

Elektriği Tanımak: GYS P2- LM201 Bitirme Ödevi

Sabri ALP

Çağımızın Anlamı

Elektrik, günümüzde belki de ısı ile beraber en önemli enerji türüdür. İnsanlığın günümüzdeki halini elektriğe borçlu olmakla beraber elektriğe bağımlıyız da. Sadece evimizde meydana gelen ufak bir elektrik kesintisinde bile elektriğin insanlık için ne kadar mühim bir şey olduğu anlaşılıyor. Sırf bu enerjiyi kullanabilmek için toprağın altındaki petrolden tutun güneşten gelen ışığa kadar envaiçeşit yolla elektrik enerjisi üretiyoruz; bu yetmiyormuş gibi elde edilen bu enerjiyi evlerimize, iş yerlerimize, cebimizdeki telefona kadar taşımamızın ve depolamamızın derdine düşüyoruz. Yani elektrik aslında insanlığın son iki yüz yılına anlam katan yegâne şeydir diyebiliriz. Bizim de yapacağımız şey aslında elektriğin elde edilişi ve nasıl dağıtıldığı olacak.

Yaşanmış Hikâye - Akımların Savaşı

19. yüzyılın sonlarına doğru hızla sanayileşen yerlerden birisi de ABD olup çok sayıda sanayici ve iş adamı bu gelişmelerin bir parçası haline gelmişti. Ulaşım, enerji üretiminin yanı sıra elektrik insanların hayatında gitgide daha fazla yer almaya başlamıştı. Bu sanayicilerden öyle iki tanesi vardı ki elektriğin o dönemki gelişmesinde önemli bir rekabet unsuru olarak tarihteki yerlerini alacaklardı. Her birinin adı sıklıkla duymuş olduğunuz Thomas Edison ve onun kadar duymuş olmasanız da birazdan duyacağınız George Westinghouse'tan bahsediyorum.

19. yüzyılın son çeyreğinde ABD'de şehir aydınlatmaları DC (direct current / doğru akım) elektrik ile yapılıyordu. Doğru akım dediğimiz; iletken boyunca yük akışının sabit, elektrik potansiyelinin ise pozitif uçtan negatif uca gittikçe azaldığı akım çeşididir. Doğru akımın kullanıldığı bu tarz sistemler Thomas Edison ve sahibi olduğu Edison Illuminating Company tarafından finanse edilmekteydi. Edison tarafından icat edilen ampul, icat edilen ilk ampul olmasa bile kullanılabilecek düzeyde uzun ömürlüydü.

O güne kadar yapılmış elektrik iletim çalışmaları doğru akım ağırlıklı olarak yapılmıştı ve Edison'un şirketi bu teknolojiyi gitgide geliştiriyordu. Lakin bu sistemin sonraki yıllar tartışma konusu olacak bazı dezavantajları bulunmaktaydı. İlk olarak iletken telin belirli bir dirence sahip olması, iletim sırasında bir kısım enerjinin ısıya dönüşmesine ve verimlilik sorunlarının yaşanmasına sebebiyet veriyordu. Elektrikte güç ve enerji hakkındaki formülleri bilenler bilir, siz böyle bir durumda elektrik akımını 2 kat arttırdığınızda enerji kaybı (1) katına çıkar. Bu kaybı engellemenin en iyi yolu ise akım değerini düşük, (2) değerini ise yüksek tutmaktır. Doğru akımın dezavantajı da tam olarak bu noktada ortaya çıkacaktı.

1800'li yılların sonlarına doğru bir başka sanayici ve iş adamı olan George Westinghouse ve şirketi, elektrik sistemlerine alternatif akım önerisi getirmiştir. Alternatif akıma



Şekil 1: Edison'a ait o dönem kullanılmış ampul (Kaynak: Vikipedi)

dair daha öncesinde de çalışmalar yapılmakta olsa da ön plana çıkması zaman almıştır (**Problem 2.1**).

Daha öncesinde Edison'un şirketinde de çalışmış olan Nikola Tesla, alternatif hakkında birçok patentin de sahibiydi. Westinghouse'un Tesla'nın çalışmalarını takip etmesi ve sonrasında patentlerini satın alması şirketin AC ile ilgili çalışmalarının başlangıcı olmuştur. İlerleyen dönem boyunca rekabetin ekonomik ve magazinsel sayısız yönü bulunsa dahi bizim odaklanacağımız asıl nokta ise tarafların bakış açıları ve yapılan girişimler olacak.

Westinghouse'ın yıllar içerisinde AC elektrik üretim tesislerine yaptığı yatırım ile Edison'un pazar payı tehlikeye girmiştir. Bunun üzerine Edison, alternatif akıma yönelik karşıt argümanlar geliştirmiştir. Bu argümanların başında güvenlik endişeleri gelmekteydi. Edison'a göre alternatif akım içerdiği aşırı gerilim sebebi ile tehlikeli ve öldürücüydü. Hatta bunu ispatlamak için sonrasında idam cezaları için kullanılan ve alternatif akım ile çalışan elektrikli sandalyenin icat edildiği bilinmektedir. Rekabetin dönüm noktaları ise çeşitli projelerde yaşanmıştır. 1893 yılında gerçekleşen Chicago Dünya Fuarı'nın elektrik ihtiyacının karşılanması için Edison tarafından 554 bin dolarlık bir teklif yapılırken Westinghouse, alternatif akımın kullanıldığı 399 bin dolar maliyetinde teklif sunarak işi devralmıştır. Aynı yıl Niagara Şelalesi'nden elektrik enerjisi elde edilmesi projesi de yine aynı şekilde Westinghouse şirketine verilmiştir. Yıllar içerisinde yaşanan süreç, alternatif akımın hem maliyet hem de verimlilik bakımından çok daha avantajlı olduğunu göstermekteydi. İki akım çeşidi de günümüzde kullanılıyor olsa da alternatif akımın öneminin anlaşıldığı bu dönem tarihteki yerini almıştır. Tabi insan düşünmeden duramıyor, acaba doğru akımın çok daha verimli çalışabileceği bir altyapı kurulması mümkün olabilir mi? (**Problem 2.3**)

Akım savaşları bir yana dursun alternatif akım sahiden de ilginç özelliklere sahip. Üretimini, niceliklerini anlamak ve elimizdeki pasif komponentlerin alternatif akım altındaki

davranışlarını incelemek güzel bir aktivite olacaktır. Önce elektrik konusunda birkaç hatırlatma yapalım, eğer hakimseniz sorun yok sadece o kısımla alakalı soruları çözeniz kafi.

Elektrik

Elektrik akımı, yüklerin hareketi sonucu oluşur. Akım dediğimiz şeyi yük hareketinin zamanla bağlı değişimi olarak düşünebiliriz, yüksek akım demek bir noktadan kısa sürede daha fazla yük geçişi yaşanması anlamına gelmektedir. Yük hareketi, en azından ilgileneceğimiz kadarıyla potansiyel fark sonucu oluşur. Burada potansiyel fark dediğimiz şeyin ne olduğunu anlamak önem arz etmektedir. Pozitif veya negatif olabilen elektriksel yükler, birbirilerine kuvvet uygulamaktadır. Bu kuvvetin büyüklüğü Coulomb Yasası ile ifade edilip:

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \hat{r} \quad (1)$$

şeklinde verilir (formüllerin hesaplama kısımlarından ziyade bize anlattıkları şeylerle ilgileneceğiz). Burada $\hat{r}$, kuvveti uygulayan yükten kuvvete maruz kalan yüke yöneltilmiş bir birim vektördür ve F 'nin vektörel olmasını sağlar. Kuvvetin yönü yüklerin işareti ile belirlenir eğer ikisi de aynı işarete sahipse $Q_1 Q_2$ pozitif olur ve yükler birbirini iter, farklı ise de çeker. Birim yüke dışarıdaki başka bir yük tarafından uygulanan kuvvete “elektrik alan” denir. Q_1 yüküne Q_2 tarafından uygulanan noktasal elektrik alan F_{Q_1} veya $Q_2 \frac{k}{r^2}$ olarak ifade edilebilir. Pozitif bir yükün dışarıdaki yüklere uyguladığı elektrik alan, pozitif yükün merkezinden dışarı yönlü olacak biçimdeyken negatif yüklerde ise bu durum tersinedir. Pozitif ve negatif yüklerin kendilerine uygulanan bir elektrik alanına göre hangi yönde hareket edeceğini verilen bilgilerden çıkarabilirsiniz diye düşünüyorum. (**Problem 2.4**)

Kuvvet ve hareket bilgilerini kullanarak enerjinin değişimi hakkında yorumda bulunabiliriz, fizikten bildiğimiz iş formülünden:

$$\Delta U = -W = \int \vec{F} \cdot d\vec{x} \quad (2)$$

(x , yükün yaptığı yer değiştirme) elde ederiz. Elektrik potansiyeli ise birim yük başına düşen enerji olup:

$$\Delta V = - \int \frac{\vec{F} \cdot d\vec{x}}{Q} = - \int \vec{E} \cdot d\vec{x} \quad (3)$$

olarak bulabiliriz. Yani potansiyel fark olması demek yükleri bir noktadan diğerine götüren bir kuvvetin de varlığına işarettir. Burada $-$ işareti, elektrik alan boyunca hareket eden cismin elektrik potansiyelinin azalacağına işaret eder. Yazının kalanında elektriğin özelliklerini yük hareketlerinden, akımdan ve gerilimden yorumlayacağız.

Akımların savaşı bölümünde doğru akım ve alternatif akımdan bahsettik ama tam anlamıyla ne olduklarından bahsetmedik. Doğru akım, yük akışının ve sağlanan potansiyel farkın sabit olduğu akım çeşidiyken alternatif akım ise yüklerin iki yönlü hareket yaptığı, buna bağlı olarak akım yön ve büyüklüğünün sürekli olarak değiştiği akım çeşididir. DC elektriğin grafiği sabit iken AC elektriğin grafiği ise dalga (genelde sinüs dalgası) hareketi yapmaktadır. Örneğin Türkiye’de evlerde standart olarak 220 Volt 50 Hz AC elektrik kullanılmaktadır. Kullandığımız cihazlar ise neredeyse hepsi DC ile çalışmaktadır. Bu durumun sebebi olarak yük hareketinin sürekli olarak değişmesinin cihazın parçalarına

verebileceği zarar öne sürülebilir. Bundan sonraki kısımlarda doğru ve alternatif akımların özellikleri verilirken bazı komponentleri tanıyacağız.

Elektriği Tanıyalım

Devreyi çalıştıran elektrik enerjisi devrenin iki tarafı arasında bir potansiyel fark meydana getirilerek oluşturulur. Bu potansiyel farkın birimi voltur ve V ile gösterilir. Bu V potansiyel farkı bir elektrik alan meydana getirir ve yükler bu elektrik alan içerisinde hareket ederler. Yüklerin bir iletken tel üzerinde hareket ettiğini düşünelim. İletken telin belirli bir kesit alanından birim zamanda geçen yüke akım diyeceğiz. Eğer bir benzetme yapacak olsaydık (benzetmeler biraz absürt kaçabiliyor ama olsun buna değer) bir trafikteki arabaları düşünebiliriz. Bu arabaların her biri bir noktadan diğerine hareket ediyor ve bu arabaları bu harekete iten belirli etkenler var, bu etkenleri oluşturduğumuz potansiyel farka benzetebiliriz. Tam bu noktada akım kavramını direkt olarak arabaların hızı olarak vermek doğru olmaz. Elbette arabaların 50 km/h ile gitmesi ve 100 km/h ile gitmesi arasında fark olacaktır lakin akım bize fazlasını ifade eder. Mesela bir bölgeden aynı hızla 5 araba geçmesi ile 50 araba geçmesi aynı şey değildir, bu durumda akımım 10 katına çıkacaktır. Buna bağlı olarak arabaların yola homojen biçimde dağıldığını düşünelim. (Telden geçen yükleri de öyle varsayacağız.) Bu durumda yol ne kadar geniş olursa belirli bir zamanda bir noktadan geçen araba sayısı da o kadar fazla olacaktır :)

Son olarak yük ve yük taşıyıcısı kavramlarını da netleştirelim ve akımı tanımlayabileyelim. Yük taşıyıcısı, içerisinde belirli miktarda elektrik yükü bulunan taneciklere verilen isimdir. Biliyorsunuz ki atomlarda iki adet yüklü tanecik bulunmaktadır: Proton ve elektron. Protonlar atomun çekirdeğinde olduğundan ötürü anlatımımız boyunca hareketten kastımız elektronların hareketi olacaktır. Her bir elektronda $-1.602 \cdot 10^{-19}$ Coulomb kadar yük bulunur. Verdiğimiz örnekte de yük olarak arabaların içerisinde bulunan insanları örnek verebiliriz. O halde arabalar ne kadar doluyorsa o kadar büyük bir akımdan bahsedebiliriz.

Akımın Fiziksel Niceliklerle İfadesi

Aşağıdaki adımları kullanarak akım için kesit alanı sabit olan ve yüklerin üzerinde homojen dağılmış olduğu bir iletken telin fiziksel nicelikleri üzerinden bir ifade türetebiliriz. **(Problem 2.6)**

- Belirli bir bölgeden belirli bir zamanda geçen yük için akım demiştik. O halde yeterince küçük bir zaman dilimi söz konusu olursa akım için $I = \frac{dQ}{dt}$ diyebiliriz.
- Q değerini bulmak için A kadar kesit alanına sahip, üzerindeki yük taşıyıcısı yoğunluğu düzgün olup $n \text{ cm}^{-3}$ olan bir telin dx kadarlık bir uzunluğundaki yük taşıyıcısı miktarını hesaplayalım.
- Burada dx , çok çok küçük bir uzunluk olup noktasal diyebileceğimiz ama büyüklüğünü sıfırdan büyük kabul ettiğimiz bir uzunluğu belirtir. Bu sayede işlem yapmamız kolaylaşır.
- Yük taşıyıcılarımızın her biri q kadar yük taşıyor olsun.
- Yük taşıyıcıların hızı v olsun.

- Hız kavramının konumun zamana bağlı türevi olduğunu hatırlayalım.

Akım için bundan sonra I harfi kullanılacaktır. Akımın birimi ise Amper (A) olarak kabul edilir.

Direnç

Bir araba nasıl ki yolda giderken yolun kendisine uyguladığı sürtünme kuvveti, kasisler, tümsekler, engebeler ve benzeri sebeplerden ötürü bir zorluk yaşıyor bu durum da arabanın hızına etki ediyorsa yüklü tanecikler de çok sayıda atomlara çarparak akım noktasında zorluk yaşar, bu esnada enerjisini kaybeder ve bu durum da o taneciğin elektrik potansiyeline yansır. Akımın yaşadığı bu zorluğa direnç ismi verilir. Belirli bir bölgedeki direncin o bölgenin uçları arasındaki elektrik potansiyel fark ve o bölgeden geçen akım ile ilişkisi Ohm Kanunu ile verilir:

$$V = I \cdot R \quad (4)$$

Burada R harfi direnci temsil eder, birimi Ohm (Ω) olarak ifade edilir.

Genel Hatırlatmalar (Bilen Geçebilir)

Bir devrenin analizinde aşağıdaki bilgiler sıklıkla kullanılır:

- İletkenlerin direnci idealde sıfır, pratikte çok düşüktür ve bir iletken yoluyla birbirine bağlanan noktalar arasındaki elektrik potansiyel fark sıfırdır.
- Eğer iletken bir noktada birden fazla yöne doğru akıyorsa bu noktaya düğüm noktası denir. Düğüm noktasına doğru yönelmiş akımların toplamı, düğümünden dışarıya yönelmiş akımların toplamına eşittir. (Kirchhoff Akım Kanunu)
- Eğer devre üzerinde, içerisinde çeşitli devre elemanlarının da bulunduğu bir yol başladığı noktaya dönüşorsa bu yola ilmek denir ve bir ilmek üzerindeki elemanların potansiyel farklarının toplamı sıfıra eşittir. (Kirchhoff Gerilim Kanunu) (**Problem 2.7**)

Kondansatör

Eğer iki adet eş büyüklükteki metal levha aynı büyüklükte birisi pozitif diğeri negatif yükle yüklenirse bu ikisi arasında her noktada büyüklüğü ve yönü aynı olan elektrik alan çizgileri oluşur. Bu durumda $\Delta V = - \int \frac{F \cdot dx}{Q} = - \int E \cdot dx$ formülünde elektrik alan doğrusal biçimde yöneldiğinden ötürü $\Delta V = E \cdot x$ (paralel levhalar üzerindeki herhangi iki noktanın elektrik alan yönündeki uzaklıkları x) formülü elde edilir. Bu paralel levha mantığının devre elemanına dönüşmüş versiyonuna kondansatör veya kapasitör denir ve biz bu arkadaşın levhalarına potansiyel fark uygulayınca yükleri buralarda depolar. Uygulanan birim volt başına depolanan yükün büyüklüğünü bize kapasitans değeri verir. Kapasitans C harfi ile gösterilir birimi ise Farad (F) olarak kabul edilir.

$$Q = V \cdot C \quad (5)$$

formülü geçerlidir (Burada Q levhalarda depolanan yük büyüklüğü, V potansiyel farktır). Fazlası için LM201 derslerini izleyebilirsiniz.

Bobin

Bobinler devre içerisinde üzerinden akım geçtikçe öz indüksiyon yoluyla manyetik alan oluştururlar ve burada oluşan manyetik alanın değişimi devreye zıt yönde akım ve potansiyel fark (emk) indüklerler. Bobin üzerinden geçen akım ve indüklenen emk arasındaki ilişki:

$$V = -L \frac{di}{dt} \quad (6)$$

şeklinde verilir. L burada bobinin fiziksel özelliklerinden türetilen bir sabit olup ismi **indüktans** olarak geçer. Bu yazıyı okuyan kişiler sıkılmasın diye burada vermiyorum ama bir ara LM201 derslerini izleyip baksanız keşke

ALTERNATİF AKIMA GİDEN YOL

Alternatif akımın özelliklerini zaten yukarıda vermiştik. Alternatif akımı oluştururken Faraday yasasını kullanırız. Faraday'ın çeşitli uygulamalarını, formüllerini LM201'de işlemiş olduğumuzdan burada anlatmak istemiyorum sadece manyetik akı değişiminin o alanı çevreleyen telde gerilim ve akım oluşturduğunu bilelim kâfi. Enerji santrallerinde genellikle kaynak enerji (rüzgar, kömürün yanması ile ortaya çıkan ısı, suyun potansiyel enerjisi vb.) tarafından döndürülen ve etrafında mıknatıs (rotor olarak da geçer) bulunan türbin sayesinde mekanik enerji elektrik enerjisine çevrilir. Burada türbinin belirli bir ω açısal hızı bulunur. Sabit açısal hız ile türbinin kendi etrafında bir kere dönmesi $\frac{2\pi}{\omega}$ kadar zaman alır buna periyot (T) denir.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \quad (7)$$

değerine ise açısal frekans denir. Ben açısal hızı kullanmayı daha çok seviyorum ama açısal hızı 2π 'ye böldüğünüz her yerde açısal frekans elde edebilirsiniz. Şimdiyse adım adım indüklenen emk formülünü türetelim (**Soru 2.8**)

- B büyüklüğünde düzgün bir manyetik alan düşünelim ve başlangıç anında manyetik alanın dik kestiği, A alanına sahip bir düzlem düşünelim. Bu düzlem kendi eksenini etrafında ω açısal hızı ile dönsün, o halde herhangi bir t anında düzlem $\omega \cdot t$ derece dönmüş olacaktır.
- Manyetik akı hesabı için düzleme dik olan normal ile manyetik alan vektörleri arasındaki açının kosinüsünü alalım. Başlangıçta bu açının değerinin 0 olduğunu da kullanarak herhangi bir andaki manyetik alanın büyüklüğünü hesaplayalım.
- Zamana bağlı manyetik alanı bildiğimiz için Faraday Yasası ile o andaki indüklenmiş emk büyüklüğünü bulalım.
- Faraday sonucu elde ettiğiniz formülde emk'nin alacağı maksimum değeri hesaplayınız ve sonrasında herhangi bir andaki emk için bulduğunuz formülü bu $V_{\max}$ değeri cinsinden yazınız.
- $V_{\max} \sin(\omega t)$ sonucuna ulaşana kadar çözmeyi deneyiniz.
- Faraday yasası ve manyetik akı uygulamaları için LM201 derslerini izleyebilirsiniz.

Etkin Gerilim

İndüklenen emk'nin oluşan elektrik akımı ile belirli bir enerji açığa çıkaracağı malumdur, elimizdeki AC kaynağın periyoduna T diyelim. Acaba elimizde bir DC kaynağı olsaydı bu T saniyelik süreçte aynı miktarda enerjiyi çıkarması için kaç volta ihtiyacım olacaktı? Bu sorunun cevabı etkin gerilimi ifade eder. Etkin gerilim, maksimum emk değerinin $\sqrt{2}$ 'ye oranıdır.

Meraklısına Etkin Gerilim Türetimi:

- Üzerinde EMK indüklediğimiz telde R kadarlık bir direnç bulunsun.
- Birim zamanda ortaya çıkan enerjinin yani gücün (dU/dt) formülünü emk ve direnç cinsinden V^2/R şeklinde yazabilirim.
- Herhangi bir andaki emk üzerinden herhangi bir zamandaki gücü yazalım.
- dt ifadesini paydadın çıkaralım ve iki tarafta integral alalım. Burada integral yaparken trigonometrik integralde zorlanabilirsiniz, internet yardımı almak serbest.

AC'de Direnç

Dirençler için Ohm Kanununu kullanarak üzerlerinden geçen akımı bulabiliriz. (**Problem 2.9**)

Bu noktada dikkat çekmek istediğim bir şey var, bunun için direncin üzerindeki potansiyel fark ve üzerinden geçen akımın grafiğini, yatay ekseninde ωt açısı, dikey ekseninde ise önce gerilimi sonrasında ise akımı göstermeniz. Her iki değerin de maksimum ve minimum oldukları anlara bakın. Bir şey fark etmelisiniz. Evet, bu iki grafik de maksimum ve minimum değerlerini aynı anda alıyorlar! Bu durum, bu iki niceliğin aynı fazda oldukları anlamına gelir. Faz kavramını aklınızda tutun çünkü ihtiyacımız olacak. Ayrıca etkin akım için de etkin gerilime benzer bir türetim yaparak $\sqrt{2}$ oranına ulaşabiliriz.

AC'de Kondansatör

Matematiğe geçmeden evvel biraz yorum yapalım. Bir kondansatöre sabit bir potansiyel fark uygulanırsa kondansatör plakalarında yük depolar ve üzerinden akım geçirmez hale gelir. Kondansatörler için verdiğimiz $Q = C \cdot V$ formülünün zamana bağlı türevini alırsak:

$$I = C \frac{dV}{dt} \quad (8)$$

elde ederiz. Akım, gerilimin zamana bağlı türevine göre değişiyor gördüğünüz üzere. Yani normalde DC üzerinden konuşsam gerilim eninde sonunda bir üst limitte sabitleniyor ve değişmediği için akım da geçmiyor derdim ama bu sefer gerilim her daim değiştiği için akım da değişiyor. Acaba bu noktada akım için neler söyleyebiliriz?

Biliyorsunuz ki ideal bir kondansatörde direnç kavramından hiç bahsetmedik çünkü biz dirençte atomların elektronların hareketine çıkardığı zorluktan bahsederken ideal kapasitörlerde sadece yüklerin plakalarda depolanmasından bahsettik. Peki kondansatörlerde etkin gerilim ve etkin akımın birbirine olan oranlarını alırsak ne olur? Belki de bu oran tam olarak Ohm kanununda ilgilendiğimiz direnç kavramı ile benzer mantıkta çalışmıyor olabilir ama yine de bu iki arkadaş arasındaki oranın bir sabite eşit olması durumunda uygulanan gerilime göre akımın büyüklüğünü belirleyen direnç benzeri bir niceliğe ulaşabiliriz. Bobin ve kondansatörlerde bu niceliğe reaktans adını vereceğiz. Eğer kondansatörden

bahsediyorsak kapasitif reaktans kavramını kullanacağız ve X_C ile göstereceğiz. Bobinlerde ise X_L ile gösterilen indüktif reaktansı kullanacağız. Her iki reaktansın da birimi tıpkı direnç gibi Ohm olacaktır. **(Problem 2.10)**

Şimdi beraber kondansatörlerde kapasitif reaktansı hesaplayalım.

- Akım ve gerilimin etkin değerleri, maksimum değerlerin $\sqrt{2}$ 'ye oranına eşit olduğundan iki tarafı da $\sqrt{2}$ ile genişleterek maksimum gerilimin maksimum akıma oranını bulalım.
- Kondansatörlerde gerilimi Kirschhoff gerilim yasası ile ifade edelim
- Türev alarak akımı da denklemin içine sokalım. Devamında denklemden elde ettiğimiz trigonometrik ifadeyi 1'e eşitleyelim.
- Maksimum gerilimin maksimum akıma oranını hesaplayalım.

Günün sonunda:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (9)$$

elde edilmesi gerekir, burada C kapasitans değeridir.

AC'de Bobin

Bobinlerde de benzer biçimde çalışacağız. **(Problem 2.11)**

- $V_{max} \cdot \sin \omega t = V_L$ yazdıktan sonra bobinler için bulduğumuz gerilim formülünü yazın.
- Diferansiyel denklemi çözerek akımın formülünü bulun sonrasında ise trigonometrik ifadeyi 1'e eşitleyerek akımın maksimum değerini bulun.
- Bu ikisinin oranını bulun.

Günün sonunda:

$$X_L = \frac{\omega}{L} \quad (10)$$

elde edilmesi gerekir, burada L indüktans değeridir.

Faz Açısı ve Empedans

Akımın maksimum değerini hesaplarken elde ettiğimiz eşitliklerdeki trigonometrik değerlerin 1'e eşit olduğu anı ele aldık. Lâkin bu noktada şu üç şeye dikkat etmemiz lazım.

- Herhangi bir andaki gerilim için $V_{max} \cdot \sin \omega t = V$
- Kondansatörlerde akım formülünde $I = \frac{V_{max} \cdot \cos \omega t}{X_C}$ veya $I = \frac{V_{max} \cdot \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})}{X_L}$
- Bobinlerde akım formülünde $I = \frac{V_{max} \cdot -\cos \omega t}{X_C}$ veya $I = \frac{V_{max} \cdot \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})}{X_L}$

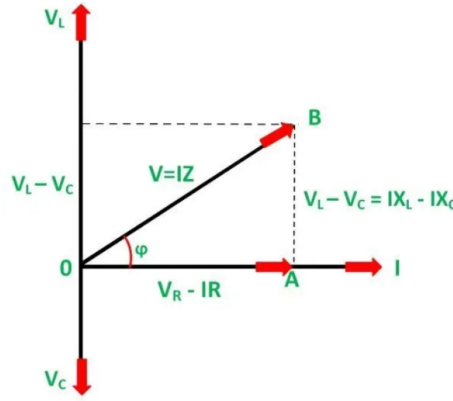
Bu noktada dikkat etmemiz gereken şey, bobin ve kondansatörlerin üzerinden geçen gerilim ve akım grafiklerinin aynı anda artıp azalmadığı. Çünkü bu ifadelerin artıp azaldığı noktaları belirleyen trigonometrik fonksiyonlar farklı, görmeniz açısından yukarıda akım ve gerilim formüllerini vermiş olduk. O halde bir kondansatörde gerilim ve akım grafiği

çizildiği takdirde akım grafiğinin gerilim grafiğinin $\frac{\pi}{2}$ kadar gerisinde olduğunu görürsünüz. Bu durumun tam tersi ise bobin için geçerlidir.

O halde şimdi bir direnç, bir bobin ve bir kondansatörün seri biçimde birbirine bağlandığını ve bu devreye bir AC kaynağın bağlandığını farz edelim. Bu devreye RLC devresi denir, RLC devresinin analizi tahmin edebileceğiniz üzere karmaşıktır lakin biz bugün görece daha basit olan bir şeyi daha hesaplayacağız: Gerilim/Akım oranı. Bu oran normalde direnç değerini verirken bobin ve kondansatörlerde reaktans adını alır. RLC devresinde ise empedans adını vereceğiz.

Bir RLC devresinde elemanlar seri bağlandığı için üzerlerinden her zaman aynı akım geçer. Bu akımın maksimum olduğu andaki değeri I_{max} olsun.

Bu noktada bileşke direnci belirlemek için fazör diyagramı kullanacağız. Fazör diyagramının bir örneğini aşağıdaki görselde bulabilirsiniz. Neden bu diyagramın istediğimizi verdiğini tartışmayacağız ama siz isterseniz (istediğinizi biliyorum) bu diyagramın bizi nelerden kullandığını araştırabilirsiniz. (**Problem 2.12**)



Şekil 2: Empedans türetimi için fazör diyagramı

Akım değerimizi belirli bir vektör olarak düşünelim. Önceden gösterdiğimiz formüllerden biliyoruz ki V_C değeri, kondansatörde gerilim ve akım arasındaki $-\frac{\pi}{2}$ radyanlık faz farkından ötürü akımdan $-\frac{\pi}{2}$ kaar döndürülmüş bir vektör olarak düşünebiliriz. Dirençlerde ise akım ve gerilim arasında bir faz farkı bulunmaz. Bobin için de $+\frac{\pi}{2}$ kadar faz farkı bulunmaktadır. Bu üç gerilimin vektörel toplamı bize bileşkeyi verir. Bileşke de dahil olmak üzere 4 gerilimin tamamını I_{max} değerine bölersek aynı yönde vektörler elde ederiz ama büyüklükleri X_C , X_L , R olur. Bu üç büyüklüğün bileşke değerine ise **empedans** ismi verilir. Z harfi ile gösterilir.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (11)$$

olarak verilir. Bu noktada iki tane reaktans değeri aynı doğrultuda farklı yönlerle vektörlerle temsil edildiğinden ötürü aralarındaki fark alınır. Bu iki değer birbirine eşit oldukları vakit $Z = R$ olur. Bu özel duruma **rezonans** ismi verilir. Anlayacağınız $\frac{\omega}{L} = \frac{1}{\omega C}$ olması gerekmektedir.

Belki de çok şey öğrenmedik ama hiç değilse elektriği ve onu kontrol eden faktörleri öğrendik, umarım dilim döndüğünce anlattıklarım kâfi gelmiştir :)

Problemler

Problem 2.1: Alternatif akımın elektriğin uzun mesafeler boyunca iletiminde doğru akıma göre avantajlı olmasının sebebi ne olabilir? Alternatif akımı çok daha avantajlı hale getiren teknolojik gelişme ne olabilir? **(3 puan)**

Problem 2.2: Metin içerisinde parantez içindeki sayılarla işaretlenmiş yerlere uygun sayıları veya ifadeleri yerleştiriniz (2 tane var). **(3 puan)**

Problem 2.3: Doküman içerisinde verilen bilgilerden ve kendi araştırmalarınızdan faydalanarak, doğru akım ile bir şehir içerisinde elektrik dağıtımını daha verimli biçimde nasıl sağladınız? **(10 puan)**

Problem 2.4: Bir elektrik alan içerisine yerleştirilen yüklerin elektrik alan yönüne kıyasla nasıl bir hareket yapmalarını bekleriz? **(2 puan)**

Problem 2.5 Telefonunuzun bataryasını şarj eden elektriğin yolculuğunu enerjinin üretildiği santralden telefonunuzun şarj soketine kadar evrimini açıklayınız (tercihen bir şema veya bir görsel daha iyi olacaktır). Bu süreçte kullanılan araçları belirtiniz; gerilim, akım gibi değerlerin nasıl dönüşüm geçirdiğini yazınız. **(5 puan)**

Problem 2.6 Telin ve yükün nicelikleri üzerinden akım için bir formül türetiniz. Verilen adımlardan faydalanınız. **(10 puan)**

Problem 2.7 Kirschhoff yasalarından faydalanarak paralel ve seri bağlantı kavramlarını araştırınız veya LM201'den izleyiniz, devamında ise dirençlerin seri ve paralel bağlanması durumunda üzerilerindeki potansiyel fark, akım değerleri ile eşdeğer direnci hesaplayınız. **(10 puan)**

Problem 2.8 Faraday yasasını kullanarak düzgün manyetik alan altında sabit açısız hızda hareket eden bir yüzeyin indükleyeceği EMK değerini hesaplayınız. Herhangi bir andaki EMK değerini olabilecek maksimum EMK değeri cinsinden yazınız. **(15 puan)**

Problem 2.9 Alternatif akım kaynağına bağlanmış bir direncin üzerinden geçen akımın formülünü bulunuz. **(10 puan)**

Problem 2.10 Alternatif akım kaynağına bağlı bir kondansatör için akım formülünü ve kapasitif reaktansı türetiniz. **(15 puan)**

Problem 2.11 Alternatif akım kaynağına bağlı bir bobin için akım formülünü ve indüktif reaktansı türetiniz. **(15 puan)**

Problem 2.12 Faz kavramının ne olduğunu ve neden faz diyagramına başvurduğumuzun motivasyonunu yazınız. Çok detaylı bilgiye gerek yok. **(3 puan)**