

MIT Açık Ders Malzemeleri
<http://ocw.mit.edu>

8.02 Elektrik ve Manyetizma, Bahar 2002

Lütfen aşağıdaki alıntı biçimini kullanınız:

Lewin, Walter, *8.02 Elektrik ve Manyetizma, Bahar 2002*
(Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare).
<http://ocw.mit.edu> (accessed MM DD, YYYY). License: Creative
Commons Attribution-Noncommercial-Share Alike.

Not: Alıntılarınızda lütfen bu materyalin gerçek tarihini kullanınız.

Bu materyalin alıntı olarak gösterilmesi veya kullanım koşullarımız hakkında daha fazla bilgi için, <http://ocw.mit.edu/terms> web sitesini ziyaret ediniz.

MIT Açık Ders Malzemeleri

<http://ocw.mit.edu>

8.02 Elektrik ve Manyetizma, Bahar 2002

Transkript – Ders 17 Hareketsel EMK ve Dinamolar

Son ders, kuşkusuz, tüm derslerimin en önemlisiydi.

Değişen bir manyetik alanın, nasıl bir akım, bir indüklenmiş elektrik alanı ve bir indüklenmiş EMK üretebildiğini gördük.

Faraday bunu, tahtada şurada gördüğümüz ünlü yasasında, ünlü denkleminde ifade etmişti.

Devrenizde kapalı bir halka yada döngü seçin. Her halka olabilir.

O kapalı halkaya bir açık yüzey iliştin. Herhangi bir açık yüzey uygundur.

O zaman halkada bir EMK elde edersiniz; İşte bu EMK, açık yüzeyinizden geçen manyetik akının zamana göre türevidir.

Eksi işareti şunu gösterir: İndüklenmiş akımın kendisi, akı değişimine direnen bir manyetik akı oluşturur. İşte buna **Lenz Yasası** denir.

Bugün bunu daha ayrıntılı şekilde anlatacağım.

İletken bir halka ve bir manyetik alan ile başlayalım.

Bu bir iletken halka. Boyutları y , x olsun. Düzgün bir manyetik alanımız da var.

B manyetik alanı şunun gibi.

Kapalı halkaya iliştiğim yüzeye dik bir vektör seçiyorum; vektörü yukarı yönde seçelim.

Böylece dA ve B arasındaki açıya teta diyelim. B alanı düzgündür.

Böylece akı, Φ_B , B nokta dA 'nın bu açık yüzey üzerinden entegrali olarak tanımlanır,.

Akı bir skalerdir. Ya artıdır, ya eksi, ya da sıfır. Akının yönü yoktur.

Bu durumda integral çok kolaydır: Manyetik alan düzgün olduğu için, akı, B alanı çarpı, açının kosinüsü ve çarpı bu halkanın yüzey alanı olan xy 'den ibarettir.

Böylece, şimdi Faraday'a göre, bu niceliğin zaman türevi EMK'yı verir.

Bu değişimi, çeşitli şekillerde yapabilirsiniz.

dB/dt 'ye sahip olabilirsiniz; yani manyetik alanı zamanla değiştirirsiniz.

Bu halkanın A alanı; onu değiştirebilirsiniz.

Yani dA/dt oluşturursunuz.

Ama isterseniz, θ 'yı da değiştirebilirsiniz. Bir $d\theta/dt$ 'niz olabilir.

İşte bugün bunlara bakacağım.

Buradaki bu sayı, dA 'yı öyle seğtiğim için, pozitif bir sayıdır.

Eğer bir şekilde bu sayı pozitif değerlerde artarsa, geçecek olan indüklenmiş akım, değişime direnecek yönde bir manyetik alan oluşturmaya çalışır.

Böylece bu durumda şimdi pozitif olan akı giderek pozitif yönde artıyorsa, o zaman akım bu yönde akacaktır.

Bu Lenz Yasası.

Böylece, bu akımın kendisi, bu yönde bir manyetik alan oluşturacaktır.

Eğer benim tanımladığım şekilde şu an pozitif olan manyetik akı azalıyorsa, o zaman akım diğer yönde gider.

Geçen sefer, B 'yi değiştirerek birçok gösteri deneyi yapmıştım.

dB/dt söz konusuydu.

Özellikle, aklınızı başınızdandan alan bir deney yapmıştım. Umut ediyorum ki o gösteriyi her zaman hatırlayacaksınız ve torunlarınıza ondan bahsedeceksiniz.

Bugün θ 'yı değiştireceğim ve yüzey alanını değiştireceğim. Bu bana ayrıca indüklenmiş olan EMK'ler ve dolayısıyla kapalı bir iletken halkada indüklenmiş akımları verecektir.

Bir başka kapalı iletken halka daha çizeyim.

Bu halka, y uzunluğuna ve x genişliğine sahip olsun; bunu döndüreceğim.

Benim arzum, sizin bunu üç boyutlu görebilmenizdir.

Bunu, bu eksen etrafında omega açısal frekansı ile döndüreceğim.

Omega eşit, 2π bölü periyottur.

Periyot bir dönüş zamanıdır. Normalde onu büyük T ile gösteririz.

Ama onu bugün öyle yazmak istemiyorum; çünkü bu T 'yi Tesla T ile karıştırabilirsiniz.

Onu bunun etrafında döndüreceğim, böylece oradaki θ açısı, θ eşit θ_0 artı omega t olur; mekaniği hatırlayalım.

Ve θ 'yı, $t = 0$ 'da θ_0 sıfır olacak şekilde seçerim ve θ_0 ile bir işlem olmaz.

Ve şimdi manyetik akım nedir?

Bu benim halkam. Kendime bir yüzey seçeyim.

Pekiye, orada yaptığım gibi, tam bu düz yüzeyi seçeceğim.

Orada düz bir yüzey seçmiştim.

Herhangi bir yüzeyi seçme konusunda özgürüm, düz olanı neden seçmeyeyim.

Ve böylece bu düz yüzeyden geçen akı eşittir: x çarpı y; yani bu halkanın A alanı.

Ve sonra çarpı manyetik alan;

Ve çarpı kosinüs omega t .

Maxwell bana söz konusu olanın, akı olmadığını söyler.

Söz konusu olan, akıdaki değişimdir. Tamam, böylece $d\phi/dt$ eşittir şuna:

A alanı var, manyetik alan var.

Ve türevden, omega çarpı sin omega t elde ederim ve ayrıca bir eksi işareti.

Normalde eksi işaretlerine aldırış etmiyorum, çünkü şu an sadece indüklenmiş EMK'nın büyüklüğü ile ilgileniyorum.

Akımın hangi yönde akacağını daima bilirim. Gerçekten bilirim, çünkü Lenz kanununu biliyorum.

Böylece siz asla bu eksi işaretlerine çok fazla takılıp kalmayın, fakat şu anda burada bunun dışında bir eksi işareti elde ettiğim için buraya eksi işareti koymamak ve bunu artıya dönüştürmek biraz aptalca olur. Çünkü bu, Faraday'a göre derhal EMK'yı verir ve bu EMK zamanla değişmektedir, çünkü sizin burada sinüs omega t'niz var.

Ve böylece geçecek olan akım, yani indüklenmiş akım, ki o da zamana bağlı olacaktır, EMK bölü halkadaki dirence eşittir. Bu tüm devrenin toplam direncidir.

Orada elektrik ampulleri olabilirdi, orada dirençler olabilirdi. O toplam dirençtir.

Ve bu akım, bu halkayı döndürdüğüm zaman sinüsoidal olarak değişecektir.

İşte bunu, **dalgalı akım**, **AC**, diye adlandırırız. Bu AC, duvardaki prizden aldığımız akımdır.

Bu halkanın ikili olduğunu varsayın; ikiliyle kastettiğim şudur: şu şekilde.

Çizimimi yakından izleyin. Yavaşça çizeceğim.

O bunun gibi, bunun gibi, bunun gibi, ve geriye dönüp burada kapatırım; böylece o bir kapalı halkadır, ancak iki sarıma sahiptir.

Bu kapalı halkaya açık bir yüzey yapıştırmalıyım. Bu zorunludur.

Faraday bu kapalı halkaya açık bir yüzey yapıştırmamda ısrar eder.

O neye benzeyecek?

Size onu almanızı, sabuna daldırmanızı ve ona bakmanızı öneririm ve sonra ne göreceksiniz, çünkü sabun bu kapalı halkada her şeye yapışacaktır. Tek bir yüzey göreceksiniz. İki ayrı yüzey değildir. İki ayrı halkanız olmaz.

Yüzey bir tanedir ama iki katmandan oluşmaktadır. Birisi daha aşağıdadır diğeri ise üsttedir.

Ve böylece şimdi manyetik akı iki kat olacaktır. Çünkü bu manyetik alanın hem bu köpük filmle hem de onun altındaki ile etkileşeceğini göreceksiniz ve böylece iki kat EMK elde edersiniz ve eğer bir kapalı halkada N tane sarımınız varsa, büyük N tane, o zaman elde edeceğiniz EMK, N kere daha büyük olur; N'yi 1000 bile yapabilirsiniz.

Bunda bir sorun yok.

Sizin için bir gösteri deneyi yapacağım; burada yerin manyetik alanını ve burada gördüğünüz 42 sarımlı halkayı kullanacağım.

Böylece büyük N, 42'dir. Buradaki gibi, sadece iki değil, tam 42 sarım var.

Sarımlar daireseldir. Bir yarıçapı vardır. Sarımın 30 santimetre civarında.

Burada, görüyorsunuz. O yaklaşık otuz santimetredir.

Böylece alan, πr^2 kare, büyük A, πr^2 kare yaklaşık 0.28 metrekaredir.

Onu kontrol etmek isteyebilirsiniz.

Yaklaşık yarım Gauss olan yerin manyetik alanını kullanıyorum ve böylece eğer SI birim sisteminde çalışırsak, bu yaklaşık olarak 5 çarpı 10 üzeri -5 Tesla'dır.

Ve onu yaklaşık bir saniyelik bir periyotla etrafında döndüreceğim.

Bu, 2π bölü periyoda eşit olan omeganın, yaklaşık 6 radyan bölü saniye olduğu anlamına gelir.

2π – şimdilik ona 6 diyorum.

Ve böylece onu saniyede bir kere döndürdüğümde elde edeceğim EMK nedir?

Pekiye, EMK, zamanın fonksiyonu olarak değişecektir.

42 var, bu N'dir. A var, bu 0.28'dir.

B var, bu 5 çarpı 10 üzeri - 5'tir ve sonra omega var, bu 6'dır ve sonra bu sinüs 6 t'yi koyacağız.

Denklemleri orada görüyorsunuz.

Tek fark, burada, dışarıda, bir büyük N'mizin olması; çünkü kapalı halkada N sarımımız var.

Ve burada sinüs 6'nın önündeki sayı yaklaşık olarak 3.5 milivolttur, bunu kontrol etmelisiniz.

Sonuç, 3.5 çarpı 10 üzeri - 3 çarpı sinüs 6 t 'dir ve bu şimdi volt cinsindedir.

Böylece bir dalgalı EMK elde edersiniz; pozitif, negatif ve elde edeceğiniz maksimum değer 3.5 milivolttur.

Zamanın fonksiyonu olarak EMK'ya bakarsam, bunun gibi bir şey olur.

Ve gerçekten her tam dönüşü 1 saniyede yaparsam, o zaman buradan buraya 1 saniye olacaktır.

Böylece, Ohm Yasasına göre, indüklenmiş EMK, daima indüklenmiş akım çarpı tüm halkanın direncidir. Dolayısıyla, kuşkusuz, indüklenmiş akım da, bu şekilde sahip olacaktır.

Ve onun ne kadar yüksek olduğu, R'nin ne kadar büyük olduğuna bağlıdır.

EMK, büyük R'den bağımsızdır. EMK sadece bu sayılardan çıkar.

Direncin ne olduğuna bağlı olan akımdır.

Şimdi halkayı iki kat daha hızlı çevirdiğimi varsayın.

Omegayı iki katına çıkarırım. Şimdi iki şey değişiyor.

Birincisi, şimdi tam periyodun buradan buraya gitmesi, sadece yarım saniyededir.

Fakat değişen başka bir şey daha var.

Denkleme bakarsanız, EMK de iki katına çıkar.

Denklemler, sanırım tahtanın arkasında kaldı. (Hah işte !) Orada bir omega var.

O omegayla doğru orantılıdır; çünkü sözkonusu olan $d\phi/dt$ 'dir.

Bakınız, omega ortaya çıkıyor. Böylece EMK iki katına çıkıyor; 3.5 milivolt'luk maksimum 7 oluyor. Burada iki kat yüksek, burada ise iki kat düşük bir çizim yapmaya çalışırsam, böyle bir şey elde ederiz; bu omega şimdi bunun iki katıdır.

EMK'nın maksimum değerini iki katına çıkarırsınız.

Onu burada size göstereceğim. Işıklarımı arttıracam.

Orada işarete-duyarlı bir akımölçer görüyorsunuz. O, sağa gidebilir, sola gidebilir.

Şimdi bu halkayı döndürecekim.

Bir halkayı bir manyetik alan içinde, hiç EMK elde edemeyeceğiniz bir şekilde bile döndürebilirsiniz. Bunu size kolayca gösterebilirim.

Bu halkanız olsun ve her nasılsa manyetik alan böyle gelsin. Eğer bu halkayı şimdi bu eksen etrafında çevirirseniz, asla bir EMK olmayacaktır. Çünkü dA ve B her zaman birbirine dik olacaktır. Böylece sistemden geçen hiç bir akı olmaz.

Akı değişimi yoktur.

Fakat, kuşkusuz, onu bu yönde çevirirseniz; hepsi mükemmelen olur.

Böylece, bunu düşünün. Bu tuzağa düşmeyin.

Halkayı hiç akı değişimi olmayan bir şekilde çevirebilirsiniz.

Bizim böyle bir sorunumuz yok, çünkü yeryüzünde burada, Boston'da, manyetik alan gökyüzünden dümdüz aşağıya gelmez, fakat biraz eğikçe gelir, bu yüzden burada hiç sorun olmaz. Bunun, için endişelenmem gerekiyor.

İşte 42 sarımlı halka burada.

Oradaki ölçek mikroamper cinsindedir; böylece eğer isterseniz, döndürdüğüm zaman, halkanın direncinin ne olduğunu hesaplayabilirsiniz. Fakat benim asıl hedefim bu değil.

Onu çevirdiğimde, sizin dalgalı akım elde ettiğinizi görmenizi istiyorum.

Çok mütevazı, çünkü çok yavaş çeviriyorum.

Şimdi daha hızlı çevireyim. Akım omega ile orantılıdır ve böylece eğer daha hızlı çevirirsem, çok daha büyük maksimum indüklenmiş akım elde edersiniz.

EMK ne kadar büyük olursa, akım da o kadar büyük olur. Ne kadar hızlı çevirebileceğimi bilmiyorum. Bu yapabileceğimin en hızlısı.

Neredeyse 4 mikroamper maksimuma çıkıyoruz; burada dalgalı akım, AC, üretiyoruz.

Sistem kırılmasın diye burada kayan kontaklarımız var. Burada bu telin her hangi bir yerine bir ampul bağladığımız zaman ampul ışıkabilir.

Birleşik Devletler'de duvardaki prizden gelen şey 60 Hertz'dir.

Böylece, ampulden geçen akımın saniyede 120 defa 0 olduğu anlamına gelir bu.

Eğer 60 Hertz frekansınız varsa, saniyede 120 kez 0'dan geçersiniz.

Bu, saniyede 120 kez ampulün ışıklandırmayacağı anlamına mı gelir?

Hayır, bu anlama gelmez; çünkü akım sıfırken bile flamanlar ısınır ve hala ışıldar.

Onlar hızlıca soğuyamazlar.

Eğer bir flüoresan lamba alırsanız, o zaman gerçekten, saniyede 120 kez flüoresan tüp tamamen söner ve yanar. Bunun için onları, çok hoş bir şekilde stroboskop gibi kullanabilirsiniz; fakat kuşkusuz frekans sabittir.

Frekansını değiştiremezsiniz. O, 60 Hertz'dir.

Böylece artık AC (Alternatif Akım / Dalgalı Akım) üreten bir elektrik jeneratörü, ya da isterseniz deyin ki, bir dinamo fikrine geliyorsunuz.

Bir türbininiz var; bu türbin manyetik alan içindeki iletken halkaları döndürür ve böylece, Faraday'a göre, o size EMK üretir.

Ve bu bizim ekonomimizi yürütür.

Bir daimî mıknatısınız var ve siz bu manyetik alanda iletken halkaları, sarımları, döndürürsünüz.

Ne kadar şiddetli bir manyetik alanınız olursa, EMK da o kadar yüksek olur.

Ne kadar hızlı döndürürseniz, EMK da o kadar yüksek olur.

Ne kadar çok sarıma sahip olursanız, EMK da o kadar yüksek olur.

Ve halkanızın alanı ne kadar büyük olursa, EMK da o kadar büyük olur.

Gizli tuttuğum, fakat bulunduğu yer duran, denklemde görebileceğiniz gibi..

Daha önce değindiğim gibi, Birleşik Devletler'de frekans 60 Hertz'dir. Ve dalgalı voltajınızdan gelecek maksimum değer 110 kere 2'nin kareköküne eşit bir maksimum voltaj olacağı söyleniyor size. İşte bunu 110 volt olarak adlandırıyoruz..

Avrupa'da frekans 50 Hertz'dir ve oradaki dalgalı akımın maksimum voltajı 220 çarpı karekök 2'dir.

Omegayı değiştiremezsiniz ve bu elektriği ürettiğiniz yerdeki bir yere daha hızlı gidemezsiniz. Aksi halde bunun önemli sonuçları olacaktır.

Bunlardan birincisi, prizden gelen EMK artar; böylece televizyonunuz, devreleriniz bozulabilir.

Fakat bunun yanında, dalgalı akımın frekansını değiştirirseniz, başka sorunlar da çıkar; çünkü frekansa kilitlenmiş şekilde çalışan pek çok sistem vardır; örneğin, pek çok elektrikli saat ve kesinlikle pikaplar... Eğer hala bir pikabınız varsa, 60 Hertz'e

kilitlenmiştir. Ve böylece omegayı artırırsanız, pikabınız daha hızlı dönecektir ve saatleriniz daha hızlı işleyecektir.

Uzun zaman önce Avrupa'dan döndüğümde, pikabımı yanımda getirmiştım.

Pikap 220 voltla çalışıyordu, böylece burada ona bir transformatör aldım; evimdeki 110 volt 220 volt olabildi. Bu iyiydi.

Ve böylece pikabım da ben de mutluyduk; çünkü çalışıyordu

Fakat o, % 20 daha hızlı çalışmaktaydı; çünkü frekansın burada 60 Hertz ve Avrupa'da 50 Hertz olduğunu göz ardı etmişim.

O biraz daha fazla hızlı dönüyordu; çok hızlı çalışmanın ne demek olduğunu bilirsiniz; çığınca ses vermeye başladı ve bu yüzden müziği bile duyamazdınız. İşte pikabıma da aynen bu olmuştu.

Bu derste daha önce tartıştığımız gibi, bir güç istasyonuna bakalım ve bazı sayılar elde ettiğimizi varsayalım; güç istasyonunun ürettiği, enerji hattındaki maksimum EMK diyelim ki 300 kilovolt olsun.

Ve diyelim ki, halkalarımız yaklaşık 1 metre karelik alana sahip olsunlar ve onlar diyelim ki yarım Teslalık manyetik alanlar kullansınlar.

Bunlar hiç mi hiç makul olmayan sayılar değil.

Ve eğer şimdi 60 Hertz frekans istiyorsanız, böylece sizin frekansınız f , 60 Hertz, omeganız yaklaşık 6 kat, yani 2π kadar daha büyük.

O yaklaşık olarak 360 radyan bölü saniyedir.

Yaklaşık 1700 sarımınız varsa ve bunu evde kontrol edebiliyorsanız, orada 300 kilovolt elde edersiniz.

Güç, indüklenmiş EMK çarpı akımdır; Ohm Yasasından \mathcal{E} yerine IR yazabilirsiniz; böylece gücü, I kare çarpı R olarak elde edersiniz.

Bu, Joule bölü saniyedir; böylece birisi iş yapmak durumundadır.

Birileri sisteme enerji koymalıdır. Dolayısıyla belki de fosil yakıtına ihtiyaç duyarsınız; yani türbinlerin dönmesine devam etmesi için yağ ya da kömür yakmak zorunda kalırsınız veya nükleer enerjiye ya da şelalelere ya da rüzgarlara ihtiyacınız olur.

Ekonomimizin ayakta kalması için, bir şey, bu sarmalların dönmesini sağlamalıdır.

Bu ülkede tipik bir güç istasyonu yaklaşık olarak 1000 Mega Watt üretir.

Bu, 1000 çarpı bir milyon joule saniyedir.

Burada insan gücüyle çalışan bir jeneratörüm var; bunun için güçlü bir adama ihtiyacım var. Kim gönüllü olmak ister?

Sen güçlüye benziyorsun.

Sen şimdi bana bakmak istemiyor musun? Haydi.

Her sabah biraz konuşuyoruz, ama şimdi sen beni görmezden geliyorsun.

Bu, bir güç üretici; manyetik alan. Mıknatısı da burada görüyorsunuz.

Akım halkalarımız, sarımlarımız var. Sen bunu bu kolla çevirdiğinde, bu sarımları bu manyetik alan içerisinde döndürmüş olacaksın.

Burada 20 Watt'lık bir ampul var ve bu centilmen, adınız nedir?

Naveen.

Benim soyadıma çok benziyor.

Çevirmeye başlar mısın? 20 Watt üretilip üretmeyeceğini görelim bakalım.

Üzerine ayağını koy – hah, ah, dönüyor.

Ah, beyim, şimdi biraz daha iyi! Devam et! O henüz 20 Watt değil! Bugün iyi bir kahvaltı ettiğinden emin misin?

O şimdi saniyede 20 joule, kabaca 20 joule üretiyor.

Bir dakika durur musun? Burada 6 tane ampulüm var.

Naveen, haydi buyur!. 120 watt.

Ah beyim, nerede o Süpermen?

Hiçbir şey görmüyorum! Saniyede 120 joule; bunun yakınına bile gelemedin! Devam et, canım, devam et.

Bunu durdurmamı mı istiyorsun

Onu unut! Olmamış say.

Denedin, olmadı; tüm mesele zaten buydu.

Evet, saniyede 120 joule üretmenin ne kadar zor olduğunu görüyorsunuz.

Şimdi, düşünün, 100 watt'lık ampulünüzü evde yakıyorsunuz ve bunu 10 saat sürdürüyorsunuz; ne enerji ama; tam 1 KiloWatt-saat.

Bu size sadece 10 sente mal olur. 10 sent için bunu 10 saat çalıştırır mıydınız?

Bunu yapamazdınız bile; size bir şey göstereceğim.

Ben uzun zaman dağcılık yaptım ve dağlarda her zaman çalışan bir ışık istersiniz.

Ona en çok ihtiyacınızın olduğu zaman, pilleriniz biter; böylece yanınızda daima bir dinamo taşırsınız.

Bu benim dinamomdur, el gücüyle çalışan. Bunu gördünüz mü?

Bu sizin için bir Süpermen'dir! Bu 120 watt'lık ampuldür! Ve onu hep çalışır vaziyette tutabilirim. Sizin için daha da iyisini yapabilirim.

Burada bir radyom var. Ve bu radyonun küçük bir üretici vardır.

Manyetik alan, sabit mıknatıs ve etrafında döndürdüğünüz sarımlar... Bunu döndürdüğümde, iş yapmış olurum ve EMK üretirim.

Bataryaları yüklerim. Ve böylece bu radyoyu çalabilirim.

Bunun hakkında birşey bilmiyorum.

Ve o, bir dakika döndürdüğünüzde, radyonuzu birkaç saat çalabileceğiniz bir şekilde tasarlanmıştır. Oldukça şaşırtıcı.

Şimdi, yüzey alanını değiştireceğiz. Şimdiye kadar tetayı değiştirmiştik.

Şimdi yüzey alanını değiştireceğiz. Yine burada iletken bir halkam var.

Fakat şimdi burada hareket ettirebileceğim bir sürgülü kol demiri var.

Onu V hızıyla bu yöne çekebilirim ya da sola hareket ettirebilirim.

Bu l olsun ve bu uzunluk da x olsun.

Seçeceğim yüzey, ki daima açık bir yüzey olmalı, düz bir yüzeydir.

Hepimiz için hayatı kolaylaştırayım; manyetik alanın dümdüz yukarı doğru olduğunu varsayalım.

Yüzeye dik olan dA ve B manyetik alanı yukarıya doğru; yani aynı yönde olsun.

Ki bu hayatımı kolaylaştırır.

Bu durumda yüzeyimden geçen akı nedir?

Bu akı, $l \cdot x$ alanı çarpı bu yüzey boyunca düzgün olduğunu varsaydığım manyetik alandır. Kolayca yapabileceğiniz kadar basit.

Faraday "Manyetik akının ne olduğuna aldırmiyorum! Manyetik akının nasıl değiştiğini bilmek istiyorum." diyor. Pekiyi, tamam bay Faraday.

$d\phi/dt$ eşittir ℓ çarpı B çarpı dx/dt .

Fakat dx/dt benim hızımdır; böylece burada çarpı hız elde ederim. dx/dt hızdır.

Bu, EMK'nın büyüklüğüdür. Eksi işaretlerini önemsemediğime dikkat edin.

EMK'nın, sadece büyüklük olarak, ne kadar olduğunu bilmek istiyorum.

Yönü daima biliyorum. Çünkü biliyorum ki, akı pozitif olsun diye dA 'yı B 'ye paralel seçmiştim; şimdi bunu akının arttığı sağa doğru hareket ettirsem, akım bu şekilde akacaktır; ki o, o zaman değişime direnen bir manyetik alan oluşturur.

Ama aynı hızla diğer yöne doğru gidersem, bu durumda, kuşkusuz, akım tersine dönecektir.

$\phi = \ell x B$ 'yi kabul edebilirim.

$d\phi/dt$ ise, isterseniz manyetik akılarla ilgilendiğimizi hatırlatsın diye buraya bir B koyabilirim, $\ell B v$ dir.

Mutluyum.

Eğer burada bu çubuğa bakarsam, üç boyutlu görmenizi sağlamak için bu çubuk tahtadan dışarıya doğru çıkıyor.

O zaman akım size doğru gelir.

Manyetik alan yukarıya doğru yönelmiş ve böylece Lorentz kuvvetinin daima I vektörel çarpım B yönünde olduğunu, bu yönde olduğunu hatırlayın.

Bu Lorentz kuvveti F_L bu durumda akım çarpı bu çubuğun uzunluğudur, bu çubuğun uzunluğu çarpı B 'dir. Bu, onu sağa doğru çekerken uygulamak zorunda olduğum kuvvettir. Çünkü bu kuvvet sola doğrudur. Böylece Walter Lewin'in kuvveti aynıdır, fakat bu yöndedir.

Bu yöndeki kuvvetin, Lorentz Kuvveti'nin üstesinden gelmek zorundayım.

Ve böylece iş yapmak zorunda olduğum açıktır.

Ve böylece bu yönde bir kuvvetim var ; onu bu yönde hareket ettiriyorum, böylece pozitif bir iş yapmış olurum.

Peki, bu işe ne olur? Evet o, bu iletkenin direncinde ısı şeklinde ortaya çıkar.

Bir EMK ürettiyorum.

Devreden bir akım geçecektir ve güç, EMK çarpı akım, yani $I^2 R$ 'ye eşit olacaktır.

Bu, ısı şeklinde ortaya çıkacaktır.

Eğer içeri doğru iterek yönünü değiştirirsem, şimdi hız şu yöndedir, o zaman açıkça akım yön değiştirecektir.

Ve böylece ittiğim zaman, Lorentz Kuvveti de ters dönecek ve benim için de kuvvet ters çevrilecek; böylece yine pozitif iş yapmak zorundayım.

Ne yaparsam yapayım, bedava öğle yemeği diye bir şey yok.

Onu ister iteyim, ister çekeyim daima pozitif iş yapmak zorundayım ve bu iş her zaman halkanın direncinde daima ısıya dönüşür.

Yaptığım işi, güç cinsinden ifade edeyim.

Ürettiğim güç, uyguladığım kuvvet ile hızımın skaler çarpımıdır. Mekanik'den hatırlarsanız, yapılan iş, küçük dx elemanı çarpı kuvveti. Fakat güç birim zamanda yapılan işti: böylece dx/dt , hız olur.

Sürgülü kolu bu yöne ittiğim ve bu yönde çektiğim zaman, kuvvetim ile hızım daima aynı yöndedir.

Daima pozitif iş yaparım. Böylece ürettiğim güç, benim kuvvetim, daha doğrusu kuvvetimin büyüklüğü; ki o, $I \ell B$ 'dir; çarpı hızdır.

Fakat bu, EMK çarpı akıma da eşit olmalıdır. I yok edilince, EMK, ℓ çarpı B çarpı v olur.

Böylece, EMK'nın büyüklük olarak tamamıyla önceden bulduğum ifadeyle aynı olduğunu size göstermiş oldum. Fakat bu kez Faraday Yasasını kullanmadım.

Bu, sadece yaptığım işe, birim zamandaki işe, dayalı bir türetmedir.

Böylece onu bu yolla düşünebilmeniz de ilginçtir.

Denklemlerimi kontrol edeyim.

E, I kare R , olmalı

Güç, kuvvet skaler çarpım hızdır.

$I \ell B v$, bu EMF'nin büyüklüğüdür ve bu da tamam.

İletken bir diskim olsun, katı bir disk. Onu hareket ettireyim, onu bir manyetik alan içerisinde hareket ettirmeye çalışayım; kuzey kutup, güney kutup

Bu, manyetik alan. Burada biraz daha zayıf, orada biraz daha zayıf.

Bunu hareket ettireyim.

Bir zaman gelir ki, bu disk buradayken, manyetik alan çizgisi bu kısımdan geçer.

Bu yüzeyden geçen manyetik akının değiştiği anlamına gelir bu.

Lenz bundan hoşlanmaz. Faraday da bundan hoşlanmaz.

Peki, ne olur? Böylece, şimdi bunun gibi bir akım dolanmaya başlayacaktır.

Akımın tam olarak nasıl aktığını belirlemek hiç de kolay değildir.

Fakat, manyetik akıdaki değişime karşı koyan bu yönde bir manyetik alan üretsin diye bu akım yukarıda gördüğünüz gibi saat yönünde olacaktır.

İşte bu akıma **girdap akımları** diyoruz; (eddy akımı diye duymuş olabilirsiniz).

Girdap akımları. Girdap akımı burada ısı oluşturur.

Isı, joule bölü saniye olarak, güçtür: E ile I'nın çarpımı.

Bu, $I^2 R$ kare R ile aynı şeydir; dolayısıyla bu disk biraz ısınacaktır.

Buradaki direnç oradaki dirençtir. Ve bu, diskin yavaşlayacağı anlamına gelir.

Kinetik enerji harcanarak ısı üretilir ve bu alan içinde, alanın hiç olmadığı durumdakinden daha hızlı gitmeyecektir. Buna manyetik frenleme deriz.

Kendinizi kolayca şuna inandırabilirsiniz, bunu evde yapmalısınız: Eğer tam burada tahtadan dışarı doğru gelen akımı düşünürseniz ve tam buradaki Lorentz kuvvetini hesaplarsanız, Lorentz kuvvetinin bu yönde olduğunu görürsünüz.

O onu dışarı itiyor. O harekete karşı duruyor.

Bunu size gösterebilirim. Burada bir sarkacım var.

Bu sarkaç böyle bir iletken bakır levha. Sarkacı buradaki manyetik kutuplar arasında salındıracağım. Bu yönde salınacak.

Aslında iki sarkacım var, biri buradaki bu katı bakırdır ve diğeri buradaki dişlere benzeyen, dar uzun yarıklı olandır.

Bunu bir manyetik alan içinde salınmaya bırakırsam, orada akımlar elde edersiniz, girdap akımları. Bu girdap akımları, yüzeyden geçen manyetik akının nasıl değiştiğine bağlı olarak, bazen saat yönünde bazen saatin zıt yönünde olur.

İster manyetik alana doğru girsin, isterse manyetik alandan dışarı doğru çıksın, akımlar daima harekete karşı olacaktır.

Böylece hareket giderek yavaşlayacaktır; bunu göreceksiniz.

Ve bu kinetik enerji pahasıdır; buna karşılık bakırda ısı üretilecektir.

Bunu bunun gibi bir sarkaçla yaparsanız, sönüm önemli ölçüde daha az olacaktır.

Sıfır değil, ama önemli ölçüde daha az. Çünkü şimdi akım yürütmek isteyen bir EMK varsa, bu akım sarkacın havayla dolu yarıklarından geçmek zorundadır, ki bu da büyük bir direnç demektir. Ve gücün E çarpı I olduğunu hatırlayın.

Bu güç, I kare çarpı R 'dir de ve direnç böylesine anormal yüksek olduğundan, akım aşırı derecede düşük olunca, çok fazla güç harcayamazsınız ve çok fazla sönüm olmaz. Bunu size gösterebilirim.

Sırası gelmişken, bu sönüm, bu manyetik yavaşlatma bazen kendinizi tarttığınız tartı aletlerinde kullanılır. Böylece bu tür bir tartı aleti çok uzun süre salınmaz, çabucak söner.

Orada salınmayı göreceksiniz; ortalığı biraz karartalım; bunu size gösterebilmenin en iyi yolu bu.

Güç kaynağını açalım. Orada halkayı görüyorsunuz --- ışığı biraz açalım.

Önce hiç manyetik alan yokken halkayı salındıracağım.

Bu mıknatısı güçlendireyim; o, bunun için solenoidlere sahip.

Şimdi onu manyetik alansız salındıracağım. Size onun nasıl salındığı hissini vermek için.

Solda gördüğünüz, yansımadır; bu arada, manyetik kutuplara karşı. Bu size onun nasıl salındığı hakkında bir fikir verir.

Ve şimdi manyetik alanı açacağım.

Tıpkı çamurun içine giriyormuş gibi.

Tekrar yapacağım.

Oh, manyetik kutuplara çarpıyor. Bunu istemiyoruz.

Şimdi, şaşırtıcı, değil mi?

Ve onun alanın içine girdiğinin ya da alandan dışarıya çıktığının hiç bir önemi yok.

Ve şimdi yarıklı diski kullanacağım; sönüm olduğunu göreceksiniz, ama çok az. Bu manyetik alansız.

Ve şimdi manyetik alanlı.

Gene sönüm var; fakat sönüm, hiç bir yerde, yarıksız diskteki kadar çok değil.

Burada ekonomimizin nasıl çalıştığına dair dikkate değer bir örneğim var.

Burada bir değil, bir miktar sarıma sahip bir halkamız var.

Kaç tane sarımı olduğunu da bilmiyoruz; binlerce kez sarılmış bakır tel, sarılmış, sarılmış, sarılmış.

O bir tek tel ve ayrıca bu halkada bir ışık ampülü var.

Ve işte bir mıknatıs.

Şiddetini bilmiyoruz, fakat onun bir kilogauss'dan fazla olmadığını söyleyebilirim, herhalde biraz daha az.

Ve bunu bu iki kutup arasında hareket ettirdiğimde, diyelim ki manyetik alan bu doğrultuda gidiyor.

Bu yönde mi, yoksa bu yönde mi olduğunu bilmiyorum. Renk kodlamasını bilmiyorum.

Fakat buradan geçen bir manyetik alanım var; böylece bu yüzeyden geçen manyetik akıda bir değişim söz konusudur. Çok büyük bir yüzey.

Eğer 1000 sarım varsa, bu yüzeyden bunun gibi 1000 tane var; hatırladınız mı?

Bu durumda indüklenmiş bir EMK olacak ve indüklenmiş bir akım. Ve bu ampul birazcık ışık yayacaktır.

Çok yavaş hareket ettirsem, sadece birazcık ışık göreceksiniz.

Çok hızlı hareket ettirsem o zaman manyetik akı değişimi yüksek olacağından, yüksek bir EMK ve dolayısıyla parlak bir ışık.

Ortalığı karartacağım, daha karanlık olacak, böylece bunu görebilirsiniz.

Oh, bunu istemiyoruz. Aslında bu gösteriye hiç ihtiyacımız yoktu.

Böylece, beni görebiliyorsanız, yeter; şimdi onu elime aldım ve onu manyetik kutupların arasına getireceğim ve çok yavaş gidiyorum.

Öyle yaptım. Görüyor musunuz?

Dışarı çekiyorum, birazcık ışık, içeri sokuyorum, birazcık ışık.

Şimdi tam içerdeyim, onu sabit tutuyorum, hiçbir şey olmuyor.

Niçin? Çünkü akı değişimi yok.

Bu halkalardan geçen manyetik alan şimdi çok güçlü.

Ama, Faraday onun ne kadar güçlü olduğunu önemsemez.

Sadece değişimi önemser.

Onu dışarı çekerim, çok az ışık. Onu içeri iterim, birazcık ışık.

Dışarıya çekmemin ya da içeriye itmemin bir önemi yok.

Bunu çok hızlı yaparsam, ampulü patlatabilecek kadar çok akım bile üretebilirim.

Bunu deneyeceğim; çünkü bir şeyleri kırma fikrini sevdiğinizi biliyorum.

Bunu hepimiz severiz. Yalnız değilsiniz.

Başarılıp başarmayacağımı görelim.

Evet, başardım. Ampul patladı.

Böylece paranızla bir şey aldınız, değil mi?

Ekonomimizi yürüten budur:

Manyetik alanların içinde kuvvet zoruyla hareket ettirilen sarımlar, iletken sarımlar....

Faraday bu yasayı bulduğu sıralarda, onunla yapılan bir röportajda gazeteciler Faraday'a "Ne olmuş yani?" demişlerdi; "tamam, bir sarımı manyetik alan boyunca hareket ettirdiniz ve böylece birazcık elektrik elde ettiniz. Ne yani?."

Faraday'ın buna yanıtı şu olmuştu: "Bir gün onu vergilendireceksiniz."

Ve o haklıydı. O vizyon sahibiydi. Gazetecilerse değildi. Yaşamın parçası.

Size manyetik frenlemenin bir başka çarpıcı örneğini göstereceğim

Burada solenoidlerle güçlendirebileceğim bir mıknatısım var; iki de halka.

Bir halka, bunun gibi, tam bir iletken halka.

Onu manyetik alan boyunca düşürüyorum; akı değiştiği sürece, girdap akımı değişime karşı duracak yönde akacaktır ve böylece ya bu yönde akacaktır ya da bu yönde. Bilmiyorum.

Fakat değişime karşı olacak şekilde akacaktır.

Manyetik alana girerken, akı arttığından halka yavaşlayacaktır.

Manyetik alandayken ve akı artık çok fazla değişmiyorken, yavaşlama olmayacaktır. Fakat manyetik alandan dışarı çıkarken, halka yüzeyinden geçen akı yine değişecektir. Ve halka tekrar yavaşlayacaktır; siz bunları görebileceksiniz.

Sonra aynı boyutlu diğer halkayı aynı yerden düşüreceğim, fakat bu halkanın şurasında bir açıklığı var.

Açıklıktaki hava, muazzam bir direnç demek.

Böylece oluşan girdap akımı daha düşük olacaktır. Çünkü direnç çok yüksektir ve dolayısıyla I düşük olduğundan, güç kaybı yoktur; kinetik enerji pahasına ısı üretimi yoktur. Böylece yavaşlama da yoktur.

Ona karşı duracak bir kuvvet, güçlü bir kuvvet yoktur.

Size her ikisini de gösterebilirim.

Bunun için yine bir DC güç kaynağına ihtiyacım var; onu gene burada duvara yansıtacağım.

Bekleyip karbon arkımın hazırlandığını görmeliyim. İşte geliyor.

Böylece kutup pabuçları arasındaki açıklık olan bu yarığı orada duvara yansıtacağız. Işıkları söndürelim, söndürelim ve hepsini söndürelim.

Ve onu orada görüyorsunuz.

Bu mıknatıstır. Halka buradan gelir. Halka içeri girerken iyice yavaşlatılacaktır. İzleyin.

Oh, küçük bir ayrıntı. Gücü açmayı unutmuşum.

İşte şimdi başlıyoruz.

Şimdi güç kaynağını açtım.

Gerçekten, şimdi görüyorsunuz – demin, onu bilerek yaptım, manyetik alan yokken ne kadar hızlı gittiğini göresiniz diye --- ve şimdi manyetik alan var.

Şimdi bu üç faza dikkat ettiniz mi?

Önce yavaşlama oldu ve sonra halka tam manyetik alan içindeyken, yani çok küçük bir akı değişimi varken, tekrar hız kazandı ve sonra yeniden yavaşladı.

Tekrar izleyin.

Şimdi aralıklı olan halka. Şaşırtıcı, değil mi?

Şimdi bir daha;

ve yarıksız olanı. Bu manyetik yavaşlama.

Tüm bunlar girdap akımlarının sonucudur; tüm bunlar Faraday Yasasının sonuçlarıdır. Kinetik enerji pahasına ısı üretilir.

Böylece özetlersem; bir indüklenmiş EMK oluşturup bir akım elde etmek için, ya zamanla manyetik akıyı, veya zamanla yüzey alanını, ya da teta açısını değiştirmek zorundayız; yani açık yüzeyden geçen manyetik akıda, bir şekilde, bir değişiklik yapmamız gerekmektedir.

Kaybolan enerji, bir yerlerden gelmelidir.

Bobinleri döndürdüğünüz zaman, dinamonuzu çalıştırdığınız zaman, iş yapmak zorundasınız.

Demir çubuğu hareket ettirdiğiniz zaman, iş yapmak zorundasınız.

Orada, ampulün ışmasını elde etmek için, manyetik kutuplar arasında yaptığım gibi bobini hareket ettirdiğiniz zaman iş yapmak zorundasınız.

Daima hareketinizin yönüne karşı bir kuvvet hissedersiniz, ki bu Lenz Yasasının belirtisidir.

İyi ki bu yöndedir; çünkü diğer yönde olsaydı, evrenimiz var olamazdı. Size bir örnek vereyim.

Farz edin ki bir yerlerde büyüyen bir manyetik alanımız var.

Bu büyüyen manyetik alan bir EMK oluşturur ve bu EMK'nın büyümeyi desteklediğini düşünün.

O zaman EMK daha güçlü bir manyetik alan oluşturacak ve bu EMK'nın tamamıyla aynı yönde dönmesini devam ettirecek ve böylece B alanı şiddetlenmeyi sürdürecektir ve bir zincirleme süreci elde edecektiniz.

Durum kontrolünüzün dışında olacaktır.

Bu, enerji korunumunun de bozulması demektir. İyi ki fizik, bugün işlediği gibi işliyor; öyle olmasaydı, siz ve ben burada olamazdık.

Var olamazdık zaten.

Gelecek derste görüşürüz.