

Dikdörtgen Dalga Kılavuzuna Sahip Çok Modlu Tek Darbe Beslemeleri için Mod Çeviriciler

Onurhan Duman, Gülbin Dural
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Ankara

onurhan.duman@metu.edu.tr, gulbin@metu.edu.tr

Özet: Bu makalede, dikdörtgen dalga kılavuzuna sahip tek darbe besleme antenleriyle ilgili kısa bilgiler verilmiş, bu tek darbe besleme çeşitlerinden biri olan "çok modlu tek darbe beslemesi" 3 kanala sahip (toplam, yanca fark, yükseliş fark kanalları) ve X-bantta çalışan tasarım örnekleri verilmiştir. Bu 3 farklı kanalın hangi dalga kılavuzu modlarıyla elde edilebileceğinden bahsedilmiş ve bu modların elde edilmesi için tasarlanan iki farklı mod çevirici anlatılmıştır. Sayısal benzetimler için CST Microwave Studio yazılımı kullanılmıştır.

Abstract: In this paper, short information about rectangular monopulse feed antennas is given. A multimode design example which is operating in X-band and has 3 channels (sum, azimuth difference and elevation difference channels) are given. Waveguide modes for realizing this 3 different channels are mentioned and two waveguide mode converters which are designed to obtain these modes are told. Computer simulations are carried out using CST Microwave Studio software.

1. Giriş

Tek darbe radarları 1940'lardan beri kullanılan en popüler olan izleme radarlarından biridir, [1]-[2]. Bu radarlarda anten tek bir darbeye, sahip olduğu toplam ve fark kanallarından aldığı işaretleri işleyerek, izlediği objenin yanca ve yükseliş eksenlerinde oluşturduğu açı bilgilerine, objenin uzaklığı ve hızıyla ilgili bilgiler ulaşmaktadır.

Tek darbe beslemeleri, toplam ve fark kanallarının nasıl yaratıldığına göre 3 türe ayrılabilir.

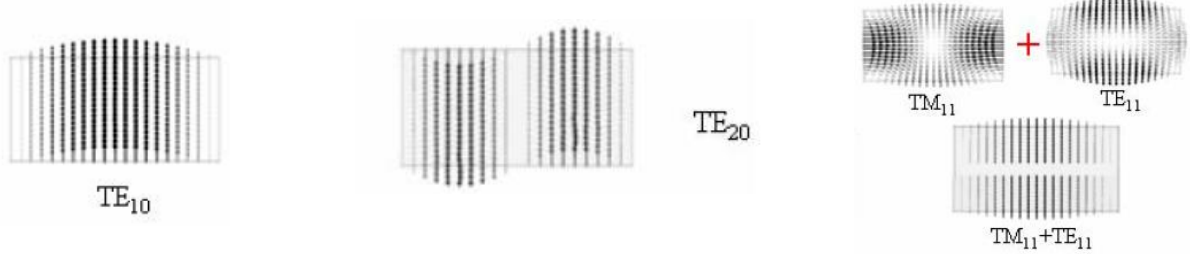
Faz dizili anten ve karşılaştırıcıya sahip tek darbe beslemesi: Bu tür beslemelerde yayın yapan anten faz dizili bir anten olup bu faz dizili antenin elemanları eş genlik ve farklı fazlarda beslenerek toplam ve fark kanalları yaratılabilir. Dizi elemanlarının farklı şekillerde beslenmesi görevini ise karşılaştırıcı adı verilen besleme ağı üstlenir. Karşılaştırıcıların tasarımında genellikle magic tee'ler veya diğer 180 derece hibrit küplörler (rat-race vb.) kullanılır, [3]-[4]. Bu tür beslemelerin tasarımı diğer türlere göre genellikle daha basit olduğundan çoğunlukla tercih edilir.

Mod çeviricilere ve tek yayın yapan elemana sahip tek darbe beslemesi: Bu tür beslemeler, toplam ve fark kanallarını yaratmak için faz dizili anten ve onu gerektiği şekilde besleyen karşılaştırıcı kullanmaz. Toplam ve fark kanallarının ışına örüntüleri, tek bir yayın yapan anten ve bu antenin yayın yapacağı modları yaratan mod çeviriciler kullanılarak yaratılır. Hangi modların yayın yapılacağı tasarıma göre değişebilir. Bu tür beslemeler genellikle dalga kılavuzu altyapısına sahip beslemelerdir ve literatürde çeşitli örnekleri bulunmaktadır. Bu tür beslemelerin tasarımı genellikle daha zordur, ama daha kompakt beslemeler elde edilebilir, [5].

Faz dizili anten, mod çevirici ve karşılaştırıcıya sahip tek darbe beslemesi: Yukarıdaki iki türün birleşimiyle ortaya çıkmış bir tek darbe besleme türüdür. Genellikle dalga kılavuzu altyapısına sahip bir besleme türüdür. Yayın yapan birden fazla anten elemanı vardır. Yayın yapılacak kanala göre hangi modların hangi elemanlardan yayın yapılacağı karşılaştırıcı ve mod çeviriciler tarafından seçilir ve seçilen elemanlar gerekli olan kanalın ışına örüntüsünü elde etmek için gereken modları yayırlar. Bu tür bir beslemenin kullanım amacı, tek darbe radarının yansıtıcısının farklı kanalların ışına örüntüleriyle eşit verimlilikte aydınlatılmasının sağlanmasıdır, [6].

Bu makalenin geri kalanında yukarıda bahsedilen tek darbe besleme türlerinden 2. ve 3. tür beslemeye kullanılabilecek dikdörtgen dalga kılavuzu tabanlı, yanca farkı ve yükseliş farkı kanalları için 2 mod çevirici

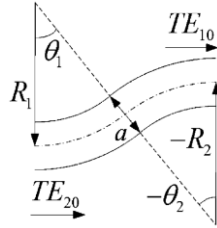
tasarımı anlatılmaktadır. Toplam, yanca ve yükseliş farkı kanallarının ışına örüntülerini elde etmek için hangi modların yayın yapacağı El-Tager ve arkadaşlarının seçtiği şekilde seçilmiştir, [7]. Buna göre toplam kanalının ışına örüntüsünü elde etmek için TE₁₀ modu, yanca fark kanalının ışına örüntüsünü elde etmek için TE₂₀ modu, yükseliş farkı kanalının ışına örüntüsünü elde etmek için ise TE₁₁+TM₁₁ modlarının kombinasyonları anten elemanı veya elemanlarından yayın yapılacak şekilde düşünülmüştür. TE₁₀ modu dikdörtgen dalga kılavuzunun dominant modu olduğundan bu mod, yanca kanalı için tasarlanan mod çeviricide TE₂₀ moduna, yükseliş kanalı için tasarlanan mod çeviricide TE₁₁+TM₁₁ mod kombinasyonuna çevirilecektir. Şekil 1'de bu modların elektrik alan vektörleri dikdörtgen dalga kılavuzunun kesit alanlarında gösterilmiştir.



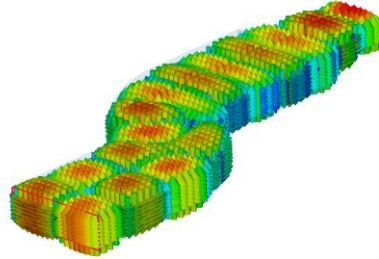
Şekil 1. Kullanılacak dikdörtgen dalga kılavuzu modlarının elektriksel alan vektörleri [7]

2. Yanca Kanalı için TE₁₀-TE₂₀ Mod Çevirici Tasarımı

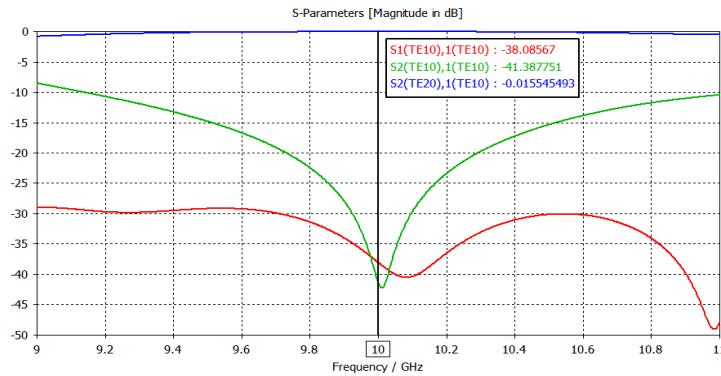
Yanca kanalı için TE₁₀-TE₂₀ mod çevirici tasarımı Qiang Zhang ve arkadaşlarının çalışması temel alınarak yapılmıştır, [8]. Şekil 2'de bu mod çeviricinin geometrisi gösterilmiştir. Şekil 2'de gösterilen parametreler (R₁, R₂, θ₁, θ₂, a) optimize edilerek istenen mod çevirici elde edilmiştir. Şekil 3'te elde edilen mod çeviricinin 10 GHz'te mod çevirme işlemini nasıl yaptığını görsel olarak gösterilmiş, Şekil 4'te ise bu mod çeviricinin S parametreleri gösterilmiştir.



Şekil 2. TE₁₀-TE₂₀ mod çevirici geometrisi [8]



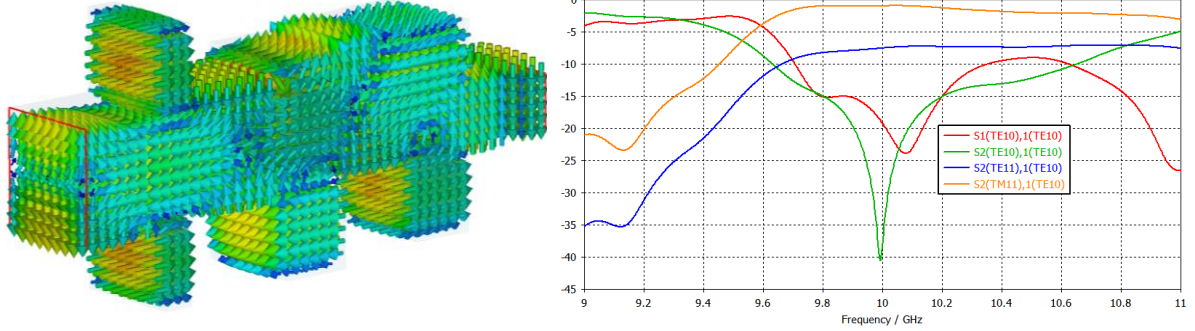
Şekil 3. 10GHz'te TE₁₀-TE₂₀ mod çevirimi



Şekil 4. Tasarlanan TE₁₀-TE₂₀ mod çeviricisinin S parametreleri

3. Yükseliş Kanalı için TE₁₀-(TE₁₁+TM₁₁) Mod Çevirici Tasarımı

Dalga kılavuzunda basamaklı yapı kullanarak mod çevirme methodu daha önce benzer bir şekilde Ming-Chuan Yang ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Ming-Chuan Yang ve arkadaşlarının çalışması H-düzleminde basamaklı dalga kılavuzu yapılarını kullanarak TE₁₀ modunu başka bir TE_{m0} moduna çevirmek üzerinedir, [9]. Sadece H-düzleminde basamaklı bir yapı kullanılarak mümkün olmamaktadır. TE₁₀ modunu TE₁₁+TM₁₁ mod kombinasyonuna çevirmek için E-düzleminde basamaklı bir asimetrik yapı kullanılmalıdır. Bu çalışmada yükseliş kanalı için tasarlanan mod çeviricide bu yapı kullanılmıştır. E-düzleminde 5 basamaklı bir yapıyla bu çevirme işi gerçekleştirilmiştir. Şekil 5'te 10 GHz'deki bu çevirme işlemi geometri üzerinde S parametreleriyle gösterilmiştir. Şekil 5'te görüldüğü gibi TM₁₁ modu değeri ile TE₁₁ modu değeri arasında yaklaşık 6.56 dB fark vardır. Böyle bir TE₁₁+TM₁₁ mod kombinasyonu istenilen yükseliş farkı kanalı dağılımını vermektedir.



Şekil 5. Tasarlanan TE₁₀-(TE₁₁+TM₁₁) mod çevirme işlemi(E-alan vektörleri) ve S parametreleri

5. Sonuç

Bu makalede tek darbe besleme türleri hakkında kısa bilgi verilmiş, dikdörtgen dalga kılavuzuna sahip çok modlu tek darbe beslemelerin yanca fark ve yükseliş fark kanallarında kullanabilecek birer mod çeviri 10 GHz frekansında çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Tasarlanan bu iki mod çeviricinin modları birbirlerine nasıl çevirdiği görsel olarak S parametresi sonuçlarıyla sunulmuştur. Sonuçlar ve çevrim işleminin görselleri incelendiğinde tasarımların 10 GHz'de başarıyla çalıştığı, merkez frekans olan 10 GHz'den sonra ise baskın mod TE₁₁'in bastırımı kötüleştiği için ideal fark kanalı dağılımlarından uzaklaştıkları görülmektedir. Bu iki mod çevirici tasarımı en kısa sürede üretilecek ve CST Microwave Studio yazılımının sayısal benzetim sonuçlarıyla üretim sonuçları karşılaştırılacaktır.

Kaynaklar

- [1]. Leonov A. I., "History of monopulse radar in the USSR," IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, cilt.13 no.5, s.7-13, 1998.
- [2]. Barton D. K., "History of monopulse radar in the US," IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, cilt.25 no.3, s.1-16, 2010.
- [3]. Zhenqui M. ve Wei C., "Angle measurement performance analysis and simulation of sum and difference phase-comparison monopulse radar," IET International Radar Conference 2009, Guilin, Çin Halk Cumhuriyeti, s.1-6 Nisan 2009.
- [4]. Ang K. S., Leong Y. C. ve Lee C. H., "A wide-band monopulse comparator with complete ing in all delta channels throughout sum channel bandwidth," , IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, cilt.51 no.2, s.371-373, 2003.
- [5]. Lui R. J. ve Dou W. B., "Design and Analysis of 3mm Multimode Monopulse Feed," ICMMT '07 International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology, Builin, s.1-4 Nisan 2007.
- [6]. Lee K. M. ve Chu R. S., "Design and analysis of a multimode feed horn for a monopulse feed," , IEEE Trans. on Antennas and Propagation, cilt.36 no.2, s.171-181, 1988.
- [7]. El-Tager A. M., Ahmad H. N. ve Darwish M. M., "Multimode antenna feed system for an x-band monopulse radar," 2009 IEEE Radar Conference, Pasadena, ABD, s.1-4 Mayıs 2009.
- [8]. Qiang Z., Cheng-Wei Y. ve Lie L., "Theoretical design and analysis for TE₂₀-TE₁₀ rectangular waveguide mode converters," , IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, cilt.60 no.4, s.1018-1026, 2012.
- [9]. Ming-Chuan Y., Jia-Han L. ve Webb K. J., "Functional waveguide mode transformers," , IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, cilt.52 no.1, s.161-169, 2004.