belirleyen etkenlerin başında, radarın kullanım amacı, maliyeti, çıkış gücünün elde edilme zorlukları, anten boyutları gelmektedir.

Radar çalışma frekansının artması ile dalgaboyu küçüleceğinden anten boyutları da küçülür. Düşük çalışma frekanslarında ise yüksek çıkış güçleri daha kolay elde edilebilmektedir. Fakat bu sorun değişik yollarla giderilebildiği için gerek yer gerekse uçaktaki radarlarda, genellikle yüksek çalışma frekansları yeğlenir.

4. RADAR DENKLEMİ

Bilindiği gibi herhangi bir kaynaktan \hat{T}_1 yönünde yayılan bir düzlemsel dalga \hat{S}_i kutuplanma vektörüne sahiptir ve S_i (W/m^2) güç yoğunluğu taşımaktadır (Bkz. Şekil 1). Bu dalga bir engele çarptığında engel yüzeyinde yük ve akımlar oluşturur. Bunlar ikinci bir kaynak olarak ışınarak, saçılan alanları yaratırlar. Saçılan alanların şiddeti



ŞEKİL 1. Engel geri-saçılma alanı

engel geometrisine ve dalganın geliş yönüne bağlı olarak yönlere göre değişebilir. Bir engelden r yönünde ve d fi katı açısı içinde \hat{e} kutuplanma vektörüne sahip olarak saçılan dalgaların gücü;

$$dP = S_i \cdot \sigma(\hat{r}_i, \hat{e}_i; \hat{r}_i, \hat{e}_i) \cdot \frac{d\Omega}{4\pi} \quad (D)$$

olarak yazılabilir. Burada σ ; engelin geri-saçılma alanı (back-scattering cross section) olarak tanımlanmaktadır.

Geliş ve saçılma yönlerinin farklı olduğu durumda saçılmanın "bistatik", aynı olduğu durumda ise "monostatik" olduğundan söz edilebilir.

Şekil 2'de gösterilen iletişim sisteminde yayıcı anten, girişindeki P_t (W) gücünü R_i doğrultusunda G_i ; kazançlı bir anten ile engele doğru yöneltilmektedir. Bu engeldeki "bistatik" saçılma sonunda R doğrultusunda saçılan dalgalar, alıcı antende P_r (W) gücünü oluşturmaktadır.

P_t ile P_r arasındaki ilişki şöyle yazılabilir; yayıcı antenin engelde oluşturabileceği Poynting vektör şiddeti;

$$S_i = \frac{P_t}{4\pi R_i^2} \cdot G_i \quad (W/m^2) \quad (2)$$

biçimindedir. Engel tarafından R yönünde bir $d\Omega$ katı açısı içinde saçılan güç;

$$dP = S_i \cdot \sigma \cdot \frac{d\Omega}{4\pi} = \frac{P_t \cdot G_i}{4\pi R_i^2} \cdot \sigma \cdot \frac{d\Omega}{4\pi} \quad (W) \quad (3)$$

saçılan bu gücün alıcı anten girişinde oluşturduğu Poynting vektör şiddeti;

$$S = \frac{dP}{R \cdot d\Omega} = \frac{S_i \cdot \sigma}{4\pi R_i^2} = \frac{P_t \cdot G_i \cdot \sigma}{(4\pi R_i)^2 \cdot R_j \cdot R} \quad (W/m^2) \quad (4)$$

Kutuplanma ve empedans açılarından uyumlu alıcı antenin (Alma alanı A , kazancı: G) yüke aktarabileceği büyük güç;

$$P_r = S \cdot A = S \cdot \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot G = \left(\frac{\lambda}{4\pi R_i R_j} \right)^2 \cdot H_i \cdot G \cdot G \cdot A \quad (W) \quad (5)$$

Radar sisteminin iletişim kaybı ise;

$$L = \frac{P_t}{P_r} = \left(\frac{4\pi R_i R_j}{\lambda} \right)^2 \cdot \frac{4\pi}{G_i \cdot G_j \cdot X} = \frac{4\pi R_i R_j}{A \cdot A_i \cdot \sigma} \quad (6)$$

olarak ifade edilir.

Verici ve alıcı antenler yerine bir tek anten kullanılırsa bu koşullarda monostatik saçılmadan söz edilir. Bu koşulda $R = R_j$ ve $G \gg G_j$ olarak alınabilir. Bu değerler (5) nolu eşitlikte yerine konulduğunda, alıcı antenin yüke aktarabileceği büyük güç:

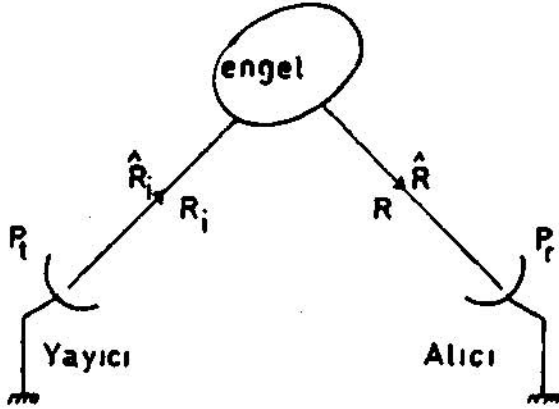
$$P_r = \frac{\lambda^2 \cdot G^2}{[Anf - R^4]} \cdot P_t \quad (W) \quad (7)$$

olur.

Alıcının verilen bir P_r gücünden daha düşük düzeydeki sinyalleri işleyemediği düşünülerek, radarın gözleyebileceği büyük uzaklık;

$$F_{bOyül} = \left[\frac{X^2 \cdot G^2 \cdot P_t \cdot a}{(4TC) \cdot P_r} \right]^{1/4} \quad (m) \quad (8)$$

olarak bulunur. Bu uzaklığa "Radar Menzili" adı verilir.



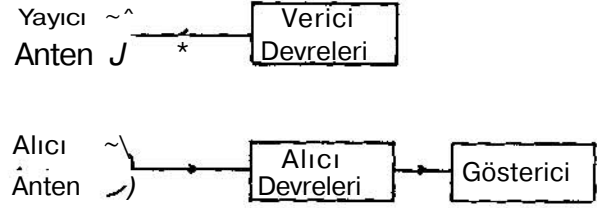
ŞEKİL 2. Radar denklemi (Bistatik Radar) geometrisi

Radardan yayılan engel(ler)e çarparak geri dönmeleri nedeniyle, iletişim kaybı çok yüksektir. (7) nolu eşitlikten de görülebileceği gibi alıcıya ulaşan güç uzaklığın 4. dereceden değeriyle ters orantılıdır.

5. RADARIN ÇALIŞMA İLKESİ

Radarı, nesnelerin varlığını ve konumunu saptayan elektromekanik bir aygıttır. İnsan gözünün yapamadığını yapar ve sis, yağmur, kar, karanlık gibi insan görüşüne kapalı koşullarda görme yeteneğine sahiptir. İnsan gözü gibi, cisimler hakkında ayrıntılara karar veremez, renklerini ayırt edemez ama cisimlerin boyutları; yön, yükseklik, hız ve uzaklıkları hakkında ölçüm yapabilme yeteneğine sahiptir. Radar bu özellikleriyle insanların çevrelerini gözleyebilme duyarlılık ve yeteneğini artırır.

En yalın biçimde bir radarın öbek gösterimi Şekil 3'deki gibi verilebilir.



ŞEKİL 3. Radar öbek gösterimi

Radarı, alıcı ve verici birimleri ile bunların antenlerinden oluşur. Vericide osilatörler tarafından üretilen elektromanyetik dalgalar aynı zamanda yükseltilerek verici antene gönderilir. Verici anten ise kendisine gelen bu dalgayı boşluğa yayar. Boşluğa yayılan dalgaların bir kısmı radar menzili içerisinde bir hedef varsa ona çarpar. Hedefe çarpan dalgaların bir kısmı yine radarın bulunduğu konuma doğru geri yansır. Bu dalgalar alıcı anten tarafından toplanarak alıcıya gönderilir. Alıcıda yükseltilen sinyal çeşitli devrelerden (bu devreler radarın türüne göre değişiklik gösterir) geçerek hedef hakkında bilgi elde edilir. Daha sonra bu bilgi göstericiye (osiloskop) gönderilerek hedefin izlenmesi sağlanır.

Hedefin uzaklığı, verici antenden yayılan dalganın hedefe çarparak yeniden alıcı antene ulaşabilmesine kadar geçen sürenin hesaplanması ile bulunur. Çünkü elektromanyetik dalgaların saniyede $\approx 3 \cdot 10^8$ m yol aldıkları bilinmektedir.

Radara göre hedefin yönü ve açısal konumu, yansıyan dalganın alıcı antene geliş yönünden yararlanılarak bulunur.

Eğer radar ile hedef arasında göreceli bir hız söz konusu ise, hedefin hızı "Doppler Etkisi" aracılığıyla bulunabilir.

Burada öncelikle Doppler Etkisi nedir onu açıklayalım: Radar ile hedef arasında göreceli bir hareket olduğunda, radardan gönderilen dalganın frekansı ile hedeften yansıyan gelen dalganın frekansı arasında bir fark oluşacaktır. Bu fark frekansa "Doppler Frekansı", bu olaya da "Doppler Etkisi" adı verilir.

Doppler frekans kayması şöyle verilebilir;

$$f_d = \frac{2 \cdot V_r}{\lambda} \quad (Hz) \quad (9)$$

Burada; X: Dalgaboyu (m)

V_r : Hedef ile radar arasındaki göreceli hız (m/sn) olarak tanımlanabilir.

f_d ölçülebilir bir değerdir. Dalgaboyu (X) ise;

$$\lambda = \frac{c}{f_0} \quad (m) \quad (10)$$

dan bulunur.

c - Işık hızı, 3×10^8 (m/sn)

f_0 : Verici antenden yayılan dalganın frekansı (Hz)

(9) nolu eşitlikte f_d ölçülebilir, X'da bilinen bir değer olduğu için V_r kolaylıkla hesaplanabilir. Kara taşıtlarının hız kontrolleri de yukarıda anlatıldığı gibi yapılmaktadır.

Doppler etkisi, hareketli ve durgun hedeflerin birbirinden ayırtedilebilmelerine olanak sağladığı için de önemlidir.

Şekil 3'deki çizimde gönderme ve alma için iki ayrı anten gösterilmektedir. İkinci bir anten sisteminin maliyetini artıracığından, pratikte alma ve gönderme işleminin tek antenle yapılması sağlanır. Bunun için radarın türüne göre değişen ek donanımlara gereksinim duyulur.

6. RADAR TÜRLERİ

Radarlar kullanım araçlarına uygun olarak değişik türlerde olabilir. Burada uygunluk, seçilecek türün ekonomik olması, en basit biçimde işlevini yerine getirebilmesi anlamındadır.

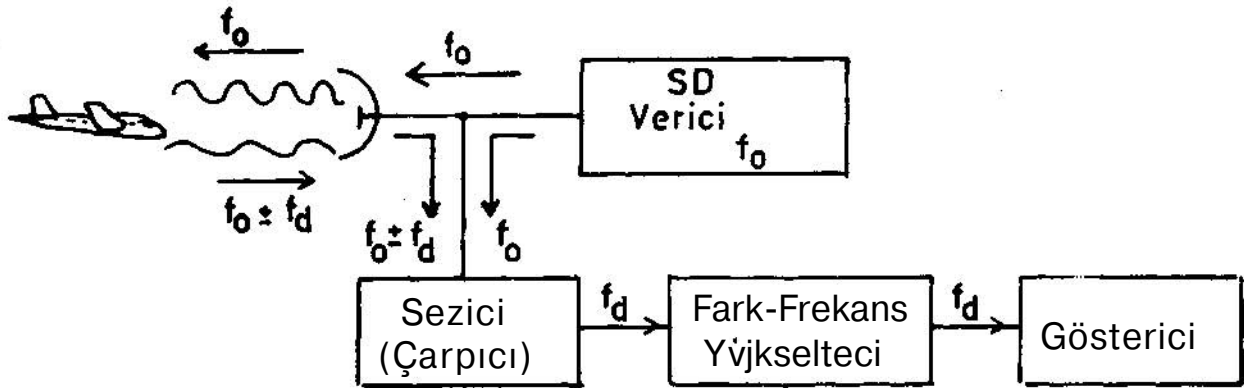
Her türün birbirlerine göre üstünlükleri ve sınırlamaları kuşkusuz vardır. Aşağıda radar türlerinden belli başlıları anlatılmakta ve birbirleriyle karşılaştırılmaları yapılmaktadır.

6.1. Sürekli Dalga-SD- (CW Continuous Wave Radar)

Basit bir SD Radar Şekil 4'de gösterilmektedir.

Bu radarlar, to-frekansında sürekli (modülesiz) dalga üretir ve anten aracılığıyla boşluğa yayar. Hedeften yansıyan dalga yine alıcı anten tarafından alınır. Bu dalganın frekansı Doppler Etkisi nedeniyle $\pm f_d$ kadar kayacaktır. Hedef radara yaklaşırsa (-) uzaklaşırsa (-) işaret geçerli olacaktır, gönderilen ve yansıyan gelen sinyaller çarpıcıya girerler ve çıkışta Doppler frekansı, f_0 elde edilir. Bu işlemde f_d 'nin işareti kaybolur. Yükselteçte ise durgun hedeflerden gelen sinyaller zayıflatılır, f_0 frekanslı sinyal ise yükseltilerek göstericiye gönderilir. Burada önemli bir nokta, yükselteç özeğrisini düşük Doppler frekanslı sinyalleri zayıflatmadan geçirebilecek şekilde ayarlayabilmektir.

SD radarda tek anten ile hem gönderme hem de alma yapılabilir. Bu, Doppler etkisi nedeniyle yansıyan dalganın frekansında $\pm f_d$ kadar kayma olduğu için olanaklı olabilmektedir. Pratikte ise vericiden alıcıya sızma olmakta, bu da alıcının performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle SD radarda alıcı-verici arasını birbirinden yalıtılmak üzere önemli bir sorun olmaktadır. Yalıtım miktarını alıcı duyarlılığı, verici gücü ve verici gü-rültüsü saptar.



ŞEKİL 4. Radar öbek gösterimi

Anten, gönderme sırasında serbest uzaya tam olarak uyumlandırılmayacağı için, gönderilen sinyalin bir kısmı geri yansiyacak ve alıcıya girecektir. Bu arada hedeften yansıyan gelen dalgalar da alıcıya girecektir. Üstelik yansıyan gelen dalganın genliği, vericiden sızan dalganın genliğine göre oldukça düşük düzeyde olacaktır.

Yalıtım için çeşitli önlemler almak olanaklıdır. Bunlardan en ileri olanında, verici sinyalinin bir kısmı doğrudan alıcı içine örneklenecek faz ile genliği öyle ayarlanır ki, alıcı anten yoluyla alıcıya sızan sinyal etkisiz hale getirilir.

Basit SD radar, hedeflerin uzaklıklarını belirleyebilme yeteneğine sahip değildir. Ama frekans modülasyonu ile yayılan sinyalin band genişliğinin artırılması veya aynı anda iki ya da daha fazla frekansta gönderme yapılarak SD radarın, hedeflerin uzaklıklarını ölçebilmesini sağlamak olanaklıdır.

Genelde SD radar tek hedef aygıtıdır. Ama yeteneği çoklu hedefleri sezebilecek şekilde artırılabilir.

SD radarda elde edilebilecek büyük tepe gücü, yalıtım sorunu nedeniyle sınırlıdır. Bu da radarın çalışma menzilinı kısaltmaktadır.

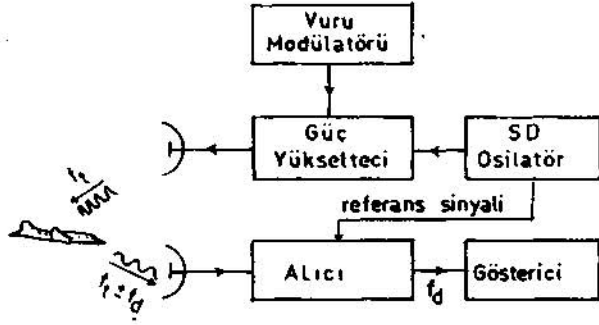
Bu sınırlamaların tersine SD radar özellikle hız ölçümünün önemli olduğu yerlerde kullanım alanı bulabilmektedir.

6.2. Hareketli Hedef Gösterici-HHG-(MTI) Radar

MTI - Moving Target Indication kelimelerinden oluşur ve Hareketli Hedef Gösterici anlamına gelmektedir. Hareketli hedefler tarafından neden olunan frekanstaki Doppler kayması, SD radarda olduğu gibi VURU radarda da hareketli hedefleri durgun hedeflerden ayırtmakta kullanılır. VURU radar, hedefin menzilinı ve açılal konumunu her taramada ölçtüğünden ve hareketli hedefler radarın her taramasında konum değiştirdiklerinden, hareketli hedefleri durgun hedeflerden ayırdedilme özelliğine sahiptir.

İlk VURU radarlarda Doppler bilgisi kullanılmıyordu. II. Dünya Savaşı'ndan sonra kullanılmaya başlandı. Doppler bilgisini kullanan VURU radara HHG RADAR adı verilir.

Şekil 5'de HHG radar gösterilmektedir. Şekilden de görülebileceği gibi bir vuru modülatörü ve güç yükseltici ile SD radar, HHG radara dönüştürülebilir. HHG radar, basit bir VURU radardan çok daha karmaşıktır.



ŞEKİL 5. HHG radar

Vuru radarlarda, SD radarlara göre daha yüksek tepe güçleri elde edilebilir. Vuru radarın büyüme uzaklığı Vuru Genişliğine - VG - (Pulse width - PW-) ye Vuru Bekleme süresine - VBS - (Pulse Recurrence Time - PRT -) bağlıdır.

VURU radarda da alma ve gönderme için tek anten kullanılır. Yalnız burada, bir vuru sinyali gönderildikten sonra, o sinyalin radarın büyüme uzaklığına (menzil) gidip, (eğer varsa) oradaki bir hedeften yansıyor yeniden radara gelebilmesi için geçecek süre içerisinde ikinci bir vuru gönderilmeyerek beklenir. Bu bekleme süresi boyunca anten sadece alma için kullanılır. Bu sürenin sonunda ise ikinci vuru yollar. İşlem böylece sürer gider. Anten, çiftleyici (duplexer) adı verilen bir cihaz ile alma ve gönderme için anahtarlanır.

Gönderilecek iki vuru arasında geçen süreye VBS - Vuru Bekleme Süresi adı verilir. Bunun tersine ise VYF - Vuru

Yineleme Frekansı (PRF - Pulse Repetition Frequency) denilir.

$$VYF = \frac{1}{VBS} \quad (11)$$

Büyük ve küçük VYF değerleri radarın kullanım amacına göre saptanır. Örneğin, uzun menzilli radarlarda, vurunun büyüme menzile gidip-gelmesi için daha uzun bir süre geçeceğinden VYF küçük olmalıdır.

VURU radarlarda, diğer bir önemli parametre VG - Vuru Genişliğidir. Vuru genişliği daraldıkça radara daha yakın hedefleri sezebilmek olanaklı olmaktadır. Örneğin, hava trafiğini denetleyen radarlarda, hedeflerin radarlara en yakın uzaklıktan sezelebilmeleri önemli olduğundan, vuru genişliği dar olmalıdır. Vuru genişliğinin fazla olmasının bir sakıncası da radarın hedef çözünürlüğünü azaltmasıdır (iki ya da daha fazla hedefin birbirinden ayırtılamayacak, tek bir hedef gibi görülmesi gibi). Daha yüksek tepe güçleri elde edilmek isteniyorsa yine vuru genişliği dar tutulmalıdır.

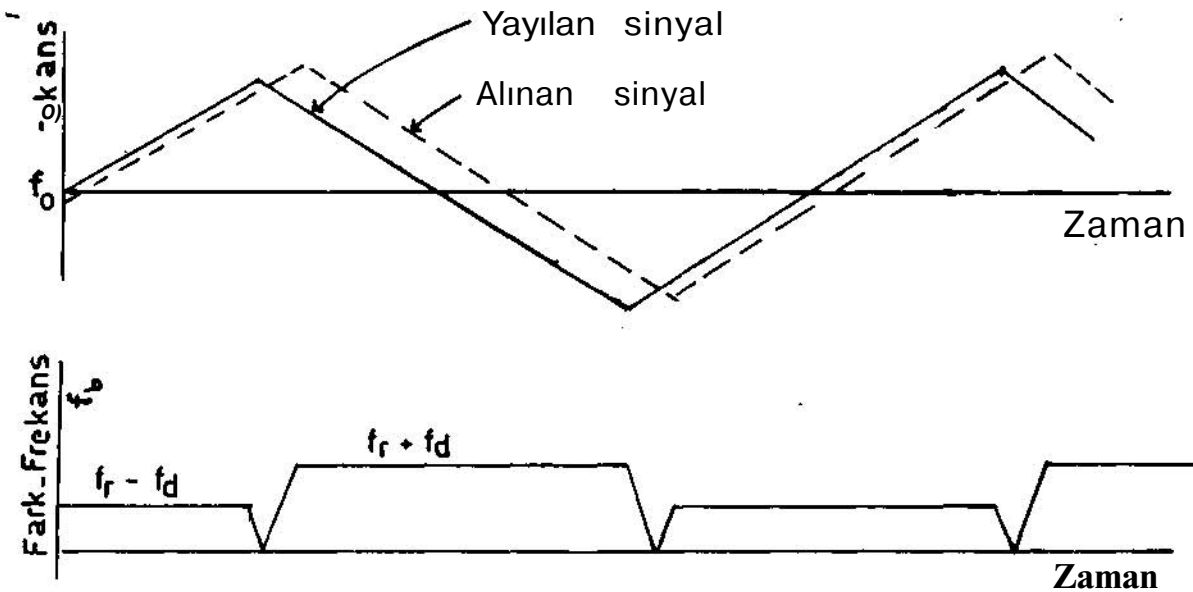
6.3. FM Radar

FM - Frequency Modulation (Frekans Modülasyonu) özelliğinin SD radara uygulanmasıyla, SD radarının hedeflerin uzaklıklarını ölçebilme yeteneğine sahip olabilmesinin olanaklı olduğundan söz edilmişti.

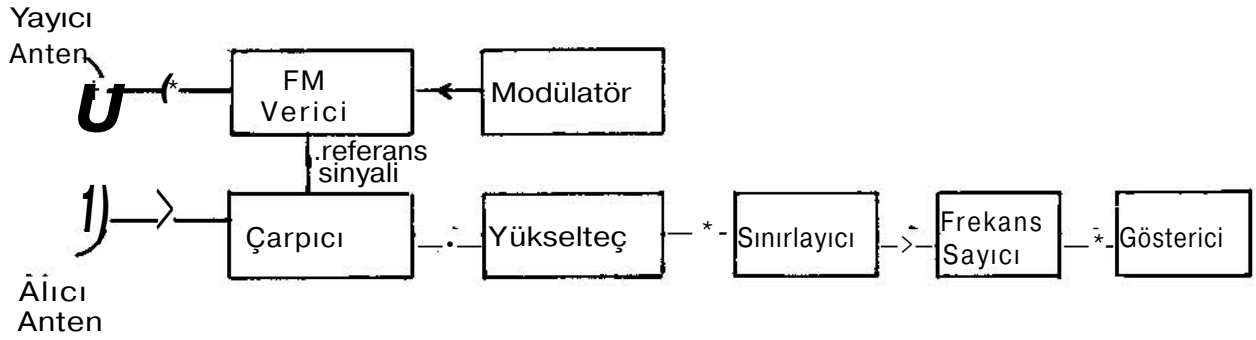
Verici, sabit iki referans frekansının altında ve üstünde sürekli olarak değişen frekanslarda dalga yayıyor (Bkz. Şekil 6).

Herhangi bir anda alıcıya gelen dalganın frekansı ile o anda vericiden yayılan dalganın frekansı arasındaki farktan yararlanarak hedefin radara olan uzaklığı ölçülebilir.

Şekil 7'de FM radarı gösterilmektedir.



ŞEKİL 6. FM Radarda Frekans-Zaman ilişkisi



ŞEKİL 7. FM radar öbek gösterimi

Eğer frekans fm değerinde modüle ediliyorsa ve değişim (deviation) Af kadarsa gönderilen ve alınan dalgalar arasındaki frekans farkı;

$$f_r = \frac{4Rf_m Af}{c} \quad (12)$$

biçiminde verilebilir. Görüldüğü gibi fr'nin ölçülmesiyle uzaklık (R) hesaplanabilmektedir.

FM radara, FM - SD radar da denilir. FM - SD ilkesinin temel uygulamalarından biri de uçaklarda yükseklik ölçer (altimeter) olarak kullanılmasıdır. Yükseklik ölçerde, yerin büyük geri-yansıtma alanına sahip olması ve yer-uçak arasındaki uzaklığın fazla olmaması nedeniyle, düşük güçlü vericiye ve düşük kazançlı antene gereksinim duyulur.

7. LASER RADAR SİSTEMLERİ

Radar çalışma frekansları elektromanyetik görüngenin (spectrum) optik bölgesine kadar ulaşmaktadır. Bu durum laserin bulunması ile olanaklı oldu.

İlk optiksel radar sistemlerine LIDAR (Light Detection And Ranging) adı veriliyordu. Daha sonra, çok ilkel ve düşük performanslı LIDAR tekniklerinden ayırmak için yeni tekniklerle elde edilen radarlara LADAR (LASer De-

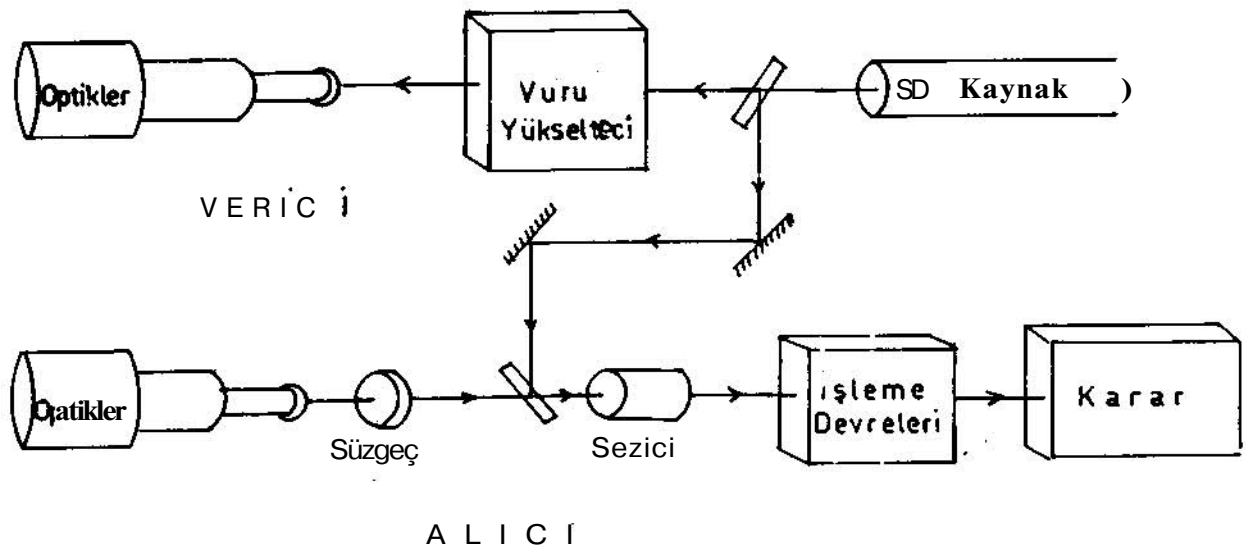
tection And Ranging) adı verildi. Daha önceleri Xenon ve diğer Flashn-Lamp'ler kullanılıyorken sonraları laser kullanılmaya başlandı. Laser aydınlatıcıları uygun elektro-optiksel alçılar ile birleştirildiğinde LADAR'a ulaşıldı.

Radar hedeflerinden yansıyor gelen sinyaller iyi tanımlanabildiği halde, Ladar hedeflerinden yansıyor gelen optiksel sinyaller, hedef sezme için çok uygun değildi. Daha sonraları, sinyal işleme tekniklerindeki ilerlemeler ışığında hedeflerin uzaklık ve yükseklikleri çok doğru bir şekilde ölçülebildi.

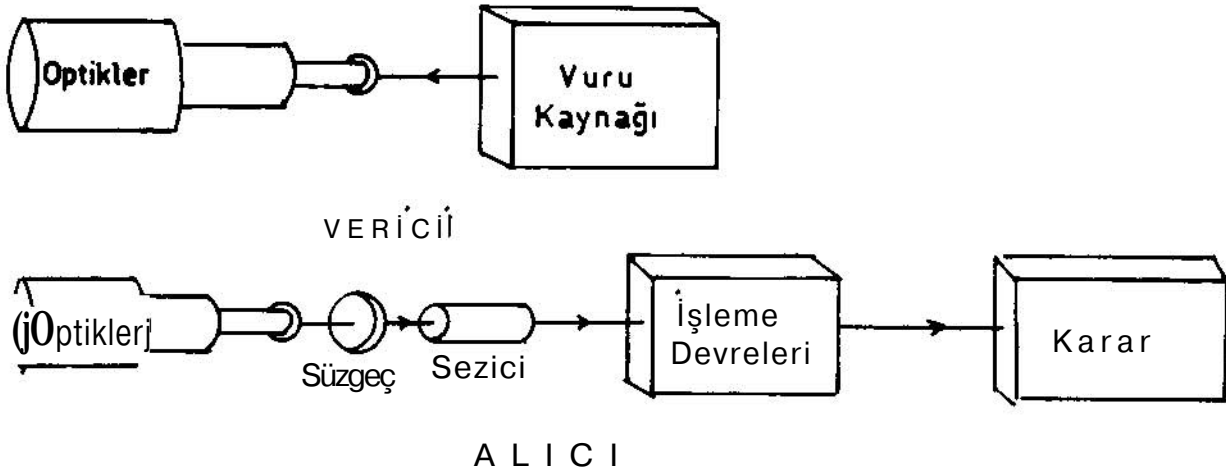
Ladar sistemi büyük bir band genişliğine ve çok yüksek açısal çözünürlüğe sahiptir. Verimliliğinin düşük olması ve atmosferik yayılma sınırlamaları ise olumsuz yönleridir.

Ladar alıcısı tasarımında, çok iyi bilinen iki sezme tekniğinden yararlanır. Bunlardan ilki heterodyne sezme tekniğidir ve ikincisinden daha ileri bir tekniktir. Diğer ise basit bir teknik olan enerji sezme tekniğidir (Bkz. Şekil 8-9).

Şekil 8'deki teknikte, düşük güçlü SD kaynağın ürettiği optik-dalga yükseltilecek, optikler aracılığıyla yayılır. Alıcı optiklere gelen optik-dalga, girişteki süzgeç tarafından süzülür. Vericiden örneklenen sinyal ile çarpılarak seziciye gönderilir. Sinyal işleme devrelerinden ve karar verici devrelerden geçtikten sonra hedef hakkında bilgi sahibi olunur.



ŞEKİL 8. Heterodyne-Sezme Radar modeli



ŞEKİL 9. Enerji-Sezme Ladar modeli

Enerji sezme tekniğindeki gönderme işlemi bir önceki tekniikle aynıdır. Burada tek fark, vericiden bir kısım enerji alıcıya örneklenmez.

Ladarın gelişmesi çok yavaş adımlarla olmaktadır. Laser ışın tarama yöntemleri ile sinyal işleme tekniklerinin geliştirilmesi ve yüksek çıkış güçlerinin elde edilmesi durumunda Ladar sistemleri daha geniş uygulama alanları bulacaktır.

8. RADAR KULLANIM ALANLARI

Radar, her ne kadar önceleri askeri amaçlar için kullanılmaya başlandı ise de, günümüzde askeri-sivil birçok alanda kullanılmaktadır. Radarın kullanım alanlarını aşağıdaki başlıklar altında toplamak olanaklıdır.

a- Hava gözetleme:

Uzak menzil erken uyarı.

Yükseklik ölçer ve üç boyutlu radar.

Havaalanı ve uçuş-yolu gözetleme.

Silah sistemlerine yetenek kazandırma.

b- Uzay ve Füze Denetleme:

Uydu gözetleme

Balistik füze uyarımı

c- İzleme ve Kılavuzluk:

Yangın kontrol

Menzil gösterme

Uydu gösterme

Füze Kılavuzluğu

Kesin yaklaşım ve isabet ettirme.

d- Hava Durumu Radarı:

Gözlem ve önceden tahmin.

e- Astronomi ve Jeodezi:

Gezegenlerle ilgili gözlem

Yer haritası çıkartma

f- Yüzey Araştırma ve Savaş Alanı Gözetleme:

Deniz araştırma ve denizcilik

Ağır silahlarda yön bulucu.

g- Kara Taşıtlarının Hız Denetimi

KAYNAKLAR

(1) Skolnik, I.M., Introduction to Radar Systems, Mc Graw-Hill Book Comp., 1962.

(2) Fink, G.D., Christiansen, D., Electronic Engineers Handbook, Mc Graw-Hill Book Comp., 1982.

(3) Schlesinger, J.R., Principles of Electronic Warfare, Peninsula Publishing, 1979.

(4) Şafak, M., Antenler ve Yayılma - Ders Notları, 1981.

(5) Rihaczek, W.A., Principles of High Resolution Radar, Mc Graw-Hill Book Comp., 1969.

(6) Handle, E., "Survey of Bistatic and Multistatic Radar", IEE Proceedings-F, Vol. 133, No. 7, S. 587-595, December 1986.

(7) Bachman, C.G., Laser Radar Systems and Techniques, Artech House, Inc., 1979.