

GENETİK ALGORİTMA KULLANARAK TEL ANTEN TASARIMI

Semanur Kırıcı, Adnan Köksal*
Başkent Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bağlıca, Ankara
kirici@baskent.edu.tr

*Hacettepe Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Beytepe, Ankara
koksals@hacettepe.edu.tr

Özet: *Günümüzde birçok sistemde çeşitli özelliklerdeki antenlere duyulan ihtiyaç, tasarımcıları hızlı sonuç veren, bilgi ve tecrübeye fazla ihtiyaç duyulmayan yöntemler üzerinde çalışmaya yönlendirmiştir. Bu çalışmada bir elektromanyetik benzetim programı olan SuperNEC 2.5 ile birlikte çalışan bir Genetik Algoritma yazılımı geliştirilmiştir. Bu programla çeşitli tel anten tasarımları yapılmıştır.*

1. Giriş

Çok sayıda sistemde yaygın olarak kullanılan tel antenler günümüze kadar genellikle tümevarımsal yöntemler kullanılarak tasarlanmıştır. Bu yöntemler, tasarlanan anteni basit yapılarla sınırlar ve uzun vakit gerektirir. Ayrıca bu yöntemde tasarımcının, bilgi, tecrübe ve sezgilerine ihtiyaç vardır. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, karmaşık yapıdaki tel antenlerin kısa sürede analizine olanak sağlamıştır. Bu durum tasarımcıları, bilgi, tecrübeye ve sezgiye gerek duyulmayan, 'otomatik' anten tasarım yöntemleri üzerinde çalışmaya yönlendirmiştir. Bu yöntemlerden bir tanesi Genetik Algoritma kullanarak tel anten tasarımıdır [1-3]. Bu çalışmada Genetik Algoritma ile birlikte elektromanyetik benzetim programı kullanılarak çeşitli tel anten tasarımları yapılmıştır.

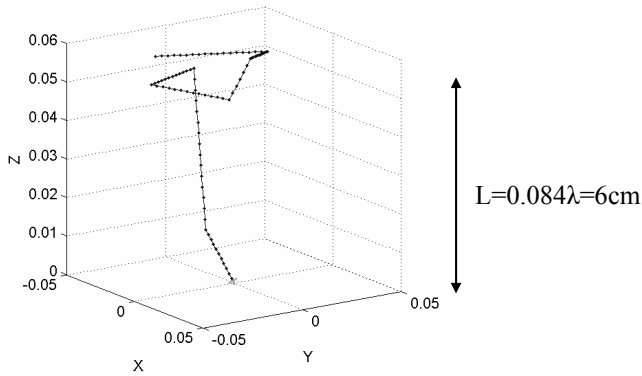
2. Tasarım Yöntemi

Genetik Algoritmalar Darwin'in doğal seçim ve evrim teorisi ilkelerine dayanan optimizasyon yöntemleridir. Bir problemin Genetik Algoritma ile çözümü, problemi sanal olarak evrim sürecinden geçirerek yapılır. Bu çalışmada kullanılan SuperNEC adlı elektromanyetik benzetim programı, parametreleri kendisine girdi olarak gönderilen her bir antenin benzetimini gerçekleştirir ve anten performansını belirleyen benzetim sonuçlarını bir dosyaya kaydeder. Geliştirilen Genetik Algoritma programı, bu dosya içerisinden maliyet fonksiyonunun hesaplanmasında gerekli olan parametre değerlerini alır ve değerlendirir. Maliyet değerine göre değerlendirilen kromozomlardan sağlıklı olanlar seçilip çiftleştirilirken, sağlıksız olanlar popülasyondan çıkarılır. Böylelikle bir önceki neslin sağlıklı bireylerinden ve bunların çiftleştirilmesiyle meydana gelen çocuklardan yeni bir nesil oluşturulur. Bu yeni neslin üyeleri belirli bir oranda mutasyona tabi tutulduktan sonra eski nesil üyelerinin yerine konur. Bu işlem, başlangıçta tanımlanan algoritmayı sonlandırma koşulları sağlanıncaya kadar devam eder.

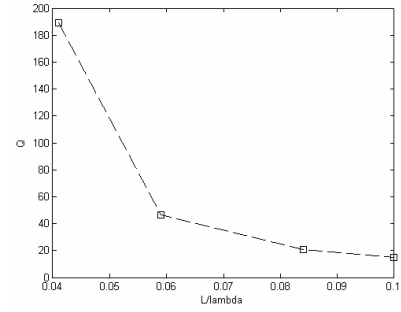
3. Genetik Algoritma İle Tasarlanmış Tel Anten Örnekleri

Son yıllarda, her türlü elektronik cihazda minyatürleştirilmenin gittikçe önem kazanmasıyla birlikte, elektriksel olarak küçük antenler üzerindeki çalışmalar da artmıştır. Wheeler [4] küçük bir anteni, en büyük boyutu $1/2\pi$ dalga boyundan (radyan uzunluğu) küçük anten olarak tanımlamıştır. Rezonans frekansının bant genişliğine oranı olan Q, küçük ve rezonant bir antenin performansını en iyi belirten parametredir. Küçük anten tasarımında en büyük sorun, anten boyutu azaldıkça yayılım direncinin düşmesi ve yayılım reaktansının yükselmesidir. Genetik Algoritma ile kapasitif ve induktif reaktansları birbirini yok eden, böylece rezonansa giren antenler tasarlamak mümkündür [1]. Bu çalışmada öncelikle, elektriksel olarak küçük, kendinden rezonant tel antenler tasarlandı. Bu antenler, birbirine seri olarak bağlanmış, belirli sayıda telden oluşmaktadır. Bu antenler sonsuz toprak düzlemi üzerinde modellenmiştir. İlk tel için başlangıç koordinatı (0,0,0) olarak belirlenmiştir ve diğer tellerin koordinatları, belirli bir küp hacminin dışına çıkmayacak şekilde Genetik Algoritma tarafından belirlenmektedir [1-2]. Optimizasyonun amacı, 400 MHz civarında rezonansa giren, düşük VSWR değerine sahip, mümkün olduğunca geniş bantlı küçük tel antenler tasarlamaktır. Bu amaçla maliyet fonksiyonu, 400MHz

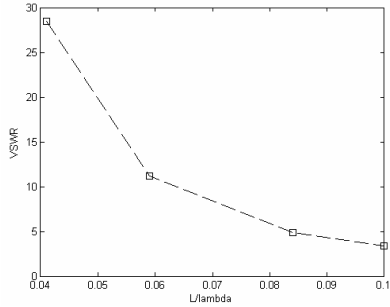
ve civarındaki iki frekanstaki VSWR değerlerinin toplamı olarak belirlenmiştir. Antenlerin kaç telden oluşacağı ve antenin kaplayacağı hacmin büyüklüğü başlangıçta belirtilirken, tellerin boyutları ve koordinatları GA tarafından belirlenmektedir. Bir kenarı 0.04λ ile 0.1λ arasında değişen küp hacmine sığacak her bir anten boyutu için, 5-9 telden oluşan anten benzetimleri yapılmıştır. Genetik Algoritmadaki her bir kromozom, her bir anteni oluşturan tellerin koordinat değerlerini ifade etmektedir. Kromozomları oluşturan her bir gen, bir eksen değerini ifade etmekte ve 7 bittten oluşmaktadır. Her bir koordinat ekseninin $2^7 = 128$ değer alma olasılığı vardır. Popülasyon 600 kromozomdan oluşmaktadır. Tellerin çapı 0.8mm 'dir. Seçim yöntemi olarak popülasyon küçültme kullanılmıştır. Popülasyondaki kromozomların en iyi %40'ı bir sonraki nesile aktarılırken, bu yeni popülasyonu oluşturan kromozomların %60'ı önceki popülasyondaki kromozomların çaprazlanması ve mutasyona uğratılması sonucu oluşturulmuştur. Mutasyon olasılığı %0.5 olarak belirlenmiştir. Toplam 90 nesil oluşturulduğunda algoritma sonlandırılmıştır. Şekil 1'de, optimizasyon sonucunda elde edilen 0.084λ boyutlarında bir anten örneği gösterilmiştir. Şekil 2'de, optimizasyon sonucunda elde edilen, boyutları 0.04λ ile 0.1λ arasında değişen antenlerin Q değerlerinin anten boyutuna göre değişimi gösterilmiştir. Görüldüğü gibi boyut arttıkça Q değeri düşmektedir. Şekil 3'te ise anten boyutuna göre VSWR değişimi gösterilmiştir. Şekil 4'te aynı boyutlardaki monopolün VSWR değerlerinin çok daha yüksek olduğu görülmektedir.



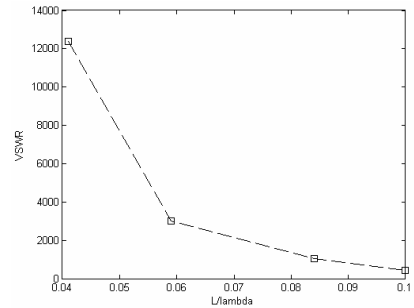
Şekil 1. 7 telden oluşan genetik anten



Şekil 2. Genetik antenlerin elektriksel büyüklüğe göre Q değişimi



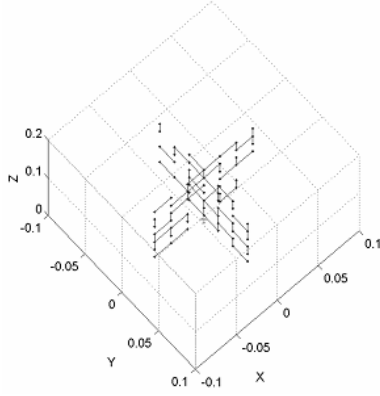
Şekil 3. Genetik antenlerin elektriksel büyüklüğe göre VSWR değişimi



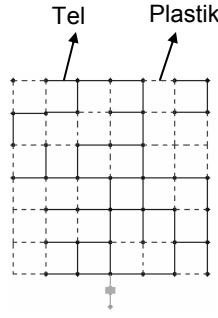
Şekil 4. Monopolün elektriksel büyüklüğe göre VSWR değişimi

Elde edilen antenler 400 MHz civarında rezonansa girmektedir. Bu antenler kendinden rezonant olduğu için herhangi bir uyumlandırma devresi gerektirmemektedir. VSWR değeri daha da düşürülmek istenirse bir empedans dönüştürücü kullanmak yeterli olacaktır.

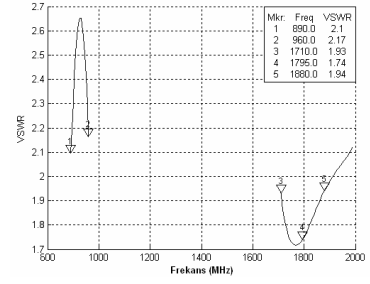
Şekil 5'te, genetik algoritma ile tasarlanan ikinci anten örneği gösterilmiştir. Bu anten, 3 bantlı cep telefonu frekanslarını bastırmak amacıyla tasarlanmıştır. Anten sonsuz bir toprak düzlemi üzerinde modellenmiştir ve antenin bulunduğu yarı uzayın alt kesimlerinde tüm yönlü yayılım hedeflenmiştir. Bu anten birbirine dik iki tane kare çerçeve üzerine yerleştirilen tellerden oluşmaktadır. Bu tellerin boyutları ve bulunabileceği yerler belirlidir. Şekil 6'da tek bir çerçeve üzerine yerleştirilmiş tellerden oluşan yapı gösterilmiştir. Bu örnekte tellerin boyutu 2cm ve çerçevenin boyutu 12cm 'dir. Yatay ve dikey olarak yerleştirilebilecek toplam tel sayısı $6 \times 7 \times 2 = 84$ 'tür. Şekil 5'teki anten için, iki çerçeve üzerine yerleştirilebilecek toplam tel sayısı $84 \times 2 = 162$ 'dir. Her bir kromozom toplam 162 bittten oluşmaktadır. Her bir gen, bir telin olma ya da olmama (1 ya da 0) durumunu ifade eder. Toplam 162 olası tel için 162 bit bulunmaktadır.



Şekil 5. Genetik ağ anten



Şekil 6. Genetik antenin parça yapısı



Şekil 7. Genetik antenin frekansa göre VSWR değişimi

Optimizasyon parametreleri belirlenirken 3 bantlı cep telefonu frekanslarında 3'ün altında VSWR ve $\theta = [70^\circ 80^\circ 90^\circ]$ düzlemlerinde tüm yönlü yayılım hedeflenmiştir. Benzetim frekanslarında her bir θ değeri için, 45° 'lik açılarla alınan Φ değerlerinde yayılım örüntüsü hesaplanmıştır. Maliyet fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$\text{Maliyet fonksiyonu} = \sum_f \left(\frac{\sum_{\theta} \left(\sum_{\phi} (\text{Kazanç}(\theta, \phi, f) - \text{Ort.Kazanç}(\theta, f))^2 \right)}{\text{Toplam } \theta \text{ sayısı}} + C.VSWR(f) \right) \quad (1)$$

$$\text{Ort. Kazanç}(\theta, \phi) = \frac{\sum_{\phi} \text{Kazanç}(\theta, \phi, f)}{\text{Toplam } \phi \text{ sayısı}}, \quad VSWR \leq 3 \Rightarrow C=0.1, \quad VSWR > 3 \Rightarrow C=1$$

Popülasyon 500 kromozomdan oluşmaktadır. Seçim yöntemi olarak popülasyon küçültme kullanılmıştır. Tellerin yarıçapı 1mm'dir. Bir önceki örnekte olduğu gibi popülasyondaki kromozomların en iyi %40'ı değiştirilmeden bir sonraki nesile aktarılmıştır. Mutasyon olasılığı %0.125 olarak belirlenmiştir. Toplam 90 nesil oluşturulduğunda yakınsayan algoritma sonlandırılmıştır. Benzetim frekansları 3 bantlı cep telefonu frekanslarını kapsayacak şekilde 890-960 MHz ve 1710-1880 MHz aralıklarında alınmıştır. Şekil 7'de, antenin VSWR değeri gösterilmiştir. VSWR değerinin, hedeflendiği gibi 3'ün altında olduğu görülmektedir. 900 MHz, 1800 MHz ve 1900 MHz'de $\theta=90^\circ$, 80° , 70° düzlemlerinde yayılım örüntüleri incelenmiştir. sonuçta ϕ 'ye göre kazanç değişimlerinin; 900 MHz için 2dB'nin altında, 1800 MHz için $\theta=90^\circ$, 80° kesitlerinde 2dB'nin altında, $\theta=70^\circ$ için 5dB'nin altında, 1900 MHz için $\theta=90^\circ$, 80° kesitlerinde 2dB'nin altında, $\theta=70^\circ$ için 4dB'nin altında olduğu gözlemlenmiştir.

SONUÇLAR

Geliştirilen Genetik Algoritma ile çeşitli özelliklerde tel antenler tasarlandı. Öncelikle küçük tel anten yapıları üzerinde çalışıldı. 0.04λ ile 0.1λ arasında, kendinden rezonans halinde, herhangi bir uyumlandırma devresi gerektirmeyen küçük antenler tasarlandı. Bu antenler, seri olarak birleştirilmiş 5-9 telden oluşmakta ve 400 MHz civarında rezonansa girmektedir. İkinci olarak, 3 bantlı cep telefonu haberleşmesini bastırmak amacıyla, düzlemsel bir çerçeveye monte edilebilecek, belirli ölçütlere uyan, birbirine dik iki tel yapıdan oluşan anten tasarımları yapıldı. Bu anten tasarımlarında düşük VSWR ve $\theta = 70^\circ$, 80° , 90° düzlemlerinde tüm yönlü yayılım hedeflendi.

KAYNAKLAR

- [1] E.E. Altshuler, "Electrically Small Self-Resonant Wire Antennas Optimized Using a Genetic Algorithm," IEEE Trans. Antennas Propag., cilt.50, syf. 297-300, Mart. 2002.
- [2] E.E Altshuler and D. S. Linden, "An Ultrawide-Band Impedance-Loaded Genetic Antenna," IEEE Trans. Antennas Propagat., cilt.52, syf. 3147-3150, Kasım 2004.
- [3] E.E Altshuler and D. S. Linden, "Wire antenna designs using genetic algorithm," IEEE Antenna Propaga. Soc. Mag., cilt.39, syf. 33-43, Nisan 1997.
- [4] H. A. Wheeler, "Fundamental limitations of small antennas," Proc. IRE, cilt.49, syf. 1479-1484, Aralık 1947.