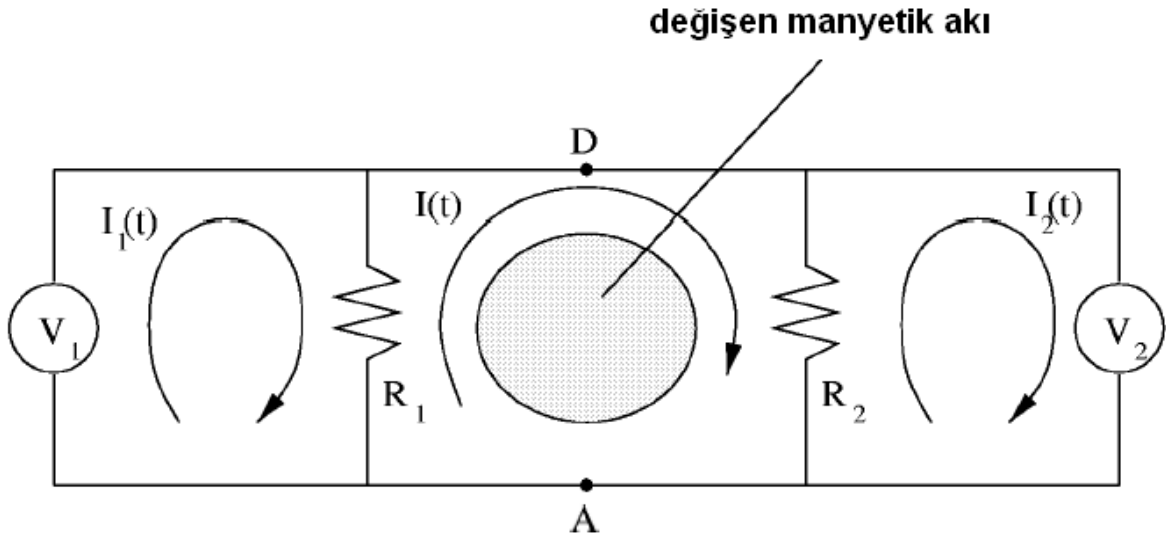


Massachusetts Teknoloji Enstitüsü - Fizik Bölümü

Fizik – 8.02 **Korunumlu Olmayan Alanlar - Sezginize** 15 Mart 2002.
İnanmayın!

Aşağıdaki notlar, 15 Mart, Cuma günkü dersimizde tartıştığımız ve gösterdiğimiz Faraday Yasasının çok sezgisel olmayan sonuçlarını kavramanıza yardımcı olabilir.



Bir manyetik alan şekilde gölgeli alanla gösterilmiştir; sayfa düzlemine diktir ve zamanla değişmektedir. İki özdeş V_1 ve V_2 voltmetresi ve iki R_1 ve R_2 direnci vardır; voltmetrelerin herbirinin iç direnci R_i , R_1 ve R_2 den çok çok büyüktür. Tüm bağlantı telleri ihmal edilebilir bir dirence sahiptir.

Bu devrede üç kapalı ilmek belirleriz: V_1 voltmetresi ve R_1 direncinden oluşan soldaki ilmek (veya halka), iki dirençli orta ilmek ve V_2 voltmetresi ve R_2 direncinden oluşan sağdaki halka. Bu halkalardaki akımları sırasıyla (şekle bakınız) $I_1(t)$, $I(t)$ ve $I_2(t)$ ile isimlendirelim. Herhangi bir t anında her bir halkadaki akımın saat ibresi yönünde olduğunu kabul edeceğiz. Akımlarımızdan biri (veya daha fazlası) negatif olarak elde edilirse, bu, basitçe bu akımın saat ibresinin tersi yönünde demektir.

Sol ve sağdaki kapalı halkalara Kirchhoff'un 2. kuralını uygulayabiliriz.:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \quad (1)$$

Bununla beraber, orta kapalı halkada bu kural kullanılamaz; onun yerine şimdi her zaman geçerli olan Faraday Yasasını kullanmalıyız. Sol ve sağdaki halkalar için de Faraday Yasasını kullanabiliriz (o zaman Faraday Yasasının sağ tarafı sıfır olurdu):

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \varepsilon(t) = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad (2)$$

UYARI: İndüklenmiş EMK, \mathcal{E} , sadece bizim kapalı ilmekle sınırladığımız herhangi bir açık yüzeyden geçen manyetik akı değişimine bağlıdır. Böylece o gölgeli alanda B alanındaki değişime bağlı olur (herhangi bir açık yüzeyi seçebildiğimizden, kağıt düzlemimiz içinde bulunan düzgün bir yüzeyi seçmemizi öneririm). Bu nedenle \mathcal{E} , R_1 ve R_2 den bağımsız olur.

A noktasından başlayarak, yukarıdaki denklemleri uygulayarak ve her bir ilmek etrafında ayrı ayrı saat ibresi yönünde hareket ederek

$$\text{Sol ilmek (denk. 1)} \quad I_1 R_i + I_1 R_1 - I R_1 = 0 \quad (3)$$

$$\text{Orta ilmek (denk. 2)} \quad I R_1 + I R_2 - I_1 R_1 - I_2 R_2 = \mathcal{E} \quad (4)$$

$$\text{Sağ ilmek (denk. 1)} \quad I_2 R_2 - I R_2 + I_2 R_i = 0 \quad (5)$$

denklemlerini elde ederiz.

$R_i \gg R_1$ ve $R_i \gg R_2$, bu nedenle $I_1 \ll I$ ve $I_2 \ll I$ olur ve yukarıdaki denklemler aşağıdaki şekilde basitleşir:

$$I_1 R_i - I R_1 \approx 0 \quad (6)$$

$$I(R_1 + R_2) \approx \mathcal{E} \quad (7)$$

$$I_2 R_i - I R_2 \approx 0 \quad (8)$$

Her bir voltmetre bağlı olduğu teden geçen akımı (soldaki voltmetreden I_1 akımı ve sağdaki volymetreden I_2 akımı) gösterecektir. Voltmetrelerin ölçekleri, o voltmetrenin iç direnci ve üzerinden geçen akımın çarpımı olan bir voltajı verecek şekilde ayarlanmıştır. Böylece soldaki voltmetre $|V_1| = I_1 R_i$ ve sağdaki voltmetre $|V_2| = I_2 R_i$ voltajlarını okuyacaklardır. Bunları (6) ve (8) denklemlerinde yerine yazarsak:

$$|V_1| = I_1 R_i \approx I R_1 \quad (9) \text{ ve}$$

$$|V_2| = I_2 R_i \approx I R_2 \quad (10)$$

denklemlerini elde ederiz.

Şekilde her iki voltmetrenin “+” uçlarını A kenarına (ve “-” uçlarını D kenarına) bağlarsak, herhangi bir anda herhangi bir noktada V_1 ve V_2 nin kaydettiği değerler, derste gösterildiği gibi, **zıt** işaretli olacaktır. Bu, saat ibresi yönündeki bir I akımının saat ibresi yönünde bir I_2 akımı kadar bir I_1 akımını dikte edeceğini farkettiğiniz zaman, derhal açıktır (bu denk. 6 ve 8’den görülebilir; I , I_1 ve I_2 her zaman aynı işaretlidir). Bu, soldaki voltmetreden akım “+” uçtan (A) “-” uca (D) doğru geçtiği zaman voltmetre “pozitif” voltajı gösterecek, sağdaki voltmetreden akım “-” (D) uçtan “+” (A) uca doğru geçtiği zaman voltmetre negatif voltaj okuyacağı anlamına gelir.

R_1 ve R_2 bilirse verilen bir \mathcal{E} için (herhangi bir anda verilen bir noktada; bak denklem 2), I akımı denk. 7'den hesaplanabilir ve voltajlar denklem (9) ve (10) dan görülebilir fakat onlar zıt işaretli olacaktır. $|V_2/V_1| \approx R_2/R_1$ olduğuna (I dan bağımsız) dikkat edilmelidir.

Örnek

Varsayalım ki $\mathcal{E} = 1$ Volt (kağıt düzleminden dışarı doğru manyetik akı arttığı bir anda), $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 900 \Omega$ ve $R_i = 10^7 \Omega$ olsun. Bu durumda denk. (7)'yi kullanarak akımı $I \approx 1,0 \times 10^{-3} A$ (saat ibresi yönünde) buluruz. (9) ve (10) denklemlerini kullanarak $|V_1| \approx \frac{1}{10}$ Volt ve $|V_2| \approx \frac{9}{10}$ Volt olarak buluruz. V_1 ve V_2 'nin işaretleri (polaritesi) zıttır!

I_1 ve I_2 ile ilgilendiğinizde denk. (9)'u kullanarak $I_1 \approx 1,0 \times 10^{-8} A$ buluruz. Denk. (10)'u kullanarak $I_2 \approx 9,0 \times 10^{-8} A$ buluruz. I ile karşılaştırıldığında onların ne kadar küçük olduğuna dikkat ediniz. Hem I_1 ve hem de I_2 , herkisi de saat ibresi yönündedirler.

$R_1 = 5 \Omega$ ve $R_2 = 45 \Omega$ ise (böylece herikisi de yukarıdakilerden 20 kez daha küçük) I yaklaşık $2,0 \times 10^{-2} A$ olacaktır (yukarıdakinden 20 kez daha küçük), fakat V_1 ve V_2 değerleri öncekiler ile aynı olacaktır!

Böylece herhangi bir anda verilen $R_2/R_1 = 9$ oranı için

$|V_2| \approx \frac{9}{10} \mathcal{E}$ ve $|V_1| \approx \frac{1}{10} \mathcal{E}$ bulunur. **Fakat işaretleri her zaman zıttır!**

Özet.

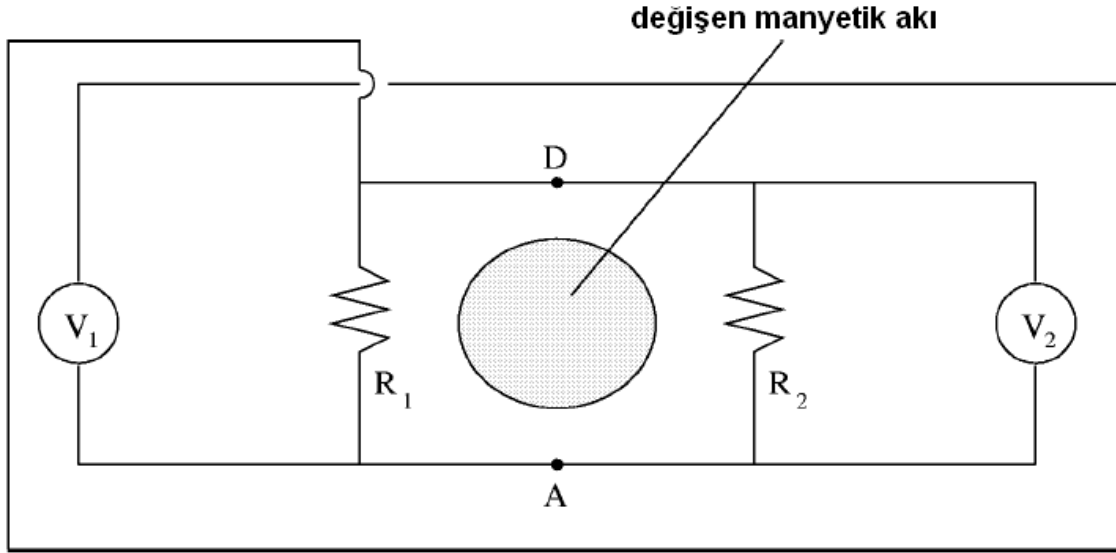
A'dan D'ye R_1 direnci boyunca "ilerlersem" A ve D arasındaki "potansiyel fark"¹ $\approx IR_1$ dir (**A, D'den daha yüksek "potansiyele"¹ sahiptir**) ve bu değer ($V_A - V_D$) sol voltmetre ile kaydedilir. Seyahatime R_2 boyunca devam edip A'ya geri dönersem D ve A arasındaki "potansiyel fark"¹ $\approx IR_2$ dir (**D, A'dan daha yüksek "potansiyele"¹ sahiptir**) ve bu değer ($V_D - V_A$) sağdaki voltmetre ile kaydedilir. Böylece A'dan başlayıp tekrar A'da son bulan ortadaki kapalı halka boyunca seyahatimi tamamladığım zaman "potansiyel fark"¹ $V_A - V_A \neq 0$ olur. Tuhaf değil mi? **HAYIR**, denk. (2) 'ye dikkat edin!

Korunumlu Olmayan (korunumsuz) Alanlarda, elektrik potansiyel farkı¹, bu, iki nokta arasındaki $\vec{E} \cdot d\vec{l}$ 'nin integrali olarak tanımlanırsa, yola bağlıdır ve bizim önseimiz tamamen kırılır.

Kendinizi test edin.

¹ Korunumsuz alanlarda "potansiyel farkı" kelimesini kullanmamak daha iyi olur. Fakat onun yerine "belirli bir yol boyunca $\vec{E} \cdot d\vec{l}$ nin çizgi integrali" söylenmelidir.

Test 1. Bu zor kavramı anlayıp anlamadığınızı görmek istiyorsanız aşağıdaki devrede voltmetrelerinin okuyacağı V_1 ve V_2 rölatif potansiyellerini hesaplayınız. Sayfa 1'deki şeklimizde tel, soldaki voltmetreyi D kenarına bağlıyordu. Şimdi yine D kenarına bağlıyor, ancak bu kez devre etrafında tam bir tur dolanıyor. R_1 üzerindeki teldeki küçük bir yay, onun İki boyutlu gösterimden dolayı kesişiyor gibi gözükken yatay telle temas etmediğini gösterir. Bunu daha iyi vurgulamak için yayın her iki tarafında yatay teli küçük bir miktar kesttim. Bu kesinti gerçek değildir; yatay tel sürekli dir.



Test 2.

Şimdi aynı teli tekrar D kenarına bağlamadan önce tüm devre etrafında bir kez değil 100 kez dolandırın. Böyle yaparak, farkında olmaksızın bir tür dönüştürücü yapmaktasınız (bu derste transformatörleri daha sonra tartışacağız). Şimdi V_1 ve V_2 arasındaki rölatif okumalar ne olacaktır?

Bunun yardımcı olduğunu umarım, bu kolay değildir!

Walter Lewin