

## Doğrusal Olmayan İletim Hatlarındaki RF Soliton Dalga Tasarımı

Abdullah Aksoy, Sibel Yenikaya  
Bursa Uludağ Üniversitesi  
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Bursa

[abdullahaksoy@uludag.edu.tr](mailto:abdullahaksoy@uludag.edu.tr), [sguler@uludag.edu.tr](mailto:sguler@uludag.edu.tr)

**Özet:** Bu çalışmada, RF frekansında; doğrusal olmayan iletim hattında, soliton dalgası modellenmiştir. 100 MHz frekans değeri için doğrusal olmayan iletim hattı tasarlanmıştır. Tasarım için kullanılan simülasyon modelinde; devre elemanlarının değerlerini ve türlerini elde edebilmek için analiz yapılmıştır. Analiz işlemi sonucunda elde edilen devre elemanları kullanılarak devre tasarımı yapılmıştır. Devre tasarımı için LTspice simülasyon programı kullanılmıştır. Analiz işlemlerini gerçekleştirmek için Matlab programı kullanılmıştır.

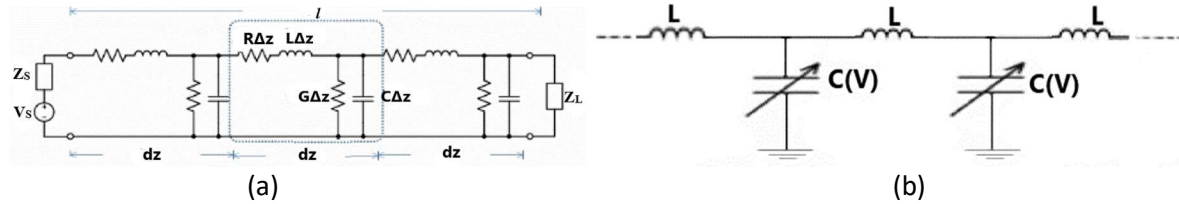
**Abstract:** In this study, the soliton wave is modeled in the nonlinear transmission line at RF frequency. Nonlinear transmission line (NLTL) is designed for 100 MHz frequency value. In the simulation model used for design; analysis has been done to obtain the values and types of circuit elements. Circuit design has been made for the circuit elements obtained as a result of the analysis process. LTspice simulation program is used for circuit design. Matlab program is used to perform analysis operations.

### 1. Giriş

Doğrusal olmayan iletim hatları (NLTL); uzaktan algılama (SAR'lar), savaş alanı iletişim kesintileri, uyduların haberleşmesi, radarlar, ve medikal uygulamalar gibi farklı alanlar için kullanılmıştır [1],[2]. NLTL tabanlı soliton üreteçlerde uzun bir kare giriş darbesi hat üzerinde ilerledikçe sıkıştırılır ve soliton adı verilen dar darbeler oluşur [3]-[5]. Çıkışta oluşan dar darbenin genliği giriş genliğinden fazladır [6]. Neto ve ark. [7] 33 MHz frekansta 30 kademeli LC hattında MV209 varaktörü ve belirli bir doğrusal indüktör kullanarak RF soliton dalga üretimi yapmışlardır. Madhushree ve ark. [8] farklı frekanslarda; farklı yük değerleri ve farklı giriş gerilimleri için aynı doğrusal olmayan varaktör ve doğrusal indüktör elemanı kullanarak RF soliton dalga üretimi yapmışlardır. Rangel ve ark. [9] 30 MHz frekansta, farklı giriş dalga şekilleri için RF soliton dalga üretimi yapmışlardır. Decanini ve ark. [10] Schottky diyotlar kullanılarak yüksek gerilimler için soliton dalgası üretimi yapmışlardır. Bu çalışmada ise doğrusal olmayan iletim hatları üzerinde; 100 MHz frekans değerinde; 30 kademeli LC iletim hatları modellenmiştir. Bu iletim hatlarının tasarlanması için matematiksel analizler yapılmış ve optimum kondansatör ve indüktör değerleri elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda; soliton dalgaları için analitik adımlar gerçekleştirilmiş ve simülasyonu yapılmıştır.

### 2. Doğrusal Olmayan İletim Hattı (NLTL) Analizi

Doğrusal olmayan iletim hattı (NLTL) tasarımı, soliton modellemesi için kullanılabilen bir iletim hat modelidir.



Şekil 1: (a) Doğrusal iletim hattı modeli. (b) Doğrusal olmayan iletim hattı (NLTL) modeli

Devre tasarımında doğrusal olmayan iletim hat modeli kullanılmıştır. İletim hatlarının temel modelleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Doğrusal olmayan devre modeli için 2 temel devre elemanı kullanılmaktadır. Bu devre elemanlardan en az biri doğrusal olmayan eleman olmalıdır. Bu devre elemanları akımla değişebilen indüktörler (L) ve gerilimle değişen kapasitörlerdir (C(V)). Tasarım için kapasitör; doğrusal olmayan devre elemanı, indüktör ise doğrusal devre elemanı olarak modellenmiştir. Devre tasarımı için kullanılan doğrusal olmayan iletim hattı; 30 kademeli LC elemanlarından oluşturulmuştur.

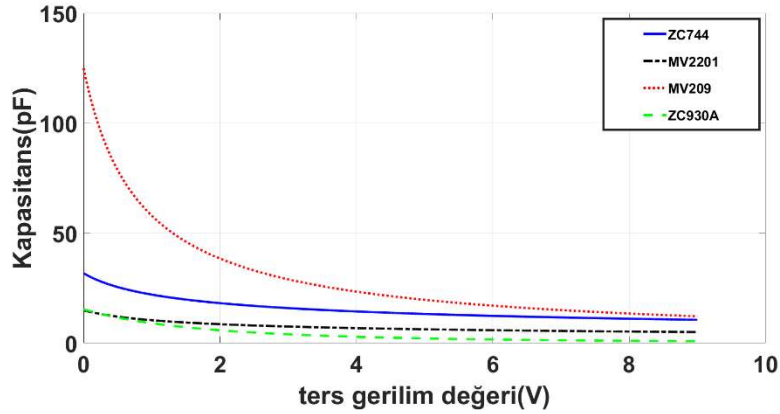
**Tablo1:**Tasarımda kullanılan varaktör türleri ve hesaplanan indüktör değerleri

| Tasarlanan devre modeli | Varaktör diyot türü | İndüktör değeri |
|-------------------------|---------------------|-----------------|
| V1                      | MV2201              | L=2μH           |
| V2                      | ZC744               | L=1μH           |
| V3                      | MV209               | L=0.83μH        |
| V4                      | ZC930A              | L=10μH          |

Tablo1’de tasarım için kullanılacak varaktör türleri ve bu varaktör türlerinin 100MHz frekans için indüktör değerleri gösterilmiştir. Analizde kullanılan doğrusal olmayan varaktör diyotun gerilime göre değişen devre denklemi aşağıda verilmiştir[11].

$$C(V) = C_{j0} / (1 + \frac{V}{V_j})^M \quad (1)$$

Burada  $V_j$  diyot gerilimi,  $V$  giriş gerilimi değeri,  $M$  doğrusal olmayan faktör,  $C_{j0}$  unbiased(öngerilimsiz) diyot bağlantı kapasitansı olarak ifade edilir. Tasarımda giriş gerilimi değeri 9V olarak alınmıştır. Tablo 1’deki varaktör türleri kullanılarak kapasitans değerleri elde edilmiştir. Elde edilen kapasitans değerleri Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2:Varaktör diyot kapasitans gerilim eğrileri

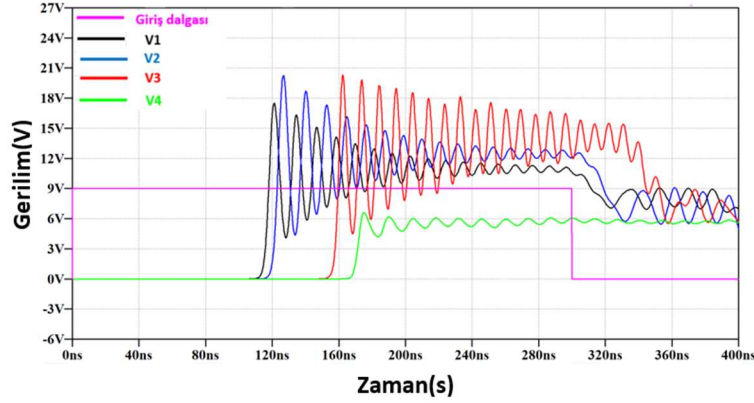
Şekil 2’ye göre; 100MHz frekansta, uygun indüktör değerlerinde çalışan 4 farklı varaktör diyot türü için kapasite gerilim eğrisi gösterilmiştir. Bu eğriler referans alınarak;varaktör ve indüktör devre elemanlarına bağlı  $f_c$  kesim frekansı(bragg frekansı) denklemi aşağıda verilmektedir.

$$f_c = 1 / \pi \sqrt{LC} \quad (2)$$

NLTL hattı üzerinde ilerleyen bir soliton dalgası için hız denklemi[10]:

$$v = 1 / \sqrt{LC(V)} \quad (3)$$

olarak verilmektedir. Burada  $C(V)$  gerilime göre değişen kapasitör değeri,  $L$  ise indüktör devre elemanıdır. Denklem(1) ve denklem(3) analiz edildiğinde giriş gerilimi genliğinin artışı kapasitör değerini azaltacaktır. Bu yüzden gerilim genliği değeri ile NLTL soliton dalgası hızı doğru orantılı olarak değişmektedir. Bir başka ifadeyle soliton dalgası keskinleştikçe yani genliği arttıkça hızı artmaktadır. Diğer dalga türlerinde hız genlikle azalırken soliton dalgasında ise genlikle artmaktadır. Matematiksel Analiz işlemi tamamlandıktan sonra bulunan devre parametreleri kullanılarak, LTspice programı ile devre simüle edilmiş ve simülasyon sonuçları Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3:Tablo1'deki devre modelleri için NLTL hattındaki RF soliton dalgaları

Tablo 1'de tanımlanan 4 devre modeli için çıkış RF soliton dalgası elde edilmiştir.Şekil3'de bu RF soliton dalga modelleri gösterilmiştir. Soliton dalgası modellendiğinde belirleyici faktör dalga genliğidir. Bu belirleyici faktör göz önüne alınarak; tasarlanan devre modeli V2'nin, 100MHz frekansta, genliğinin en yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumda V2 devre modelinin optimum sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

### 3. Sonuç

Bu çalışmada; NLTL hattında, 100MHz çalışma frekansında, soliton dalgası modellenmiştir. Çalışma sonucunda istenilen frekans değerinde, optimum varaktörler ve indüktörler analiz edilerek elde edilmiştir. Bu optimum seçim ile simülasyon devresi kurulmuş ve çıkış RF soliton dalgaları elde edilmiştir. Elde edilen RF soliton dalgaları genlik değerlerine göre analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda V2 devre modeli seçiminin optimum sonuç verdiği görülmüştür.

### Kaynaklar

1. Neto L. P. S., Rossi J. O., Barroso J. J., ve Schamiloglu E. (2016). High-power RF generation from nonlinear transmission lines with barium titanate ceramic capacitors. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 44(12), 3424-3431.
2. Neto, L. P. S., Rossi J. O., Barroso J. J., ve Schamiloglu E. (2018). Hybrid nonlinear transmission lines used for RF soliton generation. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 46(10), 3648-3652.
3. Ricketts D. S., Li X., ve Ham D. (2006). Electrical soliton oscillator. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 54(1), 373-382.
4. Ricketts D. S., Li X., Sun N., Woo K., ve Ham D. (2007). On the self-generation of electrical soliton pulses. *IEEE journal of solid-state circuits*, 42(8), 1657-1668.
5. Yildirim O. O., Ricketts D. S., ve Ham D. (2009). Reflection soliton oscillator. *IEEE transactions on microwave theory and techniques*, 57(10), 2344-2353.
6. Nikoo M. S., ve Hashemi S. M. A. (2017). New soliton solution of a varactor-loaded nonlinear transmission line. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 65(11), 4084-4092.
7. Neto L. P. S., Moraes H. M., Rossi J. O., Barroso J. J., ve Rangel E. G. L. (2020). Increasing the voltage modulation depth of the RF produced by NLTL. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 48(10), 3367-3372.
8. Madhushree M. S., ve M. N. Sujatha. "RF Pulse Generation using Nonlinear Transmission Lines." 2019 4th International Conference on Recent Trends on Electronics, Information, Communication & Technology (RTEICT). IEEE, 2019.
9. Rangel E. G. L., Barroso J. J., Rossi J. O., Yamasaki F. S., Neto L. P. S., ve Schamiloglu E. (2016). Influence of input pulse shape on RF generation in nonlinear transmission lines. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 44(10), 2258-2267.
10. Elizondo-Decanini J. M., Coleman D., Moorman M., Petney S., Dudley E., Youngman K., Penner T., Fang L., ve Myers K. (2015). Soliton production with nonlinear homogeneous lines. *IEEE transactions on plasma science*, 43(12), 4136-4142.
11. Yamasaki F.S., Rossi J.O., ve Barroso J. J. "RF generation using nonlinear transmission lines for aerospace applications." 2013 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave & Optoelectronics Conference (IMOC). IEEE, 2013.