

Elektrik Devrelerinde Lineer Olmayan Dinamik (10 puan)

Bu probleme başlamadan önce ayrı bir zarfta verilen genel talimatları lütfen okuyunuz.

Giriş

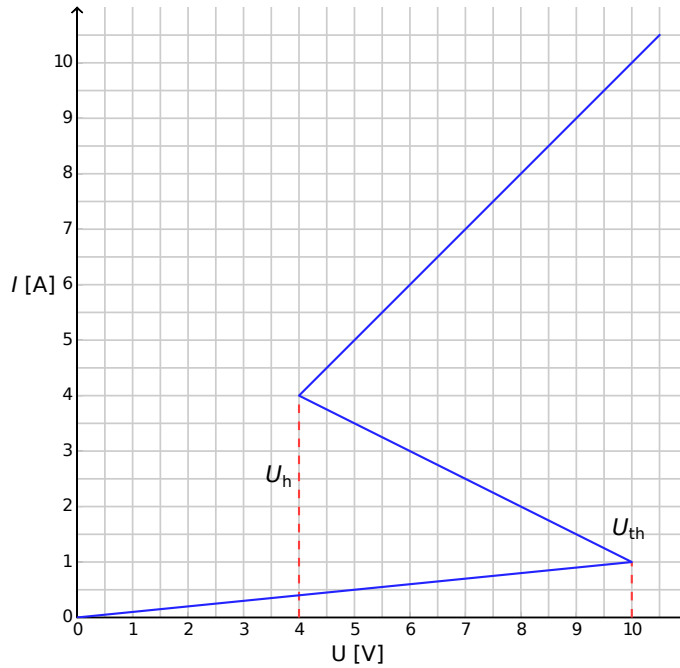
İki kararlı lineer olmayan yarı iletken elemanlar (örneğin tristörler) elektronikte, anahtar ve elektroman-
yetik salınım üreticisi olarak sıklıkla kullanılırlar. Tristörlerin temel kullanım alanı güç elektroniğinde al-
ternatif akımın kontrolüdür, örneğin megawatt ölçeğinde AC akımın DC 'ye çevrilmesinde kullanılırlar.
İki kararlı elemanlar aynı zamanda fizikteki kendini örgütlenme olayı (bu konu problemin B kısmında ele
alınmıştır), biyoloji (Kısım C'ye bakınız) ve modern lineer olmayan bilimin diğer alanlarında model sistem
olarak kullanılmaktadır.

Hedefler

Lineer olmayan $I - V$ karakteristiğine sahip elemanlara sahip devrelerin zor anlaşılabilir dinamiğini ve ka-
rarsızlıklarını incelemek. Bu çeşit devrelerin mühendislikteki ve biyolojik sistemlerin modellenmesindeki
olası uygulamalarını bulmak.

Kısım A. Durgun durumlar ve kararsızlıklar (3 puan)

Şekil 1.de lineer olmayan X elemanının **S-şekilli** $I - V$ karakterini göstermektedir. $U_h = 4.00$ V (tutma vol-
taji) ile $U_{th} = 10.0$ V (eşik voltajı) voltaj aralığında bu $I - V$ karakteristiği çok değerlidir. Basitleştirmek için,
Şekil 1'deki grafik parçalı doğrusal (her bir kol düz bir çizginin parçasıdır) olarak seçilmiştir. Özellikle, üst
koldaki doğru uzatılırsa orijine değmektedir. Bu yaklaşım gerçek tristörler için iyi bir tanım vermektedir.



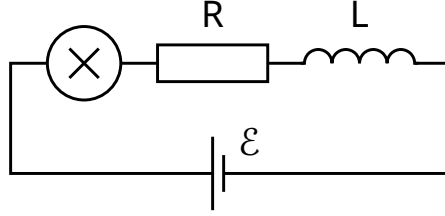
Şekil 1: Lineer olmayan X elemanının $I - V$ karakteristiği

- A.1** Grafiği kullanarak, X elemanının $I - V$ karakteristiğinin üst kolundaki R_{on} direncini ve alt kolundaki R_{off} direncini bulunuz. Orta kol ise aşağıdaki denklem ile tanımlanmaktadır: 0.4pt

$$I = I_0 - \frac{U}{R_{\text{int}}}. \quad (1)$$

I_0 ve R_{int} parametrelerinin değerlerini bulunuz.

X elemanı R direnci, L bobini ve \mathcal{E} ideal voltaj kaynağı ile seri bağlanmıştır (Şekil 2'ye bakınız). Eğer akım zamanla değişmiyorsa, $I(t) = \text{sabit}$, devrenin durgun durumda (stationary state) olduğu söylenir.



Şekil 2: X elemanını, R direncini, L bobinini ve \mathcal{E} ideal voltaj kaynağını içeren devre.

- A.2** Şekil 2'de gösterilen devrenin sabit \mathcal{E} değeri ve $R = 3.00 \Omega$ için olası farklı durgun durumları nelerdir? Sonuç $R = 1.00 \Omega$ için nasıl değişir? 1pt

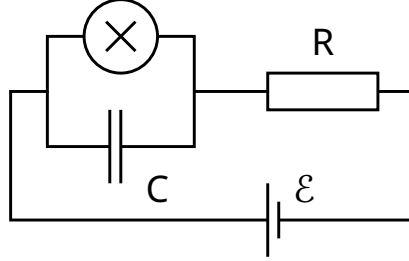
- A.3** Şekil 1'de gösterilen devrede $R = 3.00 \Omega$, $L = 1.00 \mu\text{H}$ ve $\mathcal{E} = 15.0 \text{ V}$ olsun. Durgun durumdaki X elemanı üzerindeki $V_{\text{stationary}}$ voltajının ve $I_{\text{stationary}}$ akımının değerlerini bulunuz. 0.6pt

Şekil 2'deki devre $I(t) = I_{\text{stationary}}$ olacak şekilde durgun durumdadır. Eğer akımdaki küçük bir yerdeğişirmede (akımdaki artma veya azalma), akım durgun duruma dönüyorsa, bu durgun duruma kararlı denir. Eğer durgun durumdan uzaklaşıyorsa, durgun durumun kararsız olduğu söylenir.

- A.4** **A.3** teki sayısal değerleri kullanarak $I(t) = I_{\text{stationary}}$ durgun durumu için durgun durumun kararlılığını inceleyiniz. Durgun durum kararlı mıdır yoksa kararsız mıdır? 1pt

Kısım B. Fizikteki iki kararlı lineer olmayan elemanlar: radyo vericisi (5 puan)

Şimdi yeni bir devreyi inceleyeceğiz (Şekil 3'e bakınız). Bu devrede, lineer olmayan X elemanı $C = 1.00 \mu\text{F}$ değerine sahip kondansatöre paralel bağlanmıştır. Bu kısım daha sonra $R = 3.00 \Omega$ değerine sahip bir dirence ve $\mathcal{E} = 15.0 \text{ V}$ değerine sahip ideal bir sabit voltaj kaynağına seri olarak bağlanmıştır. Bu devrenin tek bir çevrim içerisinde lineer olmayan X elemanının $I - V$ karakteristiğindeki bir koldan diğerine atlayarak salınım yaptığı görülmüştür.



Şekil 3: X elemanını, R direncini, C kondansatörünü ve \mathcal{E} ideal voltaj kaynağını içeren devre.

- | | | |
|------------|--|-------|
| B.1 | Salınım çevrimini $I-V$ grafiği üzerine, yönünü de (saat yönü veya saat yönünün tersine) göstererek, çiziniz. Cevabınızı denklemlerle ve çizimlerle açıklayınız. | 1.8pt |
| B.2 | Sistemin salınım çevrimi süresinde $I - V$ kollarının her biri üzerinde geçirdiği t_1 ve t_2 sürelerini bulunuz. Sayısal değerlerini belirleyiniz. Sistemin $I - V$ grafiğindeki kollar arasındaki geçiş süresini ihmal ederek, salınımın periyodu T 'yi sayısal olarak bulunuz. | 1.9pt |
| B.3 | Lineer olmayan eleman üzerinde, tek bir salınım boyunca harcanan ortalama gücü tahmin ediniz. Mertebenin doğru olması yeterlidir. | 0.7pt |

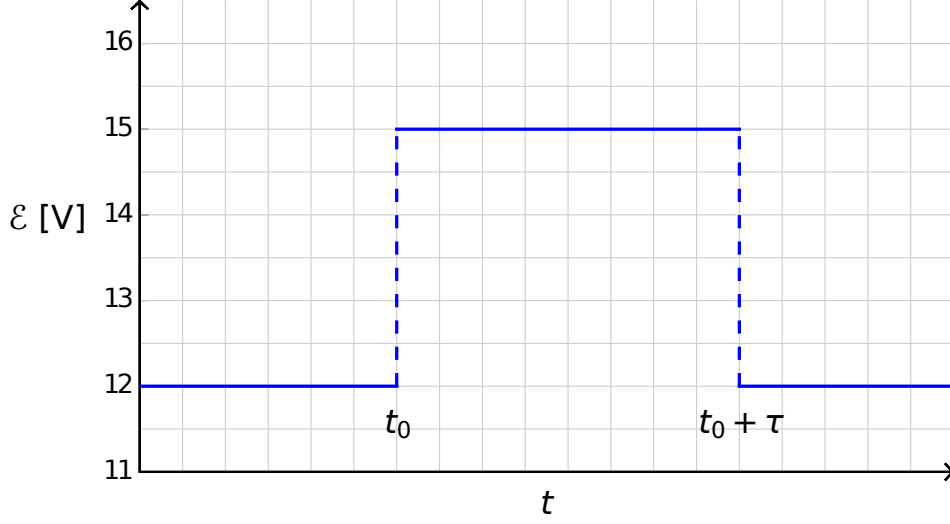
Şekil 3'teki devre, radyo vericisi yapmak için kullanılmıştır. Bu amaçla X elemanı s uzunluklu düz bir antenin (düz uzun bir tel) bir ucuna bağlanmıştır. Telin diğer ucu serbesttir. Antende elektromanyetik duran dalga oluşur. Anten boyunca, elektromanyetik dalgaların hızı boşluktaki hızı ile aynıdır. Verici, sistemin temel harmoniğini (ki bu harmoniğin T periyodu soru **B.2** ile aynıdır) kullanmaktadır. .

- | | | |
|------------|---|-------|
| B.4 | 1 km'yi geçemeyeceğini kabul ederek s için en uygun değeri bulunuz. | 0.6pt |
|------------|---|-------|

Kısım C. Biyolojide iki kararlı lineer olmayan elemanlar: Nöristör (2 puan)

Sorunun bu kısmında biyolojik sistemleri modellemede, iki kararlı lineer olmayan elemanların kullanımını göz önünde bulunduracağız. İnsan beynindeki bir nöron (sinir hücresi) şu özelliğe sahiptir: dışarıdan bir sinyal ile uyarıldığında sadece tek bir salınım yapar ve eski haline geri döner. Bu özellik "uyarılabilirlik" olarak adlandırılır. Bu özellik sayesinde pulslar sinir sistemini oluşturan nöron çiftlerinin ağı(network) boyunca ilerler. Uyarılabilirliği ve puls iletimini taklit edebilmesi için tasarlanan yarı iletken çiplere nöristör (nöron + transistör) denir.

Daha önceki şıklarda incelediğiniz lineer olmayan X elemanını içeren bir elektrik devresi kullanarak basit bir nöristörü modellemeye çalışacağız. Bunun için Şekil-3'teki \mathcal{E} voltaj değerini $\mathcal{E}' = 12.0$ V olacak şekilde azaltıyoruz. Titreşimler duruyor ve sistem durgun duruma ulaşıyor. Daha sonra voltaj değeri hızlı bir şekilde eski $\mathcal{E} = 15.0$ V değerine geri yükseltiyor ve bir periyotluk τ ($\tau < T$) süresi sonucunda tekrar \mathcal{E}' değerine getiriliyor (Şekil-4). Sonra anlaşılıyor ki belli bir kritik $\tau_{crit.}$ değeri bulunuyor ve sistem bu $\tau < \tau_{crit}$ ve $\tau > \tau_{crit}$ durumları için farklı davranışlar sergiliyor.



Şekil-4: Voltaj kaynağının zamana bağlı olarak voltaj değeri

C.1 $\tau < \tau_{\text{crit}}$ ve $\tau > \tau_{\text{crit}}$ zaman aralıkları için lineer olmayan X elemanının üzerindeki $I_X(t)$ akımını zamana bağlı olarak çizin. 1.2pt

C.2 Davranışın değiştiği kritik zaman değeri τ_{crit} 'nin ifadesini türetiniz ve sayısal değerini hesaplayınız. 0.6pt

C.3 $\tau = 1.00 \times 10^{-6}$ s olan bir devre nörüstör müdür? 0.2pt