

Endüstriyel Mikrodalga Kurutma Sistemleri İçin Filtre Tasarımı

Olca YİĞİT¹, Korkut YEĞİN¹
¹Ege Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bornova, İzmir
olcygt@gmail.com, korkut.yegin@ege.edu.tr

Oğuz Deniz MERDİN¹,
²MET Ltd, ArGe Bölümü
Urla, İzmir
oguz.merdin@metltd.net ;

Özet: Bu çalışmada endüstriyel mikrodalga kurutma fırınları için fırın giriş ve çıkışında kullanılan bant söndürme filtresi geliştirilmiştir. Merkez frekansı 2.45 GHz olan yaklaşık 60 MHz bant genişliğine sahip, endüstriyel mikrodalga fırını için en az 50 dB bastırma gerekmektedir. Bunun için iki boyutlu soralı-kütük yapısında filtre önerilmiş ve simülasyon ortamında tasarımı yapılmıştır.

Abstract: This study presents a bandstop filter design for industrial microwave drying systems where entrance and exit to the drying system are open due to conveyor belt system. The requirement for the industrial system was set as minimum 50 dB attenuation at 2.45 GHz center frequency with +/- 30 MHz bandwidth. Waffle-type two dimensional filter design has been carried out in simulations.

1. Giriş

Endüstriyel mikrodalga kurutma sistemleri çok yüksek güçlerde çalışan sistemlerdir. Bu sistemlerin çoğunda kurutulmak istenen malzeme bir hat üzerinden konveyör yardımıyla fırının içine girer ve çıkar. Ev tipi mikrodalga fırınlardaki gibi tamamen kapalı bir sisteme göre bu tip fırınlarda sinyal bastırma oldukça zordur. Uygulanan mikrodalga gücüne göre bastırma miktarı değişiklik gösterse de fırın dışında maksimum 5 mW/cm² güç değerinin elde edilmesi gerekmektedir.

İlk yatırım maliyetleri yüksek olsa da endüstriyel kurutma sistemleri uzun süredir kullanılmaktadır. Dışarı sızan elektromanyetik enerji yoğunluğunun azaltılması için dalga kılavuzu temelli ama üç boyutlu filtre tasarımları önerilmiştir [2]. Dalgakılavuzu bazlı filter tasarımları uzun süredir bilinmesine rağmen, transvers düzlemde boş-uzay dalga boyuna göre oldukça geniş bir yapı için filter tasarlamak daha farklı bir yaklaşım gerektirmektedir. Yatay düzlemde çok modu arındırması, tek boyuttaki iris bazlı kütük yapısının iki boyuta aktardığını aklı getirmektedir. Bunun için filtre düzlemi sonsuz kabul edilip, dalgakılavuzu kütük bazlı empirik formülasyonlar türetilmiştir. Ancak bu formülasyonlarda kurutulacak malzemenin yüksekliği oldukça küçük kabul edilmiştir ki kütük bazlı kapasitif yüklemenin temeli de buna dayanır. Ancak malzemenin büyüklüğü boş-uzay dalgaboyundan çok küçük değilse, kütüklerin etkisi azalır ve yüzey güdümlü ilerleyen dalga karakteristiği öne çıkar. Bu modun empirik modellemeye dahil edilmesi oldukça güçtür ve 3B alan çözümüne dayalı filtre tasarımı gerekmektedir.

2. Filtre Tasarımı

Temel olarak bastırma miktarının belirlenmesi için fırın içindeki sinyal gücünün değeri bilinmelidir. Fırın kavitesi çok modlu çalışsa da, giriş'e veya çıkışa ilerleyen dalganın TE01 modunda olduğu varsayılırsa, maximum elektrik alan değeri yaklaşık olarak aşağıdaki gibi türetililebilir:

$$E_{\max} = \sqrt{\eta_0 \frac{4P}{ab} \frac{\lambda_g}{\lambda_o}} \quad (\text{V/m}) \quad (1)$$

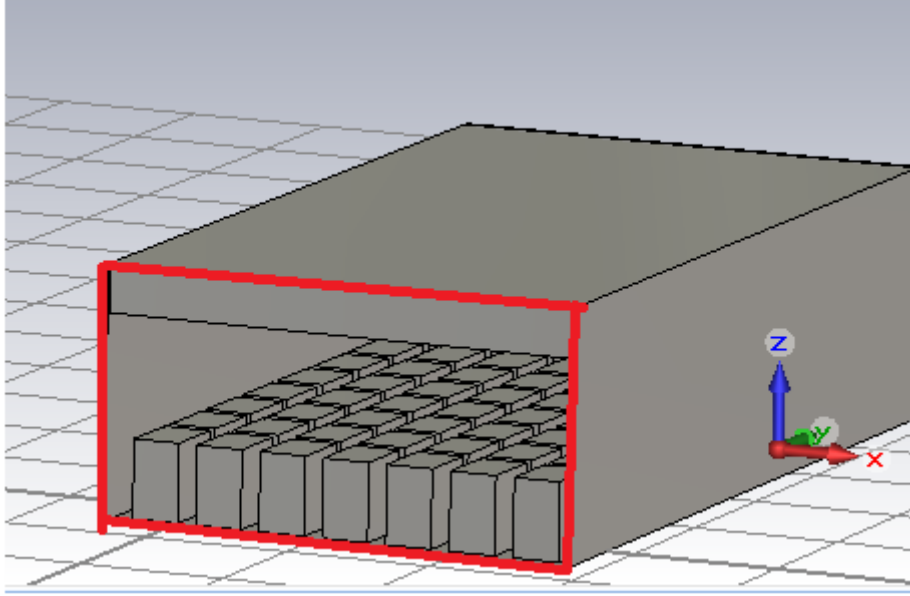
burada $\eta_0, P, a, b, \lambda_g, \lambda_o$ sırasıyla boş-uzay empedansı, güç, dalga kılavuzu uzun kenar ölçüsü, dalga kılavuzu kısa kenar ölçüsü, dalga kılavuzu dalga boyu, boş-uzay dalga kılavuzunu ifade etmektedir[3]. Bu değerlerden yola çıkılarak aşağıdaki sistem istekleri oluşturulmuştur.

Tablo. 1 Sistem İstekleri

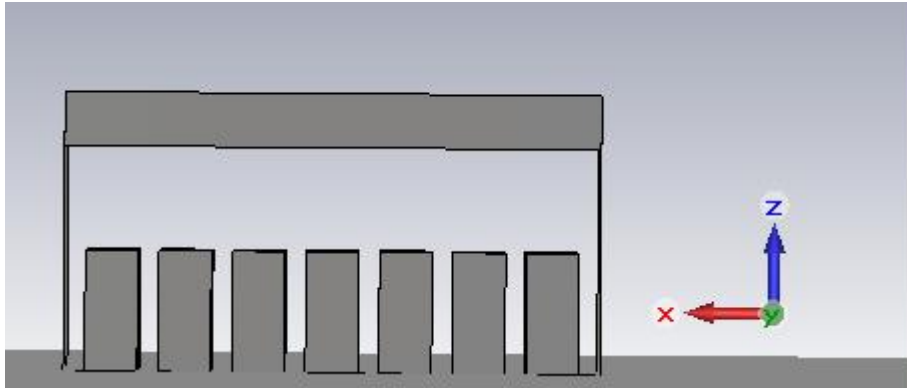
Özellik	Değer	Özellik	Değer
Frekans Bandı	2.45 GHz +/-30 MHz	Açıklık Yüksekliği	80 mm
Mikrodalga Gücü	8kW	Dış alan güç yoğunluğu	< 5 mW/cm ²

Bastırma Oranı	>50 dB		
----------------	--------	--	--

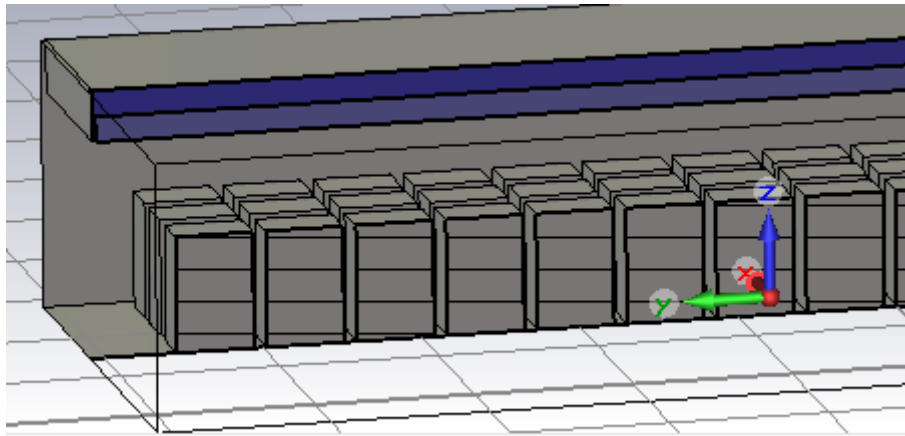
Tasarlanan filtrenin simulasyon modelleri CST MWS'da oluşturulmuş ve Şekil 1, 2 ve 3'de verilmiştir. Kütük yüksekliğinin 65mm olarak alınmıştır. Kütüklerin iki boyutlu düzlemde dizilişleri ve yükseklikleri dalgakılavuzu kütük hesaplamasına göre yapılmıştır.



Şekil 1: Sıralı kütük filtre (kırmızı çerçeveli kısım giriş portu temsil etmektedir.).



Şekil 2: Ön kesit gösterimi

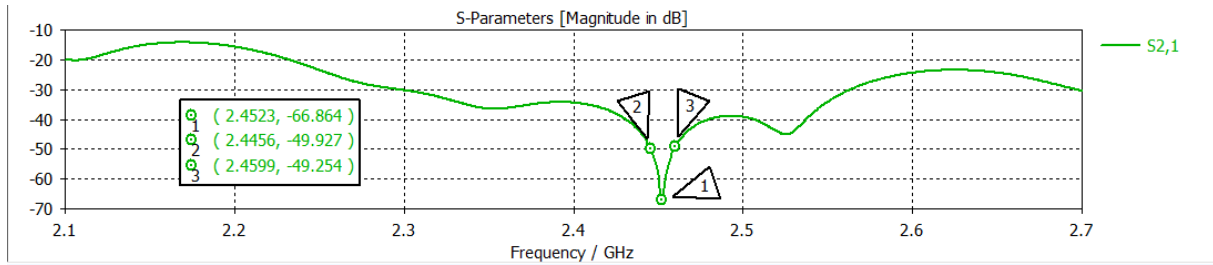


Şekil 3: Yan kesit Gösterimi (Kütük yükseklik 65 mm , kütükler arası uzaklık 14 mm , tüm port boy 210 mm ,eni 600 mm , üst kısımda suyun yüksekliği 35 mm dir .)

3. Simülasyon Sonuçları

Filtrenin CST MWS benzetim sonuçları Şekil 4’de verilmiştir. İstenilen bastırma oranlarını elde edebilmek için filtre iki ya da üç kat kaskad bağlı şekilde tekrarlanabilir. Ancak bunun için geri yansıma katsayısının da bant aralığında çok iyi olması gerekmektedir. Kapanık filtre yapısı kullanılarak iki kademeli yapıda 50 dB bastırma oranı elde edilmiştir. Simülasyon sonuçları Şekil 4’te verilmiştir. Daha fazla bastırma oranı için kaskad yapı sayısı artırılabilir ancak filtrenin bantı her kaskad yapıdan sonra daha da daralmaktadır. Dolayısıyla bant genişliği kullanılacak kaskad yapı sayısına göre baştan geniş tutulmalıdır.

Çalışmanın bir sonraki aşamasında, filtre içindeki malzeme ile simülasyonun yapılması gerekmektedir. Keza mikrodalga fırın yüklü iken empedans uyum ve iletim karakteristiği değişiklik göstermektedir.



Şekil 4: Filtre iletim karakteristiği

4. Sonuçlar .

Yüksek güçlü endüstriyel kurutma fırınları için, fırın giriş ve çıkışlarında, içinden taşıyıcı kemerin geçtiği iki boyutlu mikrodalga filtre tasarımı sunulmuştur. Simülasyon sonuçlarına göre filtrenin 50 dB’den fazla bastırma kabiliyeti bulunmaktadır. Kullanılan filtre örneği yapısı itibarıyla basit olmasına rağmen, ürün yüksekliğinin kullanılan dalga boyu mertebelerinde olmasından dolayı sıralı-kütük tasarımı zorlayıcıdır.

Kaynaklar

- [1] Yiğit O., Yeğin K. ve Merdin M., “96 kW Industrial Hybrid Microwave Drying System Design”, ARMMS RF Microwave Society 2018 Conference , 2018.
- [2] Sharp E. D., “A high-power wide-band waffle-iron filter,” IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. MTT-11, no. 2, pp. 111 – 116, March 1963.
- [3] Cameron R.J , Kudsia C.M. , Mansour R.R.,”Microwave Filters for Communication Systems: Fundamentals, Design, and Applications”, Wiley Telecom 2018.
- [4] Datta A.K., Handbook of Microwave Technology for Food Application, CRC Press, April 27, 2001
- [5] Cao W., The Development and Application of Microwave Heating, IntechOpen, November 7th 2012
- [6] Nawal A., El G. Eman R., Horeya S., Abd E., Karolin K.,Amel B. , “Impact of microwave heated food on health Journal”, Journal of Advances in Biology,2014 .
- [7] Cristie R., Microwave Ovens, Rourke Educational Media, 2014