

Bu kitaba sığmayan
daha neler var!



Karekodu okutun, bu kitapla
ilgili EBA içeriklerine ulaşın!

ÖDS

ÖĞRENCİ/ÖĞRETMEN
DESTEK SİSTEMİ

<https://ods.eba.gov.tr>

- Konu Anlatımlı
Ders Videoları
- Soru Çözüm
Videoları
- Ders Anlatım
Videoları
- Çoktan Seçmeli
Sorular



Kişiselleştirilmiş
Öğrenme ve
Raporlama

Animasyonlar,
3B Modeller,
Simülasyon ve Oyunlar

Paylaşım ve
İş birliği

Ortak / Özel
Takvim

eba
www.eba.gov.tr



40181 700982

BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA
ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.

ISBN 978-975-11-6384-4

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik'in 5'inci Maddesinin
İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşınması Zorunlu Değildir.

YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ ALANI

MESLEK ELEKTRİK-ELEKTRONİĞİ

10

DERS MATERYALI

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ
YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ ALANI
MESLEK ELEKTRİK-ELEKTRONİĞİ **10**
Ders Materyali



MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

MESLEK ELEKTRİK-ELEKTRONİĞİ 10

DERS MATERYALİ

Yazarlar

Ahmet DURAK

Aykut AKTAŞ

Aziz GÜNEROĞLU

Nazmiye Sema BALKAN KUŞCU

Yasin KUŞCU



MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI.....: 8001
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ.....: 1929

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir.
Ders materyalinin metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

HAZIRLAYANLAR

Dil Uzmanı

Tayfun KARTAL

Program Geliştirme Uzmanı

Murat DAĞ

Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı

Neslihan KOSER

Görsel Tasarım Uzmanı

Adem ÇAKI

ISBN: 978-975-11-6384-4

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğüne ders materyali olarak hazırlanmıştır.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana vâdettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlahî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmâhrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerihamdan İlahî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden naşım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif ERSOY

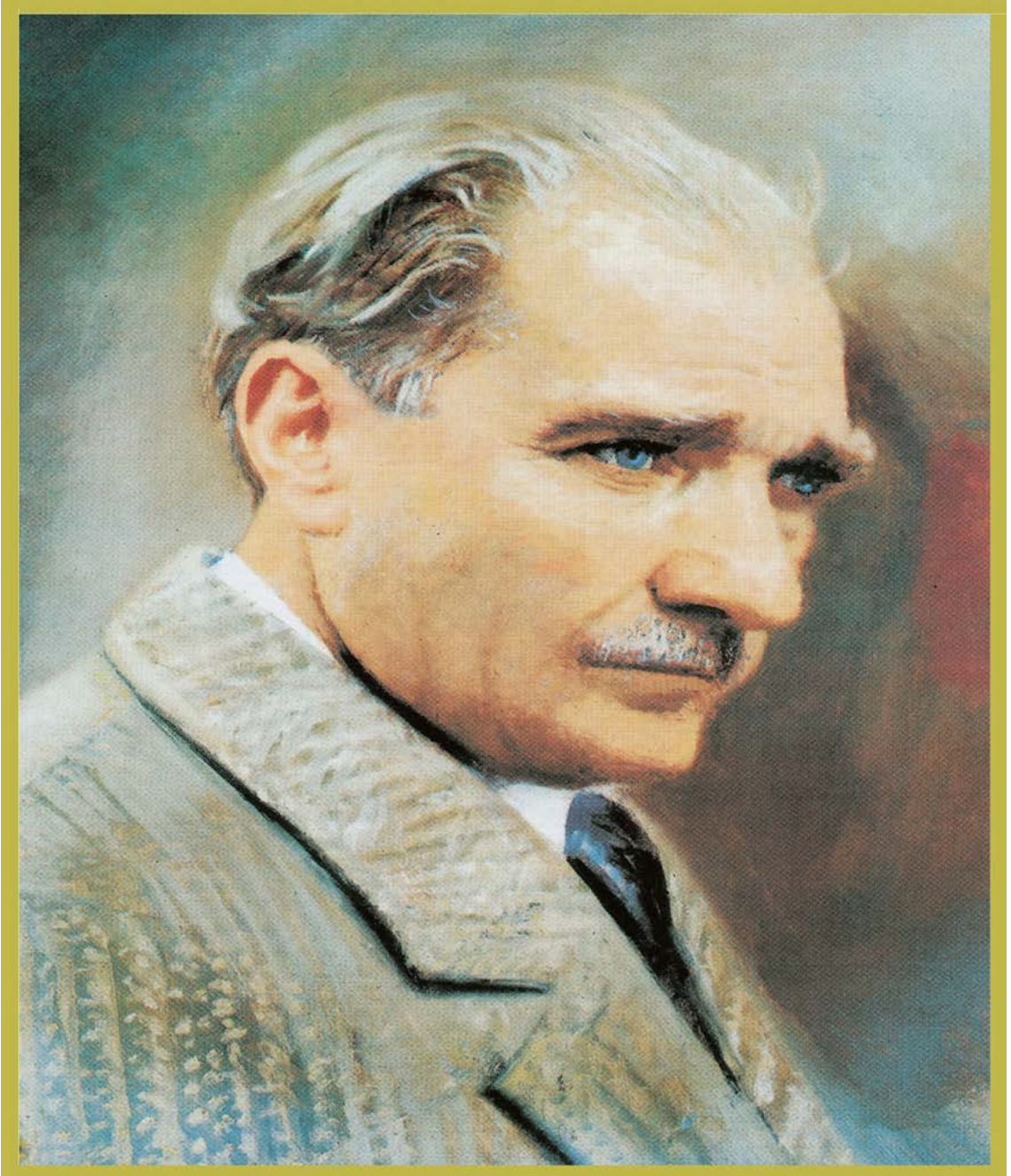
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal ATATÜRK



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

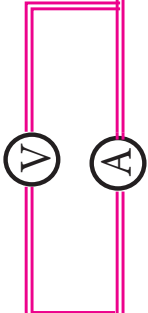
İÇİNDEKİLER

DERS MATERYALİNİN TANITIMI.....	12
1.ÜNİTE: ELEKTRİK ENERJİSİ TEMELLERİ	15
1.1. ATOM.....	15
1.1.1. Atomun Yapısı.....	15
1.1.2. Elektron Dizilimi.....	16
1.1.3. Serbest Elektron.....	17
1.1.4. İletken, Yalıtkan ve Yarı iletkenler.....	18
1.2. ELEKTRİK YÜKÜ.....	24
1.2.1. Elektrik Yükü ve Birimi.....	24
1.2.2. Coulomb (Kulon) Kanunu	24
1.2.3. Elektrik Kuvvet Çizgileri.....	26
1.2.4. Elektrik Alanı ve Alan Şiddeti.....	27
1.3. ELEKTRİK AKIMI.....	36
1.3.1. Elektrik Akımı ve Akım Şiddeti.....	36
1.3.2. Elektrik Akımı Ast ve Üst Katları.....	37
1.3.3. Elektrik Akımının Türleri.....	38
1.3.4. Elektrik Akımının Metal, Sıvı ve Gazlardan Geçışı	39
1.3.5. Elektrik Akımının Etkileri.....	40
1.3.6. Elektrik Akımının Özellikleri.....	45
1.4. ELEKTRİK GERİLİMİ	54
1.4.1. Gerilim ve Emk.....	54
1.4.2. Gerilim Üretme Yöntemleri.....	55
1.4.3. Gerilim Birim Dönüşümleri.....	57
1.4.4. Gerilim İletim Hatları.....	58
1.4.5. Gerilim Özellikleri.....	58
1.5. STATİK ELEKTRİK.....	61
1.5.1. Statik Elektriğin Faydaları ve Çeşitli Kullanım Alanları.....	61
1.5.2. Statik Elektriğin Zararları ve Alınacak Önlemler.....	62
1.5.3. Statik Elektrik Yükleri Ölçümü.....	63
1.5.4. Elektriklenme Yöntemleri.....	63
1.5.5. Şimşek ve Yıldırım.....	66
2.ÜNİTE: GÜNEŞ PİLLERİNDE (FOTOVOLTAİK PİLLER) ÜRETİLEN DOĞRU AKIMININ TEMELLERİ.....	70
2.1. DOĞRU AKIMIN (DC) ÖZELLİKLERİ.....	71
2.2. DOĞRU AKIM KAYNAKLARI.....	74
2.2.1. Doğru Akım Kaynaklarının Bağlantısı.....	75
2.3. DOĞRU AKIM DEVRELERİ.....	78
2.3.1. Seri Devre.....	78
2.3.2. Paralel Devre.....	79





2.3.3. Karışık Devre.....	80
2.4. OHM KANUNU.....	87
2.5. KİRCHHOFF KANUNLARI.....	91
2.5.1. Kirchhoff'un Akımlar Kanunu.....	91
2.5.2. Kirchhoff'un Gerilimler Kanunu.....	91
2.6. KONDANSATÖR.....	98
2.6.1. Kondansatör Bağlantıları.....	99
2.7. BOBİN.....	105
2.7.1. Bobin Bağlantıları.....	105
2.7.2. Birimlerin Ast ve Üst Katları.....	107
2.8. GÜNEŞ PİLLERİ (FOTOVOLTAİK PİLER).....	112
2.8.1. Fotovoltaik Pillerin Yapısı ve Çalışması	112
2.8.2. Fotovoltaik Pillerin Bağlantıları.....	113
2.8.3. Fotovoltaik Pillerde Güç.....	114
3.RÜZGÂR TÜRBİNLERİNDE ÜRETİLEN ALTERNATİF AKIMIN (AC) TEMELLERİ.....	120
3.1. ALTERNATİF AKIM (AC) ÖZELLİKLERİ VE ELDE EDİLMESİ.....	121
3.1.1. Alternatif Akım.....	121
3.1.2. Alternatif Akımın Elde Edilmesi.....	122
3.1.3. Alternatif Akım Terimleri.....	126
3.1.4. Alternatif Akımın Avantajları.....	129
3.2. ALTERNATİF AKIM BİLEŞENLERİ VE VEKTÖRLERLE GÖSTERİMİ.....	131
3.2.1. Alternatif Akım Bileşenleri.....	131
3.2.2. Maksimum Değer.....	131
3.2.3. Ani Değer.....	132
3.2.4. Ortalama Değer.....	132
3.2.5. Etkin Değer.....	133
3.2.6. Sıfır Baz.....	133
3.2.7. İleri Faz.....	134
3.2.8. Geri Faz.....	134
3.2.9. Faz Farkı.....	134
3.3. ALTERNATİF AKIMDA BOBİNLER.....	136
3.3.1. Bobin.....	136
3.3.2. Alternatif Akımda Bobinin Özellikleri.....	136
3.3.3. Endüktans.....	137
3.3.4. Endüktif Reaktans.....	139
3.3.5. Alternatif Akımda Bobinlerin Seri Bağlantıları.....	140
3.3.6. Alternatif Akımda Bobinlerin Paralel Bağlantıları.....	141
3.4. ALTERNATİF AKIMDA KONDANSATÖRLER.....	145
3.4.1. Kondansatör.....	145



3.4.2. Alternatif Akımda Kondansatörün Özellikleri.....	145
3.4.3. Kapasitans.....	146
3.4.4. Kapasitif Reaktans.....	147
3.4.5. Alternatif Akımda Kondansatörlerin Seri Bağlantıları.....	148
3.4.6. Alternatif Akımda Kondansatörlerin Paralel Bağlantıları.....	151
3.5. ALTERNATİF AKIM DEVRE ÇEŞİTLERİ VE HESAPLARI.....	154
3.5.1. Alternatif Akım Devreleri.....	154
3.5.2. Seri Devre.....	154
3.5.3. Paralel Devreler.....	158
3.5.4. Rezonans Devreleri.....	162
3.5.5. Alternatif Akım Devrelerinde Güç.....	166
3.5.6. Alternatif Akım Devrelerinde Güç Üçgeni ve Katsayısı.....	167
3.6. TRANSFORMATÖRLERİN ÖZELLİKLERİ VE ÇEŞİTLERİ.....	174
3.6.1. Transformatörler.....	174
3.6.2. Transformatörlerin Yapısı ve Çalışma İlkeleri.....	175
3.6.3. Transformatör Çeşitleri.....	176
3.6.4. Transformatörlerin Dönüştürme Oranı.....	177
3.6.5. Transformatör Kayıpları.....	178
3.7. RÜZGÂR ENERJİSİ.....	185
3.7.1. Rüzgâr.....	185
3.7.2. Rüzgâr Enerjisinin Elektrik Enerjisine Dönüşümü.....	186
3.7.3. Rüzgâr Türbinleri.....	186
3.7.4. Rüzgâr Türbinlerinde Enerji.....	188
3.7.5. Kule Yüksekliğinin Üretime Etkisi.....	192
3.7.6. Rüzgâr Türbinlerinde Kullanılan Elektrik Makineleri.....	192
4.DÖNÜŞTÜRÜCÜ VE EVİRİCİ DEVRELER	199
4.1. DÖNÜŞTÜRÜCÜLER VE DÖNÜŞTÜRÜCÜ DEVRE ÇEŞİTLERİ.....	200
4.1.1. Dönüştürücüler.....	200
4.1.2. Dönüştürücü Devre Çeşitleri.....	200
4.2. EVİRİCİLER VE EVİRİCİ ÇEŞİTLERİ.....	212
4.2.1. Eviriciler.....	212
4.2.2. Evirici Çeşitleri.....	213
4.3. DÖNÜŞTÜRÜCÜ VE EVİRİCİ KONTROL YÖNTEMLERİ.....	221
4.3.1. PWM (Darbe Genişlik Modülasyonu) Kontrol Yöntemi.....	221
4.3.2. Akım Kontrollü PWM Yöntemi.....	222
4.3.3. Gerilim Kontrollü PWM Yöntemi.....	222
KAYNAKÇA.....	225
GÖRSEL KAYNAKÇA.....	227





DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Öğrenme biriminin adını gösterir.

Öğrenme biriminde neler öğrenileceğini gösterir.

Kazanımın adını gösterir.

Derse başlamadan yapılacak hazırlıkları gösterir.

2. ÖĞRENME BİRİMİ

GÜNEŞ PİLLERİNDE (FOTOVOLTAYİK PİLLER) ÜRETİLEN DOĞRU AKIMIN TEMELLERİ



NELER ÖĞRENECEĞİZ?

- Doğru Akım Özellikleri
- Doğru Akım Kaynakları
- Doğru Akım Devreleri
- Ohm Kanunu
- Kirchhoff Kanunları
- Kondansatör
- Bobin
- Güneş Pilleri

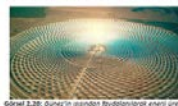
GÜNEŞ PİLLERİ (FOTOVOLTAYİK PİLLER)

Materyal Değerlendirmesi

- Güneş gücünden faydalanarak elektrik üretmeye önce neden ihtiyaç duymalıyız?
- Güneş enerjisi günümüzde hangi alanlarda kullanılmaktadır?
- Güneşten elektrik enerjisi elde etmek için önce güneşin hangi gücünden (ışık ve/veya ısı) faydalanılmaktadır?

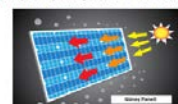
2.1. GÜNEŞ PİLLERİ (FOTOVOLTAYİK PİLLER)

Güneş, ışık ve ısı olarak dünyaya çok büyük bir enerji kaynağı olarak yazar. Dünya'ya sürekli bir enerji kaynağıdır. Güneşten elektrik enerjisi üretmek için Güneş enerjisi ışık ve ısı olarak dünyaya ulaşarak önce önce Güneş'in ışığından faydalanarak elektrik ve ısı olarak üretilmektedir (Güneş 2.20).



Güneş 2.20 Güneş'in ışından faydalanarak enerji üretimi

Fotovoltaik pillerin içerisindeki hücrelerin üzerine güneş ışığı düştüğünde hücrelerden elektrik enerjisi üretilir. Bu da fotovoltaik hücreler kullanılarak elektrik üretilir. Güneşten elektrik enerjisi üretmek için önce önce Güneş'in ışığından faydalanarak elektrik ve ısı olarak üretilmektedir (Güneş 2.21).



Güneş 2.21 Üretilen güneş ışığı ile üretilen fotovoltaik enerjiler

2.1.1. FOTOVOLTAYİK PİLLERİN YAPISI VE GELİŞİMİ

Fotovoltaik pillerin yapısında p ve n tipi yarıiletkenler kullanılır. Fotovoltaik hücreler genellikle iki katmanlı yapıdadır. Üst katman p-tipi, alt katman n-tipi yarıiletkenlerden oluşur. Üst katman p-tipi yarıiletkenler, alt katman n-tipi yarıiletkenler ile birleştirilerek, elektrik üretimi için kullanılır. Üst katman p-tipi yarıiletkenler, alt katman n-tipi yarıiletkenler ile birleştirilerek, elektrik üretimi için kullanılır. Üst katman p-tipi yarıiletkenler, alt katman n-tipi yarıiletkenler ile birleştirilerek, elektrik üretimi için kullanılır. Üst katman p-tipi yarıiletkenler, alt katman n-tipi yarıiletkenler ile birleştirilerek, elektrik üretimi için kullanılır.

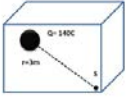
YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ

Uygulama çalışmalarını gösterir.

Değerlendirme kriterlerini gösterir.

UYGULAMA ADI: ELEKTRİK ALAN PROBLEMİSİ UYGULAMA NO: 6
SÜRE: 1 GÜN

Amaç: Elektrik alan problemi çözmek.
Uygulamaya Ait Gözetil



Öğrenme Sonuçları:

- Öğrenciler, uygulamaya ilişkin değerlendirme kriterlerini verilen kutular içerisinde karşılayabilirler.
- Formülün parçaları, paketleri bilgileri kullanarak işlemi gerçekleştirebilir.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirme:

Çıktı bir ortam içerisinde 1400'lik bir yükün kendisinden 3m uzaklıktaki 5 noktasından alan potansiyelini hesaplayınız.
NOK Ortamı çamur ve dielektrik katsayısı $\epsilon_r = 7$ 'dir.

Ölçütür	Değerlendirme Kriterleri	Skor
A1) Soruyu	1) Soruyu çözüme başlarken soruyu okudu.	20
A2) Soruyu	2) Uygulamaya verilen alan sorusunu çözümlerini yazdı.	20
A3) Soruyu	3) İşlem sonucunu doğru yazdı.	20
A4) Soruyu	4) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A5) Soruyu	5) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A6) Soruyu	6) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A7) Soruyu	7) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A8) Soruyu	8) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A9) Soruyu	9) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A10) Soruyu	10) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A11) Soruyu	11) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A12) Soruyu	12) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A13) Soruyu	13) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A14) Soruyu	14) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A15) Soruyu	15) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A16) Soruyu	16) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A17) Soruyu	17) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A18) Soruyu	18) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A19) Soruyu	19) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A20) Soruyu	20) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A21) Soruyu	21) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A22) Soruyu	22) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A23) Soruyu	23) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A24) Soruyu	24) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A25) Soruyu	25) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A26) Soruyu	26) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A27) Soruyu	27) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A28) Soruyu	28) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A29) Soruyu	29) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A30) Soruyu	30) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A31) Soruyu	31) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A32) Soruyu	32) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A33) Soruyu	33) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A34) Soruyu	34) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A35) Soruyu	35) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A36) Soruyu	36) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A37) Soruyu	37) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A38) Soruyu	38) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A39) Soruyu	39) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A40) Soruyu	40) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A41) Soruyu	41) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A42) Soruyu	42) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A43) Soruyu	43) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A44) Soruyu	44) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A45) Soruyu	45) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A46) Soruyu	46) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A47) Soruyu	47) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A48) Soruyu	48) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A49) Soruyu	49) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A50) Soruyu	50) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A51) Soruyu	51) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A52) Soruyu	52) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A53) Soruyu	53) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A54) Soruyu	54) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A55) Soruyu	55) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A56) Soruyu	56) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A57) Soruyu	57) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A58) Soruyu	58) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A59) Soruyu	59) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A60) Soruyu	60) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A61) Soruyu	61) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A62) Soruyu	62) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A63) Soruyu	63) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A64) Soruyu	64) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A65) Soruyu	65) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A66) Soruyu	66) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A67) Soruyu	67) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A68) Soruyu	68) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A69) Soruyu	69) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A70) Soruyu	70) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A71) Soruyu	71) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A72) Soruyu	72) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A73) Soruyu	73) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A74) Soruyu	74) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A75) Soruyu	75) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A76) Soruyu	76) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A77) Soruyu	77) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A78) Soruyu	78) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A79) Soruyu	79) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A80) Soruyu	80) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A81) Soruyu	81) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A82) Soruyu	82) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A83) Soruyu	83) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A84) Soruyu	84) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A85) Soruyu	85) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A86) Soruyu	86) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A87) Soruyu	87) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A88) Soruyu	88) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A89) Soruyu	89) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A90) Soruyu	90) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A91) Soruyu	91) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A92) Soruyu	92) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A93) Soruyu	93) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A94) Soruyu	94) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A95) Soruyu	95) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A96) Soruyu	96) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A97) Soruyu	97) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A98) Soruyu	98) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A99) Soruyu	99) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20
A100) Soruyu	100) Formülün bir parçasını doğru yazdı.	20

21

YENİLENDİRİLMİŞ TEKNİK EĞİTİM KURUMU



1. ÖĞRENME BİRİMİ

ELEKTRİK ENERJİSİ TEMELLERİ



NELER ÖĞRENECEĞİZ?

- 1.1. ATOMUN YAPISI VE ELEKTRON TEORİSİ
- 1.2. ELEKTRİK YÜKLERİ VE ELEKTRİK ALANI
- 1.3. ELEKTRİK AKIMININ ÖZELLİKLERİ VE ETKİLERİ
- 1.4. ELEKTRİK GERİLİMİNİN ÖZELLİKLERİ
- 1.5. STATİK ELEKTRİK VE ELEKTRİKLENME YÖNTEMLERİ

1. ELEKTRİK ENERJİSİ TEMELLERİ

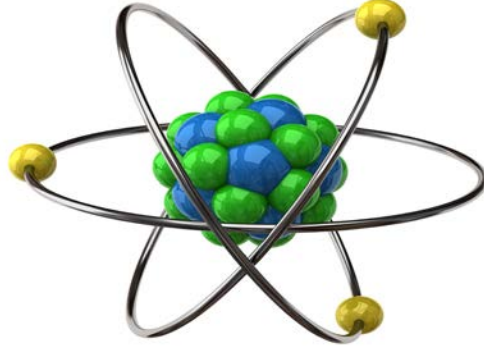
Hazırlık Çalışmaları

1. Avuç içinizde atom var mıdır? Bunun hissedilip hissedilmeyeceğini nedenleriyle açıklayınız?
2. Elektrik üreten makinelerde tel yerine kumaş kullanılsaydı sizce nasıl bir değişiklik gerçekleşirdi?

1.1. ATOM

Atom, maddeyi oluşturan ve maddenin özelliklerini taşıyan en küçük yapı birimidir. Çekirdeğinde proton ile nötron, etrafındaki yörüngesinde ise elektronlar bulunur (Görsel 1.1).

1.1.1. ATOMUN YAPISI



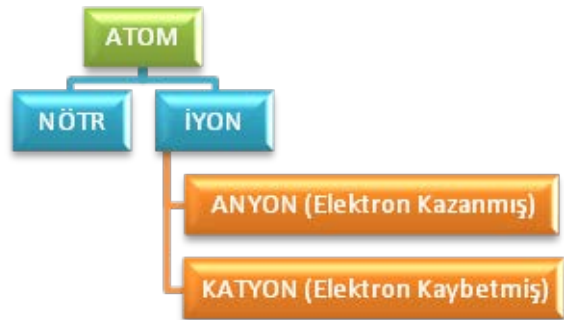
Görsel 1.1: Atom çekirdeği ve yörüngesi

Çekirdekte bulunan proton, pozitif (+) yüklü iken nötronlar yüksüz durumdadır. Atom yörüngesinde hareket hâlindeki elektronlar ise (-) negatif yüklüdür.

Normal şartlar altında bir atom, yüksüz (nötr) olduğunda proton sayısı elektron sayısına eşittir. Bir atomda elektron ve proton sayısı eşit değil ise bu atom iyon hâline gelir. Bu durumda atom ya elektron alır ya da kaybeder.

Atom, bir ya da daha fazla elektron kaybeder ise **katyon** hâline gelir. Bu durumda çekirdekteki proton sayısı elektron sayısından daha fazla hâle geldiğinden çekirdeğin çekim gücü artar. Katyonlar, elementin yanına "+" sembolü eklenerek ifade edilir. Örneğin sodyum (Na) elementi katyon ise Na "+" şeklinde belirtilir.

Atom bir ya da daha fazla elektron kazanmış ise **anyon** hâline gelmiştir. Bu durumda çekirdekteki proton sayısı elektron sayısına göre daha az hâle geldiğinden çekirdeğin çekim gücü azalmıştır. Anyonlar, elementin yanına (-) sembolü eklenerek ifade edilir. Örneğin Klor (Cl) elementi anyon ise Cl(-) şeklinde belirtilir.

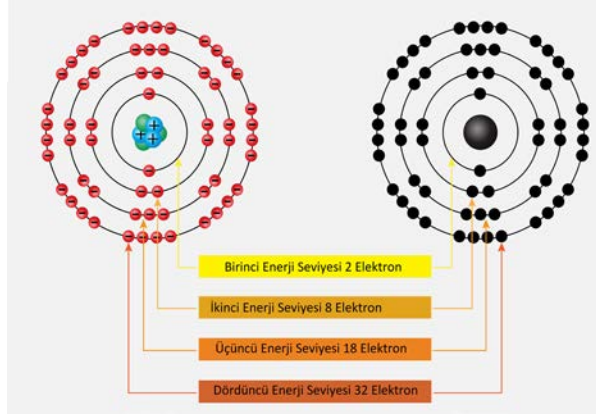


Tablo 1.1: Atom ve iyon





Atomun "K, L, M, N, O, P, Q" olarak adlandırılan, en fazla 7 yörüngesi bulunur (Görsel 1.2).



Görsel 1.2: Atom yörüngeleri

Her bir yörünge, bir sistem dâhilinde belirli miktarda elektron barındırır ve bu elektronların enerji seviyeleri de değişmez. Bir atomun n'inci yörüngesine $2n^2$ kadar elektron yerleşebilir. Örneğin K yörüngesi birinci yörüngedir ve bu yörüngeye en fazla 2 elektron yerleştirilebilir. L yörüngesi ise ikinci yörüngedir ve buna göre maksimum yerleşebilecek elektron sayısı şu şekilde hesaplanır:

$$2n^2$$

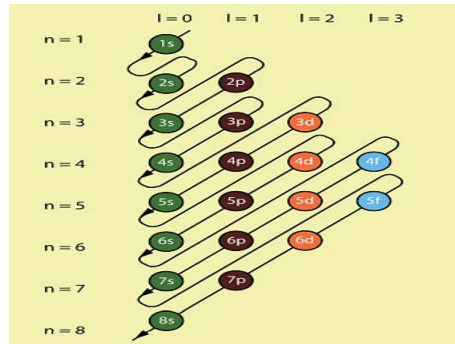
$$2 \times 2^2$$

$2 \times 4 = 8$ maksimum yerleşebilecek elektron sayısıdır.

1.1.2. ELEKTRON DİZİLİMİ

Atomun yörüngelerine yazılacak elektron dizilişini yerleştirmek için bir standart belirlenmiştir. Bu standarda **atom orbital dizilimi** denir. Elektronlar, orbital diziliminde belirli bir kurala göre yerleştirilir. (Görsel 1.3). Bu dizilim $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^6 7s^2 5f^{14} 6d^{10} 7p^6$ şeklindedir. S orbitalinde 2, p orbitalinde 6, d orbitalinde 10, f orbitalinde ise 14 tane elektron bulunabilir. Örneğin atom numarası 15 olan fosfor atomunun dizilimi şeklindedir. Bu dizilim incelendiğinde;

$$P_{15} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$$

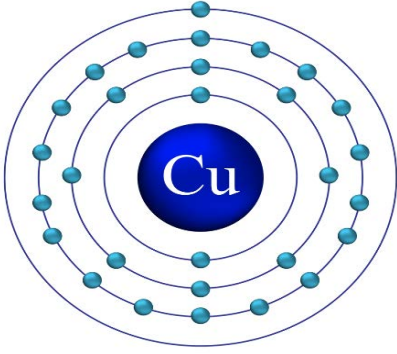


Görsel 1.3: Elektron dizilimi

- $1s^2$ için birinci yani K yörüngesinde bulunan toplam elektron sayısını gösterir. Birinci yörüngede en fazla 2 elektron bulunabilir ve s orbitaline 2 tane elektron yerleşmiştir.
- $2s^2 2p^6$ için ikinci yani L yörüngesinde bulunan toplam elektron sayısını gösterir. İkinci yörüngede en fazla 8 elektron bulunabilir. Burada 2 tane elektron s orbitaline, 6 elektron da p orbitaline olmak üzere toplam 8 elektron yerleşmiştir.
- $3s^2 3p^3$ için üçüncü yani M yörüngesinde bulunan toplam elektron sayısını gösterir. Üçüncü yörüngede en fazla 18 elektron bulunabilir. Burada 2 tane elektron s orbitaline, 3 elektron da p orbitaline olmak üzere toplam 5 elektron yerleşmiştir.
- Böylece K yörüngesinde 2 elektron, L yörüngesinde 8 elektron, M yörüngesinde 5 elektron olmak üzere toplam 15 elektronun yerleşimi gerçekleşmiştir.

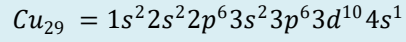
Örnek 1.1:

29 elektrona sahip bakır (Cu) atomu elektronlarının orbital dizilimini gerçekleştiriniz.



Çözüm

Bakır atomu elektronları 4 yörüngeye yerleşmektedir (Görsel 1.4). Buna göre orbital dizilimi;



K: 2

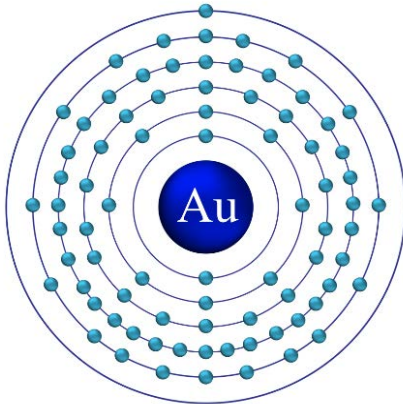
L: 8

M: 18

N: 1 olmak üzere toplam 29 elektron

1.1.3. SERBEST (VALANS) ELEKTRON

Bir atomun sahip olduğu en dış yörüngeye **valans bandı**, burada bulunan elektronlara ise **valans (serbest) elektron** denir (Görsel 1.4).



Görsel 1.4: Altın atomu üzerinde valans (serbest) elektron ve valans bandı

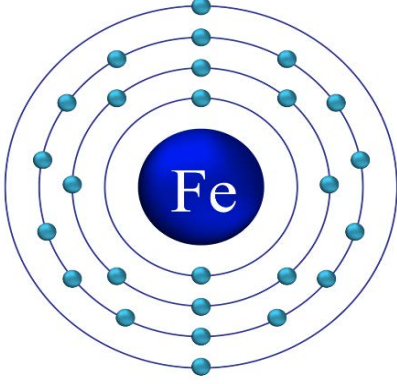
Valans bandında bulunan elektronlar çekirdekten uzaklaştıkça çekirdeğin çekim gücü azalır. Ancak bu valans elektronlar çekirdekten uzaklaştıkça sahip oldukları enerji de artar. Bu nedenle kolay elektron alma ya da elektron kaybetme eğilimleri artar. Elektrik akımının iletilmesi de bu durum sayesinde gerçekleşir. İki atomun son yörüngelerindeki elektron hareketi sonucu elektrik akımı meydana gelir.





1.1.4. İLETKEN, YALITKAN VE YARI İLETKENLER

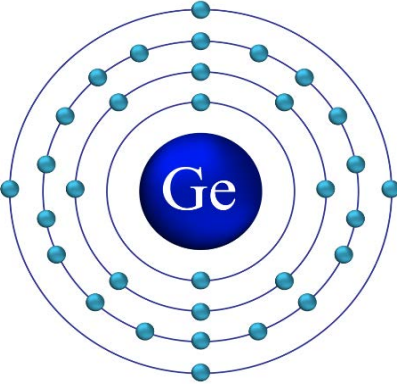
Atomların valans bandındaki elektron sayısı, bu atomların elektriksel özelliklerini belirleyen en önemli etkidir. Maddeler, atomlarındaki valans elektron sayılarına göre elektrik akımını iletme eğilimi gösterir ve bu duruma göre yalıtkanlar ve yarı iletkenler olarak 3 gruba ayrılır. Atomlarının son yörüngesinde 4'ten az elektron bulunduran maddelere **iletken** denir (Görsel 1.5).



Görsel 1.5: İletken bir atom

Atomlarının son yörüngesinde 2 veya 3 elektron bulunduran maddelere oranla son yörüngesinde 1 elektron bulunduran maddeler, elektriği daha iyi iletir. Bakır, gümüş, altın, demir, alüminyum gibi maddeler buna örnek gösterilebilir. Bu maddeler arasında bakır; altın ve gümüş kadar iyi bir iletken değildir ancak maliyeti ucuz ve temini kolay olması nedeniyle elektronikte en çok tercih edilen iletkenidir.

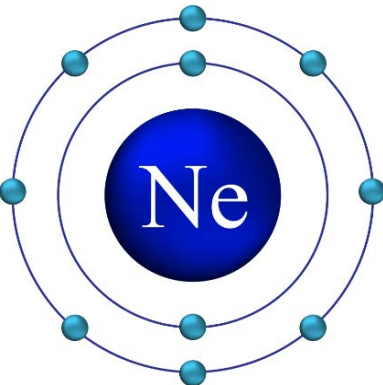
Atomlarının son yörüngesinde 4 elektron bulunduran maddelere **yarı iletken** denir (Görsel 1.6).



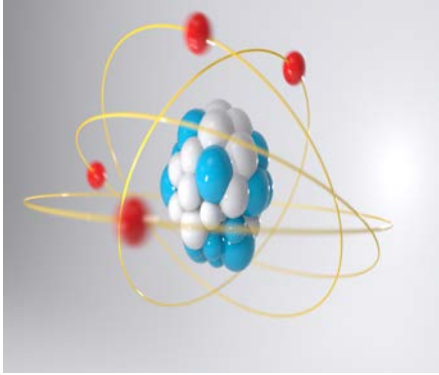
Görsel 1.6: Yarı iletken bir atom

Yarı iletken maddeler elektrik akımını bazen iletir bazen de iletmez. Bu özellikleri sayesinde elektronik endüstrisinde kullanılan malzemeler üretilmiştir. En çok kullanılan yarı iletkenler silisyum, germanyum ve karbondur. Ancak silisyum ve germanyum, bazı katkı malzemeleriyle daha kolay birleşmesi nedeniyle karbona oranla daha çok tercih edilir.

Atomlarının son yörüngesinde 4'ten fazla elektron bulunduran maddelere **yalıtkan** denir (Görsel 1.7).



Görsel 1.7: Yalıtkan bir atom

UYGULAMA ADI	ATOM VE ELEKTRON PROBLEMLERİ	1. UYGULAMA
<p>Amaç: Atomun yapısını ve elektronları açıklamak.</p> <p>Uygulamaya Ait Görsel</p>  <p>İşlem Basamakları</p> <ol style="list-style-type: none">1. İşlemlerinizi uygulamaya ilişkin değerlendirmeler alanında, bırakılan boşluklarda gerçekleştiriniz.2. Öncelikle yörünge sıralamasını yazınız.3. İstenilen yörünge harfi kaçınıcı sırada yer alır, bunu tespit ediniz. Bununla öylece "n" rakamının sayısını bulunuz.4. Formülü yazınız ve işlemi gerçekleştiriniz.5. Sonuçları uygulama sonunda bulunan tabloya yazınız. <p>Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler</p> <p>A) Bir atomun N yörüngesine en fazla kaç tane elektron yerleşebilir? Hesaplayınız.</p>		



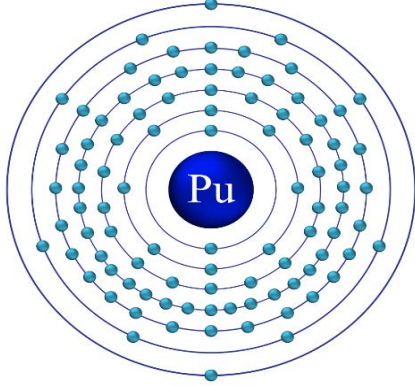


B) Bir atomun P yörüngesine en fazla kaç elektron yerleşebilir? Hesaplayınız.

Uygulama Sonuçları

SEÇENEKLER	SONUÇLAR
A	
B	

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20	
ÖĞRETMEN		4	N yörüngesinde bulunabilecek elektron sayısını doğru buldu.	25
Adı Soyadı:	5	P yörüngesinde bulunabilecek elektron sayısını doğru buldu.	25	
İmza:	TARİH		TOPLAM PUAN	100
/...../.....			

UYGULAMA ADI		ATOM VE ELEKTRON PROBLEMLERİ		2. UYGULAMA	
<p>Amaç: Atomun yapısını ve elektronlarını açıklamak.</p> <p>Uygulamaya Ait Görsel</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>İşlem Basamakları</p> <p>a) İşlemlerinizi uygulamaya ilişkin değerlendirmeler alanında, bırakılan boşluklarda gerçekleştiriniz.</p> <p>b) Atom numarası 94 olan plütonyum (Pu) atomunun elektronlarının göre orbital dizilimini gerçekleştiriniz.</p> <p>Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler</p>					
ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ			
Adı Soyadı:		1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.	20	
Sınıf:		2	Problemi verilen süre içerisinde çözdü.	20	
No:		3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	30	
ÖĞRETMEN		4	Plütonyum atomu orbital dizilimini doğru gerçekleştirdi.	30	
Adı Soyadı:		TOPLAM PUAN			100
İmza:	TARİH				
/...../.....				





UYGULAMA ADI

İLETKEN YALITKAN VE YARIİLETKEN DENEYİ

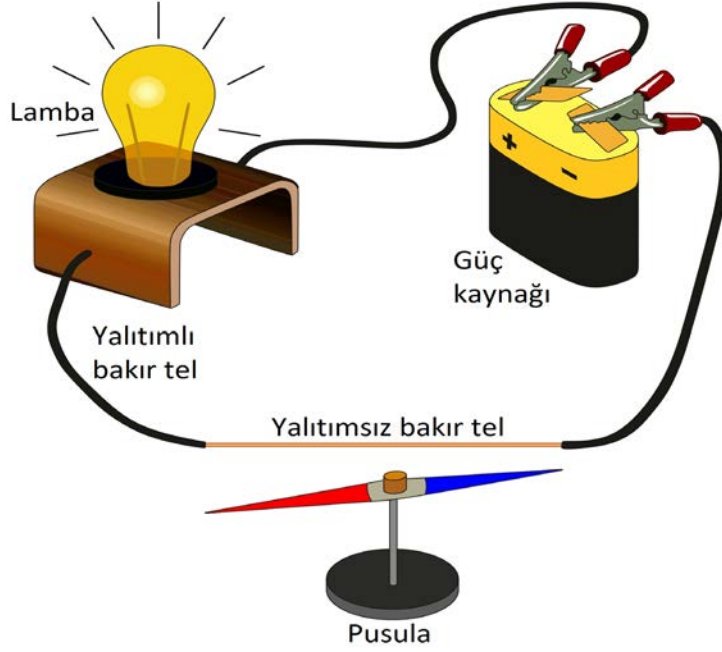
3. UYGULAMA

Amaç: İletken, yalıtkan ve yarı iletken deneyler yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



21211



Kullanılacak Araç Gereç

No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Led diyod	Herhangi bir renk	1
2	Pil	9 volt	1
3	Bağlantı kablosu		Yeterli miktarda
4	İletken tel		Yeterli miktarda
5	Plastik malzeme	Yalıtkan herhangi gereç (ip, kumaş vb.)	1
6	Zener diyot	1N4739A (9.1V)	1
7	Bread board		1

İşlem Basamakları

1. İSG kurallarına uyarak şekilde verilen devreyi breadboard üzerine kurunuz.
2. Boş kalan bağlantı yeri için seçtiğiniz iletken teli yerleştiriniz ve devreye enerji veriniz. Bir süre bekledikten sonra ledin yanıp yanmadığını gözlemleyiniz ve sonucu uygulama sonunda bulunan tabloya işaretleyiniz.
3. Boş kalan bağlantı yeri için seçtiğiniz yalıtkan malzemeyi yerleştiriniz ve devreye enerji veriniz. Bir süre bekledikten sonra ledin yanıp yanmadığını gözlemleyiniz ve sonucu uygulama sonunda bulunan tabloya işaretleyiniz.
4. Boş kalan bağlantı yeri için bir iletken teli yerleştiriniz. Zenerdiyodu lede paralel ve ters bir şekilde yerleştiriniz ve devreye enerji veriniz (zener diyodun ters gerilimle çalıştığını hatırlayınız.). Bir süre bekledikten sonra ledin yanıp yanmadığını gözlemleyiniz ve sonucu uygulama sonunda bulunan tabloya işaretleyiniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Devre çalışırken neler gözlemlediniz? Ne öğrendinizi not ediniz.

Uygulama Sonuçları

MALZEMELER	LED İÇİN SONUÇLAR		
	Hemen yandı.	Bir süre sonra yandı.	Yanmadı.
İletken için			
Yalıtkan için			
Yarı iletken için			

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.	10	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	İletken, yarıiletken ve yalıtkanı tanıdı.	20	
ÖĞRETMEN		4	İletkeni gözlemleyip devre sonucunu doğru not etti.	20
Adı Soyadı:	5	Yalıtkanı gözlemleyip devre sonucunu doğru not etti.	20	
İmza:	TARİH	6	Yarı iletkeni gözlemleyip devre sonucunu doğru not etti.	20
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100





2. ELEKTRİK YÜKLERİ VE ELEKTRİK ALANI

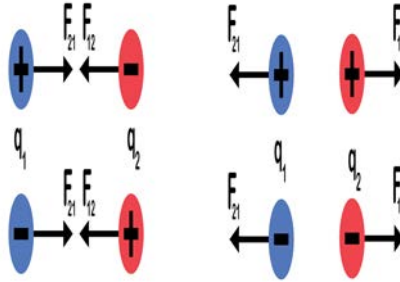
Hazırlık Çalışmaları

1. Elektrik yükü denildiğinde aklınıza ilk geleni not ediniz. Öğrendiğiniz bilgilerle bunu kıyaslayınız.
2. Elektrik kuvvet çizgileri görülebilir mi? Bunları göremiyorsanız sebebi ne olabilir?

1.2.1. ELEKTRİK YÜKÜ VE BİRİMİ

Maddeler atomlardan oluşur. Bir atom elektron kazanmış ya da kaybetmiş ise iyon hâlini alır. Elektronlar (-) negatif yüklüdür buna göre bir atom, elektron almış ise üzerinde bulunan eksi yük miktarı artar dolayısıyla **anyon** olur. Anyon ya da katyon hâline gelen iyonlar, artık yüklü maddelerdir. Yüklü maddenin "+" ya da "-" olması ise elektron akışına bağlıdır.

Elektrik yükü; bir madde veya atomun, elektrik yüklü başka bir maddeye yaklaştırıldığı zaman meydana getirdiği itme ya da çekme kuvvetidir.

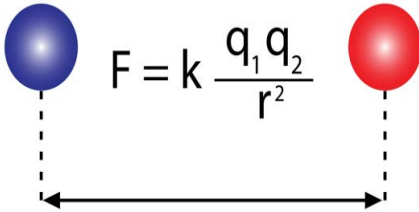


Görsel 1.8: Pozitif ve negatif elektrik yükleri

Pozitif ve negatif olmak üzere iki çeşit yük vardır. Elektrik yükünde aynı yükle yüklenmiş maddeler birbirlerini iterken, farklı yükle yüklenmiş maddeler birbirlerini çeker (Görsel 1.8). Elektrik yükü "Q" veya "q" harfi ile gösterilir birimi ise "kulondur" [(coulomb (kolumb))]. Coulomb "C" harfi ile temsil edilir.

1.2.2. Coulomb Kanunu

Coulomb kanununda yüklü iki parçacık arasındaki kuvvet; yüklerin çarpımıyla ve bulunduğu ortam ile doğru, aralarındaki uzaklığın karesi ile ters orantılıdır (Görsel 1.9).



Görsel 1.9: Kulon kanunu

Formüle bakıldığında;

F : Yüklere arasındaki kuvvet (nevtun)

q1 ve q2: Elektriksel yükler (kulon)

r : Yüklere arasındaki uzaklık (metre)

k : Kulon sabiti (9.10⁹ /εr) (εr; ortamın dielektrik geçirgenlik katsayısı)

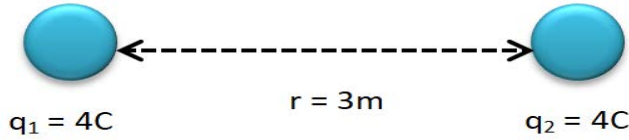
Olarak görülür. Bu durumda;

$$k = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon_r}$$

Buna göre formül şu şekilde olur;

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon_r} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

Örnek 1.2.



Aralarında 3 m uzaklık bulunan 4 C'luk iki yük arasındaki kuvveti hesaplayınız.

Not: Ortam havadır ve dielektrik katsayısı $\epsilon_r = 1$ 'dir.

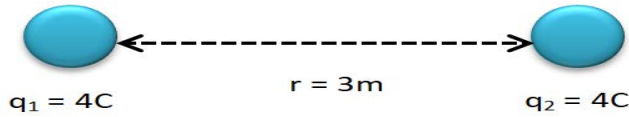
Çözüm:

$$F = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon_r} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

$$F = \frac{9 \cdot 10^9}{1} \cdot \frac{4 \cdot 4}{3^2}$$

$$F = 16 \cdot 10^9 \text{ N}$$

Örnek 1.3.



Aralarında 3 m uzaklık bulunan 4 C'luk iki yük arasındaki kuvveti hesaplayınız.

Not: Ortam camdır ve dielektrik katsayısı $\epsilon_r = 7$ 'dir.

$$F = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon_r} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

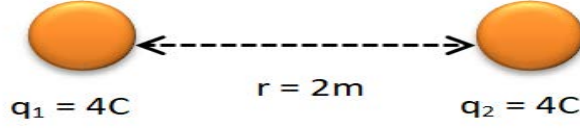
$$F = \frac{9 \cdot 10^9}{7} \cdot \frac{4 \cdot 4}{3^2}$$

$$F = 2,285 \cdot 10^9 \text{ N}$$





Örnek 1.4.



Aralarında 3 m uzaklık bulunan 4 C'luk iki yük arasındaki kuvveti hesaplayınız.

Not: Ortam havadır ve dielektrik katsayısı $\epsilon_r = 1$ 'dir.

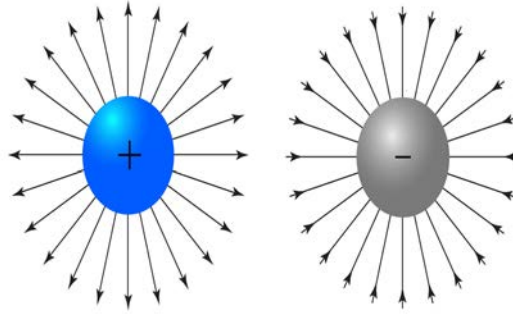
Çözüm

$$F = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon_r} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

$$F = \frac{9 \cdot 10^9}{1} \cdot \frac{4 \cdot 4}{2^2}$$

$$F = 36 \cdot 10^9 \text{ N}$$

1 ve 2. örnekte de aynı yük ve aynı uzaklık olmasına rağmen bulunduğu ortam değişmiş, bu da yükler üzerindeki kuvveti etkilemiştir. 1 ve 3. örnekte aynı yük ve aynı ortam olmasına rağmen bu kez de yükler arası uzaklık değişmiştir. Bu, yine yükler üzerindeki kuvveti etkilemiştir. İki yük arasındaki kuvveti; yüklerin cinsi ve miktarı, aralarındaki uzaklık, yüklerin bulunduğu ortam gibi birçok faktör etkiler.



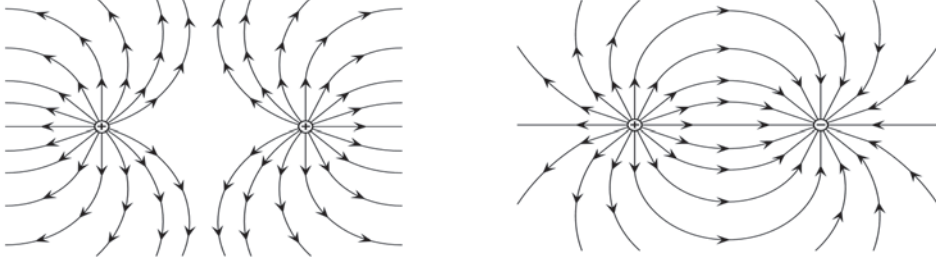
Görsel 1.10: Yüksüz ortamda elektrik kuvvet çizgileri

1.2.3. ELEKTRİK KUVVET ÇİZGİLERİ

Bir ortamda yüklerin nesnelere uyguladığı kuvvet, kuvvet çizgileri ile gösterilir. Kuvvet çizgileri gözle görülemez.

- Kuvvet çizgileri paralel ve birbirleriyle kesişmez.
- Yüksüz bir ortamda kuvvet çizgileri düzdür (Görsel 1.10). Geldikleri ve ayrıldıkları düzleme diktir.
- Pozitif yüklerde çizgiler dışarı, negatiflerde içe doğrudur (Görsel 1.10).

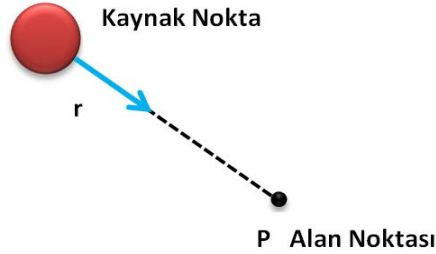
- Kuvvet çizgilerinin yönü pozitiften negatife doğrudur. Aynı yükler arasında itme, farklı yükler arasında çekme kuvveti bulunur (Görsel 1.11).
- Kuvvet çizgileri asla kapalı bir döngü oluşturmaz.



Görsel 1.11: Elektrik kuvvet çizgileri

1.2.4. ELEKTRİK ALANI VE ALAN ŞİDDETİ

Michael Faraday (Maykıl Farıdey) tarafından ortaya atılan elektrik alanı, elektrik yükünü çevreleyen bir vektör alanıdır. Bu elektrik alanı belirli bir noktada, sabit olan noktasal yüke uygulanan kuvvettir. Elektrik alanının yönü kuvvetin yönüdür.



Görsel 1.12: Nokta yükün elektrik alanı

Elektrik alanının belirli noktadaki büyüklüğü, üzerine etki eden kuvvete bağlıdır. Birimi **volt/metredir (V/m)** ve E şeklinde ifade edilir. Elektrik alanının büyüklüğü şu formülle hesaplanır: (Görsel 1.12).

$$E = \frac{F}{Q} = \frac{\frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon_r} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}}{Q} = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon_r} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

Formülde verilen harfler şunları ifade etmektedir:

E: Elektrik alan şiddeti

F: Parçacığa uygulanan elektriksel kuvvet

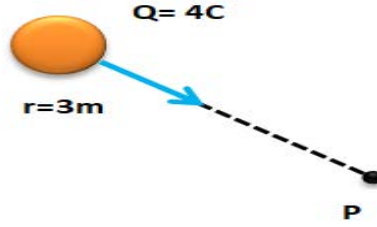
Q: Parçacığın yükü

Not: K sabittir ($9 \cdot 10^9 / \epsilon_r$) ve burada da kullanılır.





Örnek 1.5.



4 C'luk bir yükten 3 m uzaklıkta bulunan P noktasının elektrik alan şiddetini hesaplayınız.

Not: Ortam havadır ve dielektrik katsayısı $\epsilon_r = 1$ 'dir.

Çözüm

$$E = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon_r} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

$$E = \frac{9 \cdot 10^9}{1} \cdot \frac{4}{3^2}$$

$$E = 4 \cdot 10^9 \text{ V/m}$$

Örnek 1.6.



Mermer bir yüzey üzerinde bulunan 350 C'luk bir yük ve kendisinden r uzaklıkta olan Y noktasının elektrik alan şiddeti $18 \cdot 10^9 \text{ V/m}$ 'dir (Şekil 1.6). Buna göre yük ile nokta arasındaki uzaklığı hesaplayınız. (Mermerin dielektrik katsayısı $\epsilon_r = 7$ 'dir.)

Çözüm:

$$E = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon_r} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

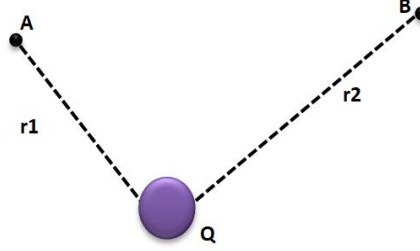
$$18 \cdot 10^9 = \frac{9 \cdot 10^9}{7} \cdot \frac{350}{r^2}$$

$$18 \cdot 10^9 \cdot 7 \cdot r^2 = 9 \cdot 10^9 \cdot 350$$

$$r^2 = \sqrt{25} = 5 \text{ m}$$

1.2.5. ELEKTRİK POTANSİYELİ

Bir cisim yüklü hâle gelmişse bir elektrik potansiyeline sahiptir. **Elektrik potansiyeli** bir noktanın bir elektrik alanı içerisindeki sahip olduğu elektrik yükü miktarıdır. Birimi voltur (V) ve U ile gösterilir. **Potansiyel fark** bir noktanın ya da bir cismin bir başka cisim ya da nokta ile olan farkıdır. Cisim ya da yüke yakın olan noktadaki potansiyel fark daima daha fazladır (Görsel 1.13).



Görsel 1.13: Elektrik potansiyeli

Elektrik potansiyeli şu formülle hesaplanır:

$$U = k \cdot \frac{Q}{r} = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon_r} \cdot \frac{Q}{r}$$

$$U_Q = U_a - U_b$$

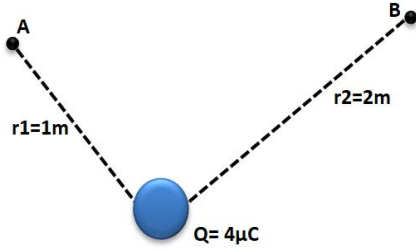
Formülde verilen harfler şunları ifade etmektedir:

U: elektrik potansiyeli

r: Yükün başlangıç noktasına uzaklığı

Q: Parçacığın yükü

Örnek 1.7.



4μC'luk bir yükün, kendisinden 1m ile 2m uzaklıkta olan A ve B noktalarındaki gerilimlerini ve bu noktalar arasındaki potansiyel farkı hesaplayınız (Ortamın dielektrik katsayısı $\epsilon_r = 1$ 'dir.).

Çözüm

$$4\mu\text{C} = 4 \cdot 10^{-6}$$

A ve B noktaları için ayrı ayrı gerilimleri hesaplırsak

$$U_a = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon_r} \cdot \frac{Q}{r_a}$$

$$U_a = \frac{9 \cdot 10^9}{1} \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}}{1} = 36000 \text{ V}$$

$$U_b = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon_r} \cdot \frac{Q}{r_b} = \frac{9 \cdot 10^9}{1} \cdot \frac{4 \cdot 10^{-6}}{2} = 18000 \text{ V}$$

Potansiyel fark ise

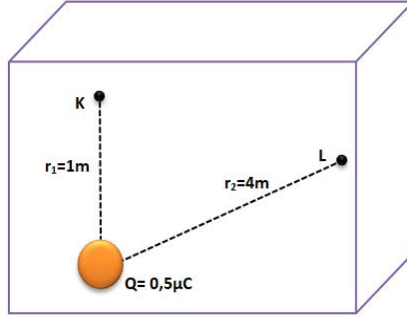
$$U_Q = U_a - U_b$$

$$U_Q = 36000 - 18000 = 18000 \text{ V}$$





Örnek 1.8.



Parafinle dolu bir kavanoz içerisindeki $0,5\mu\text{C}$ 'luk bir yük için 1m ile 4m uzaklıkta olan K ve L noktalarındaki gerilimleri ve bu noktalar arasındaki potansiyel farkı hesaplayınız (Parafin-dielektrik katsayısı $\epsilon_r=2$ 'dir.).

Çözüm:

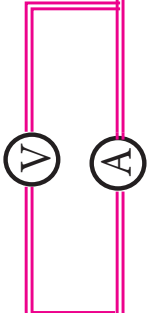
$$0,5\mu\text{C} = 0,5 \cdot 10^{-6}$$

$$U_K = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon_r} \cdot \frac{Q}{r_k} = \frac{9 \cdot 10^9}{2} \cdot \frac{0,5 \cdot 10^{-6}}{1} = 2250\text{V}$$

$$U_L = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon_r} \cdot \frac{Q}{r_l} = \frac{9 \cdot 10^9}{2} \cdot \frac{0,5 \cdot 10^{-6}}{4} = 562,5\text{V}$$

$$U_Q = U_K - U_L$$

$$U_Q = 2250 - 562,5 = 1687,5\text{V}$$



UYGULAMA ADI	ELEKTRİK YÜK PROBLEMLERİ	4. UYGULAMA																																
<p>Amaç: Elektrik yük problemleri çözmek.</p> <p>Uygulamaya Ait Görsel</p> <div style="text-align: center;"> </div>																																		
<p>İşlem Basamakları</p> <ol style="list-style-type: none"> İşlemlerinizi uygulamaya ilişkin değerlendirmeler alanında, bırakılan boşluklarda gerçekleştiriniz. Formülü yazıp şekildeki bilgileri kullanarak işlemi gerçekleştiriniz. 																																		
<p>Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler</p> <p>Aralarında 2m uzaklık bulunan 5 C ve 7 C'luk iki yük arasındaki kuvveti hesaplayınız.</p> <p>Not: Ortam camdır ve dielektrik katsayısı $\epsilon_r = 7$'dir.</p>																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ÖĞRENCİ</th> <th colspan="3">DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Adı Soyadı:</td> <td>1</td> <td>Atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Sınıf:</td> <td>2</td> <td>Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>No:</td> <td>3</td> <td>İşlem basamaklarını doğru takip etti.</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td colspan="2">ÖĞRETMEN</td> <td>4</td> <td>İki yük arasındaki kuvveti doğru hesapladı.</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Adı Soyadı:</td> <td colspan="2"></td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">TOPLAM PUAN</td> <td rowspan="3" style="text-align: center;">100</td> </tr> <tr> <td>İmza:</td> <td>TARİH</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>...../...../.....</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ			Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.	20	Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	20	No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20	ÖĞRETMEN		4	İki yük arasındaki kuvveti doğru hesapladı.	40	Adı Soyadı:			TOPLAM PUAN	100	İmza:	TARİH		/...../.....		
ÖĞRENCİ	DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ																																	
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.	20																															
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	20																															
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20																															
ÖĞRETMEN		4	İki yük arasındaki kuvveti doğru hesapladı.	40																														
Adı Soyadı:			TOPLAM PUAN	100																														
İmza:	TARİH																																	
/...../.....																																	

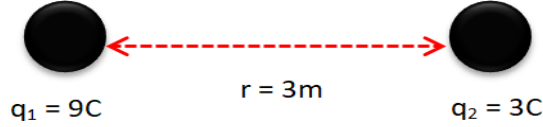




UYGULAMA ADI	ELEKTRİK YÜK PROBLEMLERİ	5. UYGULAMA
--------------	--------------------------	-------------

Amaç: Elektrik yük problemleri çözmek.

Uygulamaya Ait Görsel



İşlem Basamakları

1. İşlemlerinizi, uygulamaya ilişkin değerlendirmeler alanında bırakılan boşluklarda gerçekleştiriniz.
2. Formülü yazarak, şekildeki bilgileri kullanarak işlemi gerçekleştiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Aralarında 3 m uzaklık bulunan 9 C ve 3 C'lık iki yük arasındaki kuvveti hesaplayınız.

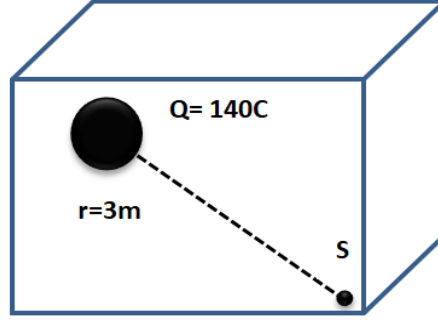
Not: Ortam havadır ve dielektrik katsayısı $\epsilon_r = 1$ dir.

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ			
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.	20		
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	20		
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20		
ÖĞRETMEN		4	İki yük arasındaki kuvveti doğru hesapladı.	40	
Adı Soyadı:	TOPLAM PUAN			100	
İmza:					TARİH
...../...../.....					

UYGULAMA ADI	ELEKTRİK ALAN PROBLEMLERİ	6. UYGULAMA
--------------	---------------------------	-------------

Amaç: Elektrik alan şiddeti problemi çözmek.

Uygulamaya Ait Görsel



İşlem Basamakları

1. İşlemlerinizi, uygulamaya ilişkin değerlendirmeler alanında bırakılan boşluklarda gerçekleştiriniz.
2. Formülü yazarak, şekildeki bilgileri kullanarak işlemi gerçekleştiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Cam bir ortam içerisindeki 140 C'luk bir yükün, kendisinden 3 m uzaklıkta yer alan S noktasının alan şiddetini hesaplayınız.

Not: Ortam camdır ve dielektrik katsayısı $\epsilon_r = 7$ dir.

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	20	
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20	
ÖĞRETMEN		4	S noktasındaki alan şiddetini doğru hesapladı.	40
Adı Soyadı:				TOPLAM PUAN 100
İmza:	TARİH			
/...../.....			

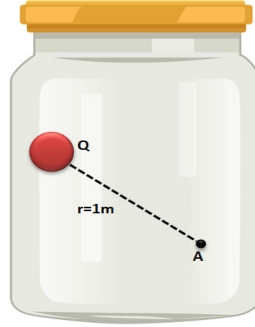




UYGULAMA ADI	ELEKTRİK ALAN PROBLEMLERİ	7. UYGULAMA
--------------	---------------------------	-------------

Amaç: İletken, yalıtkan ve yarı iletken deneyler yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



İşlem Basamakları

1. İşlemlerinizi, uygulamaya ilişkin değerlendirmeler alanında bırakılan boşluklarda gerçekleştiriniz.
2. Formülü yazarak, şekildeki bilgileri kullanarak işlemi gerçekleştiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Bir kavanoz kuartz içerisinde bulunan bir Q yükü ile kendisinden 1 m uzaklıktaki A noktasının alan şiddeti $27 \cdot 10^9 \text{ V/m}^2$ 'dir. Buna göre Q yükünün değerini ne olduğunu hesaplayınız.

Not: Kuartz dielektrik katsayısı $\epsilon_r = 4$ 'tür.

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	20	
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20	
ÖĞRETMEN		4	A noktasına bağlı Q yükünün değerini doğru hesapladı.	40
Adı Soyadı:				
İmza:	TARİH	TOPLAM PUAN		100
/...../.....			

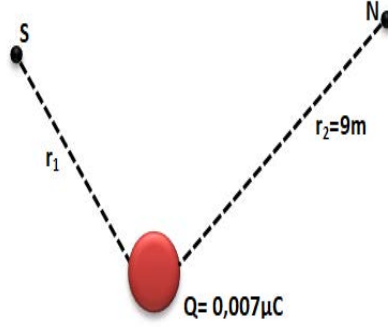
UYGULAMA ADI

ELEKTRİK POTANSİYELİ PROBLEMLERİ

8. UYGULAMA

Amaç: Elektrik potansiyeli problemleri çözmek.

Uygulamaya Ait Görsel



İşlem Basamakları

1. İşlemlerinizi, uygulamaya ilişkin değerlendirmeler alanında bırakılan boşluklarda gerçekleştiriniz.
2. Formülü yazarak, şekildeki bilgileri kullanarak işlemi gerçekleştiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

Cam bir ortam içerisinde bulunan $0,007 \mu\text{C}$ 'luk bir yük için, r_1 ve 9 m uzaklıkta olan S ve Y noktalarına göre toplam potansiyel gerilim 2 V ise S noktasının yüke olan uzaklığı (r_1) ne kadardır? ($\epsilon_r = 7$)

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:		1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.	20
Sınıf:		2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	20
No:		3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20
ÖĞRETMEN		4	S noktasının Q yüküne olan uzaklığını doğru hesapladı.	40
Adı Soyadı:		TOPLAM PUAN		100
İmza:	TARİH			
/...../.....			





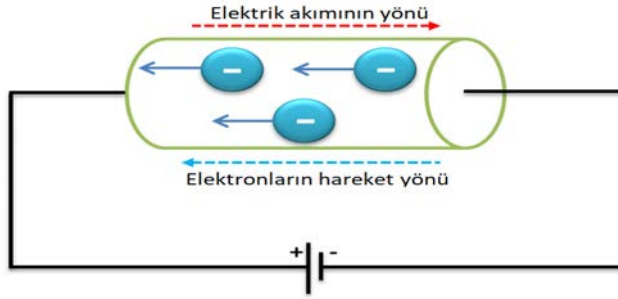
3. ELEKTRİK AKIMININ ÖZELLİKLERİ VE ETKİLERİ

Hazırlık Çalışmaları

1. Uzun süre açık kalmış bir lambaya dokunduğunuzda lamba ısındığı için elinizi ondan hızla çekersiniz.
2. Kumandaya takılan pil ile kolunuzdaki saate takılan pil aynı büyüklükte değildir. Kolunuz -daki saate de öyle büyük bir pil takılsaydı, nasıl farklılıklar olabilirdi?

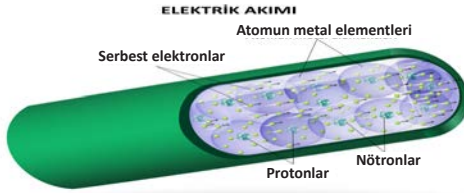
1.3.1. ELEKTRİK AKIMI VE AKIM ŞİDDETİ

Elektronların, bir bakır tel içerisinde atomdan atoma geçerek ilerleme hareketine **elektrik akımı** denir (Görsel 1.14). Elektronlar durmaksızın hareket eder. Serbest yük taşıyıcısı elektronların hareketiyle elektrik akımı gerçekleşir.



Görsel 1.14: Elektrik akımının bakır telde ilerleyişi

Elektrik akımında yalnızca elektronlar hareket eder, potansiyel fark ise sabittir. Elektrik akımının yönü elektron hareketinin zıttı kabul edilir.



Görsel 1.15: İletken kesiti

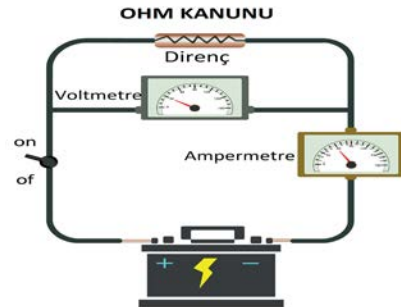
Bir kesit üzerinden birim zamanda geçen yük miktarı elektrik akımının büyüklüğünü verir (Görsel 1.15). Bu kesit üzerinden 1 saniye içerisinde 1 coulombluk yük geçmesi 1 amperlik akıma eşdeğerdir.

Elektrik akımı ampermetre ile ölçülür ve ampermetre devreye seri bağlanır (Görsel 1.16).

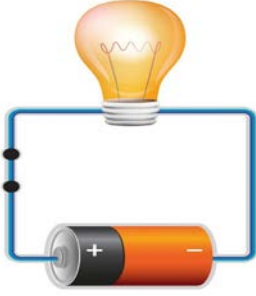
$$\text{Elektrik akımı: } I = \frac{Q}{t}$$

Formülle hesaplanır. Burada;

- I : Elektrik akım şiddeti (amper)
Q : Elektrik yükü miktarı (kulon)
t :Geçen süre (saniye)



Görsel 1.16: Seri bağlı ampermetre

Örnek 1.9.

Bir lambadan 10 saniyede 7C'luk yük geçtiğine göre bu lambanın çektiği akımı hesaplayınız.

Çözüm:

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$I = \frac{7}{10}$$

$$I = 0,7 \text{ A}$$

Örnek 1.10. Bir odada kullanılan alıcı 1 dakika boyunca çalıştırılıyor. Bu sürede alıcı 1,8 A akım çektiğine göre, bu alıcının üzerinden geçen yükü hesaplayınız.

Çözüm:

1 dakika= 60 saniyedir.

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$1,8 = \frac{Q}{60}$$

$$Q = 108 \text{ C}$$

1.3.2. ELEKTRİK AKIMI AST VE ÜST KATLARI

Elektriksel büyüklükler, ast ve üst katlarına çevrilirken 1000 ile çarpılır ya da 1000'e bölünür. Elektrik akımında da böyledir.

Tablo 1.2: Akımın ast ve üst katları

DURUMU	BİRİM	KISA GÖSTERİM	
Üst katları	Megaamper	MA	1×10^{-6}
Üst katları	Kiloamper	kA	1×10^{-3}
	AMPER	A	1
Ast katları	Miliamper	mA	1×10^3
Ast katları	Mikroamper	μA	1×10^6

Not: Ast katlara çevrilecek ise sayı, bin ve katları ile çarpılır. Sayı mA ise 1000, μA ise iki kere 1000 ile çarpılır. Üst katlara çevrilecek ise sayı bine ve katları ile bölünür. Sayı kA ise 1000, MA ise iki kere 1000 ile bölünür.

Örnek 1.11.

12 A kaç mA eder?

Çözüm: $12 \times 1000 = 12\ 000 \text{ mA} = 12 \times 10^3 \text{ mA}$





Örnek 1.12.

7A kaç MA eder?

Çözüm: $(7 / 1000) / 1000 = 0,000007 \text{ MA} = 7 \times 10^{-6} \text{ MA}$

Örnek 1.13.

0,2 kA kaç μA eder?

Çözüm: $0,2 \times 1000 \times 1000 \times 1000 = 0,2 \times 10^9 \mu\text{A}$

1.3.3. ELEKTRİK AKIMININ TÜRLERİ

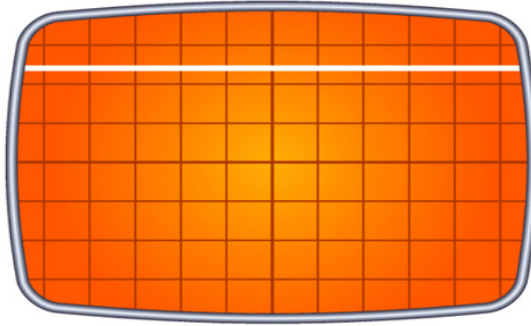
Kullanım alanları ve iletim şekilleri göz önüne alındığında iki çeşit akım bulunur.

1.3.3.1. Doğru Akım

Zamana bağlı olarak şiddeti değişse de yönü değişmeyen akımdır. Kısaca doğru akım (DA) ya da direct current [dayrekt sörint (DC)] şeklinde gösterilir.

Düzen Doğru Akım

Şiddeti ve yönü zamana bağlı olarak değişmeyen akımdır (Görsel 1.17).



Görsel 1.17: Düzen doğru akımın osiloskop ekranında gösterimi

Düzen doğru akım elde etmek için dinamo, pil, akü, batarya ve taşınabilir şarj aleti [power bank (pavırbenk)] gibi aletlerden yararlanır (Görsel 1.18). Ayrıca şebeke gerilimine bağlanan adaptör ile de doğru akım elde edilir ve bu adaptörler genellikle cep telefonlarını şarj etmek amacıyla kullanılır.



Görsel 1.18: a) Pil çeşitleri



Görsel 1.18: b) Akü



Görsel 1.18: c) Adaptör çeşitleri

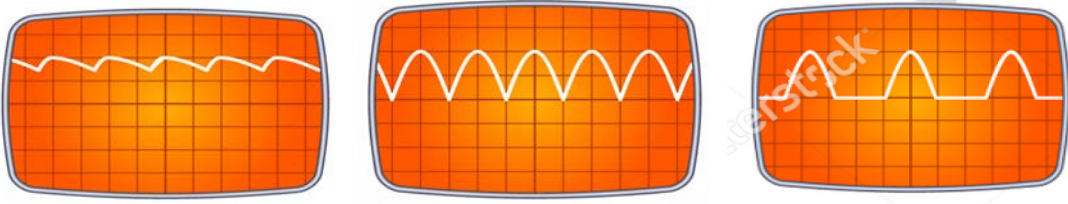


Görsel 1.18: d) Taşınabilir şarj aleti

Görsel 1.18: Düzen doğru akım kullanım örnekleri

Değişken Doğru Akım

Zamana bağlı olarak şiddeti değişirken, yönü sabit kalan akımdır (Görsel 1.19).



Görsel 1.19: Değişken doğru akımın osiloskop ekranında gösterimi

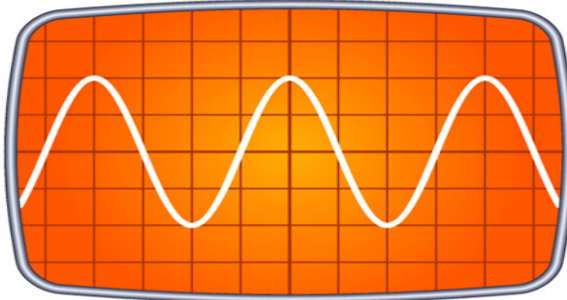
Değişken doğru akım, sinyal jeneratörü adı verilen cihazlardan elde edilir (Görsel 1.20).



Görsel 1.20: Sinyal jeneratörü

1.3.3.2. Alternatif Akım

Zamana bağlı olarak hem şiddeti hem de yönü değişen akımdır. Kısaca alternatif akım (AA) ya da alternative current [alternatif sörrınt (AC)] şeklinde gösterilir(Görsel 1.21).



Görsel 1.21: Alternatif akımın osiloskop ekranında gösterimi

1.3.4. ELEKTRİK AKIMININ METAL, SIVI VE GAZLARDAN GEÇİŞİ

Elektrik akımının katı, sıvı ve gazlardan geçişi farklılık gösterir. Çünkü katılardan elektrik akımının geçiş amacı iletken üzerinden taşımaktır. Sıvı ve gazdaki amaç ise geçiş sürecinde gerçekleşen olaylardan yararlanmaktır.

Elektrik Akımının Metallerden Geçiş

Bir devre üzerinde bulunan malzemelerin doğru bağlantısı gerçekleştiğinde devredeki kaynaktan alıcıya doğru bir akım geçişi olur. Bu geçişi sağlayan ise bakır, alüminyum tel gibi iletkenlerdir. İletken atomlarının son yörüngesindeki valans, elektronların hareketiyle akım geçişi sağlanır.





Elektrik Akımının Sıvılardan Geçişi

Sıvılar, normal şartlarda yalıtkan özellik gösterir ancak asit ve baz gibi maddelerle birleştiklerinde iletken özelliği de gösterebilir. Bu özellik kullanılarak gerçekleşen reaksiyonlar sonucunda, sıvılar içerisinde akım geçişi sağlanır.

Elektrik Akımının Gazlardan Geçişi

Gazlar normal şartlarda sıvılar gibi yalıtkan özelliktedir. Ancak kapalı bir kap içerisine alındıklarında yüksek ya da alçak basınca maruz kaldıklarında iyonlarına ayrılır. Bunun sonucunda da iletken gibi davranır ve elektrik akımının geçişine izin verir. Floresan lambaların çalışma prensibi buna dayanır.

1.3.5. ELEKTRİK AKIMININ ETKİLERİ

Elektrik akımın çeşitli etkileri günlük yaşamda sıklıkla görülür. Sürekli takip edilen diziyi izlemek için televizyonun çalışması, hafif loş mutfağa girildiğinde hemen lambanın yakılması, yemek pişirmekte kullanılan ocağın çalışması, hastalanıldığında doktorun teşhis koymasındaki süreçte çeşitli makinelerle kontrol etmesi gibi bütün işlemler aslında elektrik akımının etkilerinden faydalanılarak hayatımızda var olmaktadır.

1.3.5.1. Isı Etkisi

Kaynaktan çıkan elektronlar alıcıya ulaşınca kadar bir elektrik akımı oluşur. İletken üzerinden belli bir miktar akım geçtiğinde elektrik akımının meydana getirdiği hareketli atomlarla telin sahip olduğu atomların çarpışması sonucunda ortamda ısı oluşur. İşte bu ısı artışından faydalanılarak günlük hayatta kullanılan fırın, elektrikli ocak, ütü gibi birçok cihaz tasarlanmıştır (Görsel 1.22).



Görsel 1.22: a) Elektrikli ısıtıcı



Görsel 1.22: b) Ütü

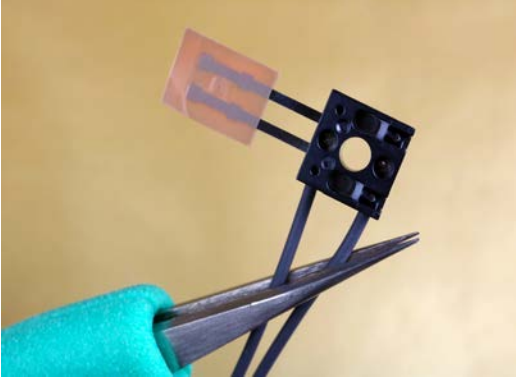
Elektrik akımının ısı etkisinden sadece evlerde değil, endüstriyel alanlarda da faydalanılır. Sanayide kullanılan endüstriyel fırınlar, döküm fırınları, kaynak makineleri buna örneklerdir. Termostat ve termostatör gibi birçok kontrol elemanı kullanılarak elektriğin ısı etkisini kontrol eden çeşitli cihazlar üretilmiştir (Görsel 1.23).



Görsel 1.23: a) Endüstriyel fırın



Görsel 1.23: b) Kaynak makinesi



Görsel 1.23: c) Termistör



Görsel 1.23: d) Döküm fırını

İletkenden elde edilecek ısı miktarı birçok faktöre bağlıdır. İletkenin direnci, akımın geçtiği süre ve iletkenin geçen akım miktarı iletkenin ortaya çıkan ısı miktarını belirler. Buna **Joule (Jull) Kanunu** denir.

Joule kanunu aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$Q = I^2 \times R \times t$$

Q: İletkenden elde edilen ısı miktarı (joule-J)

I: İletkenden geçen akım (amper-A)

R: İletkenin direnci (ohm -Ω)

t: Akımın geçtiği süre (saniye-sn)

Ancak ısı birim olarak sıklıkla joule yerine kalori (Cal) tercih edilir. Bu durumda formül şu şekilde olur.

$$Q = 0,24 \times I^2 \times R \times t$$

Örnek 1.14.

Direnci 150 Ω olan bir iletkenin 10 dakika boyunca 3 A akım geçmiştir. Bu durumda iletkenin elde edilen ısı miktarı ne kadardır? Hesaplayınız.

Çözüm: t=60 x 10=600 sn

$$Q = I^2 \times R \times t = 3^2 \times 150 \times 600 = 810.000 \text{ J}$$

$$Q = 0,24 \times I^2 \times R \times t = 0,24 \times 3^2 \times 150 \times 600 = 194.400 \text{ Cal} = 194 \text{ KCal}$$

Örnek 1.15.

300 Ω dirençli bir elektrikli fırın 45 dakika boyunca çalıştırıldığında toplam 3240 kJ ısı elde edilmiştir. Buna göre fırından geçen akım miktarı ne kadardır? Hesaplayınız.

Çözüm: t=60 x 45=2700 sn

$$3240000 = I^2 \times 300 \times 2700$$

$$O = 3240 \text{ kJ} = 3240000 \text{ J}$$

$$3240000 = I^2 \times 810000$$

$$Q = I^2 \times R \times t$$

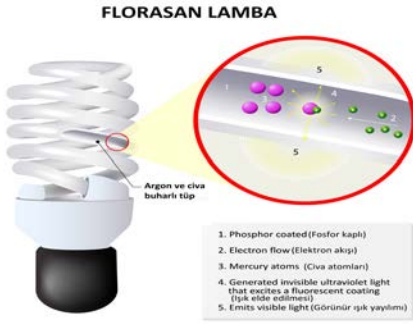
$$3240000 / 810000 = I^2$$

$$I = 2 \text{ A}$$





1.3.5.2. Işık Etkisi



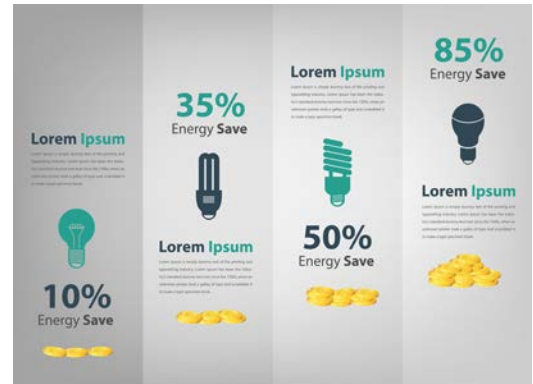
Görsel 1.24: Elektrik akımının ışık etkisi

Elektrik akımı metallerin içerisinde geçerken metallerin büyük çoğunluğu ısınır. İletken madde ısındığında elektron hareketi artar ve son yörünge-deki serbest elektronlar başka enerji seviyelerine geçiş yapar. Isı azaldığında ise mevcut enerjileri de azaldığından eski enerji bandına geri döner ancak bu süreçte üzerlerindeki artık enerjiyi foton olarak dışarı verir. Bu yüksek miktardaki fotonların birleşimi sonucunda ışık meydana gelir. Bu sebeple metal, çeşitli gaz ve elementlerden elektrik akımı geçişi sırasında ışık yayılır (Görsel 1.24).

Elektrik akımının ışık etkisinden yararlanırken günümüze kadar çeşitli aydınlatma araçları kullanılmıştır. Bu aydınlatma araçları, zaman içinde hem kullanım hem enerji tasarrufu hem de bütçeye uygunluğu bakımından evrim geçirmiştir (Görsel 1.25 a).



Görsel 1.25: a) Aydınlatma araçları tarihi



Görsel 1.25: b) Lambalarda enerji tasarrufu ve ücretlendirme

1.3.5.3. Manyetik Etkisi

İletkenler, üzerlerinden akım geçtiğinde gösterdikleri tepkimelere göre kullanım yerleri değişir. Isı verirse ısıtıcı olarak, ışık yayarsa aydınlatıcı olarak kullanılır. Manyetik alan oluşturursa elektrik motorlarında, trafolarda, haberleşme alanında, indüktif sensörlerde kullanılır. Bunlara güvenlik sistemleri, tıp alanları, mikrodalga uygulamaları da eklenebilir (Görsel 1.26). Elektrik akımının manyetik etkisinin kullanım alanı oldukça geniştir.

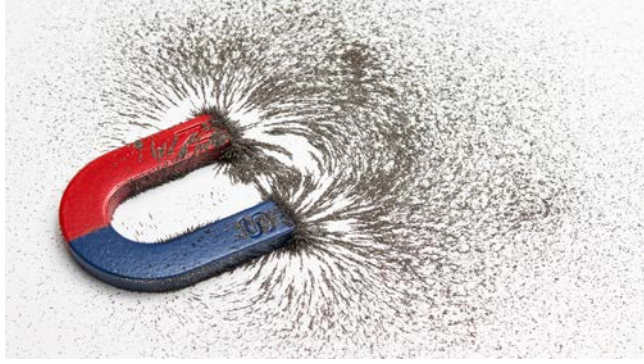


Görsel 1.26: a) Elektrik motoru



Görsel 1.26: b) Mr cihazı

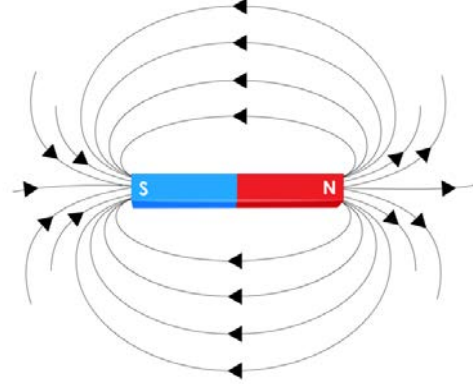
İletken üzerinden akım geçtiğinde, elektronların hareketi sırasında bir manyetik alan oluşur. Oluşan bu manyetik alan vektörel bir büyüklüktür. Manyetik alan en net olarak mıknatıs üzerinde görülür. Mıknatıs etrafına demir tozları serpiildiğinde, bu tozlar mıknatıs kutuplarına doğru hareket eder. Bu süreçte manyetik alan çizgileriyle bu manyetik alan gözlemlenebilir (Görsel 1.27).



Görsel 1.27: Mıknatısta manyetik alan

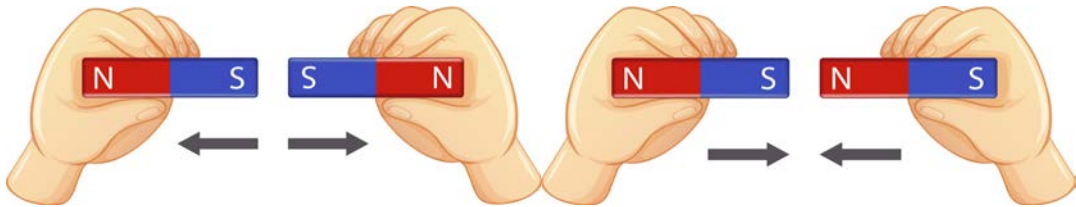
Manyetik alan kuvvet çizgilerinin bazı özellikleri var.

- Paralel ve kesişmez.
- Kapalı bir sistem oluşturur.
- Yönü mıknatısın N kutbundan negatif S kutbuna doğrudur.
- Her maddeden geçer ancak geçtiği maddeyi etkilemez. (Görsel 1.28).



Görsel 1.28: Manyetik alan çizgileri

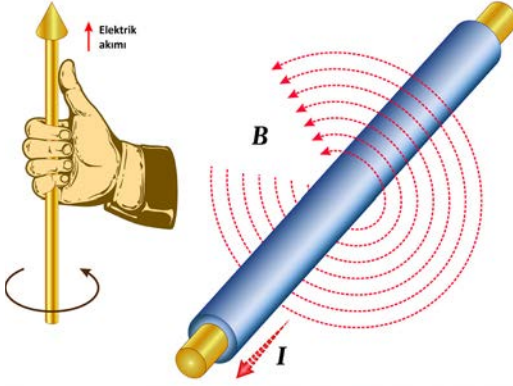
Mıknatısın iki yönü vardır. Pozitif olan kısım northdur (nort) ve N ile gösterilir. Negatif olan kısım ise southdur (sout) ve S ile gösterilir. İki mıknatıs yan yana getirildiğinde itme ya da çekme özelliği gösterir. Bu itme ya da çekme özelliği mıknatısın kutuplarına bağlıdır. Aynı kutuplar birbirlerini iter, zıt kutuplar birbirini çeker (Görsel 1.29).



Görsel 1.29: Mıknatısta itme ve çekme özelliği

Demir ve oksijenin birleşimiyle gerçekleşen Fe₃O₄ bileşiği **doğal mıknatıs** denir. Doğal mıknatıslar kolay mıknatıslar ancak manyetik özelliklerini çabuk kaybeder. Demir, nikel ya da kobalt gibi maddeler etkileşime girerse daha kuvvetli mıknatıslar oluşur ve buna **yapay mıknatıs** denir. Yapay mıknatıslar manyetik özelliklerini uzun süre korur.

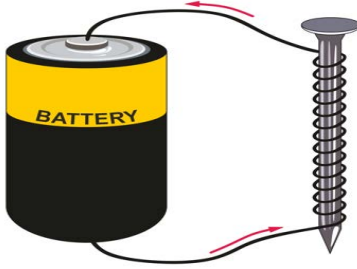




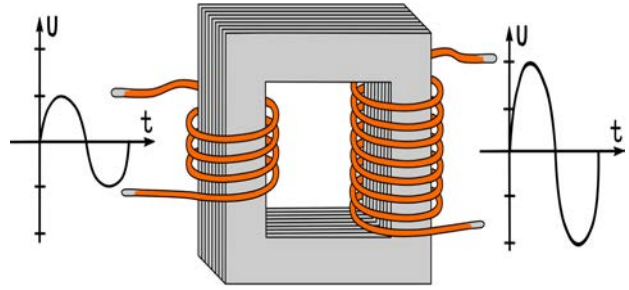
Görsel 1.30: Sağ el kuralı

İletken etrafında oluşan manyetik alanın, mıknatısa benzer şekilde itme ya da çekme özelliği vardır. Bu manyetik alanın yönü sağ el kuralı ile tespit edilir (Görsel 1.30). Bu kurala göre başparmak geçen akımın yönünü, diğer dört parmak ise manyetik alanın yönünü gösterir.

Elektrik akımının manyetik etkisinden faydalanılarak elektromıknatıslar elde edilir. Elektromıknatıslar iletken telin bir nüve üzerine sarılarak enerjilendirilmeyle oluşur. Burada kullanılan iletkenin boyu ile manyetik alan miktarı doğru orantılı olarak artar. İletken ne kadar uzun olursa manyetik alan da o kadar büyük olur. Bu nedenle alandan tasarruf sağlamak adına sarmırlar üst üste gerçekleştirilir. Bu da trafoların temel prensibini oluşturur (Görsel 1.31).



Görsel 1.31: a) Elektromıknatıs



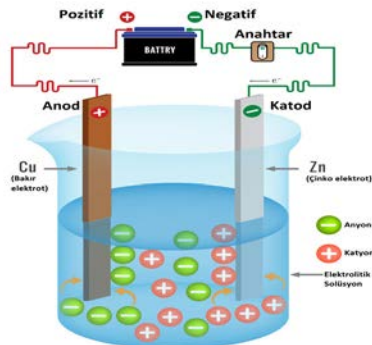
Görsel 1.31: b) Transformatör

Elektromıknatıslar; hayatın her alanında yani trafo, röle, cihaz motorları, hoparlör sistemleri, sigorta, elektronik cihazların adaptörleri, mikrofon, kontaktör, hızlı tren hatta atom laboratuvarlarında kullanılır. Elektromıknatısların nüvesi için yumuşak sac ya da demir tercih edilir. Elektromıknatıs akımı kesildiğinde nüvedeki manyetik özelliğin sona ermesi gereklidir. Bu, yumuşak metal ile sağlanır.

1.3.5.4. Kimyasal Etkisi

Bazı sıvı bileşiklerin üzerinden akım geçirildiğinde bu bileşikler iyonlarına ayrılır. Elektron taşıyıcısı hâline gelen bu iyonlar elektrik akımının iletilmesine izin verir. Bu durumu en iyi anlatan kimyasal tepkime elektrolizdir (Görsel 1.32). Metallerin kaplanması, sertleştirilmesi, ayrışması, saflaştırılması gibi süreçlerde sıklıkla kullanılır.

Elektroliz gerçekleştirmek için hazırlanan düzenek içerisindeki çözelti, sisteme enerji verecek kaynaktır. Bu kaynak ile elektrolitik sıvı arasında bağlantıyı sağlayan elektrot adı verilen iletken çubuklar bulunur. Kaynağın pozitif ucu ile çözelti sıvısı arasında bağlantıyı sağlayan çubuk **anottur**. Kaynağın negatif ucu ile çözelti sıvısı arasında bağlantıyı sağlayan çubuk ise **katottur**.



Görsel 1.32: Elektroliz

Görsel 1.32'deki düzenekte görüldüğü gibi bataryanın negatif ucu ile katot çubuk arasında bir anahtar konulmuştur. Anahtar kapatılıp sisteme enerji verildiğinde bakır sülfat (CuSO_4) çözeltisi içerisinde bulunan bakır (Cu^{2+}) ve sülfat (SO_4^{2-}) iyonlarına ayrılmaya başlar. Zıt kutuplar birbirini çektiğinden pozitif olan anot çubuğuna negatif anyonlar birikir. Aynı anda negatif olan katot çubuğuna pozitif kationlar birikir. Anot çubuk bakır (Cu), katot çubuk da çinko (Zn) ile kaplanır.



UYGULAMA ADI	ELEKTRİK AKIMI HESAPLAMA	9. UYGULAMA
--------------	--------------------------	-------------

Amaç: Elektrik akımının hesabını yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



İşlem Basamakları

1. İşlemlerinizi uygulamaya ilişkin değerlendirmeler alanında, verilen kutular içerisinde gerçekleştiriniz.
2. Formülü yazınız ve sorudaki bilgileri kullanarak işlemi gerçekleştiriniz.

Değerlendirme

Bir çalışma masasında kullanılan masa lambası bir süre çalıştırılıyor. Bu sürede lamba üzerine 20C yük düşerken lambanın 5 A akım çektiği ölçülüyor. Bu durumda lambanın çalıştığı süreyi hesaplayınız.

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ			
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.	20		
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	20		
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20		
ÖĞRETMEN		4	Lambanın çalıştığı süreyi doğru hesapladı.	40	
Adı Soyadı:	TOPLAM PUAN			100	
İmza:					TARİH
...../...../.....					

UYGULAMA ADI

ELEKTRİK AKIMININ ISI ETKİSİ

10. UYGULAMA

Amaç: Elektrik akımının ısı etkisi deneyini yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



21212



Kullanılacak Araç Gereç

No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Ampul	Halojen (20-50W)	1
2	Kablo	2 x 1,5mm TTR	Yeterli miktarda
3	Duy		1
4	Lazer termometre		1
5	Erkek fiş		1

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak şekilde verilen devreyi kurunuz.
2. Ampul, duy ve kablo bağlantılarını gerçekleştirdikten sonra gerekli kontrolleri yapınız.
3. Devreye 220V enerji veriniz. Ampulün ışık yaydığını gözlemleyiniz.
4. Devreye enerji verdikten 1 dakika sonra lazer termometre yardımıyla ampul üzerindeki sıcaklık değerini okuyunuz. Okuduğunuz bu değeri uygulama sonuçları alanındaki tabloda, ilgili yere not ediniz. Devreden enerji kesmeyerek lambanın yanmasını sağlayınız.
5. Devreye enerji verdikten 3 dakika sonra lazer termometre yardımıyla ampul üzerindeki sıcaklık değerini okuyunuz. Okuduğunuz bu değeri uygulama sonuçları alanındaki tabloda ilgili yere not ediniz. Devreden enerji kesmeyerek lambanın yanmasını sağlayınız.
6. Devreye enerji verdikten 5 dakika sonra lazer termometre yardımıyla ampul üzerindeki sıcaklık değerini okuyunuz. Okuduğunuz bu değeri uygulama sonuçları alanındaki tabloda ilgili yere not ediniz. Devreden enerjiyi kesin.
7. 1, 3 ve 5. dakikalarda elde ettiğiniz sıcaklık değerlerini kıyaslayınız. Farklılıkların nedenlerini arkadaşlarınızla tartışınız.





Uygulama Sonuçları

Ampul için sonuçlar			
	1. Dakika	3. Dakika	5. Dakika
Ölçülen sıcaklık değeri			

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	Devre bağlantısını gerçekleştirdi ve gerekli kontrolleri yaptı.	10	
ÖĞRETMEN		4	Lambanın yanışını gözlemledi, 1. dakikadaki sıcaklık değerini tabloya not etti.	20
Adı Soyadı:	5	3. dakikadaki sıcaklık değerini tabloya not etti.	20	
İmza:	TARİH	6	5. dakikadaki sıcaklık değerini tabloya not etti.	20
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100

UYGULAMA ADI

ELEKTRİK AKIMININ IŞIK ETKİSİ

11. UYGULAMA

Amaç: Elektrik akımının ışık etkisi deneyini yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



21213



Kullanılacak Araç Gereç

No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Ampul	Tasarruflu (5-30W)	1
2	Kablo	2 x 1,5 mm TTR	Yeterli miktarda
3	Duy		1
4	Erkek fiş		1

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak şekilde verilen devreyi kurunuz.
2. Ampul, duy ve kablo bağlantılarınızı gerçekleştirdikten sonra gerekli kontrolleri yapınız.
3. Devreye 220V enerji veriniz. Ampulün ışık yaydığını gözlemleyiniz.
4. Devreye enerji verdikten sonra lambanın yaydığı ışığın rengini, uygulamaya ilişkin değerlendirmeler alanındaki boşluğa not ediniz.
5. Bir önceki uygulamada da benzer bir devre kurmuştunuz ancak onda kullandığınız ampul ile bu devrede kullandığınız ampuller farklı özelliklere sahiptir. Bir önceki uygulama sırasında devreye enerji verdiğinizde, yanan ampulün yaydığı ışığın rengini de uygulamaya ilişkin değerlendirmeler alanındaki boşluğa not ediniz.
6. Her iki lambanın neden farklı renk yaydığını arkadaşlarınızla tartışınız.
7. Bu uygulamada kullandığınız tasarruflu ampulün öncelikle aile bütçenize, sonra ülke bütçesine neler katacağını arkadaşlarınızla tartışınız. Bu değerlendirmeden yola çıkarak damlaya damlaya göl olur atasözünü, sizin için ne ifade ediyor. Açıklayınız.





Değerlendirme

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	Devre bağlantısını gerçekleştirdi ve gerekli kontrolleri yaptı.	20	
ÖĞRETMEN		4	Lambanın yandığını gözlemledi.	20
Adı Soyadı:	5	Uygulamada kullanılan ampul ile diğer uygulamada kullanılan ampulün renkleri arasındaki farkı açıklayabildi.	30	
İmza:	TARİH	TOPLAM PUAN		100
/...../.....			

UYGULAMA ADI

ELEKTRİK AKIMININ MANYETİK ETKİSİ

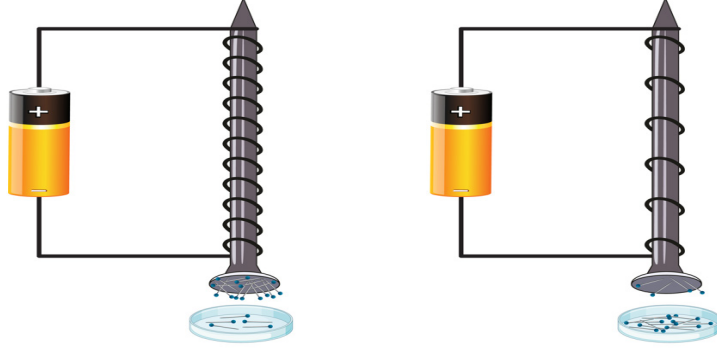
12. UYGULAMA

Amaç: Elektrik akımının manyetik etkisi deneyini yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



21214



Kullanılacak Araç Gereç

No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Pil	1,5-9 volt	1
2	Çivi ya da vida	(5-10 cm)	2
3	Kablo	Bobin teli	5 metre
4	Toplu iğne		20

İşlem Basamakları

1. Elinizdeki bobin telinden 1,5 metre uzunluğunda bir parça kesiniz.
2. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak sağ taraftaki şekilde verilen devreyi kurunuz.
3. Vidaya sardığınız bobin telinin bir ucunu elinizdeki pilin "+" pozitif ucuna, diğer boşta kalan ucunu da pilin "-" negatif ucuna bağlayınız.
4. Oluşturduğunuz elektromıknatısı toplu iğnelere doğru yaklaşdırınız. Kaç tane toplu iğne çektiğinizi uygulama sonuçları tablosundaki 1. sarım alanına not ediniz.
5. Bu kez elinizdeki bobin telinden 3,5 metre uzunluğunda bir parça kesiniz.
6. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyarak sol taraftaki şekilde verilen devreyi kurunuz.
7. Vidaya sardığınız bobin telinin bir ucunu elinizdeki pilin (+) pozitif ucuna, diğer boşta kalan ucunu da pilin (-) negatif ucuna bağlayınız.
8. Oluşturduğunuz elektromıknatısı toplu iğnelere doğru yaklaşdırınız. Kaç tane toplu iğne çektiğinizi uygulama sonuçları tablosundaki 2. sarım alanına not ediniz.
9. Her iki sarım sonucu elde ettiğiniz verilerin neden farklı olduğunu arkadaşlarınızla tartışınız.





Uygulama Sonuçları

	1. Sarım	2. Sarım
Toplanan iğne miktarı		

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	Devre bağlantısını gerçekleştirerek gerekli kontrolleri yaptı.	10	
ÖĞRETMEN		4	1. Sarımı gerçekleştirdi ve topladığı iğne miktarını tabloya not etti.	20
Adı Soyadı:	5	2. Sarımı gerçekleştirdi ve topladığı iğne miktarını tabloya not etti.	20	
İmza:	TARİH	6	Her iki sarımda neden farklı sayıda iğne topladığını ifade etti.	20
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100

UYGULAMA ADI

ELEKTRİK AKIMININ KİMYASAL ETKİSİ

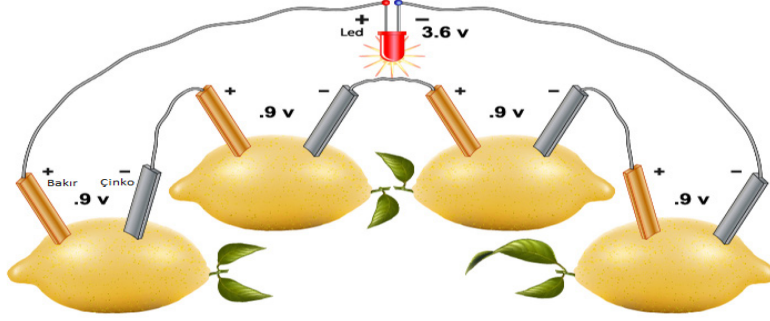
13. UYGULAMA

Amaç: Elektrik akımının kimyasal etkisi deneyini yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



21215



Kullanılacak Araç Gereç

No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Limon	Büyük boy	4
2	Bakır kablo	1,5mm tek damar	40 cm
3	Çivi ya da vida		4
4	Led diyot	Herhangi renkte	1
5	Krokodil kablo		5

İşlem Basamakları

1. Uygulama sürecinde limon, kimyasal çözelti amacıyla bakır kablo; bakır, elektrolit; vida ise çinko elektrolit olarak kullanılacaktır.
2. Şekilde verilen devreyi bire bir kurunuz. Bakır kablolar ile vidalar arasındaki bağlantıyı krokodil kabloları kullanarak gerçekleştiriniz.
3. Ledin pozitif "+" ve negatif "-" uç bağlantılarına dikkat ediniz. Bakır uç anodu, çinko uç ise katodu temsil eder. Bu yüzden bakır ucu ledin pozitif "+" ucuna, çinko ucu ise ledin negatif "-" ucuna bağlayınız.
4. Uygulamada kullanılan limon adedi azaldığında ledin parlaklığında nasıl bir değişiklik olur? Arkadaşlarınızla tartışınız.
5. Uygulamada kullanılan limon adedi arttırıldığında ledin parlaklığında nasıl bir değişiklik olur? Arkadaşlarınızla tartışınız.

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	Devre bağlantısını gerçekleştirdi ve gerekli kontrolleri yaptı.	10	
ÖĞRETMEN		4	Uygulamada kullanılan ledin yandığını gözlemledi.	20
Adı Soyadı:	5	Limon adedi azaldığında ledin yaydığı ışıktaki değişimi doğru ifade etti.	20	
İmza:	TARİH	6	Limon adedi arttığında ledin yaydığı ışıktaki değişimi doğru ifade etti.	20
	...../...../.....		TOPLAM PUAN	100





4. ELEKTRİK GERİLİMİ

Hazırlık Çalışmaları

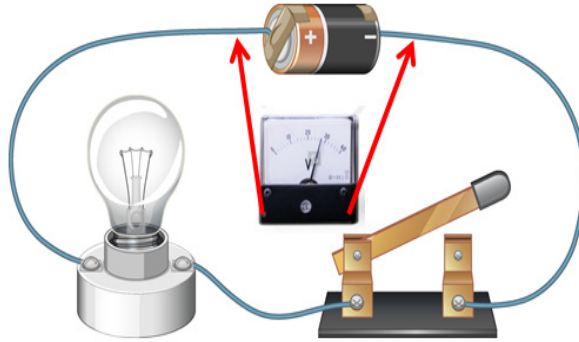
- 1.Etrafınızda güneş paneli bulunan bir yer var mı? Bu panelleri yakından inceleyerek gerilim üretim süreci konusunda bir sunum hazırlayınız.
- 2.Santralden çıkan yüksek miktardaki elektrik hiçbir değişikliğe uğramadan evlere kadar gelebilseydi insan hayatında nasıl değişiklikler olurdu? Elektrikli ev aletlerini kullanabiliyormuydu?

1.4. ELEKTRİK GERİLİMİNİN ÖZELLİKLERİ

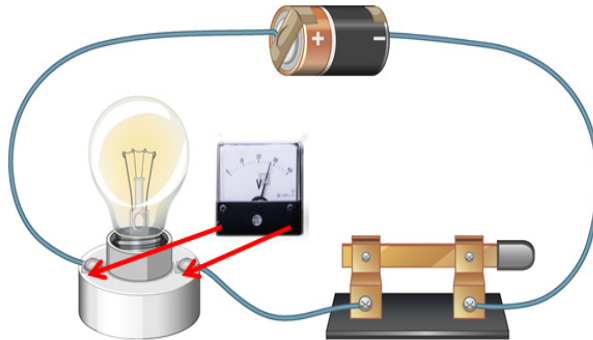
Serbest elektronları hareket ettirerek elektrik akımının akmasını sağlayan elektriksel potansiyeller arasındaki farka **elektrik gerilimi** denir.

Bir elektrik alanı içinde iki nokta arasındaki potansiyel farka **gerilim** denir. Gerilimin birimi **volt**ttur ve kısaca **V** ya da **U** ile gösterilir. Elektromotor kuvveti (EMK) ile benzer özellikte olması nedeniyle sıklıkla karıştırılır.

Bir devrede anahtar açık (devrede enerji yok) iken kaynağın iki ucu arasındaki potansiyel farka **elektromotor kuvveti** ya da **EMK** denir. Gerilim ise anahtar kapandığında (devrede enerji var iken) alıcının uçlarındaki potansiyel farktır (Görsel 1.35). EMK pil, akü, alternatör gibi kaynaklardan üretilir, E ile gösterilir ve birimi **volt**ttur.



Görsel 1.35: a) EMK



Görsel 1.35: b) Gerilim

Gerilim voltmetre ile ölçülür. Bu ölçümde voltmetre, devrede ölçülecek malzemeye paralel bağlanır (Görsel 1.36).

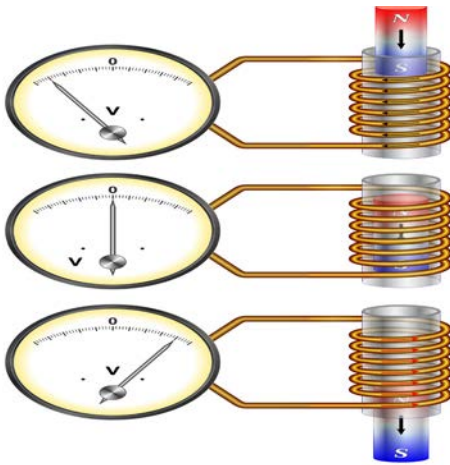


Görsel 1.36: Voltmetrenin devreye bağlanması

1.4.2. GERİLİM ÜRETME YÖNTEMLERİ

Gerilim elde edebilmek için kullanılan çeşitli yöntemler vardır.

Manyetik Alan (İndüksiyon) Etkisiyle Gerilim Üretme



Görsel 1.37: İndüksiyon yoluyla gerilim elde edilmesi

Bobin içerisine yerleştirilen mıknatısın hareketleri sonucunda bir gerilim meydana gelir (Görsel 1.37). Elde edilen bu gerilim alternatif gerilimdir. Mıknatıs yardımıyla gerilim elde etme yöntemi indüksiyon şeklinde tanımlanır. Özellikle hidroelektrik santrallerinde kullanılan jeneratörlerdeki gerilim indüksiyon yöntemiyle elde edilir.

Kimyasal Etkiyle Gerilim Üretme

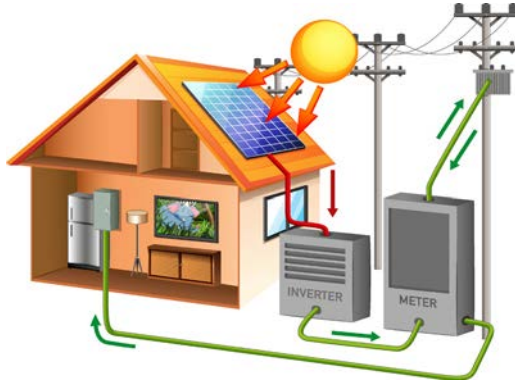
İçerisinde bazı iletken çözümlü sıvıların bulunduğu kaba iki farklı metal elektrolit bağlanır (Görsel 1.38). Bu iki metal arasında bir gerilim akışı gerçekleşir. Böylece kimyasal etki yoluyla gerilim elde edilmiş olur. Piller ve aküler buna en güzel örnektir.



Görsel 1.38: Elektroliz



Işık Etkisiyle Gerilim Üretme

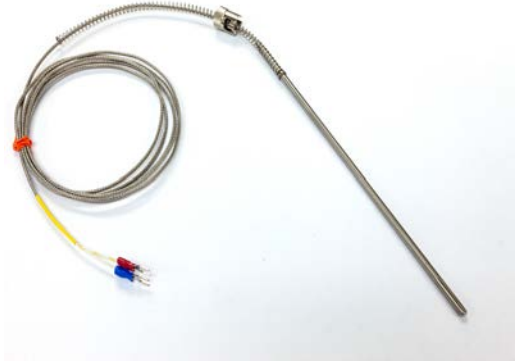


Görsel 1.39: Fotovoltaik sistem

Fotovoltaik bir hücre üzerine ışık geldiğinde hücre çıkışında DC gerilim elde edilir (Görsel 1.39). Elde edilen bu gerilim; ev, işletme, aydınlatma gibi alanlarda doğrudan ya da dönüştürülerek kullanılır.

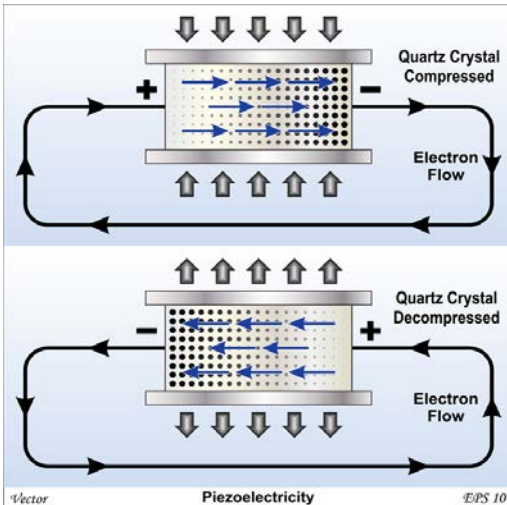
Isı Etkisiyle Gerilim Üretme

Bir termo malzemenin birleşim noktasına ısı verildiğinde elektron hareketi sonucunda gerilim oluşur. Bu prensiple termokupl malzemeler meydana gelir (Görsel 1.40). Termokupl yüksek dereceli fırın kazanlarında, termometrenin yeterli olmadığı sıcaklık ölçümlerinde kullanılır.



Görsel 1.40: Termokupl

Basınç Etkisiyle Gerilim Üretme



Görsel 1.41: Kuartz kristali ve basınç uygulaması

Kuartz kristali gibi bazı piezoelektrik malzemelerin üzerine basınç uygulandığında, malzeme uçlarına bağlı voltmetrede bir gerilim gözlemlenir (Görsel 1.41). Bu malzemeler, üzerine basınç uygulandığı gibi malzeme çekme işlemine de tabi tutulabilir. Bu durumda da ters yönde bir gerilim elde edilir.

Sürtünme Etkisiyle Gerilim Üretme

Yalıtkan bazı maddeler sürtünmeye tabi tutulduklarında az miktarda da olsa gerilim üretir. Ancak bu şekilde gerilim üretimi istenmeyen bir yöntemdir.

1.4.3. GERİLİM BİRİM DÖNÜŞÜMLERİ

Elektriksel büyüklükler, ast ve üst katlarına çevrilirken 1000 ile çarpılır ya da 1000'e bölünür. Gerilimde de böyledir.

Durumu	Birim	Dönüşümde Çarpılacak Değer	
Üst katları	Mega volt	MV	1×10^{-6}
Üst katları	Kilovolt	kV	1×10^{-3}
	Volt	V	1
Ast katları	Mili volt	mV	1×10^3
Ast katları	Mikrovolt	μV	1×10^6

Tablo 1.3: Gerilim birim dönüşümleri

Not: Sayı öncelikle **volt** değerine getirilir. Sayı, ast katlara çevrilecek ise bin ve katları ile çarpılır. Sayı mV ise 1000, μV ise iki kere 1000 ile çarpılır. Üst katlara çevrilecek ise sayı bine ve katları ile bölünür. Sayı kV ise 1000 ile MV ise iki kere 1000 ile bölünür.

Örnek 1.16.

20V kaç mV eder?

Çözüm

Not: Öncelikle değer volta dönüştürülür ancak bu örnekte değer volt olarak verilmiştir.

$$20 \times 10^3 = 20\,000 \text{ mV} = 20 \times 10^3 \text{ mV}$$

Örnek 1.17.

220V kaç KV eder?

Çözüm

$$(220 \times 10^{-3}) = 0,22 \text{ kV} = 220 \times 10^{-3} \text{ kV}$$

Örnek 1.18.

0,15 kV kaç μV eder?

Çözüm

Not: Öncelikle değer volta dönüştürülür.

$$0,15 \text{ kV} = 0,15 \times 10^3 = 150 \text{ V}$$

$$150 \times 10^6 = 150\,000\,000 \mu V = 150 \times 10^6 \mu V$$





Örnek 1.19.

0,0067 kV kaç mV eder?

Çözüm

Not: Öncelikle değer volta dönüştürülür.

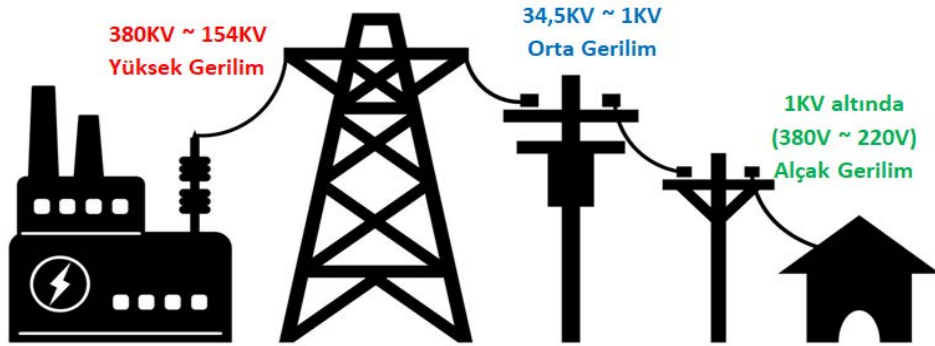
$$0,0067\text{kV} = 0,0067 \times 10^3 = 6,7 \text{ V}$$

$$6,7 \times 10^3 = 6700 \text{ mV}$$

1.4.4. GERİLİM İLETİM HATLARI

Santrallerden elde edilen elektrik enerjisi depolanamaz. Bu nedenle üretim sonrası bekletilmeden enerji tüketim bölgelerine aktarılır. Ancak elektrik üretiminin ağılandığı santraller, genellikle yerleşim yerlerinin oldukça uzağına inşa edilir. Santralde elde edilen elektriğin tüketiciye ulaşması sürecinde trafo, enerji iletim hatları, ayırıcı, kesici, izolatör gibi birçok malzeme kullanılır.

Santrallerde üretilen enerji, yüksek gerilim iletim hatları aracılığıyla sanayi ya da yerleşim birimi yakınlarındaki trafo merkezlerine aktarılır. Trafo merkezinde gerilim düşürülerek dağıtım panolarına aktarılır. Bu panolarda tekrar gerilim düşürülür. Bu düşen gerilim, direkler aracılığıyla evlere ve iş yerlerine kadar ulaştırılır (Görsel 1.42).



Görsel 1.42: Santralde elde edilen gerilimin iletim basamakları

Yüksek Gerilim Hattı: 35kV ile 154kV arası gerilimin bulunduğu hattır. Santralden başlayıp büyük şehir girişindeki trafo merkezlerine kadar uzanan kısımdır.

Orta Gerilim Hattı: 1kV ile 35kV arası gerilimin bulunduğu hattır. Şehir girişindeki trafoda düşürülmüş gerilimin, dağıtım trafosuna aktarıldığı kısımdır.

Alçak Gerilim Hattı: 1V ile 1kV arası gerilimin bulunduğu hattır. Dağıtım trafosunda düşürülen gerilimin abonelere, tüketicilere aktarıldığı kısımdır. Ülkemizde abonelerde 220V ve sanayide 380V gerilim kullanılır.

1.4.5. GERİLİM ÖZELLİKLERİ

- Birimi voltur.
- Devrelerde ölçülecek malzemeye paralel bağlanır.
- EMK ile benzer özelliktedir.
- Çeşitli üretim yöntemleri vardır
- Ast ve üst katları bulunur ve bu katlarına dönüştürülebilir.
- Yüksek, orta ve alçak gerilim iletim hatları vardır.

UYGULAMA ADI	ELEKTRİK GERİLİM HESAPLARI	14. UYGULAMA
--------------	----------------------------	--------------

Amaç: Elektrik gerilim hesaplamaları yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel

Durumu	Birim	Dönüşümde Çarpılacak Değer	
Üst katları	Mega volt	MV	1×10^{-6}
Üst katları	Kilovolt	kV	1×10^{-3}
	Volt	V	1
Ast katları	Mili volt	mV	1×10^3
Ast katları	Mikrovolt	μV	1×10^6

İşlem Basamakları

1. İşlemlerinizi uygulamaya ilişkin değerlendirmeler alanında, verilen kutular içerisinde gerçekleştirebilirsiniz.
2. Öncelikle değerlerinizi volta çevirmeyi unutmayınız.
3. Verilen bilgileri kullanarak işlemi gerçekleştiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

25 mV = kV eşitliğinde, nokta ile işaretli alana yazılması gereken değeri hesaplayınız.

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	20	
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20	
ÖĞRETMEN		4	Soruda verilen değeri volt değerine çevirdi.	20
Adı Soyadı:	5	Volta çevrilen değeri istenilen değere çevirerek sonuca ulaştı.	20	
İmza:	TARİH	TOPLAM PUAN		100
/...../.....			





UYGULAMA ADI	ELEKTRİK GERİLİM HESAPLARI	15. UYGULAMA
--------------	----------------------------	--------------

Amaç: Elektrik gerilim hesaplamaları yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel

Durumu	Birim	Dönüşümde Çarpılacak Değer	
Üst katları	Mega volt	MV	1×10^{-6}
Üst katları	Kilovolt	kV	1×10^{-3}
	Volt	V	1
Ast katları	Mili volt	mV	1×10^3
Ast katları	Mikrovolt	μV	1×10^6

İşlem Basamakları

1. İşlemlerinizi uygulamaya ilişkin değerlendirmeler alanında, verilen kutular içerisinde gerçekleştiriniz.
2. Öncelikle değerinizi volta çevirmeyi unutmayınız.
3. Verilen bilgileri kullanarak işlemi gerçekleştiriniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

0,0042 MV =mV eşitliğinde, nokta ile işaretli alana yazılması gereken değeri hesaplayınız.

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	20	
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20	
ÖĞRETMEN		4	Soruda verilen değeri volt değerine çevirdi.	20
Adı Soyadı:	5	Volta çevrilen değeri istenilen değere çevirerek sonuca ulaştı.	20	
İmza:	TARİH		TOPLAM PUAN	100
/...../.....			

5. STATİK ELEKTRİK VE ELEKTRİKLENME YÖNTEMLERİ

Hazırlık Çalışmaları

1. Kışın kazağınızı giyerken yaşadığınız elektriklenme sırasında neler hissettiniz?
2. Yağmurlu bir günde bulutlardaki şimşek çakmalarını izlediniz mi? Bunlar neye benziyordu?

1.5. STATİK (DURGUN) ELEKTRİK

Etrafındaki maddelerle etki, sürtünme ya da dokunma yoluyla etkileşimi hâlinde malzemenin yüzeyinde oluşan elektriksel dengesizliğe **statik (durgun) elektrik** denir. Statik elektriklenme madde gövdesinde ya da yüzeyde meydana gelir. Endüstride tehlike oluşturan ise yüzey statik elektriktir. İletkenlerde meydana gelen statik elektriklenme kısa süreli olup iletken yüzeyine dağılım ile ortadan kalkar. Yalıtkanlarda meydana gelen statik elektriklenme ise daha uzun süre yüzeyde kalır.

1.5.1. STATİK ELEKTRİĞİN FAYDALARI VE ÇEŞİTLİ KULLANIM ALANLARI

Statik elektrik; tarımsal ilaçlama, kilim boyama işlemleri, haberleşme, endüstri gibi çeşitli alanlarda kullanılır.

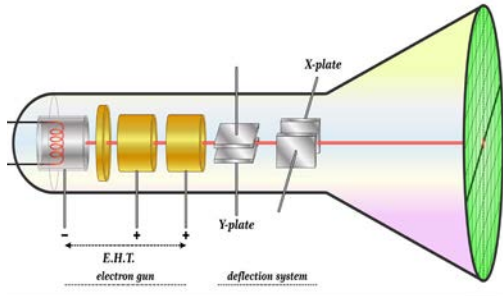
Görüntü Aktarımı



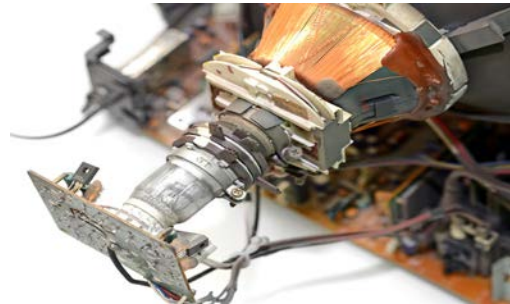
Görsel 1.43: CRT (Cathode Ray Tube) TV

Günümüzde nerdeyse her evde hatta odalarda özellikle de **LCD** adı verilen düz ve geniş ekranlı bir televizyon var. Çok değil bundan 10-15 sene öncesinde ise **tüplü** olarak adlandırılan **CRT** [Cathode Ray Tube (katot ray tüb)] televizyonlar kullanılmaktaydı (Görsel 1.43). İşte bu televizyonlarda görüntü aktarımı için statik elektrikten faydalanılır.

Tüpün yüzeyinde yani ekranda, görüntünün oluşabilmesi için yüzeyin dikey ve yatay biçimde düzenli olarak ışınlarla taranması gerekir. Bu tarama sürecinde elektron tabancasından gelen elektronların, satır ve sütunlara aktarımını sağlayan bobinler statik elektrikle yüklenir. Bu bobinin sapıtma hareketi ile elektronlar, ekrana tarama yoluyla yansıtılır ve görüntü alınır (Görsel 1.44).



Görsel 1.44: a) CRT blok yapısı



Görsel 1.44: b) CRT gösterimi





Baca Filtreleme

Baca temizliği özellikle çevre kirliliğini önlemek için büyük önem taşır. Özellikle endüstri ve sanayide toz ve duman gibi atıkların büyük bacalardan atılıyor olması hem çevre hem insan sağlığı için büyük riskler barındırır (Görsel 1.45). Bacadan atılan duman, is ve tozlar negatif yük ile yüklenir; baca çıkışına konan filtre ise statik elektrik yardımıyla pozitif yüklenir. Zıt kutuplar birbirini çeker ilkesiyle duman, toz ve kirler filtreye yapışarak doğaya atılmazlar. Böylece çevre kirliliğinin de önüne geçilmiş olur.



Görsel 1.45: a) Baca içi kurum ve is Görsel 1.45: b) Filtre temizliği yapılmamış baca Görsel 1.45: c) Filtreli baca

Boyama İşleri



Görsel 1.46: Otomobil boyama

Otomotiv sektöründe özellikle boyama işlemlerinde statik elektrikten faydalanılır (Görsel 1.46). Boyanacak yüzeye negatif yük dağıtılırken boya tabancasının içi pozitif yüklüdür. Boya püskürtüldüğünde zıt kutuplar birbirini çeker ve eşit bir dağılım gerçekleşir.

1.5.2. STATİK ELEKTRİĞİN ZARARLARI VE ALINACAK ÖNLEMLER

Statik elektriğin yararları olduğu gibi çeşitli zararları da vardır.

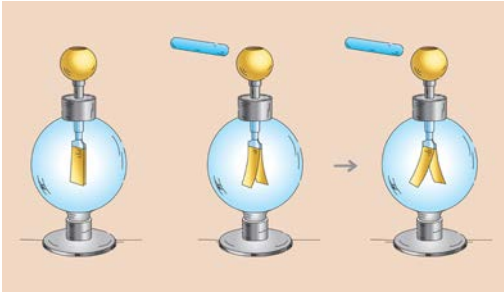
- Baskı makinelerinde kâğıtların birbirine yapışmasından kaynaklı baskı hatalarına neden olur. Bu da fazla kâğıt israfına da sebep olabilir.

- Yanıcı ya da patlayıcı maddelerle teması sonucunda kıvılcım oluşturarak patlamalara, yangınlara neden olur.
- Elektronik devre kartlarına temas edildiğinde hassas malzemelerin zarar görmesine neden olabilir.
- Nadiren de olsa çeşitli deri hastalıklarına sebep olabilir.
- Endüstriyel basım işlerinde kâğıt, kumaş ya da çeşitli malzemelerin yapışmasına ve bu yüzden üretimde aksamalara neden olabilir.

Statik elektriğin zararlarından daha az etkilenmek için alınabilecek önlemler şunlardır:

- Hassas elektronik devre kartlarına yaklaşımdan önce antistatik bileklik ya da giysiler kullanılmalıdır.
- Ortam için nem sakıncası bulunmuyorsa ortam mutlaka nemlendirilir.
- Evlerde ya da işyerlerindeki eşyalar topraklanmalıdır.
- Yanıcı, patlayıcı malzemelerin bulunduğu ortamlarda mutlaka antistatik giysi giyilmeli ya da o ortama girmeden önce kişi üzerindeki statik elektrik toprağa aktarılmalıdır.

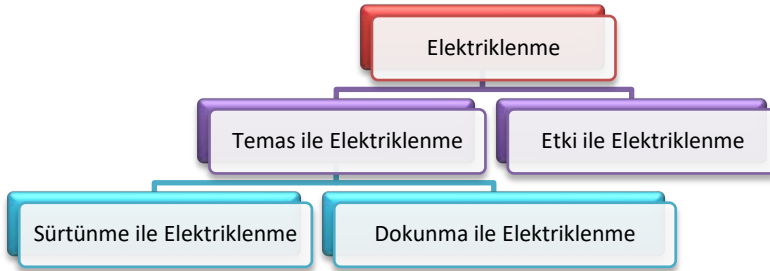
1.5.3. STATİK ELEKTRİK YÜKLERİ ÖLÇÜMÜ



Görsel 1.47: Elektroskop

Statik elektrik; yapraklar, gövde ve bir topuzdan oluşan elektroskopa ölçülür (Görsel 1.47). Elektroskop topuzuna yüklü ebonit çubukla dokunulduğunda, elektroskop yapraklarında değişiklik meydana gelir. Yapraklara gönderilen yük artarsa yapraklar iki yana açılır. Yapraklara gönderilen yük azalır ise yapraklar ortaya doğru kapanır. Elektroskop yüksüz ise yapraklar kapalı durur.

1.5.4. ELEKTRİKLENME YÖNTEMLERİ



Tablo 1.4: Elektriklenme yöntemleri

Sürtünme İle Elektriklenme

Elektriklenme süresinde özellikleri farklı iki cismin birbirine sürtülmesi durumunda, her iki cismin de farklı elektrik yüküyle yüklenmesine **sürtünme ile elektriklenme** denir.

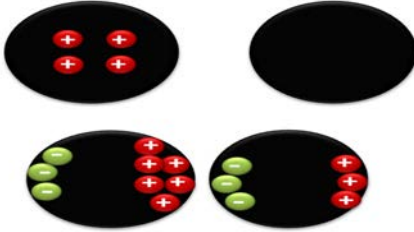




Görsel 1.48: Sürtünme ile elektriklenme

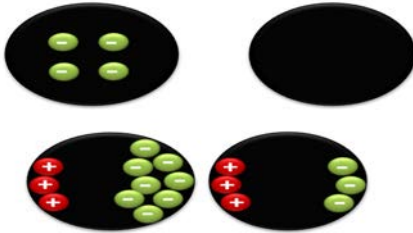
Etki İle Elektriklenme

Cisimlerde yük dağılımı, belirli aralıktaki diğer cisimlerin yük durumunu etkiler ya da cisimler birbirlerinden etkilenir. Yüklü bir cisim nötr ya da yüklü bir cisme yaklaştırıldığında, cisimlerin birbirine yaklaşan yüzeyleri zıt yüklerle yüklenir. Bu duruma **etki ile elektriklenme** denir.



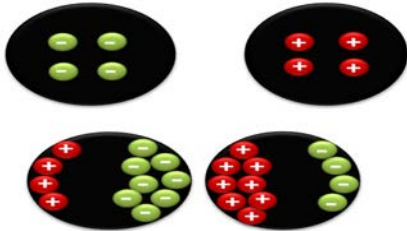
Görsel 1.49: Pozitif ve yüksüz cisimlerde etkiyle elektriklenme

Yüksüz bir cisim ile pozitif yüklü bir cisim, birbirlerine yaklaştırıldığında yüksüz cismin diğer cisme yakın bölgesinde negatif yüklerin toplandığı görülür (Görsel 1.49).



Görsel 1.50: Negatif ve yüksüz cisimlerde etkiyle elektriklenme

Yüksüz bir cisim ile negatif yüklü bir cisim, birbirlerine yaklaştırıldığında yüksüz cismin diğer cisme yakın bölgesinde pozitif yüklerin toplandığı görülür (Görsel 1.50).



Görsel 1.51: Negatif ve pozitif cisimlerde etkiyle elektriklenme

Pozitif bir cisim ile negatif yüklü bir cisim, birbirlerine yaklaştırıldığında her iki cismin birbirine yakın bölgesinde yük yoğunlaşması görülür (Görsel 1.51).

Dokunma İle Elektriklenme

Özellikleri farklı iki cisim birbirine dokundurulduklarında, elektron yükü fazla cisimden az olan cisme doğru bir elektron akışı gerçekleşir. Bu süreçte her iki cisimde, yük miktarının dengeye gelme durumuna **dokunma ile elektriklenme** denir. Yükler toplanıp ikiye bölündüğünde elde edilen sonuç, her bir cisim için oluşan yük miktarıdır.

Örnek 1.20. $-6 \mu\text{C}$ ve $4 \mu\text{C}$ 'luk yüklere sahip iki cisim birbirlerine dokundurulup ayrıldıklarında son durum ne olur?

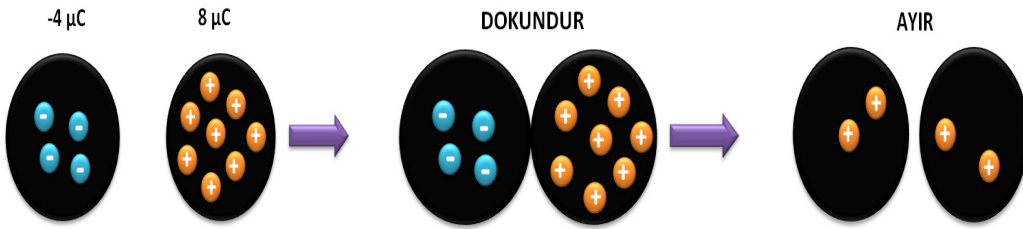
Çözüm



-6 ve $4 \mu\text{C}$ 'luk iki yüke sahip iki cisim birbirine dokundurulup ayrıldıklarında her bir cismin yükü $(-6 + 4) / 2 = -1 \mu\text{C}$ olur.

Örnek 1.21. $8 \mu\text{C}$ ve $-4 \mu\text{C}$ 'luk yüklere sahip iki cisim birbirlerine dokundurulup ayrıldıklarında son durum ne olur?

Çözüm

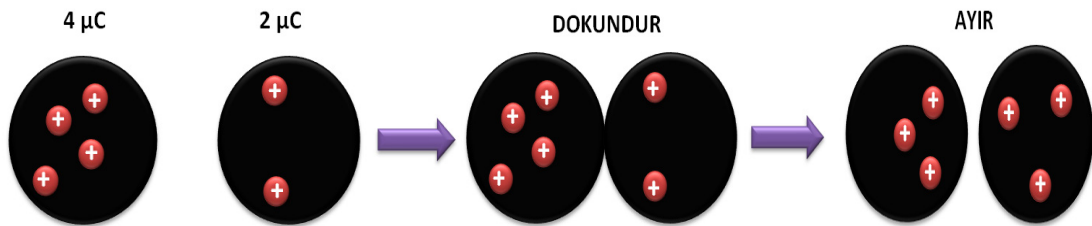


8 ve $-4 \mu\text{C}$ 'luk iki yüke sahip iki cisim birbirine dokundurulup ayrıldıklarında her bir cismin yükü $[8 + (-4)] / 2 = 2 \mu\text{C}$ olur.

Aynı cinsteki yüklerde sadece yük dağılımı değişir, denge durumu değişmez.

Örnek 1.22. $4 \mu\text{C}$ ve $2 \mu\text{C}$ 'luk yüklere sahip iki cisim birbirlerine dokundurulup ayrıldıklarında son durum ne olur?

Çözüm

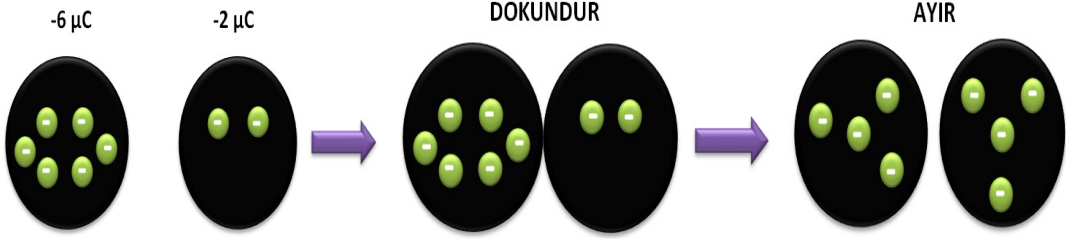




4 ve $2 \mu\text{C}$ 'luk iki yüke sahip iki cisim birbirine dokundurulup ayrıldıklarında her bir cismin yükü:
 $[4 + 2] / 2 = 3 \mu\text{C}$ olur.

Örnek 1.23. $-6 \mu\text{C}$ ve $-2 \mu\text{C}$ 'luk yüklere sahip iki cisim birbirlerine dokundurulup ayrıldıklarında son durum ne olur?

Çözüm



-6 ve $-2\mu\text{C}$ 'luk iki yüke sahip iki cisim birbirine dokundurulup ayrıldıklarında her bir cismin yükü:
 $[(-6) + (-2)] / 2 = -4\mu\text{C}$ olur.

1.5.5. ŞİMŞEK VE YILDIRIM

Sadece bulutlar arasında gerçekleşen yük aktarımına **şimşek** denir (Görsel 1.52). Bulutların elektrik yükünü biriktirmesi araştırma konusudur ve henüz bir netlik kazanmamıştır. Ancak bulutlardaki su tanecikleri ve toz taneciklerinin birbirleriyle sürtünmeleri sırasında statik elektrikleştiği tahmin edilmektedir.

Yeryüzü ile bulutlar arasındaki yük deşarjına **yıldırım** denir. Yıldırım da şimşek gibidir ancak burada yük aktarımı buluttan yeryüzüne ya da yeryüzünden buluta doğru gerçekleşir. Özellikle çok yağmur alan bölgelerde şimşek ve yıldırım sıklıkla gözlemlenir. Yıldırımın 10 ile 100 milyon volt arasında olduğu biliniyor. Ancak bu değerdeki elektrik henüz depolanamıyor. Yıldırım çarpan insanlar çoğunlukla hayatta kalır, vücutlarında kısmen yanıklar oluşur. Ancak ayaklarındaki ayakkabı tamamen plastik ya da yalıtkan ise maalesef bu durum ölümle sonuçlanmaktadır.



Görsel 1.52: Şimşek ve yıldırım

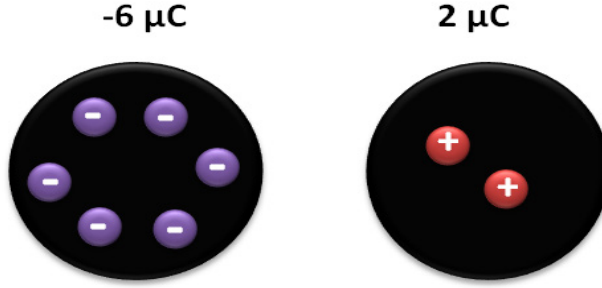
UYGULAMA ADI

ELEKTROSTATİK YÜK PROBLEMLERİ

16. UYGULAMA

Amaç: Elektrostatik yük problemleri çözmek.

Uygulamaya Ait Görsel



İşlem Basamakları

1. İşlemlerinizi uygulamaya ilişkin değerlendirmeler alanında verilen kutular içerisinde gerçekleştirebilirsiniz.
2. İşlemi gerçekleştiriniz.
3. Sonuçta bulduğunuz değerdeki yük görselinizi işlemi yaptığınız alana çiziniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- $-6 \mu\text{C}$ ve $2 \mu\text{C}$ 'luk yüklere sahip iki cisim birbirlerine dokundurulup ayrıldıklarında son durum ne olur?

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Öğrenci atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.	20	
Sınıf:	2	Öğrenci uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi	10	
No:	3	Öğrenci işlem basamaklarını doğru takip etti.	20	
ÖĞRETMEN		4	Öğrenci dokunma ile elektriklenme sonucunda doğru cevabı buldu.	25
Adı Soyadı:	5	Öğrenci bulunduğu doğru cevabın görselini çizdi.	25	
İmza:	TARİH	TOPLAM PUAN		100
/...../.....			

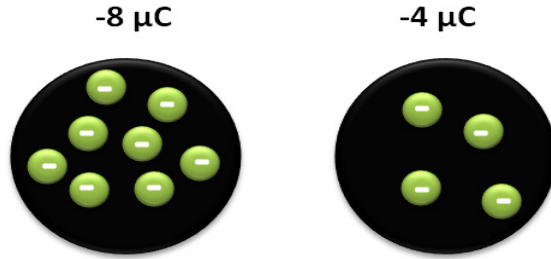




UYGULAMA ADI	ELEKTROSTATİK YÜK PROBLEMLERİ	17. UYGULAMA
--------------	-------------------------------	--------------

Amaç: Elektrostatik yük problemleri çözmek.

Uygulamaya Ait Görsel



İşlem Basamakları

1. İşlemlerinizi uygulamaya ilişkin değerlendirmeler alanında verilen kutular içerisinde gerçekleştiriniz.
2. İşlemi gerçekleştiriniz.
3. Sonuçta bulduğunuz değerdeki yük görselinizi işlemi yaptığınız alana çiziniz.

Uygulamaya İlişkin Değerlendirmeler

- -8 µC ve -4 µC'lık yüklere sahip iki cisim birbirlerine dokundurulup ayrıldıklarında son durum ne olur?

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Öğrenci atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.	20	
Sınıf:	2	Öğrenci uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi	10	
No:	3	Öğrenci işlem basamaklarını doğru takip etti.	20	
ÖĞRETMEN		4	Öğrenci dokunma ile elektriklenme sonucunda doğru cevabı buldu.	25
Adı Soyadı:	5	Öğrenci bulduğu doğru cevabın görselini çizdi.	25	
İmza:	TARİH	TOPLAM PUAN		100
/...../.....			

UYGULAMA ADI

ELEKTRİKLENME DENEYİ

18. UYGULAMA

Amaç: Elektriklenme deneyi yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



Kullanılacak Araç Gereç

No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Balon	Orta büyüklükte	4
2	Musluk		40 cm
3	Tarak	Plastik	4

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği kurallarına uyunuz.
2. Şişirdiğiniz balonu ya da tarağı saçınıza 5-10 saniye sürtünüz.
3. Musluğu çok ince akacak şekilde ayarlayınız. Musluğu fazla açtığınızda balondaki statik elektrik, suyu hareket ettirmek için yeterli olmayacaktır. Unutmayınız ki gereğinden fazla harcanan su boşa gidecektir.
4. Balon ya da tarağı musluğa doğru yaklaştırınız.
5. Kullandığınız nesnenin suyu kendine doğru çektiğini gözlemleyiniz. Bu durum nasıl gerçekleşti? Açıklayınız.



21216

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Öğrenci, atölye içerisinde İSG kurallarına uydu.	20	
Sınıf:	2	Öğrenci, uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi	10	
No:	3	Öğrenci, musluğu yeterli miktarda açtı.	20	
ÖĞRETMEN		4	Öğrenci, balonu ya da tarağı musluğa doğru açıda yaklaştırdı.	25
Adı Soyadı:	5	Öğrenci, nesnenin balonu neden çektiğini doğru açıkladı.	25	
İmza:	TARİH			TOPLAM PUAN
	...../...../.....			100



2. ÖĞRENME BİRİMİ

GÜNEŞ PİLLERİNDE (FOTOVOLTAİK PİLLER) ÜRETİLEN DOĞRU AKIMIN TEMELLERİ



NELER ÖĞRENECEĞİZ?

- 2.1. DOĞRU AKIM ÖZELLİKLERİ
- 2.2. DOĞRU AKIM KAYNAKLARI
- 2.3. DOĞRU AKIM DEVRELERİ
- 2.4. OHM KANUNU
- 2.5. KİRCHHOFF KANUNLARI
- 2.6. KONDANSATÖR
- 2.7. BOBİN
- 2.8. GÜNEŞ PİLLERİ

1. DOĞRU AKIM (DC) ÖZELLİKLERİ

Hazırlık Çalışması

- Elektrik kablolarından geçen akımın özellikleri hakkında fikriniz var mı? Bir televizyonu çalıştıran elektrik akımıyla çamaşır makinesini çalıştıran elektrik akımı arasında sizce ne gibi bir farklılık vardır?

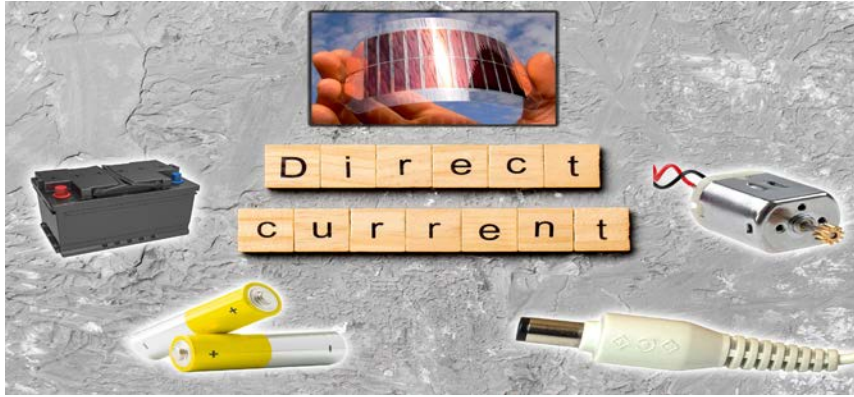
2.1. DOĞRU AKIMIN (DC) ÖZELLİKLERİ

Zamana göre yönü ve şiddeti değişmeyen akıma **doğru akım** denir. Doğru akımı kısaca İngilizce de direct current (dayrekt körrınt) kelimelerinin baş harfleri olan DC ya da Türkçe olarak doğru akım olarak adlandırılır. Doğru akımı elde edebilmenin farklı yöntemleri şunlardır:

- Güneş pillerinin (Pv) üzerine düşen ışığı doğru akım elektrik enerjisine çevirme
- Dinamoların uçlarındaki milde oluşan hareket enerjisini doğru akım elektrik enerjisine çevirme
- Pillerin kimyasal enerjiyi doğru akım elektrik enerjisine dönüştürmesi
- Akülerin doğru akım elektrik enerjisini, kimyasal enerji olarak depo ederek gerektiğinde tekrardan elektrik enerjisine dönüştürme
- Doğrultmaç devrelerinin alternatif akıma sahip enerjiyi doğru akım elektrik enerjisine çevirme

Doğru akımın kullanıldığı yerler:

- Radyolar, teypler, redresörlü kaynak makineleri, elektrikli taşıtlar (metro, tramvay), elektromekanik cihazlar, haberleşme cihazları, televizyonlar, DC elektrik motorları, maden arıtma ve kaplamalarında kullanılır (Görsel 2.1).



Görsel 2.1: Doğru akım üreten ve tüketen elektrik malzemeleri

- Doğru akım, düzgün doğru akım ve değişken doğru akım olmak üzere ikiye ayrılır. Düzgün doğru akım, zamanla akımın yönünün ve şiddetinin değişmemesidir. Değişken doğru akım ise zamanla şiddeti değişen; fakat yönü değişmeyen akımdır.





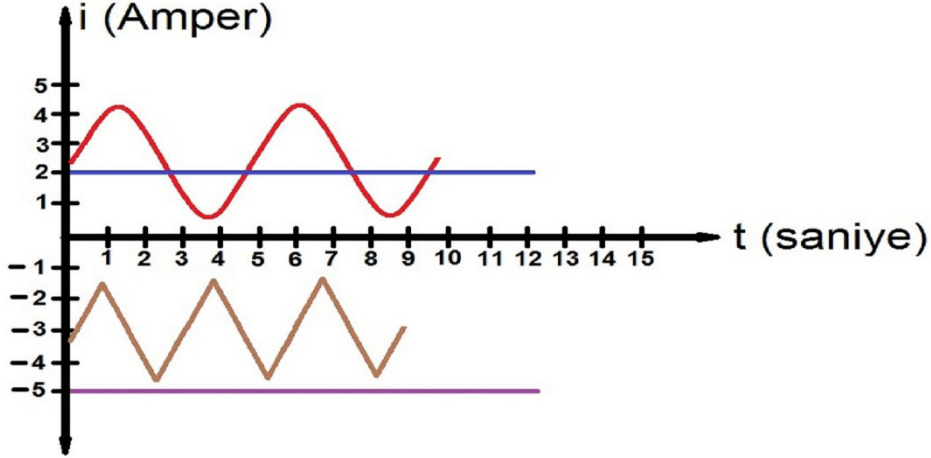
UYGULAMA ADI

DOĞRU AKIM GRAFIĞİ İLE İLGİLİ PROBLEMLER

19. UYGULAMA

Amaç: Doğru akım grafiğini açıklamak.

Uygulamaya Ait Görsel



Kullanılacak Araç Gereç

No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Kalem		1
2	Silgi		1

İşlem Basamakları

1. Şekil üzerindeki doğru akım sinyallerini, düzgün doğru akım ve değişken doğru akım olarak aşağıda sınıflandırınız.

Kırmızı sinyal:

Mavi sinyal:

Kahverengi sinyal:

Mor sinyal:

2. Sinyallerin başlangıç akım değerlerini ve akımdaki değişimlerinin zamanla nasıl olduğunu aşağıya yazınız.

Kırmızı sinyal:

Mavi sinyal:

Kahverengi sinyal:

Mor sinyal:

3. Şekil üzerine 5 amper akım değerine sahip bir düzgün doğru akım sinyali çiziniz.
4. Aşağıdaki boşluğa -1 amper ve +2 amper akım değerlerine sahip iki adet düzgün doğru akım sinyalinizi çiziniz.
5. Aşağıdaki boşluğa 1 amper ile 5 amper arasında değişen ve başlangıç akımı 3 amper olan değişken doğru akıma sahip bir sinüs sinyali çiziniz.
6. Aşağıdaki boşluğa -1 amper ile -6 amper arasında değişen ve başlangıç akımı 2,5 amper olan değişken doğru akıma sahip bir testere dişisini çiziniz.

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uygun davrandı.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	Doğru akım sinyallerini ayırt edebildi.	20	
ÖĞRETMEN		4	Sinyallerin akımını tespit edebildi.	25
Adı Soyadı:	5	İstenilen doğru akım sinyallerini çizemedi.	25	
İmza:	TARİH		TOPLAM PUAN	100
/...../.....			





2. DOĞRU AKIM KAYNAKLARI

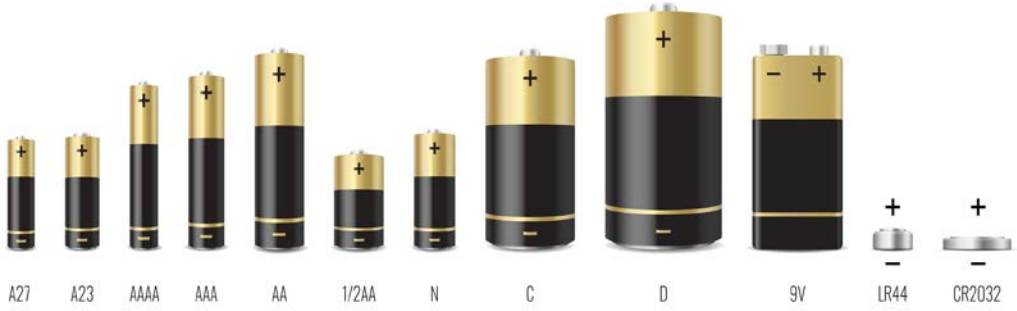
Hazırlık Çalışmaları

- Elektrik akımı sizce nasıl üretilebilir?
- Doğru akım üretmek için yapılması gerekenler sizce nelerdir?

2.2. DOĞRU AKIM KAYNAKLARI

Doğru akım; piller, aküler ve dinamolardan elde edilir.

Pil, kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine çevirmeye yarar (Görsel 2.2). Piller şarj edilebilen ve şarj edilemeyen piller olarak ikiye ayrılır. Ayrıca yapıldıkları malzeme ve özelliklerine göre çeşitli piller bulunur. Genel olarak piller, küçük elektrik voltajlarında doğru akım üreterek çeşitli devreleri (kumanda vb.) besleyebilmektedir.



Görsel 2.2: Çeşitli piller

Akü, elektrik enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürerek depo eder ve gerektiğinde yine elektrik enerjisine çevirir (Görsel 2.3). Yapıldıkları malzemeye göre çok çeşitli aküler olmakla birlikte, kuru ve sulu akü olarak ikiye ayrılır.



Görsel 2.3: Çeşitli aküler

Dinamo, hareket enerjisini doğru akım elektrik enerjisine dönüştürür. Yaygın bir şekilde bisikletlerde kullanılır. Bisikletin hareket enerjisi dinamo yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülür (Görsel 2.4).



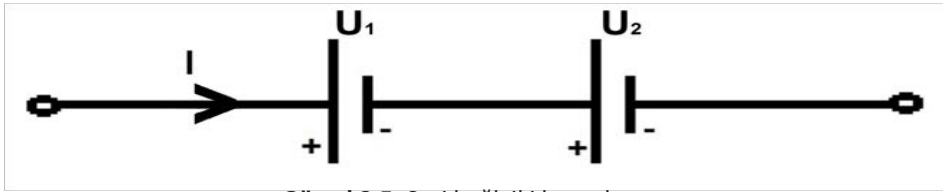
Görsel 2.4: Bisiklet tekerine takılı dinamo

2.2.1. Doğru Akım Kaynaklarının Bağlantısı

Doğru akım kaynakları seri, paralel ve karışık şekillerde bağlanır.

Doğru Akım Kaynaklarının Seri Bağlanması

Seri bağlantıda bir kaynağın "+" ucu diğer kaynağın "-" ucuna bağlanır (Görsel 2.5).



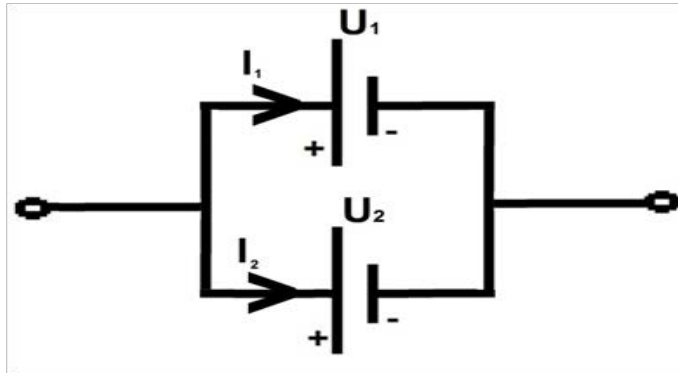
Görsel 2.5: Seri bağlı iki kaynak

Devrenin gerilimi, kaynakların gerilimlerinin toplanması ile bulunur. Buradan;

$U = U_1 + U_2$ dir. Seri devrede akım değişmez.

Doğru Akım Kaynaklarının Paralel Bağlanması

Paralel bağlantıda bir kaynağın "+" ucu diğer kaynağın "+" ucuna, bir kaynağın "-" ucu diğer kaynağın ucuna bağlanır (Görsel 2.6).



Görsel 2.6: Paralel bağlı iki kaynak

Devrenin gerilimi değişmezken ($U = U_1 = U_2$) kaynakların akımının toplanması ile akım bulunur. Buradadır $I = I_1 + I_2$ dir. Doğru akım kaynakları, paralel bağlanırken gerilimlerinin eşit olmasına dikkat edilir.





UYGULAMA ADI

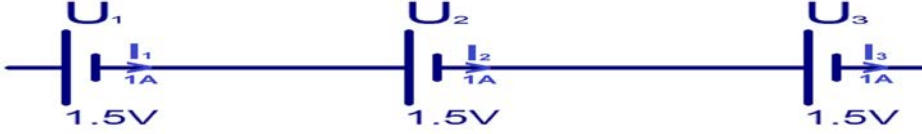
PİL BAĞLANTI PROBLEMLERİ

20. UYGULAMA

Amaç: Pillerin bağlantılarını hesaplamak.

İşlem Basamakları

1. Aşağıdaki devreye göre hesaplamaları yapıp istenilen bilgileri yazınız.

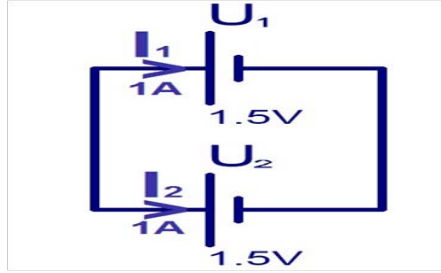


Pillerin bağlantı şekli :

Devrenin gerilimi :

Devrenin akımı :

2. Aşağıdaki devreye göre hesaplamaları yapıp istenilen bilgileri yazınız.



Pillerin bağlantı şekli :

Devrenin gerilimi :

Devrenin akımı :

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ			
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uygun davrandı.	20		
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10		
No:	3	Pillerin seri bağlantısını doğru hesapladı.	35		
ÖĞRETMEN		4	Pillerin paralel bağlantısını doğru hesapladı.	35	
Adı Soyadı:	TOPLAM PUAN			100	
İmza:					TARİH
...../...../.....					

UYGULAMA ADI	PİL BAĞLANTI DENEYİ	21. UYGULAMA
--------------	---------------------	--------------

Amaç: Pillerin bağlantılarını yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



Kullanılacak Araç Gereç

No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Pil ya da akü		4
2	Kablo		

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve tedbirlerini aldıktan sonra kabloları uygun şekilde kesip hazırlayınız.
2. İki pili, seri bağlayıp pillerin akımını ve gerilimini hesaplayınız.
 $U_1 =$ $U_2 =$ $U =$ $I_1 =$ $I_2 =$ $I =$
3. İki pili, paralel bağlayıp pillerin akımını ve gerilimini hesaplayınız.
 $U_1 =$ $U_2 =$ $U =$ $I_1 =$ $I_2 =$ $I =$
4. Seri bağlantılı pilleri, yine seri olarak birbirine paralel bağlanmış olan pillere bağlayınız.
5. Kurduğunuz iki seri pil ve iki paralel pilin seri bağlantısına ait devrenin gerilimini ve akımını hesaplayınız.
6. Her pilin üzerindeki gerilimi ve devrenin gerilimini ölçüp hesaplamalarınızla karşılaştırınız.

$$U_1 = U_2 = \quad U_3 = U_4 = \quad U =$$

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uygun davrandı.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20	
ÖĞRETMEN		4	Pillerin bağlantısını doğru yaptı.	25
Adı Soyadı:	5	Hesaplamaları doğru yaptı.	25	
İmza:	TARİH	TOPLAM PUAN		100
/...../.....			





3. DOĞRU AKIM DEVRELERİ

Hazırlık Çalışması

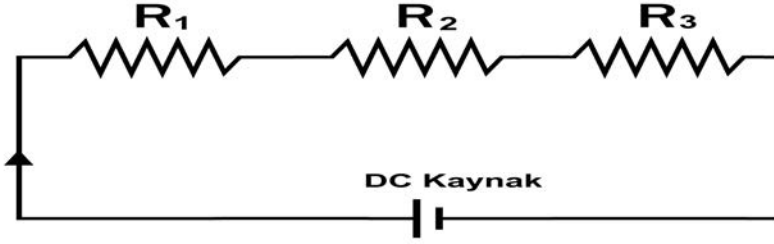
- Doğru akım devrelerindeki bağlantılar sizce hangi amaçlarla yapılmaktadır?

2.3. DOĞRU AKIM DEVRELERİ VE BAĞLANTILARI

Doğru akım devreleri seri, paralel ve karışık bağlantılardan oluşur.

2.3.1. SERİ DEVRE

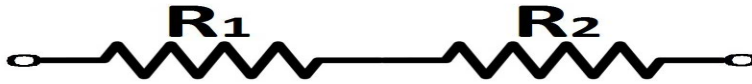
İçlerinden aynı akım geçecek şekilde art arda malzemelerin bağlanmasıdır (Görsel 2.7). Seri olarak bağlanan devre elemanlarının hepsinden aynı akım geçer. Buradaki seri devrede akım ya sabittir ya da tektir.



Görsel 2.7: Seri Devre

Seri Devrede Eş Değer Direnç Hesaplama

Birbiri ardına seri olarak bağlanan dirençlerin, eş değer direncini bulmak için dirençlerin değerleri toplanır (Görsel 2.8). Böylece tüm seri bağlı dirençlerden bir tane eş değer direnç elde edilir. Seri devre problemlerini çözmek için önce eş değer direnç bulunur.



Görsel 2.8: Seri bağlı iki direnç

Dirençlerin eş değer direnci $R_1 + R_2$ ile bulunarak tek bir direnç hâline getirilir (Görsel 2.9).



Görsel 2.9: Eşdeğer Direnç

Örneğin, bir devrede kullanabilmek için 300 Ω'luk dirence ihtiyaç olsun. Elimizde 300 Ω'luk direnç yerine 100 Ω'luk dirençler varsa, 3 adet 100 Ω'luk direnci seri bağlayabiliriz. Böylelikle 300 Ω'luk direnç elde edilir.

Örnek 2.1. Aşağıdaki devrenin eş değer direncini hesaplayınız.

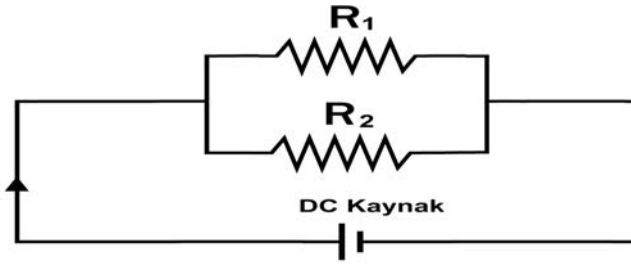


Çözüm : $R_{eş} = R_1 + R_2 + R_3 = 100 + 330 + 570$

$R_{eş} = 1000 \Omega$ yani 1 KΩ'dur.

2.3.2. PARALEL DEVRE

Her devre elemanı üzerine aynı gerilim düşecek şekilde, devre elemanlarının uçlarının birbirine bağlanmasıdır (Görsel 2.10).



Görsel 2.10: Paralel Devre

Paralel Devrede Eş değer Direnç Hesaplama

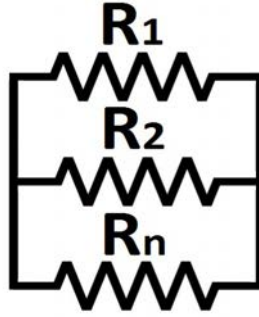
Paralel olarak bağlanan dirençlerin eş değer direncini bulmak için

$$\frac{1}{R_{eş}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_n} \quad \text{formülü kullanılır (Görsel 2.11).}$$

Burada n adet direnç var ise formülde n adet uzayacaktır. Örneğin 5 direnç paralel bağlandıysa formülümüz;

$$\frac{1}{R_{eş}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \quad \text{olacaktır.}$$





Görsel 2.11: Paralel bağlı dirençler

Sadece iki direnç paralel bağlanmış ise eş değer devre direnci direkt olarak;

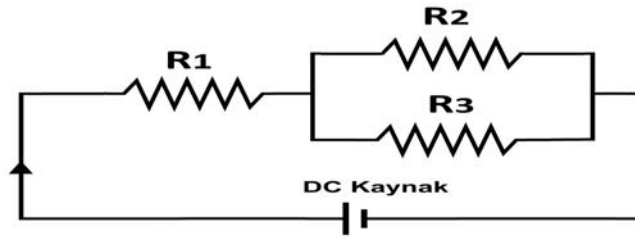
$$Reş = \frac{R1.R2}{R1+R2} \text{ formülü ile de bulunur.}$$

Paralel bağlı iki direncin değeri birbirine eşitse eş değer direnç değeri o direncin yarısıdır. Örneğin paralel bağlanmış 100 Ω 'luk iki direncin eş değeri ;

$$Reş = \frac{100}{2} = 50 \Omega \text{ olarak bulunur.}$$

2.3.3. KARIŞIK DEVRE

Seri ve paralel bağlantıların bir arada bulunduğu devrelerdir (Görsel 2.12).



Görsel 2.12: Karışık devre

Karışık devrede eş değer direnç hesaplama

Karışık devrelerde eş değer direnç hesaplanırken hem seri hem de paralel devre eş değer direnç hesaplamaları kullanılır.

UYGULAMA ADI

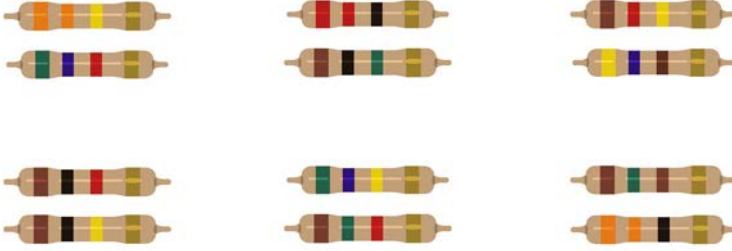
SERİ DEVRE PROBLEMLERİ

22. UYGULAMA

Amaç: Seri devre problemleri çözmek.

İşlem Basamakları

1. Aşağıdaki dirençleri seri olarak bağlayınız.



2. Yukarıda seri olarak bağladığınız dirençlerin renk kodlarına göre değerlerini bulunuz.

R1 = ?

R2 = ?

R3 = ?

R4 = ?

3. Seri olarak bağladığınız dirençlerin eş değer direncini bulunuz.

Reş = ?

4. Aşağıdaki seri devrelerin eş değer direncini bulunuz.



Reş = ?





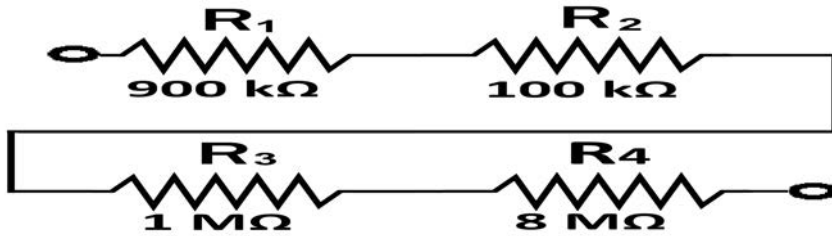
Reş=?



Reş=?



Reş=?



Reş=?

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uygun davrandı.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20	
ÖĞRETMEN		4	Dirençlerin seri bağlantısını yaptı.	25
Adı Soyadı:	5	Eş değer direnç problemlerini çözdü.	25	
İmza:	TARİH		TOPLAM PUAN	100
/...../.....			

UYGULAMA ADI

PARALEL DEVRE PROBLEMLERİ

23. UYGULAMA

Amaç: Paralel devre problemleri çözmek.

İşlem Basamakları

1. Aşağıdaki dirençleri paralel olarak bağlayınız.



2. Yukarıda paralel olarak bağladığınız dirençlerin renk kodlarına göre değerlerini bulunuz.

R1 = ?

R2 = ?

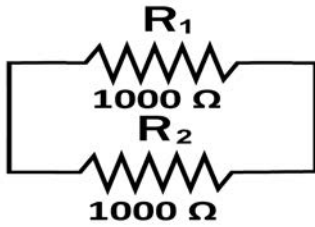
R3 = ?

R4 = ?

3. Paralel olarak bağladığınız dirençlerin eş değer direncini bulunuz.

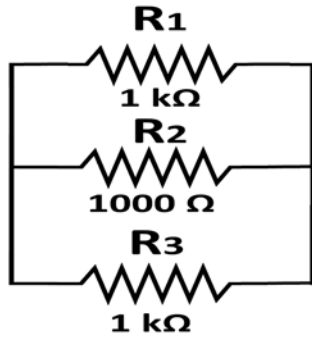
Reş = ?

4. Aşağıdaki paralel devrelerin eş değer direncini bulunuz.

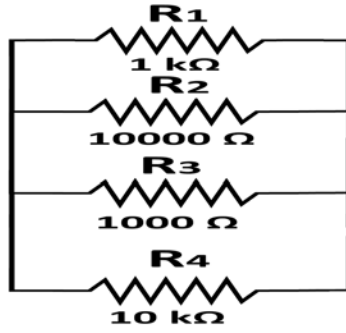


Reş = ?

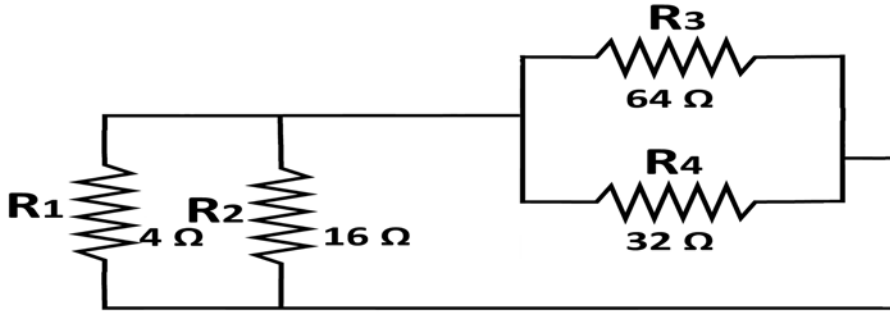




Reş=?



Reş=?



Reş=?

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uygun davrandı.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20	
ÖĞRETMEN		4	Dirençlerin paralel bağlantısını yaptı.	25
Adı Soyadı:	5	Eş değer direnç problemlerini çözdü.	25	
İmza:	TARİH		TOPLAM PUAN	100
/...../.....			

UYGULAMA ADI

KARIŞIK DEVRE PROBLEMLERİ

24. UYGULAMA

Amaç: Karışık devre problemleri çözmek.

İşlem Basamakları

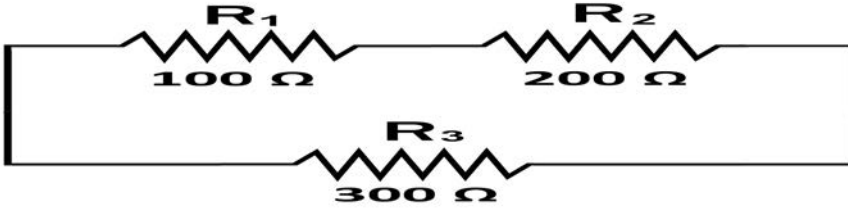
1. Aşağıdaki R1 direncini R2'ye, R3 direncini R4'e seri bağlayınız. Seri bağladığınız bu dirençleri, paralel olarak bağlayarak karışık devre bağlantısını yapınız.



2. Karışık olarak bağladığınız dirençlerin eş değer direncini bulunuz.

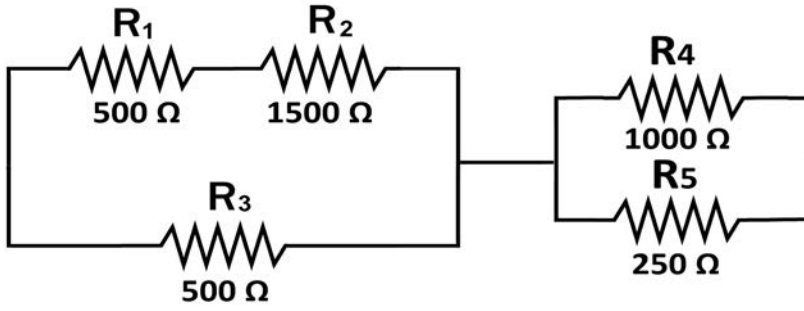
$R_{eş} = ?$

3. Aşağıdaki karışık devrelerin eş değer direncini bulunuz.

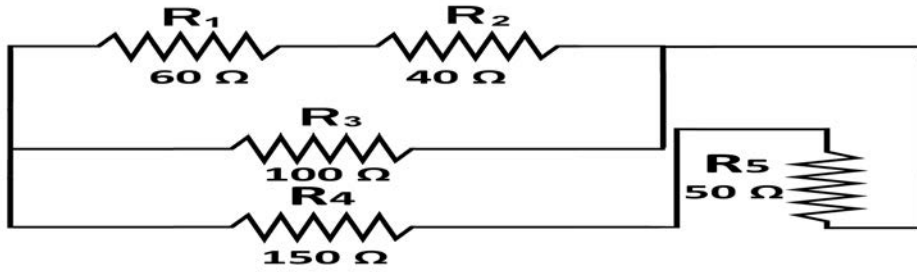


$R_{eş} = ?$





Reş=?



Reş=?

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uygun davrandı.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20	
ÖĞRETMEN		4	Dirençlerin karışık bağlantısını yaptı.	25
Adı Soyadı:	5	Eş değer direnç problemlerini çözdü.	25	
İmza:	TARİH	TOPLAM PUAN		100
/...../.....			

4. OHM KANUNU

Hazırlık Çalışması

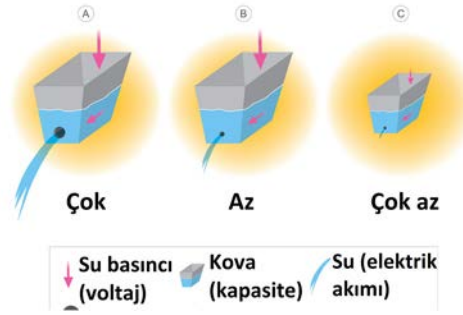
Bilimsel bir kanunun bir formül ya da hesaplamada önemi sizce nedir?

2.4. OHM KANUNU

Bir elektrik devresinde akım (I), gerilim (V) ve direnç (R) arasındaki bağıntıyı açıklar (Görsel 2.13a). Bu kanun 1827 yılında fizikçi George Simon Ohm (Corç Saymın Ohm) tarafından bulundu. Bu kanuna göre aynı gerilime (kova içerisindeki su potansiyeli) sahip iki kaynak, farklı dirençlerle (su akışına gösterilen zorluk) karşılaştığında devrelerdeki akımlar da (su akışı) farklı olacaktır (Görsel 2.13b).

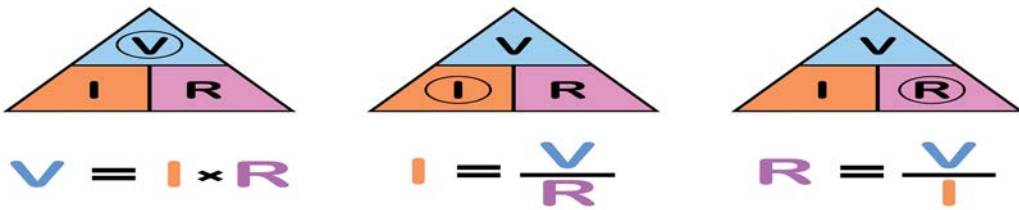


Görsel 2.13 a) Ohm Kanunu



Görsel 2.13 b) Ohm Kanununun kovalardaki sulara benzetilmesi

Gerilimi bulmak için formül üçgeninde gerilimi kapatırsak $V = I \cdot R$ bulmuş oluruz. Akımı bulmak için üçgende akımı kapatarak $I = V / R$ formülünü bulmuş oluruz. Aynı şekilde direnci bulmak için üçgende direnci kapatarak $R = V / I$ bularak akım, gerilim ve direnç problemlerini kolaylıkla çözebiliriz (Görsel 2.13). Ohm Kanunu formül üçgeninde akım, gerilim ve direnç problemleri kolaylıkla çözebilir (Görsel 2.14). Üçgende gerilim $V = I \cdot R$, akım $I = V / R$ ve direnci bulmak için de $R = V / I$ formülü kullanılır.



Görsel 2.14: Ohm Kanunu formül üçgeni

Örnek 2.2: Bir devrenin gerilimi 100 V, direnci 50 Ω ise akımı kaçtır?

Çözüm: $V = I \cdot R \rightarrow 100 \text{ V} = I \cdot 50 \Omega \rightarrow I = 2 \text{ amper}$ bulunur.

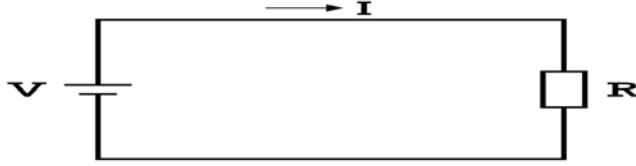


**UYGULAMA ADI****OHM KANUNU İLE HESAP YAPMAK****25. UYGULAMA**

Amaç: Ohm Kanunu formülü ile akım, gerilim ve direnç hesaplamaları yapmak.

İşlem Basamakları

1. Aşağıdaki devreye göre Ohm Kanunu formülünü yazınız.



2. Yukarıdaki devrenin gerilimi 220 V, direnci 22 Ω olduğuna göre akımı nedir? ($I=?$)

3. Yukarıdaki devrenin gerilimi 220 V, akımı 11 A ise direnci kaçtır? ($R=?$)

4. Yukarıdaki devrenin akımı 3 A, direnci 4 Ω ise gerilimi kaçtır? ($V=?$)

5. Anlık olarak 12 Volt gerilim veren bir güneş paneline (fotovoltaik) 6 Ω dirence sahip bir alıcı bağlandığında alıcının fotovoltaik panelden çekeceği akımı kayıpları önemsemeyen hesaplayınız.

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uygun davrandı.	10	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20	
ÖĞRETMEN		4	Devreye uygun hesaplamaları yaptı.	40
Adı Soyadı:	5	Panelden çekilecek akımı hesapladı.	20	
İmza:	TARİH		TOPLAM PUAN	100
/...../.....			

UYGULAMA ADI

OHM KANUNU DENEYİ

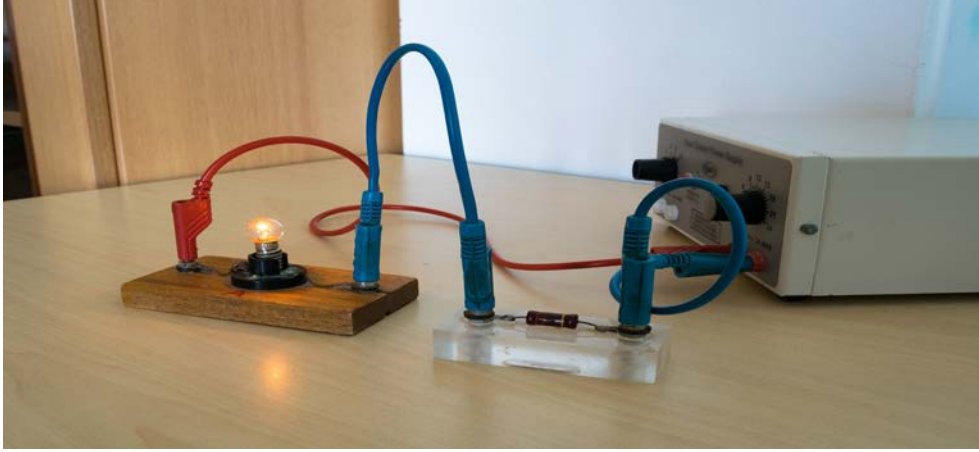
26. UYGULAMA

Amaç: Ohm Kanunu deneyi yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



21218



Kullanılacak Araç Gereç

No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Ayarlı güç kaynağı		1
2	Direnç		1
3	Lamba		1

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak malzemelerinizi hazırlayınız.
2. Sabit direnç değerinizi kullandığınız lambaya göre belirleyerek tabloya kaydediniz.
3. Tablodaki gerilim değerlerine göre akım hesaplamalarını yapınız.
4. Devreyi dikkatli bir şekilde kurunuz.
5. Ayarlı güç kaynağından gerilimin değerini değiştiriniz.
6. Her gerilim değerinde devrenin akımını ölçünüz.
7. Devreden geçen akım ile hesapladığınız akım değerlerini karşılaştırınız.
8. Devreyi kurmakta ya da hesaplamalarda bir yanlışlık var ise bu işlemleri tekrarlayınız.
9. Devredeki hesaplamaları farklı bir direnç kullanarak tekrardan yapınız.
10. Akımın değişmesiyle lambada oluşan değişikliği açıklayınız.





Güç kaynağı gerilimi	Devre direnci	Hesaplanan devre akımı $I = V / R$	Ölçülen devre akımı	Lamba yanıyor mu?
1 V				
2 V				
3 V				
4 V				
5 V				
6 V				
7 V				
8 V				

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uygun davrandı.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20	
ÖĞRETMEN		4	Devre bağlantısını yaptı.	20
Adı Soyadı:	5	Devredeki hesaplamaları doğru yaptı.	20	
İmza:	TARİH	6	Ölçülen değer ile hesaplamalarını karşılaştırdı.	10
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100

5. KİRCHHOFF KANUNLARI

Hazırlık Çalışması

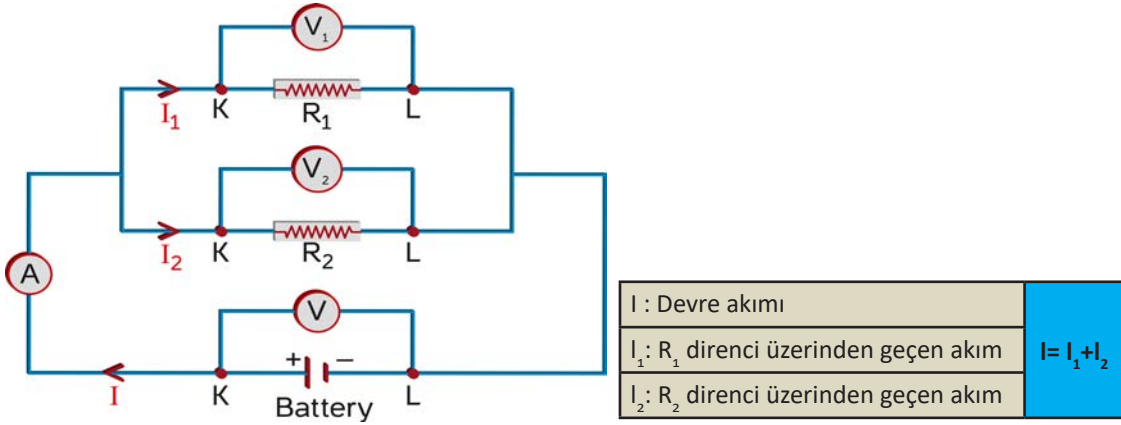
- Devre çözümleri yapabilmek için kullanılan formüller sizce neden gereklidir? Araştırınız.

2.5. KİRCHHOFF KANUNLARI

Elektrik devrelerini daha kolay çözümleyebilmek için Gustav Kirchhoff tarafından tanımlanmış olan formüllere **Kirchhoff Kanunları** denilir.

2.5.1. KİRCHHOFF'UN AKIMLAR KANUNU

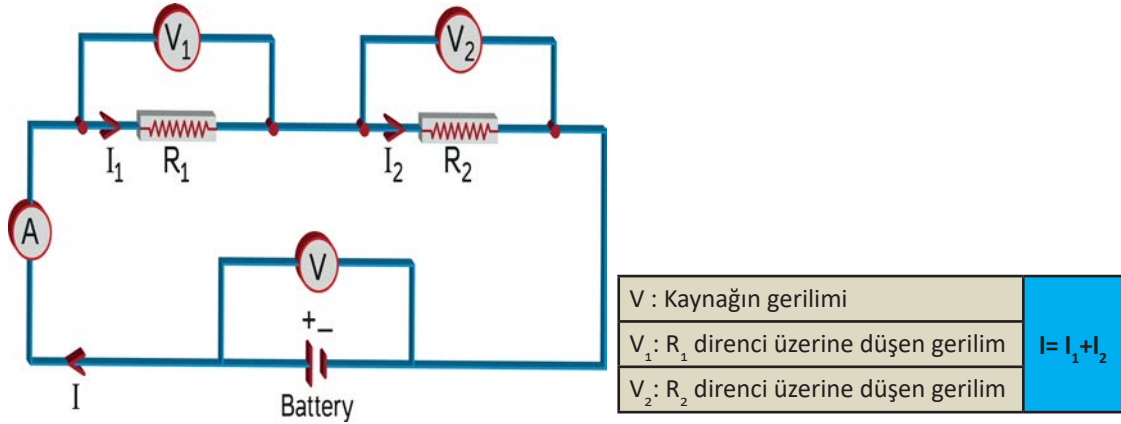
Bir düğüm noktasına gelen akımların toplamı, düğümden çıkan akımların toplamına eşittir (Görsel 2.15). Kaynağın verdiği akım, paralel bağlı devre alıcılarına dirençleri oranında dağılır.



Görsel 2.15: Kirchhoff'un akımlar kanununun devre üzerinde gösterimi

2.5.2. KİRCHHOFF'UN GERİLİMLER KANUNU

Kaynağın gerilimi, dirençler üzerindeki gerilimlerin toplamına eşittir (Görsel 2.16).



Görsel 2.16: Kirchhoff'un gerilimler kanununun devre üzerinde gösterimi





UYGULAMA ADI

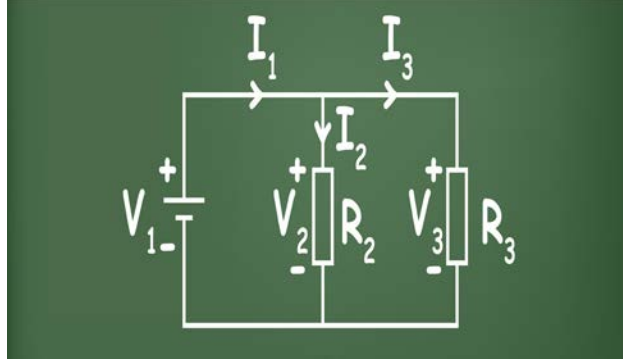
KİRCHHOFF KANUNLARI İLE HESAP YAPMA

27. UYGULAMA

Amaç: Kirchoff kanunları ile akım, gerilim ve direnç hesaplamaları yapmak.

İşlem Basamakları

1. Aşağıdaki devrenin Kirchoff'un akımlar kanununa göre formülünü yazınız.



2. Yukarıdaki devrede V_1 gerilimi 27 V olduğuna göre V_2 ve V_3 değerlerini hesaplayınız.

$$V_2 = ?$$

$$V_3 = ?$$

3. Yukarıdaki devrede kaynak 27 V, R_2 direnci 9 Ω olduğuna göre I_2 akımını hesaplayınız.

$$I_2 = ?$$

4. Yukarıdaki devrede V_2 gerilimi 27 V, R_3 direnci 3 Ω olduğuna göre I_3 akımını hesaplayınız.

$$I_3 = ?$$

5. Bulduğunuz akımlara göre kaynağın devreye verdiği akımı bulunuz.

$$I_1 = ?$$

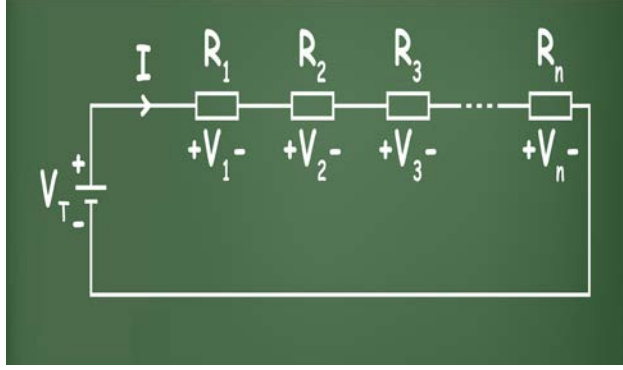
6. Yukarıdaki devrede kaynak gerilimi 64 V, R_2 direnci 16 Ω ve I_3 akımı 2 A olduğuna göre;

$$I_2 = ?$$

$$R_3 = ?$$

$$I_1 = ?$$

7. Aşağıdaki devrenin Kirchhoff'un gerilimler kanununa göre formülünü yazınız.



8. Yukarıdaki devrede kaynak akımı 5 A, R_1 direnci 8Ω olduğuna göre V_1 gerilimini hesaplayınız.

$$V_1 = ?$$

9. Yukarıdaki devrede kaynak akımı 5 A, R_2 direnci 3Ω olduğuna göre V_2 gerilimini hesaplayınız.

$$V_2 = ?$$

10. Yukarıdaki devrede kaynak akımı 5 A, R_3 direnci 5Ω olduğuna göre V_3 gerilimini hesaplayınız.

$$V_3 = ?$$

11. Bulduğunuz gerilimlere göre kaynağın devreye verdiği gerilimi bulunuz.

$$V = ?$$

12. Yukarıdaki devrede kaynak akımı 4 A, dirençler 12Ω , 18Ω ve 9Ω olduğuna göre V_1 , V_2 , V_3 ve V nedir?

$$V_1 = ?$$

$$V_2 = ?$$

$$V_3 = ?$$

$$V = ?$$

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uygun davrandı.	10	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20	
ÖĞRETMEN		4	Akım kanunu hesaplamalarını doğru yaptı.	40
Adı Soyadı:	5	Gerilim kanunu hesaplamalarını doğru yaptı.	20	
İmza:	TARİH	TOPLAM PUAN		100
/...../.....			





UYGULAMA ADI

KİRCHHOFF KANUNLARI DENEYLERİ

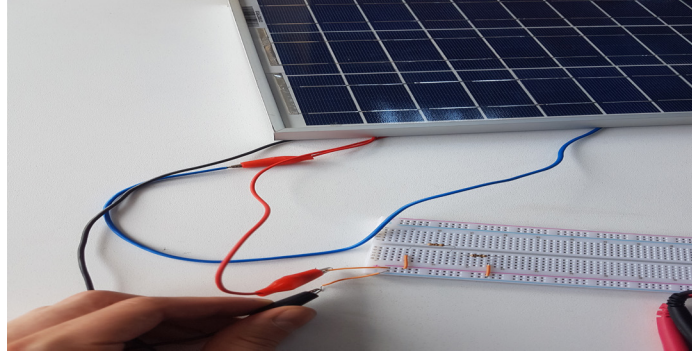
28. UYGULAMA

Amaç: Kirchoff Kanunları deneylerini yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



21219

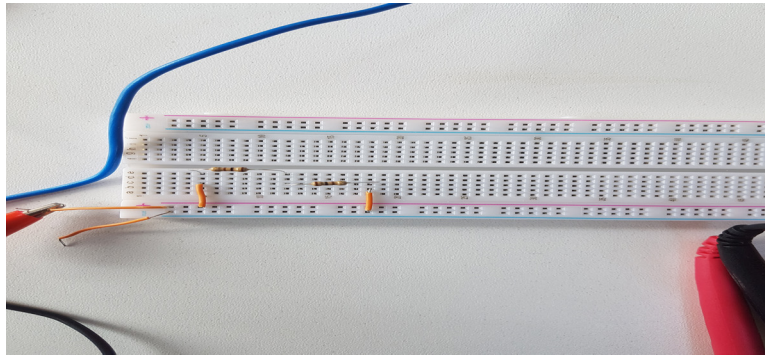


Kullanılacak Araç Gereç

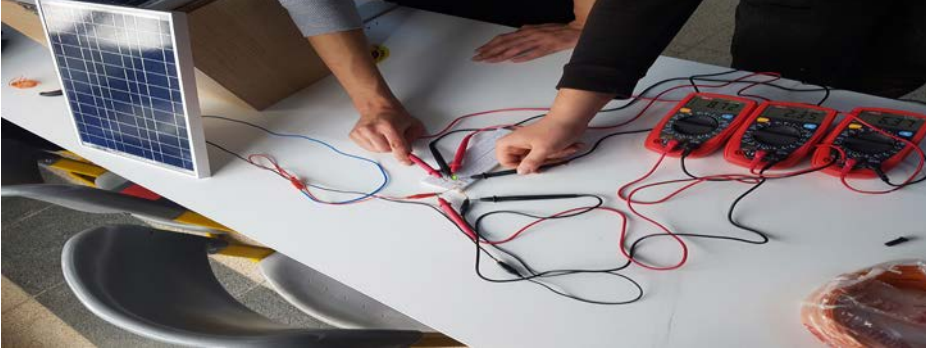
No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Güneş paneli	10 W	1
2	Çeşitli dirençler	100 Ω , 220 Ω , 330 Ω , 1 K Ω	4
3	Devre bordu		1
4	Lamba		1
5	Ölçü aleti		1
6	Bağlantı kabloları		

İşlem Basamakları

1. Kirchoff'un gerilimler kanunu deneyi için iki adet direnci iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak seri bağlayınız.



2. Güneş panelini dirençlere doğru akım kaynağı olarak bağlayınız.
3. Ölçü aletini doğru gerilim ölçüm kademesine alınız.
4. Kirchhoff'un gerilimler kanununa göre kaynağın, geriliminin alıcılar üzerindeki gerilimlerin toplamına eşit olduğunu ölçerek gösteriniz. Bu ölçümleri yaparken güneş panelinin üzerine düşen ışık şiddetinin değişmemesi için, herhangi bir gölgeleme yapmadan ölçümleri dikkatli bir şekilde tamamlayınız.

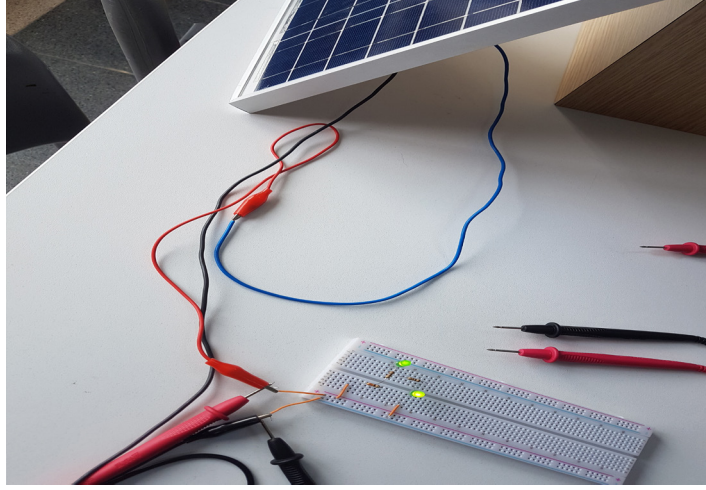


Güneş Panelinin (Fotovoltaik) Açısı	ÖLÇÜMLER			HESAPLAMA
	Kaynağın Gerilimi	1. Devre Elemanı (Direnc) Üzerindeki Gerilim	2. Devre Elemanı (Led) Üzerindeki Gerilim	Kaynağın Gerilimi $V = V_1 + V_2$
15°				
30°				
45°				
60°				
75°				





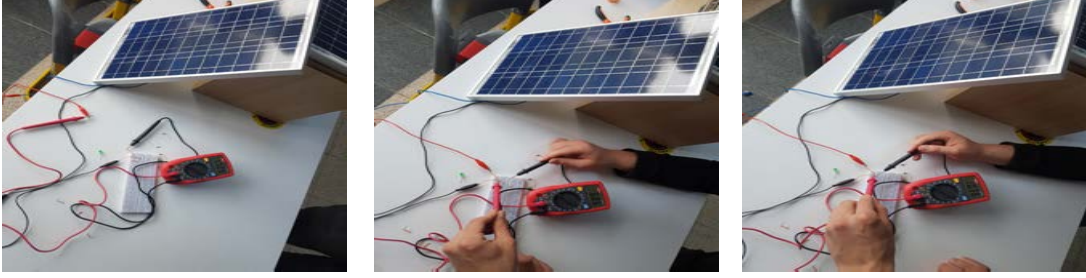
5. Güneş paneline (fotovoltaik) iki adet direnci ve bir adet ledi seri olarak bağlayınız. Ardından bir adet direnç ve led ekleyerek devreyi kurunuz.



6. Kurduğunuz devrenin ölçümlerini yaparak tabloyu doldurunuz. Kaynağın gerilimini belli açıda ölçünüz. Açıyı değiştirmeden her devre elemanı üzerine düşen gerilimi ölçünüz. Devre elemanları üzerine düşen gerilimleri toplayarak kaynağın gerilimini hesaplayınız.

Güneş Panelinin (Fotovoltaik) Açısı	ÖLÇÜMLER						HESAPLAMA
	Kaynağın Gerilimi	V1	V2	V3	V4	V5	Kaynağın Gerilimi
15°							
30°							
45°							
60°							
75°							

7. Kirchhoff'un akımlar kanunu deneyi için iki adet direnci paralel bağlayınız.
8. Paralel bağlı olan bu dirençlere kaynağı ve ampermetreyi bağlayınız. Ampermetre ile ölçüm yaparken dikkatli olunuz. Paralel bağlı dirençlerin, eş değer direnci düşük olacağından devreye düşük akım verebilecek bir güneş paneli kaynağı kullandığınızdan emin olunuz.
9. Devre akımını ölçtükten sonra, dirençlerin çektiği akımları tek tek ölçünüz.



h) Kirchhoff'un akımlar kanununa göre hesaplama yaparak ölçtüğünüz değerleri kontrol ediniz.

Güneş Panelinin (Fotovoltaik) Açısı	ÖLÇÜMLER			HESAPLAMA
	Kaynağın Gerilimi	1.Devre Elemanının (Direnç) Çektiği Akım	2. Devre Elemanının (Direnç) Çektiği Akım	Kaynağın Akımı $I = I_1 + I_2$
15°				
30°				
45°				
60°				

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uygun davrandı.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20	
ÖĞRETMEN		4	Dirençlerin paralel bağlantısını yaptı.	25
Adı Soyadı:	5	Eş değer direnç problemlerini doğru çözdü.	25	
İmza:	TARİH	TOPLAM PUAN		100
/...../.....			





6. KONDANSATÖR

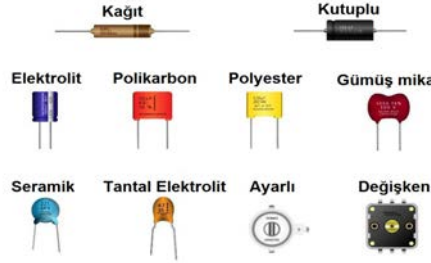
Hazırlık Çalışması

1. Bir cihazı kapattığınızda ışığı bir süre daha yanmaya devam ediyorsa bu ışığın yanmaya devam etmesini sağlayan devre elemanı sizce nedir?

2.6. KONDANSATÖR BAĞLANTI ŞEKİLLERİ

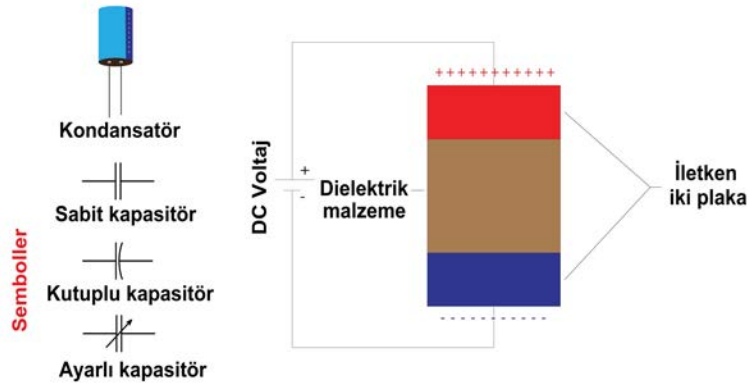
İki iletken plaka arasına yalıtkan bir malzeme konulması ile oluşan devre elemanına **kondansatör** (kapasitör) denir. Uygulamalarda çeşitli tipleri bulunan (Görsel 2.17) kondansatör **C** harfi ile gösterilir ve birimi **farad**dır. Kondansatörler kutuplu ya da kutupsuz olarak üretilir. Kutupsuz kondansatörlerin anot ve katot uçları yoktur. Bu nedenle devrelerde istenilen şekillerde bağlanabilir. Kutuplu kondansatörler ise anot (+) ve katot (-) uçlarına sahiptir. Devrelerde bağlantı yapılırken anot ucuna kaynağın + ucu, katot ucuna da kaynağın – ucunun bağlanır.

Kapasitör Tipleri



Görsel 2.17: Çeşitli kondansatörler

Kondansatöre doğru akım devrelerinde enerji verildiğinde kondansatör, kısa bir sürede bu enerjiyle şarj olur (Görsel 2.18). Bu sürede devreden sadece sızıntı akım geçer. Kondansatör bu süre sonunda kaynağın gerilimine eşit olur ($V = V_c$). Devreden enerji kesildiğinde kondansatör deşarj durumuna geçer ve üzerindeki gerilim sıfırlanır. Kondansatörlerin şarj ve deşarjları için belli bir süre geçer. Bu süreyi hesaplamak için kondansatör ve direnç değerleri çarpılır. Bu süre τ ile gösterilir ve **tau** diye okunur. Bu hesaplama formülü $\tau = R.C$ 'dir. Kondansatörün tam olarak şarj ve deşarj olması için $5 \cdot \tau$ 'luk süre geçmesi gerekir.



Görsel 2.18: Kondansatör, sembolleri ve dc kaynağa bağlı kondansatör

Örnek 2.3. Bir kaynaktan beslenen $47 \mu\text{F}$ 'lık(mikrofaradlık) kondansatöre bağlı direncin değeri $1 \text{ M}\Omega$ 'dur. Bu devrenin tam şarj olması için gerekli süre ne kadardır? Hesaplayınız.

Çözüm: $\tau = R \cdot C = 1 \text{ M}\Omega \cdot 47 \mu\text{F} = 47$ saniye olur.

Kondansatörün tam şarj olması için $5 \cdot \tau$ 'luk süre geçmesi gerekir. Bu nedenle;

$5 \cdot 47 = 235$ saniye bulunur.

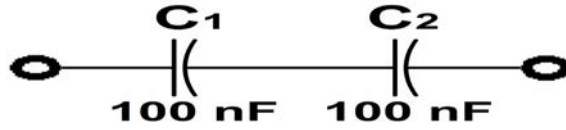
2.6.1. KONDANSATÖR BAĞLANTILARI

Elektrik-elektronik devrelerinde sıklıkla kullanılan kondansatörler, devrelerdeki durumlarına göre farklı şekillerde bağlanabilir. Bu bağlantılar yapılırken kutuplu kondansatörlerin anot ve katot uçları bağlantıya uygun olmalıdır.

Kondansatörlerin Seri Bağlantısı

Seri bağlantıda bir kondansatörün anodu diğerinin katoduna bağlanır. Seri bağlı kondansatörlerin eş değeri bulunurken $1/C_{eş} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_n$ formülü kullanılır. Burada $C_{eş}$: eş değer kondansatör değeri, " C_1 " 1. kondansatörü, " C_2 " 2. kondansatörü ve " C_n " n. sayıdaki kondansatörü ifade eder.

Örnek 2.4. Aşağıdaki seri bağlı kondansatörlerin eş değerini bulunuz.



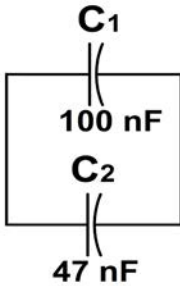
Çözüm: Seri bağlı iki kondansatör olduğu için formül olarak $\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ kullanılır. Burada C_1 ve C_2 değerlerini yerine koyarsak;

$$\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{100 \text{ nF}} + \frac{1}{100 \text{ nF}} \rightarrow \frac{1}{C_{eş}} = \frac{2}{100 \text{ nF}} \rightarrow C_{eş} = \frac{100 \text{ nF}}{2} \rightarrow C_{eş} = 50 \text{ nF} \text{ bulunur.}$$

Kondansatörlerin Paralel Bağlantısı

Paralel bağlantıda kondansatörlerin anot uçları da katot uçları da ayrı ayrı birbirine bağlanır. Paralel bağlı kondansatörlerin eş değeri bulunurken $C_{eş} = C_1 + C_2 + C_n$ formülü kullanılır. Burada $C_{eş}$: eş değer kondansatör değeri, " C_1 " 1. kondansatör, " C_2 " 2. kondansatörü ve " C_n " n. sayıdaki kondansatörü ifade eder.

Örnek 2.5. Aşağıdaki paralel bağlı kondansatörlerin eş değerini bulunuz.



Çözüm: Paralel bağlı iki kondansatör olduğu için formül, $C_{eş} = C_1 + C_2$ kullanılır. Burada C_1 ve C_2 değerlerini yerine koyarsak;

$$C_{eş} = 100 \mu\text{F} + 47 \mu\text{F} \rightarrow C_{eş} = 147 \mu\text{F} \text{ bulunur.}$$

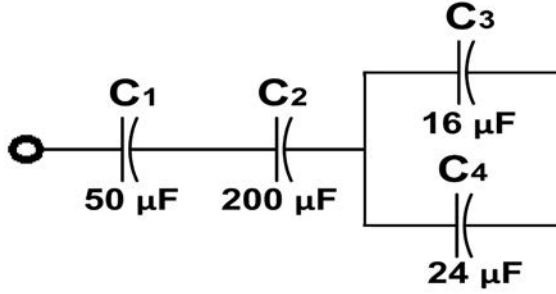




Kondansatörlerin Karışık Bağlantısı

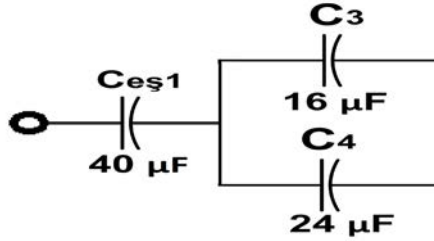
Karışık bağlantıda kondansatörler seri ve paralel olarak birbirine bağlanır. Karışık bağlı kondansatörlerin eş değerini hesaplamak için hem seri hem de paralel kondansatör bağlantısı formülleri kullanılır.

Örnek 2.6. Aşağıdaki karışık bağlı kondansatörlerin eş değerini bulunuz.



Çözüm: Seri bağlı iki kondansatör olduğu için formül, $\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ kullanılır. Burada C1 ve C2 değerlerini yerine koyarsak;

$$\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{50 \mu F} + \frac{1}{200 \mu F} \rightarrow \frac{1}{C_{eş}} = \frac{5}{200 \mu F} \rightarrow C_{eş} = \frac{200 \mu F}{5} \rightarrow C_{eş1} = 40 \mu F \text{ bulunur.}$$



Paralel bağlı iki kondansatörün eş değeri

$$C_{eş} = C_3 + C_4 \rightarrow C_{eş} = 16 \mu F + 24 \mu F \rightarrow C_{eş2} = 40 \mu F \text{ bulunur.}$$



Seri bağlı iki kondansatörün değerleri eşit olduğundan, eş değer kondansatör hesabı bir kondansatörün yarısı $40 \mu F / 2 = 20 \mu F$ olarak hesaplanır. Formül ile bu hesabı yaparsak;

$$\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{40 \mu F} + \frac{1}{40 \mu F} \rightarrow \frac{1}{C_{eş}} = \frac{2}{40 \mu F} \rightarrow C_{eş} = \frac{40 \mu F}{2} \rightarrow C_{eş} = 20 \mu F \text{ bulunur.}$$

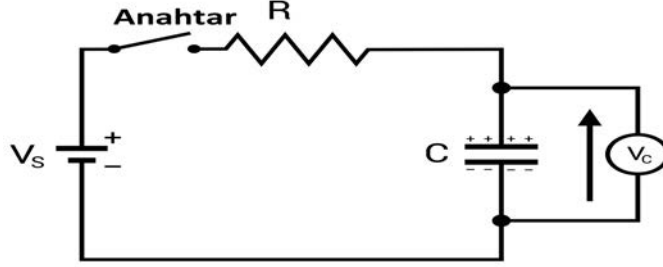
UYGULAMA ADI

KONDANSATÖR DEVRESİ VE BAĞLANTI
HESABI

29. UYGULAMA

Amaç: Kondansatör devre bağlantıları ve hesaplamaları yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



Kullanılacak Araç Gereç

No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	DC güç kaynağı		1
2	Direnç	100 k Ω	1
3	Anahtar		1
4	Kondansatör	100 μ F	1
5	Devre bordu		1
6	Ölçü aleti		1
7	Bağlantı kabloları		

İşlem Basamakları

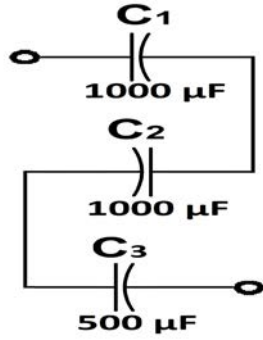
1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak malzemelerinizi hazırlayınız.
2. Kurulacak devredeki kondansatörün kaynak gerilimine şarj olacağı süreyi, direnç ve kondansatörün değerine göre hesaplayınız.
3. Bağlantı kablolarınızı hazırlayarak devreyi dikkatli bir şekilde kurunuz.
4. Boş kondansatörü devreye bağlayınız.
5. Tablodaki sürelerle uyararak anahtarı kapatıp voltmetre ile kondansatörün gerilimini ölçünüz.
6. Kondansatör üzerinde ölçülen gerilimleri tabloya yazınız.





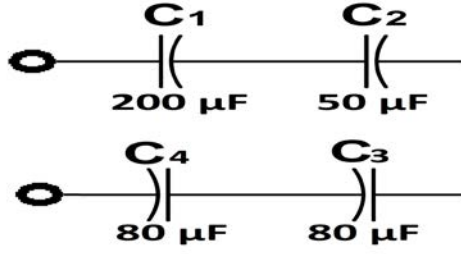
Ölçüm yapılacak süreler	ÖLÇÜMLER		HESAPLAMA
	Kaynağın gerilimi	Kondansatörün gerilimi	Kondansatörün tam şarj olması için gerekli süre
10 saniye			
20 saniye			
30 saniye			
40 saniye			
50 saniye			
60 saniye			

7. Aşağıdaki kondansatör bağlantısının eş değerini bulunuz.



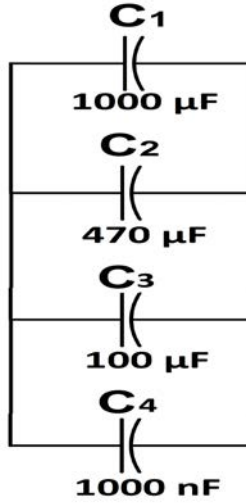
C_{eş} = ?

8. Aşağıdaki kondansatör bağlantısının eş değerini bulunuz.



Ceş= ?

9. Aşağıdaki kondansatör bağlantısının eş değerini bulunuz.

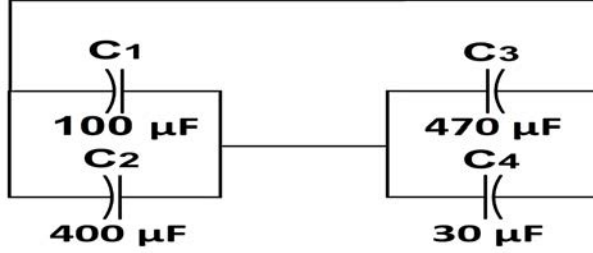


Ceş= ?



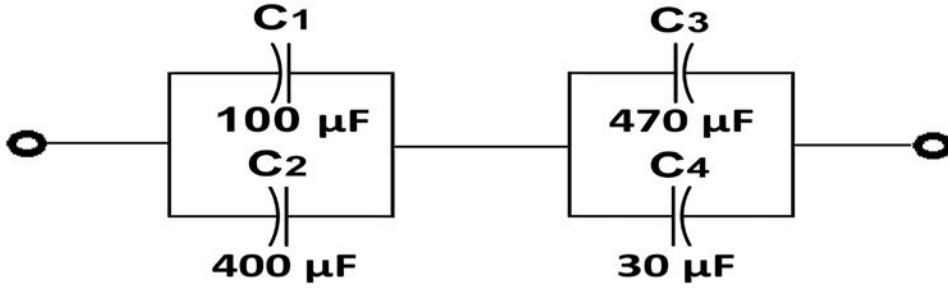


10. Aşağıdaki kondansatör bağlantısının eş değerini bulunuz.



Ceş= ?

11. Aşağıdaki kondansatör bağlantısının eş değerini bulunuz.



Ceş= ?

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uygun davrandı.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20	
ÖĞRETMEN		4	Devreyi kurarak ölçümleri ve hesaplamaları doğru yaptı.	25
Adı Soyadı:	5	Eş değer kondansatör problemlerini doğru çözdü.	25	
İmza:	TARİH		TOPLAM PUAN	100
/...../.....			

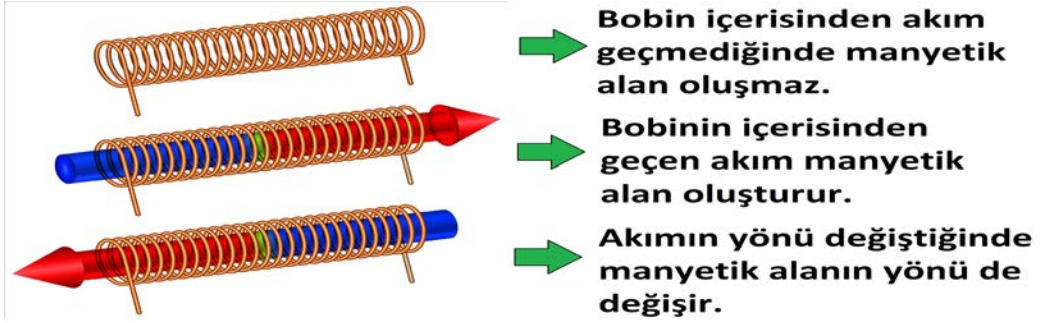
7. BOBİN BAĞLANTILARI

Hazırlık Çalışması

Laptop şarj aletlerinin kabloları üzerinde, kablodan daha büyük silindirik bir kısım (ferrit boğumu) olduğunu fark ettiniz mi? Şarj aleti kablosu üzerindeki bu silindirik boğum sizce hangi devre elemanı kullanılarak yapılmıştır?

2.7. BOBİN

İletken bir telin sabit bir nüve üzerine sarılmasıyla oluşan devre elemanına **bobin** (indüktör) denir. Devrede kullanılan bobinler üzerlerinden geçen akımın değişimine zorluk gösterir. Bobin, içerisinde elektrik akımı geçtiğinde, her iletken tel gibi etrafında manyetik alan oluşturur (Görsel 2.19). Oluşan manyetik alan devrelerde çeşitli amaçlarla kullanılır. Bobin devrelerde L harfi ile gösterilir ve birimi henrydir.



Görsel 2.19: Bobin ve içerisinde geçen akımın manyetik alan oluşturmasını gösteren üç durum.

Bobinlerin şarj ve deşarj süresi $\tau = L / R$ formülü ile hesaplanır.

Örnek 2.7. 1000 mH'lik bobin ve 100 Ω 'luk dirençten oluşan bir devrede bobinin zaman sabitini hesaplayınız.

Çözüm: $\tau = L / R$ formülünden;

$$\tau = 1000 \text{ mH} / 100 \Omega \rightarrow \tau = 10 \text{ milisaniye bulunur.}$$

2.7.1. Bobin Bağlantıları Şekilleri

Elektrik-elektronik devrelerinde sıklıkla kullanılan bobinler devrelerdeki durumlarına göre farklı şekillerde bağlanabilir. Bobin bağlantılarının eş değer hesaplamaları dirençlerin bağlantı hesaplamalarına benzer.

Bobinlerin Seri Bağlantısı

Seri bağlı bobinlerin eş değeri bulunurken $L_t = L_1 + L_2 + \dots + L_n$ formülü kullanılır. Burada;

L_t : Eş değer bobin değerini,

L_1 : 1. bobini, L_2 : 2. bobini ve L_n : n. sayıdaki bobini temsil eder.

Örnek 2.8. Aşağıdaki seri bağlı bobinlerin eş değerini bulunuz.





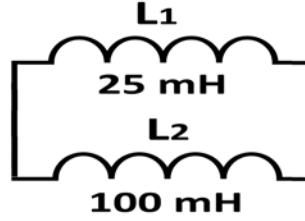
Çözüm: Seri bağlı üç bobin olduğu için formül, $L_t = L_1 + L_2 + L_3$ kullanılır. Burada L_1 , L_2 ve L_3 değerlerini yerine koyarsak;

$$L_t = 100 \text{ nH} + 100 \text{ nH} + 100 \text{ nH} \rightarrow L_t = 300 \text{ nH} \text{ bulunur.}$$

Bobinlerin Paralel Bağlantısı

Paralel bağlı bobinlerin eş değeri bulunurken $\frac{1}{L_t} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n}$ formülü kullanılır.

Örnek 2.9. Aşağıdaki paralel bağlı bobinlerin eş değerini bulunuz.



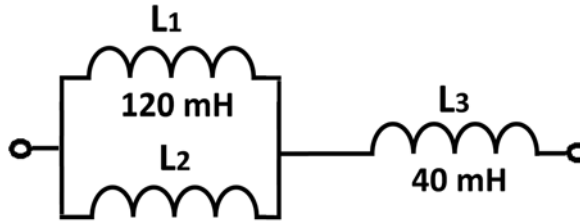
Çözüm: Paralel bağlı iki bobin olduğu için formül $\frac{1}{L_t} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$ kullanılır. Burada L_1 ve L_2 değerlerini yerine koyarsak;

$$\frac{1}{L_t} = \frac{1}{25} + \frac{1}{100} \rightarrow \frac{1}{L_t} = \frac{5}{100} \rightarrow L_t = \frac{100}{5} \rightarrow L_t = 20 \text{ mH} \text{ bulunur.}$$

Bobinlerin Karışık Bağlantısı

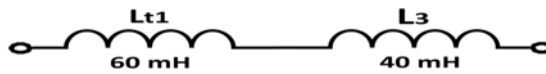
Karışık bağlantıda bobinler seri ve paralel olarak birbirine bağlanır. Karışık bağlı bobinlerin eş değerini hesaplamak için hem seri hem de paralel bobin bağlantısı formülleri kullanılır.

Örnek 2.10. Aşağıdaki karışık bağlı bobinlerin eş değerini bulunuz.



Çözüm: Paralel bağlı iki bobin olduğu için formül $\frac{1}{L_t} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$ kullanılır. Burada L_1 ve L_2 değerlerini yerine koyarsak;

$$\frac{1}{L_t} = \frac{1}{120 \text{ mH}} + \frac{1}{120 \text{ mH}} \rightarrow \frac{1}{L_t} = \frac{2}{120 \text{ mH}} \rightarrow L_t = \frac{120 \text{ mH}}{2} \rightarrow L_{t1} = 60 \text{ mH} \text{ bulunur.}$$



Seri bağlı iki bobinin eş değerini bulmak için;

$$L_t = L_{t1} + L_3 \rightarrow L_t = 60 \text{ mH} + 40 \text{ mH} \rightarrow L_t = 100 \text{ mH} \text{ bulunur.}$$

2.7.2. BİRİMLERİN AST VE ÜST KATLARI

Birimleri daha anlaşılır biçimde ifade etmek için bazen birbirine dönüştürmek gerekir. Bu dönüşümler malzemelerin sık kullanıldığı birimlerle ast ve üst olarak ifade edilir. Birimi Ω olan dirençlerin genellikle üst katları kullanılır. Birimi farad olan kondansatörlerin ve birimi henry olan bobinlerin ise genellikle ast katları kullanılır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1: Kondansatör, direnç ve bobin ast ve üst katlarına dönüştürme

	Kondansatör	Direnç	Bobin	
Her bir basamak için 1000'e bölünür.		G Ω (cigaohm)		Her bir basamak için 1000 ile çarpılır.
		M Ω (megaohm)		
		k Ω (kiloohm)		
	F	Ω	H	
Değer / 1000	mF(milifarad)		mH(milihenry)	Değer x 1000
	μ F(mikrofarad)		μ H(mikrohenry)	
	nF(nanofarad)		nH(nanohenry)	
	pF(pikofarad)		pH(pikohenry)	

Örnek 2.11 Bir direncin renk kodlarından yapılan hesaplama sonucunda 50.000.000 Ω 'luk direnç değeri saptanmıştır. Bu değeri daha kolay okuyabilmek amacıyla çeviriniz.

Çözüm: Direnç değerini önce 1.000'e bölersek $\frac{50.000.000}{1.000} = 50.000$ k Ω bulunur.

Sayıyı bir üst basamağa çıkarmak için yeniden 1000'e bölersek $\frac{50.000}{1.000} = 50$ M Ω bulunur.

Örnek 2.12. Bir kondansatörün değeri 47.000.000 pF ise bu kondansatörün değeri kaç μ F'dır?

Çözüm: Basamakları tek tek çıkmak için $\frac{47.000.000}{1.000} = 47000$ nF ardından,

$$\frac{47.000}{1.000} = 47 \mu\text{F} \text{ bulunur ya da tek işlemde bunu yapmak için,}$$

iki basamak üste çıkılacağından sayı 1.000.000'a bölünürse yine $47.000.000/1.000.000 = 47 \mu\text{F}$ bulunur.

Örnek 2.13. Bir bobinin değeri 2,76 mH ise bobinin değeri kaç nH'dir?

Çözüm: Bir üst basamak olan μ H'ye çıkmak için değer 1.000 ile çarpılır. $2,76 \times 1000 = 2760 \mu\text{H}$ olur. Bunu nH'ye çevirmek için yine 1.000 ile çarpılır. $2760 \times 1000 = 2.760.000$ nH olur. Direkt olarak milihenriden nanohenriye çıkmak için iki basamak çıkılacağından $2,760 \times 1000000 = 2760000$ nH bulunur.



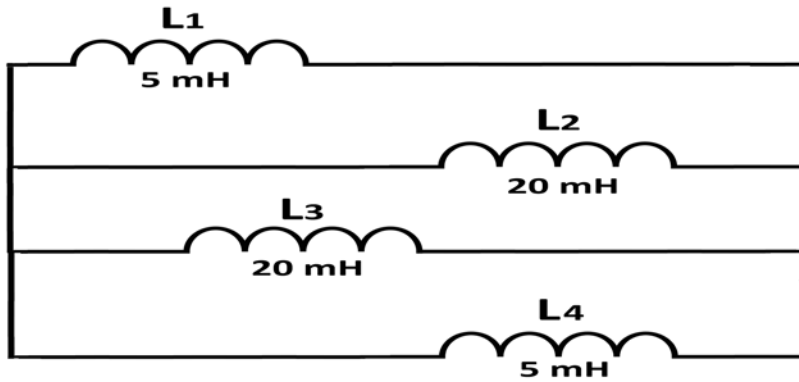
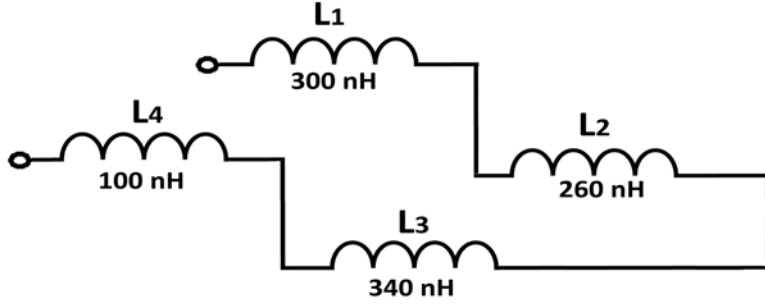
**UYGULAMA ADI****BOBİN BAĞLANTILARININ VE BİRİMLERİN
AST VE ÜST KATLARINI****30. UYGULAMA**

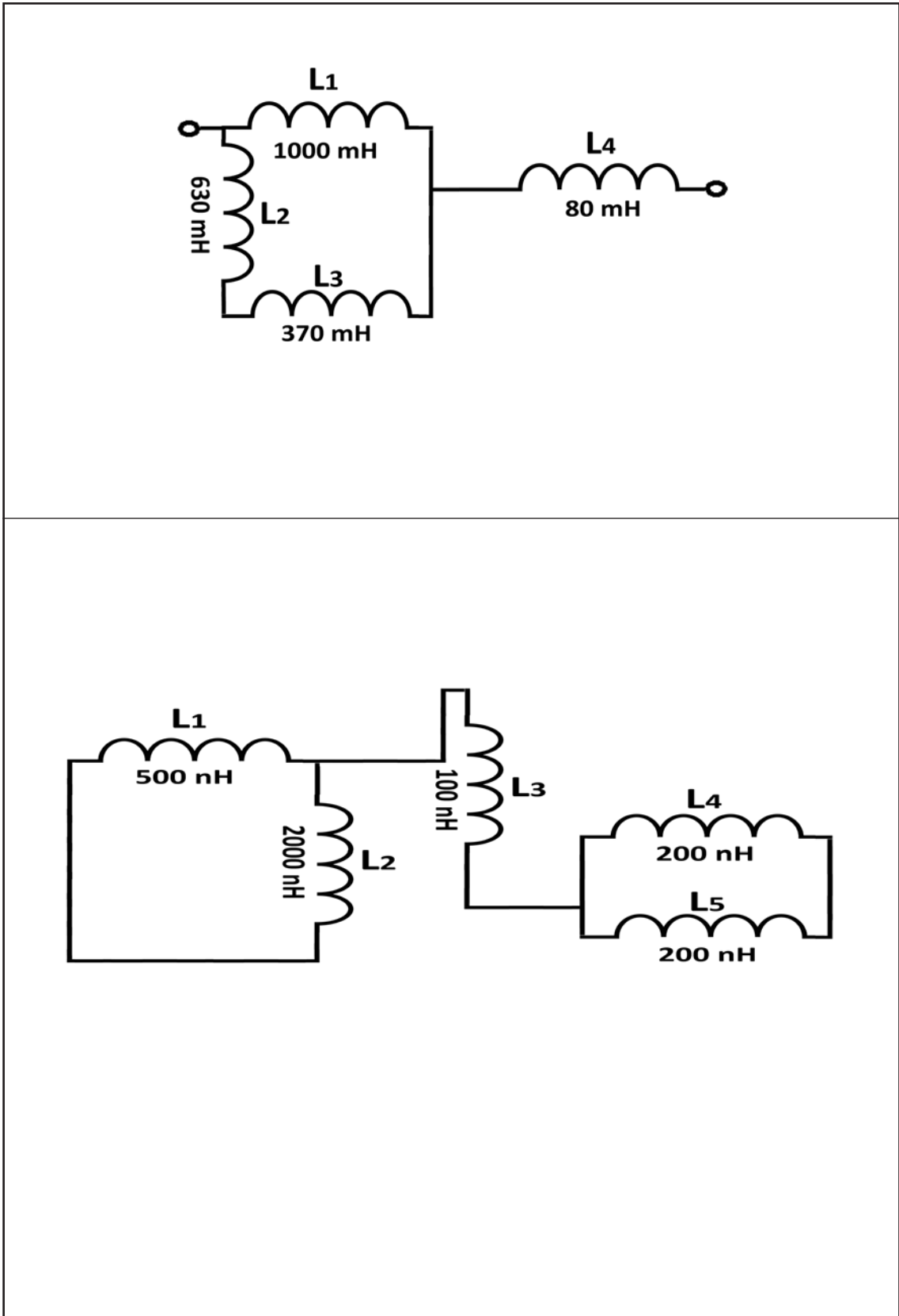
Amaç: Bobin devre bağlantılarının ve birimlerin ast ve üst katlarının hesaplamalarını yapmak.

İşlem Basamakları

1. 40 Ω 'luk direnç ve 160 μH 'lik bobin devresinin zaman sabitini hesaplayınız.

2. Aşağıdaki bobin bağlantılarının eş değerini hesaplayınız.

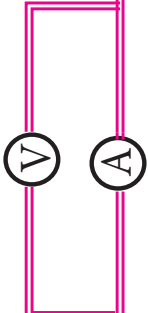






3. Aşağıdaki direnç, kondansatör ve bobinlerin değerlerini istenilen birimlere dönüştürünüz.

1) $100 \text{ k}\Omega = \dots\dots\dots\Omega$	2) $220 \text{ k}\Omega = \dots\dots\dots \text{ M}\Omega$
3) $2200 \Omega = \dots\dots\dots \text{ M}\Omega$	4) $5,6 \text{ M}\Omega = \dots\dots\dots\Omega$
5) $4,7 \text{ M}\Omega = \dots\dots\dots\Omega$	6) $61000\Omega = \dots\dots\dots \text{ M}\Omega$
7) $8000 \Omega = \dots\dots\dots \text{ M}\Omega$	8) $4,77 \mu\text{F} = \dots\dots\dots\text{nF}$



9) 2,2 nF= .....pF	10) 0,0047 F= .....μF
11) 0,054000 mF= .....nF	12) 0,000061 F= .....pF
13) 0,010025 mF= .....nF	14) 0,010025 mF =nF
15) 0,22 mH= .....H	16) 0,000061 H= .....μH

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uygun davrandı.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20	
ÖĞRETMEN		4	Bobin bağlantı hesaplamalarını doğru yaptı.	25
Adı Soyadı:	5	Birimlerin ast ve üst kat hesaplamalarını doğru yaptı.	25	
İmza:	TARİH	TOPLAM PUAN		100
/...../.....			





8. GÜNEŞ PİLLERİ (FOTOVOLTAİK PİLLER)

Hazırlık Çalışmaları

1. Güneşin gücünden faydalanılarak elektrik üretmeye sizce neden ihtiyaç duyulmuştur?
2. Güneş enerjisi günümüzde hangi alanlarda kullanılmaktadır?
3. Güneşten elektrik enerjisi elde etmek için sizce güneşin hangi gücünden (ısı, ışık vb.) faydalanılmaktadır?

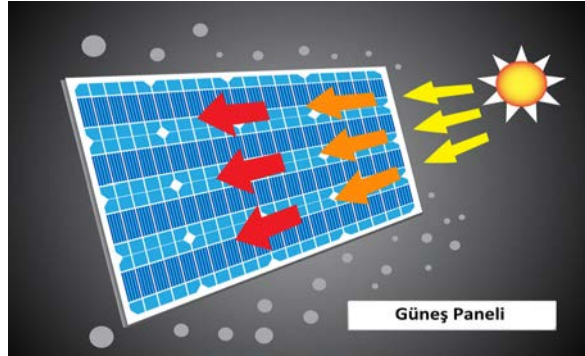
2.8. GÜNEŞ PİLLERİ (FOTOVOLTAİK PİLLER)

Güneş, ısı ve ışık yoluyla dünyaya çok büyük bir enerji kaynağı olarak yayılır. Dünya'ya yayılan bu enerji kaynağından çeşitli yöntemlerle enerji üretimi yapılır. Güneş enerjisi ısı ve ışık enerjisi olarak ikiye ayrılır. Güneş'in yaydığı ısıdan faydalanılarak doğrudan ya da dolaylı şekilde enerji üretilir (Görsel 2.20).



Görsel 2.20: Güneş'in ısısından faydalanılarak enerji üretilmesi

Fotovoltaik pillerin içerisindeki hücrelerin üzerine güneş ışığı düştüğünde hücrelerden elektrik enerjisi üretilir. Bu da fotovoltaik hücreler üzerlerine düşen ışığın şiddetine göre elektrik enerjisi üretir. Üretilen bu enerji, doğru akım elektrik enerjisidir. Diğer kimyasal pillerden farklı olarak fotovoltaik pillerin kaynağı Güneş'tir. Güneş var olduğu sürece elektrik üretimi devam edecektir (Görsel 2.21).

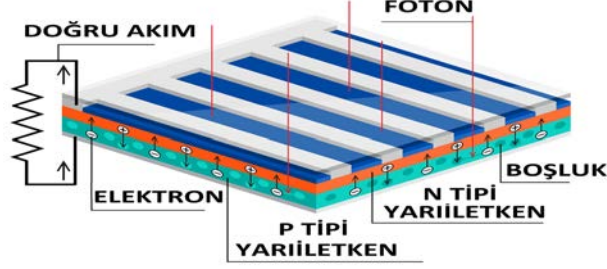


Görsel 2.21: Üzerlerine güneş ışığı düşen fotovoltaik modüller

2.8.1. FOTOVOLTAİK PİLLERİN YAPISI ve ÇALIŞMASI

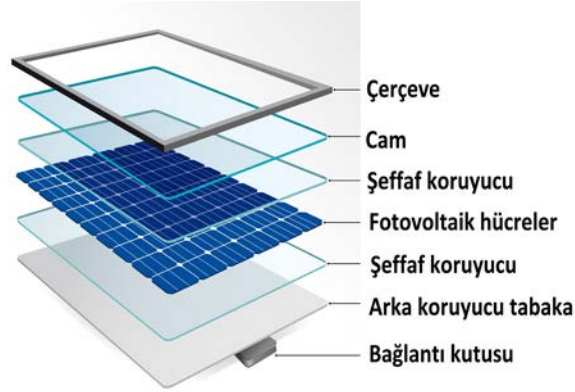
Fotovoltaik pillerin yapısında p ve n tipi yarı iletkenler ham madde olarak kullanılır. Fotovoltaik hücreler genelde bu kimyasal maddelerin isimleriyle sınıflandırılır. P ve n tipi bu kimyasal maddeler çeşitli işlemlerden geçirilerek fotovoltaik hücrelerin içine yerleştirilir. Günümüz teknolojisinde fotovoltaik hücrelerin içindeki bu pn eklemleri en çok silisyum, kadmiyum tellür (CdTe) ve galyum arsenid (Ga-As) gibi malzemelerden oluşturulur. Güneş ışığı fotovoltaik pillerin üzerine düştüğünde oluşan foton enerjisiyle pn ekleminde elektron akışı meydana gelir. Bu akış tek yönlü olduğu için doğru akım

elektrik enerjisi üretilir. Güneş ışığı olduğu sürece bu elektron akışı devam edecektir. Elektron akışına bağlanacak bir alıcı üzerinden elektronlar geçerek alıcıyı çalıştıracaktır(Görsel 2.22).



Görsel 2.22: Fotovoltaik hücrenin yapısı

Fotovoltaik hücreler oluşturacakları modüllerin yapısına göre seri ve paralel olarak bağlanır. Hücrelerin üzerine ışığı kırmadan geçirebilecek bir şeffaf yapıştırıcı malzeme ile cam konulur. Hücrelerin alt kısmına yine yapıştırıcı malzeme ile arka kapak takılır. Ardından kenarlıklar ve bağlantı kutusu takılarak fotovoltaik hücrelerden paket şeklinde bir fotovoltaik modül diğer adıyla güneş paneli oluşturulur(Görsel 2.23).



Görsel 2.23: Fotovoltaik modül

2.8.2. FOTOVOLTAİK PİLLERİN BAĞLANTILARI

Fotovoltaik piller de diğer doğru akım kaynakları gibi seri ve paralel bağlanır.Seri bağlantıda bir fotovoltaik pilin + ucu diğer pilin - ucuna bağlanır. Seri bağlantıda fotovoltaik pillerin ürettikleri gerilim toplanır, akım sabit kalır. Formül olarak gösterirsek seri bağlantıda gerilim formülü şudur:

$U_{seri} = U_{FV1} + U_{FV2} + \dots + U_{FVn}$ olurken akım $I_{seri} = I_{FV1} = I_{FV2} = \dots = I_{FVn}$ olur. Burada;

U_{seri} : Seri bağlantı gerilimi

I_{seri} : Seri bağlantı akımı

U_{FV1} : 1. fotovoltaik modülün gerilimi

I_{FV1} : 1. fotovoltaik modülün akımı

U_{FV2} : 2. fotovoltaik modülün gerilimi

I_{FV2} : 2. fotovoltaik modülün akımı

U_{FVn} : n. sayıdaki fotovoltaik modülün gerilimi

I_{FVn} : n. sayıdaki fotovoltaik modülün akımı





Paralel bağlantı yapılırken her iki fotovoltaik pilde + ve - uçları birbirine bağlanır. Paralel bağlantıda fotovoltaik pillerin gerilimleri sabitken akımları toplanır. Formül olarak gösterirsek paralel bağlantıda gerilim formülü şudur:

$$U_{\text{paralel}} = U_{FV1} = U_{FV2} = \dots = U_{FVn} \text{ olurken akım } I_{\text{paralel}} = I_{FV1} + I_{FV2} + \dots + I_{FVn} \text{ olur. Burada;}$$

U_{paralel} : Paralel bağlantı gerilimi

I_{paralel} : Paralel bağlantı akımı

Fotovoltaik santrallerde projeye uygun şekilde seri ve paralel bağlantılar yapılır(Görsel 2.24).



Görsel 2.24: Fotovoltaik santraldeki modüllerin bağlantısı

2.8.3. FOTOVOLTAİK PİLLERDE GÜÇ

Her fotovoltaik modülün üretebileceği bir güç sınırı vardır. Modüllerin arka kısmında üretebilecekleri bu gücün standart test koşulları altındaki değerleri verilmektedir. Bu gücü hesaplayabilmek için;

$P = U \cdot I \cdot \cos\alpha$ formülü kullanılır. Burada;

P : Aktif güç (watt)

U : Gerilim (volt)

I : Akım (amper)

$\cos\alpha$: Akım ile gerilim arasındaki açının kosinüsünü ifade etmektedir. Fotovoltaik piller doğru akım ürettikleri için akım ile gerilim arasında herhangi bir açı oluşmayacağından hesaplamalarda 1 olarak alınır ve formülde $P = U \cdot I$ şeklinde yazılır.

Örnek 2.14. Fotovoltaik bir modülün anlık olarak 18 V gerilim, 2 A akım verdiği ölçülmüştür. Bu modülün anlık gücü kaçtır?

Çözüm: Gücün formülü $P = U \cdot I \cdot \cos\alpha$ 'dır. Güneş panelleri doğru akım ürettiği için $\cos\alpha=1$ 'dir. $P = U \cdot I$ formülünü uygularsak; $P = 18 \cdot 2 = 36 \text{ W}$ olarak hesaplanır.

Örnek 2.15. Fotovoltaik bir modülün anlık olarak 100 V gerilim, 61,3 mA akım verdiği ölçülmüştür. Bu modülün anlık gücü kaçtır?

Çözüm: $P = U \cdot I$ formülünü uygularsak;

$P = 100 \text{ V} \cdot 61,3 \text{ mA} = 6130 \text{ mW} = 6,13 \text{ W}$ olarak hesaplanır.

UYGULAMA ADI	GÜNEŞ PİLLERİNDE (FOTOVOLTAİK PİLLER) ÜRETİLEN DOĞRU AKIMIN TEMELLERİ	31. UYGULAMA		
<p>Amaç: Fotovoltaik pillerde güç hesaplamalarını yapmak.</p> <p>İşlem Basamakları</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fotovoltaik bir hücreden anlık olarak 0,5 V gerilim, 1 A akım alınabildiği belirlenmiştir. Bu hücrenin anlık gücü kaçtır ($P = \dots? \dots W = \dots? \dots mW$)? 2. Fotovoltaik bir modülün anlık olarak 9 V gerilim, 8 A akım verdiği ölçülmüştür. Bu modülün anlık gücü kaçtır ($P = \dots? \dots W$)? 3. Fotovoltaik bir modülün anlık olarak 50 V gerilim, 0,04mA akım verdiği ölçülmüştür. Bu modülün anlık gücü kaçtır ($P = \dots? \dots W = \dots? \dots mW$)? 4. Bir güneş panelinin etiketinde 36 V gerilim, 4 A akım verdiği ölçülmüştür. Bu panelin anlık gücü kaçtır ($P = \dots? \dots W$)? 				
ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uygun davrandı.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	10	
ÖĞRETMEN		4	Fotovoltaik güç hesaplamalarını doğru yaptı.	60
Adı Soyadı:	TOPLAM PUAN		100	
İmza:				TARİH
			/...../.....





UYGULAMA ADI

FOTOVOLTAİK PİLLERİN SERİ BAĞLANMASI

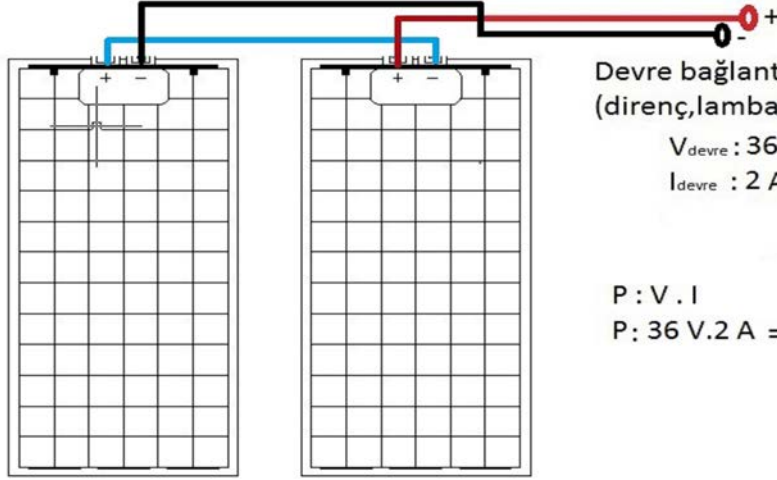
32. UYGULAMA

Amaç: Fotovoltaik pillerin seri bağlantısını yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



21220



Devre bağlantıları
(direnç, lamba vb.)

$V_{devre} : 36 \text{ V}$

$I_{devre} : 2 \text{ A}$

$P : V \cdot I$

$P : 36 \text{ V} \cdot 2 \text{ A} = 72 \text{ W}$

$P : 36 \text{ W}$

$V : 18 \text{ V}$

$I : 2 \text{ A}$

$P : 36 \text{ W}$ (Panel Gücü)

$V : 18 \text{ V}$ (Panelin verebileceği maksimum gerilim)

$I : 2 \text{ A}$ (Panelin verebileceği maksimum akım)

Kullanılacak Araç Gereç

No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Güneş paneli	5 W	2
2	Ölçü aleti		1
3	Bağlantı kabloları		

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak malzemelerinizi hazırlayınız.
2. Bağlantı kablolarının uçlarını dikkatli bir şekilde açınız.
3. Güneş panellerini birbirine seri bağlayınız.
4. Seri bağladığınız panellerden devreye verilebilecek gerilimi, boşa ölçünüz ve tabloya yazınız.
5. Seri bağladığınız panellerden devreye verilebilecek akımı, boşa ölçünüz ve tabloya yazınız.
6. Seri bağlı panellerden oluşan gücü hesaplayınız.

7. Tablodaki açılara uygun şekilde bu işlemi tekrarlayarak tabloyu doldurunuz.

Güneş Panelinin (Fotovoltaik) Açısı	ÖLÇÜMLER		HESAPLAMA
	Seri bağlantı sonrası gerilim	Seri bağlantı sonrası akım	Panellerden alınacak güç
0°			
15°			
30°			
45°			
60°			
75°			
90°			

g) Yaptığınız işlemleri kontrol ediniz. Herhangi bir hata oluştuğunu düşünüyorsanız ölçümleri ve hesaplamaları yeniden yapınız.

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uygun davrandı.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20	
ÖĞRETMEN		4	Panellerin seri bağlantısını yaptı.	25
Adı Soyadı:	5	Ölçümleri ve hesaplamaları doğru yaptı.	25	
İmza:	TARİH	TOPLAM PUAN		100
/...../.....			





UYGULAMA ADI

FOTOVOLTAİK PİLLERİN PARALEL BAĞLANMASI

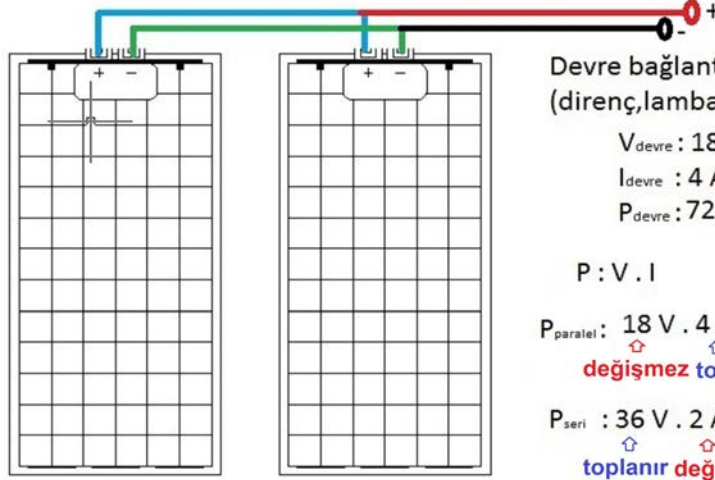
33. UYGULAMA

Amaç: Fotovoltaik pillerin paralel bağlantısını yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



21221



P : 36 W

V : 18 V

I : 2 A

P : 36 W (Panel Gücü)

V : 18 V (Panelin verebileceği maksimum gerilim)

I : 2 A (Panelin verebileceği maksimum akım)

Kullanılacak Araç Gereç

No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Güneş paneli	5 W	2
2	Ölçü aleti		1
3	Bağlantı kabloları		

İşlem Basamakları

1. İş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alarak malzemelerinizi hazırlayınız.
2. Bağlantı kablolarının uçlarını dikkatli bir şekilde açınız.
3. Güneş panellerini birbirine paralel bağlayınız.
4. Paralel bağladığınız panellerden devreye verilebilecek gerilimi, boşa ölçerek tabloya yazınız.
5. Paralel bağladığınız panellerden devreye verilebilecek akımı, boşa ölçerek tabloya yazınız.
6. Paralel bağlı panellerden oluşan gücü hesaplayınız.

7. Tablodaki açılara uygun şekilde bu işlemi tekrarlayarak tabloyu doldurunuz.

Güneş Panelinin (Fotovoltaik) Açısı	ÖLÇÜMLER		HESAPLAMA
	Paralel bağlantı sonrası gerilim	Paralel bağlantı sonrası akım	Panellerden alınacak güç
0°			
15°			
30°			
45°			
60°			
75°			
90°			

8. Yaptığınız işlemleri kontrol ediniz. Herhangi bir hata oluştuğunu düşünüyorsanız ölçümleri ve hesaplamaları yeniden yapınız.

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	Atölye içerisinde İSG kurallarına uygun davrandı.	20	
Sınıf:	2	Uygulamayı verilen süre içerisinde gerçekleştirdi.	10	
No:	3	İşlem basamaklarını doğru takip etti.	20	
ÖĞRETMEN		4	Panellerin paralel bağlantısını yaptı.	25
Adı Soyadı:	5	Ölçümleri ve hesaplamaları doğru yaptı.	25	
İmza:	TARİH	TOPLAM PUAN		100
/...../.....			



3. ÖĞRENME BİRİMİ

RÜZGÂR TÜRBİNLERİNDE ÜRETİLEN ALTERNATİF AKIMIN TEMELLERİ



NELER ÖĞRENECEĞİZ?

- 3.1. ALTERNATİF AKIM (AC) ÖZELLİKLERİ VE ELDE EDİLMESİ
- 3.2. ALTERNATİF AKIM BİLEŞENLERİ VE VEKTÖREL GÖSTERİMLER
- 3.3. ALTERNATİF AKIMDA BOBİNLER
- 3.4. ALTERNATİF AKIMDA KONDANSATÖRLER
- 3.5. ALTERNATİF AKIM DEVRE ÇEŞİTLERİ VE HESAPLARI
- 3.6. TRANSFORMATÖRLERİN ÖZELLİKLERİ VE ÇEŞİTLERİ
- 3.7. RÜZGÂR ENERJİSİ

1. ALTERNATİF AKIM (AC) ÖZELLİKLERİ VE ELDE EDİLMESİ

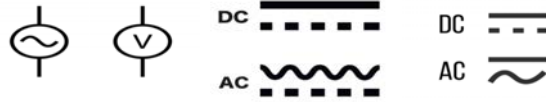
Hazırlık Çalışması

1. Günlük hayatımızda kullandığımız elektrik akımı türü nedir?
2. Elektrik enerjisinin elde edilme yöntemleri nelerdir?

3.1.1 Alternatif akım (AC) Özellikleri

Zamana göre yönü ve değeri değişen akıma **alternatif akım** denir. Belirli zaman aralığında akımın yönü artıdan eksiye, eksiden artıya belirli bir düzende değişir. Akımın bu yön değiştirmesine bağlı olarak değeri de sürekli değişir.

Alternatif akım, İngilizce "Alternating Current" ("altrneyting cörrınt") sözcüklerinin baş harfleri olan **AC** olarak ifade edilir. Sembolü sinüs dalgası şeklindedir. Alternatif akım kullanılan tüm elektrik tesisat, rüzgâr, güneş santralleri projelerinde; elektrikli cihazda, elektrik panosunda, trafo merkezinde, avometrede (ölçü aleti) vb. alanlarda AC sembolü olarak kullanılır (Görsel 3.1).



Görsel 3.1: Alternatif akım sembolleri

Ülkemizde hayatın her alanında kullanılan alternatif akım; şehir şebekesi, şebeke gerilimi, şehir elektriği gibi isimlerle ifade edilir. Günlük hayatta kullanılan alternatif akım değerleri; ev ve iş yerlerinde 220 volt (Görsel 3.2: a), tarımsal sulama alanları ile sanayi tesislerinde ise 380 voltur (Görsel 3.2).



Görsel 3.2: a) Ev ve iş yerlerinde kullanılan AC değeri

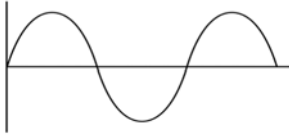


b) Tarımsal sulama ve sanayi tesislerinde kullanılan AC değeri

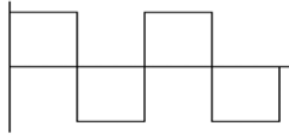




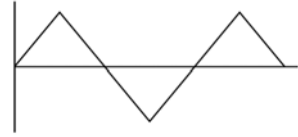
Alternatif akımın en çok bilinen ve elektrik santrallerinde üretildiğinde oluşan sinyal şekli tam sinüs dalgasıdır (Görsel 3.3). Sinüs dalgası, elektrik santrallerinde kullanılan alternatörün bir tam tur dönmesi sonucu oluşur. Sinüs dalgasının elektronik cihazlarla çevrilmesi sonucunda kare (Görsel 3.4) ve üçgen dalga (Görsel 3.5) gibi çeşitleri de elde edilir. Kare ve üçgen dalga sinyalleri; ses yükselticileri, hoparlör sistemleri ile mikrofon gibi cihazlarda kullanılır.



Görsel 3.3: Sinüs dalga



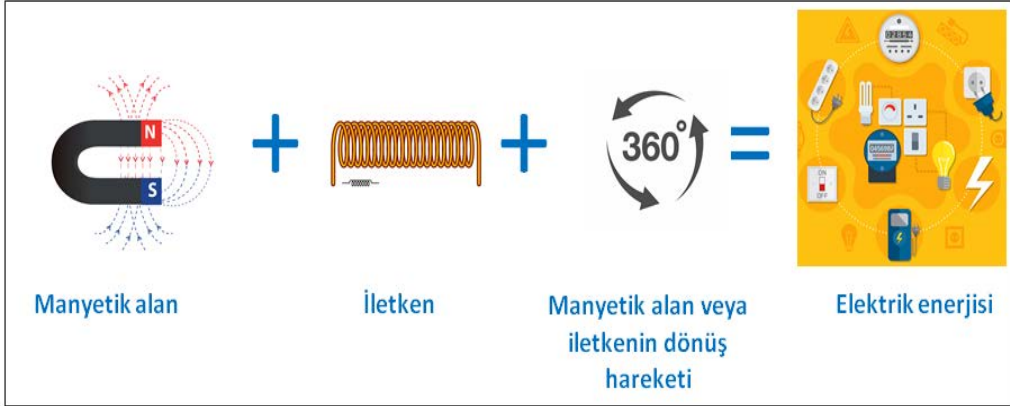
Görsel 3.4: Kare dalga



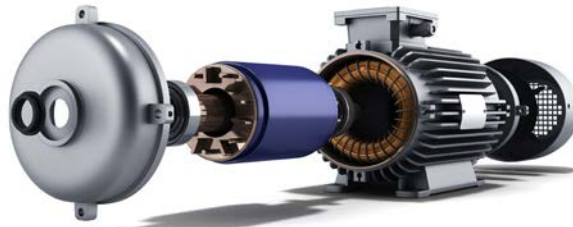
Görsel 3.5: Üçgen dalga

3.1.2. Alternatif Akımın Elde Edilmesi

Alternatif akım, santrallerde alternatör denilen elektrik makinelerinde üretilir. **Alternatör**, manyetik alan içerisinde dairesel hareket ile dönen bir iletkenin elektron hareketinin oluşması prensibi ile çalışır (Görsel 3.6). Bu elektron hareketine **elektromanyetik indüksiyon** denir.

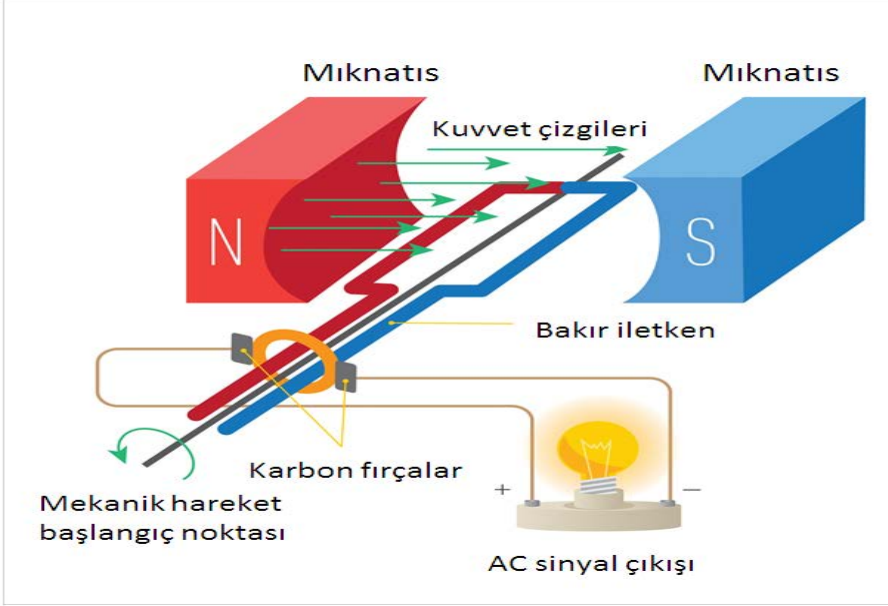


Görsel 3.6: Alternatif akımın oluşması



Görsel 3.7: Alternatör

Alternatörlerin yapısı incelendiğinde N ve S kutuplu mıknatısların ortasındaki bakır iletken, 0°den başlayıp 360°ye kadar bir tam dönme hareketini yaptığı anda alternatif akım sinyali olan sinüs dalgası oluşur (Görsel3.8).



Görsel 3.8: Alternatörlerin yapısı

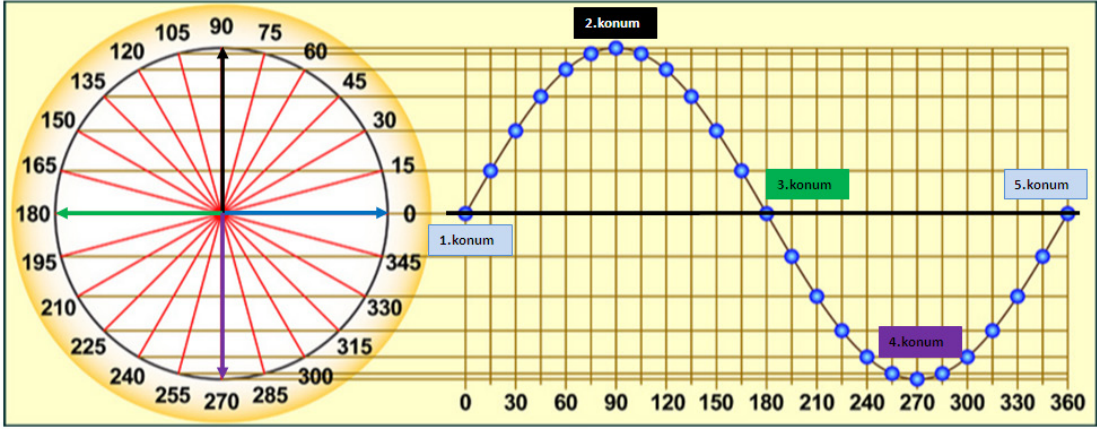
Manyetik alan içerisinde dönen iletken, manyetik alan kuvvet çizgilerini kesecek şekilde hareket ettiğinde iletken uçlarında elektron hareketi kaynaklı potansiyel bir fark oluşur. İletkenin iki ucu arasında elektron dengesi bozulur ve iletken üzerinde elektron akışı oluşur. Bu elektron akışı iletkenin dairesel hareket etmesi sebebiyle sürekli olarak yön değiştirir. Böylece alternatif akım elde edilir.

Manyetik alan içerisinde bir adet iletken 0°den 360°ye dönüş hareketini tamamladığında oluşan elektromanyetik indüksiyon seviyesi, bir elektrikli cihazı çalıştırmak için yeterli değildir. Elektrikli cihazları çalıştırabilmek için alternatörde oluşan sinüs dalgası seviyesi yüksek olmalıdır. Bu seviyeyi yükseltmek için birden fazla iletken, sargı şeklinde seri bağlanır ve sinüs dalgası seviyesi artırılmış olur. İletkenlerin sarıldığı bu hareketli demir nüveye **stator** denir (Görsel 3.9).



Görsel 3.9: Stator





Görsel 3.10: Bir fazlı alternatif akım sinyali

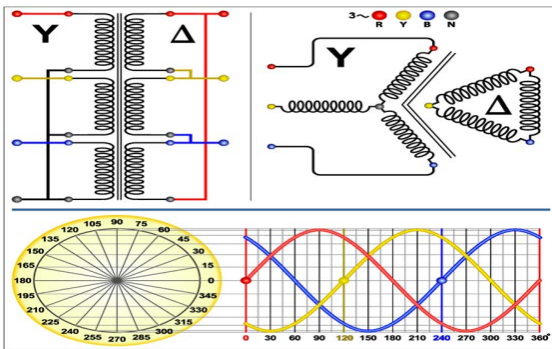
1. konumda: İletken manyetik alan kuvvet çizgilerine paralel durumdur. Kuvvet çizgilerini kesmediği için üzerinde elektron hareketi oluşmaz ve gerilim indüklenmez. Bu durumda üretilen gerilim sıfırdır.

2. konumda: İletkenin manyetik alan kuvvet çizgilerini 90° de kestiği andır. Elektron hareketi oluşur ve gerilim indüklenir. Bu durumda iletken, tüm manyetik alan çizgilerini kestiği için üretilen gerilim pozitif yönde en üst seviyededir. İletkenin 90° lik konumda iken N ve S mıknatıslarına en yakın olduğu andır.

3. konumda: İletken N ve S kutuplarından uzaklaşır ve üzerindeki indüklenme seviyesi de düşer. Manyetik alan kuvvet çizgilerine paralel konuma geldiğinden dolayı kuvvet çizgilerini kesmez. 90° lik konumda iken en üst seviyede olan indüklenme seviyesi, iletkenin 180° lik konuma gelmesi ile birlikte üretilen gerilim seviyesi sıfıra düşer.

4. konumda: İletkenin manyetik alan kuvvet çizgilerini tekrar 90° de kestiği andır. Ancak bu anda iletken, bir tam dönüş hareketinin 270° lik konumundadır. İletken üzerindeki elektron hareketi bu konumda ters yönde oluşur ve gerilim negatif yönde indüklenir. Bu durumda iletken, tüm manyetik alan çizgilerini kestiği için üretilen gerilim negatif yönde ve en üst seviyededir. İletkenin N ve S mıknatıslarına en yakın olduğu ikinci andır.

5. konumda: İletken, N ve S kutuplarından tekrar uzaklaşır ve üzerindeki indüklenme seviyesi de düşer. Manyetik alan kuvvet çizgilerine paralel konuma geldiğinden dolayı kuvvet çizgilerini kesmez. 270° lik konumda iken eksi yönde en üst seviyede olan indüklenme seviyesi, iletkenin 360° lik konuma gelmesi ile birlikte üretilen gerilim seviyesi sıfıra düşer (Görsel 3.10).



Görsel 3.11: Üç fazlı alternatif akım sinyali

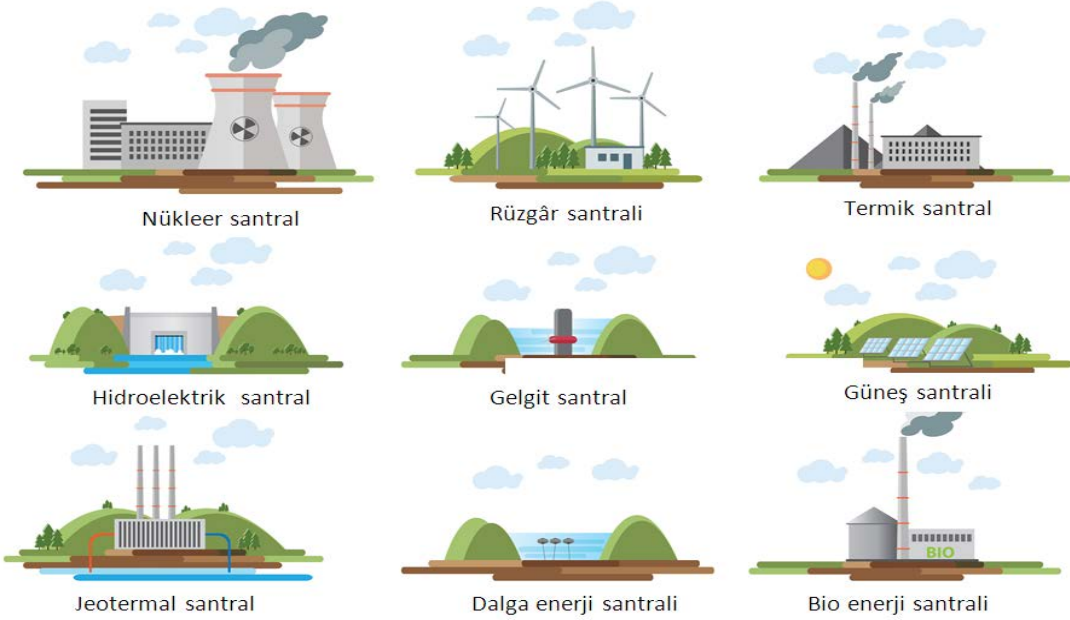
Sinüs sinyali, alternatörlerin yapısına bağlı olarak bir fazlı ya da üç fazlı olarak üretilir. Bir fazlı alternatif akım değeri 220 volt, üç fazlı alternatif akım değeri ise 380 volttur. Üç fazlı alternatif akım, yıldız üçgen bağlantısı yapılarak elde edilir (Görsel 3.11)

Elektrik santrallerinde mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren sistemin en temel parçası olan alternatörler, santral çeşidine ve üretilecek güce göre değişiklik gösterir (Görsel 3.12). Gelişen teknoloji ile santral ve alternatörler, düşük maliyetlidir ancak yüksek verimli olarak üretilir.



Görsel 3.12: Alternatörler Çeşitleri

Termik, hidroelektrik, jeotermal, güneş, rüzgâr ve nükleer en yaygın elektrik santralleridir (Görsel 3.13). Santrallerde kullanılan kaynaklara göre çalışma prensipleri değişiklik gösterir.

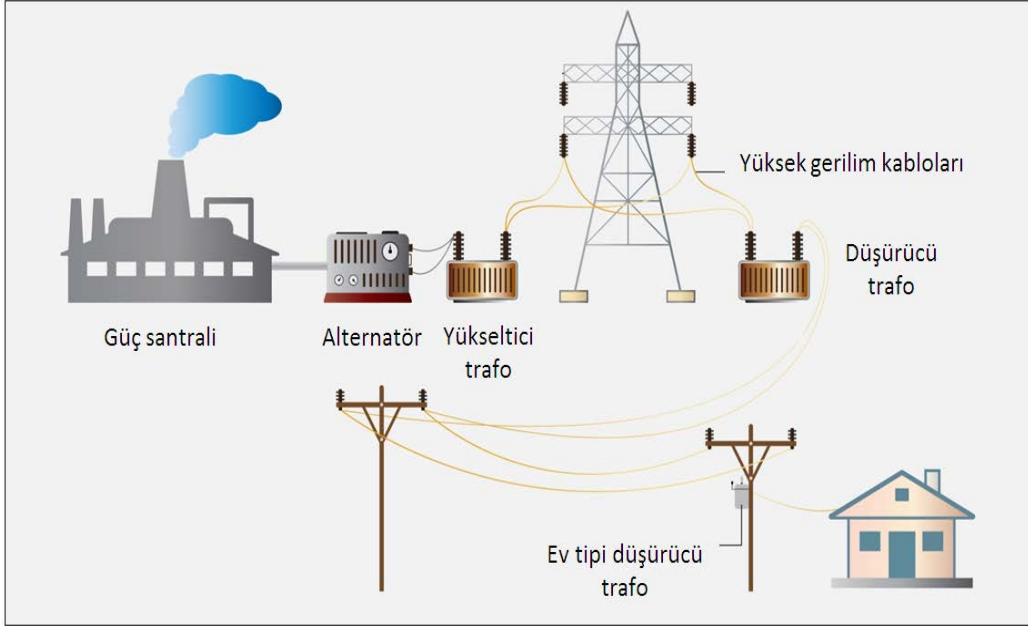


Görsel 3.13: Santral Çeşitleri





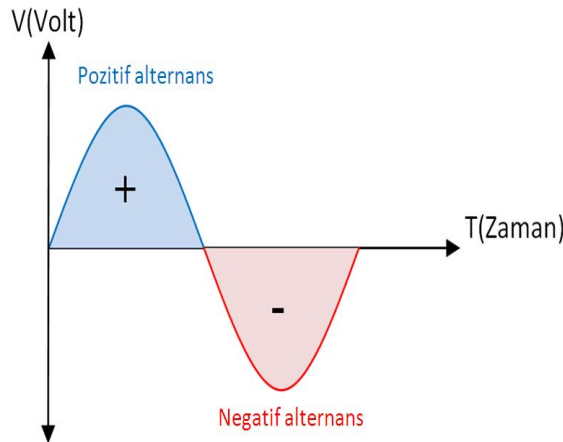
Santraller genellikle yerleşim yerlerine uzak alanlarda kurulur. Üretilen gerilimin uzak mesafelere taşınması için de yüksek gerilimlere ihtiyaç vardır. Alternatif akım üreten alternatörler 230V, 6300V, 10.500V, 20.000V gibi yüksek gerilimler üretir. Ancak taşınma için bu gerilim seviyeleri de düşük olur. Çünkü iletim hatlarında kullanılan kablo kesiti, coğrafi koşullar ve kullanılan malzemelerin özelliklerinden dolayı kayıplara sebep olmaktadır. Bu kayıpları en aza indirmek için santrallerde üretilen gerilimler, yükseltici transformatör ve trafo merkezleri kullanılarak 60kV, 100kV, 120kV gibi çok yüksek gerilimlere yükseltilir. İletim hattının sonundaki düşürücü trafo ve trafo merkezleri ile de yerleşim yerinde kullanılan alçak gerilim seviyelerine düşürülür böylece alternatif gerilim aktarılır (Görsel 3.14).



Görsel 3.14: Alternatif gerilimin aktarılması

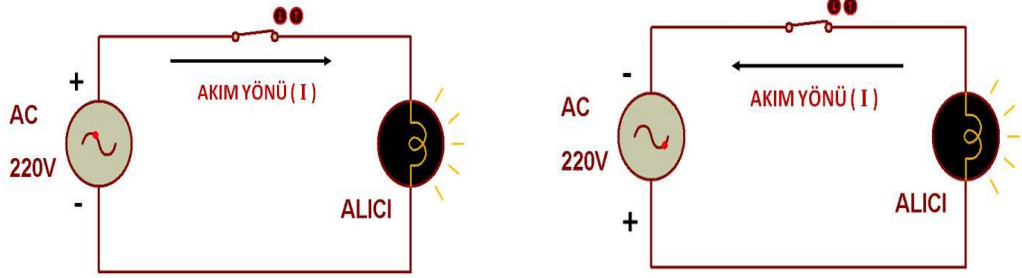
3.1.3. Alternatif Akım Terimleri

Alternans: Alternatif akım sinyalinin sıfırdan pozitif yönde en üst değere çıkmasına, daha sonra tekrar sıfır değerine inmesine **pozitif alternans**; sıfırdan negatif yönde en üst değere inmesine; daha sonra tekrar sıfır değerine gelmesine **negatif alternans** denir (Görsel 3.15).



Görsel 3.15: Alternans

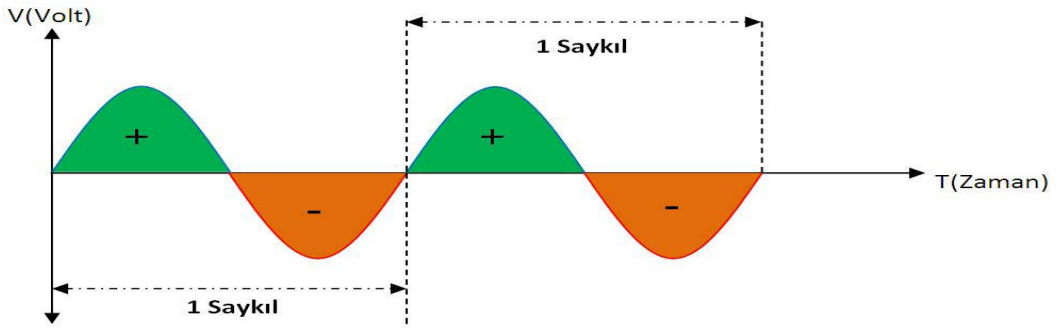
Alternatif gerilim kaynağı bir alıcı devreye bağlandığında alıcı üzerinden geçen akımın yönü, kaynaktan gelen alternansın yönüne göre değişir (Görsel 3.16: a,b). Elektrik devrelerinde akımın yönü pozitiften negatife doğrudur. Alternansın sürekli değişmesi ile akımın yönü de sürekli değişir. Alternatif akımda yön değişimine en iyi örnek, evlerde prize takılan cihazların akım yönünün (pozitif ya da negatif) kontrol edilmeden kullanılmasıdır.



Görsel 3.16: a) Pozitif alternans akım yönü

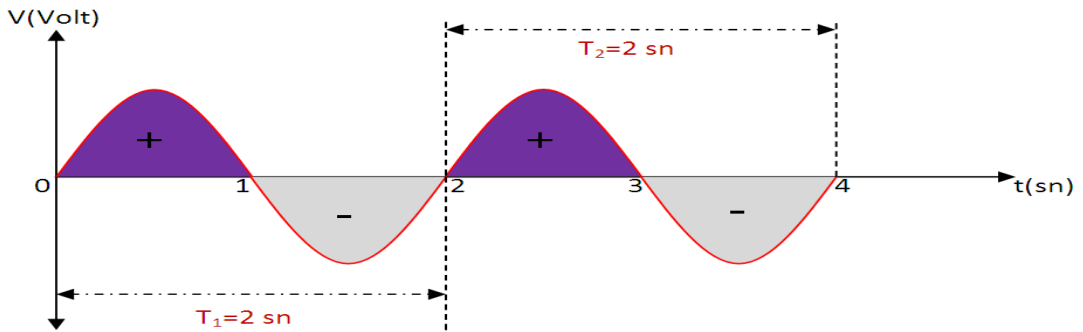
b) Negatif alternans akım yönü

Sayıkl: Alternatörün, bir defa bir tam tur dönüşünü tamamlamasıyla oluşan pozitif ve negatif alternansların birleşmesi ile ortaya çıkan sinyaldir (Görsel 3.17).



Görsel 3.17: Sayıkl

Periyot: Alternatör bir tam tur döndüğünde 1 sayıklın oluşması için geçen süredir. Periyot T harfi ile ifade edilir ve birimi de saniyedir (Görsel 3.18).



Görsel 3.18: Periyot

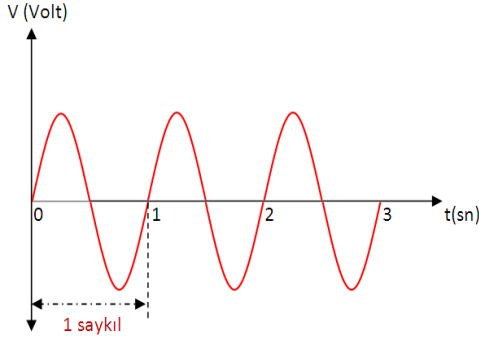




Frekans: Bir saniyede tekrarlanan saykıl sayısıdır (Görsel 3.19). Frekans **f** harfi ile ifade edilir ve birimi **hertz**dir (Hz) (Görsel 3.19).

Bir saykıl, pozitif ve negatif alternansların birleşmesiyle oluştuğuna göre bir saykıl da sinyal bir defa artı ve eksi yön değiştirir. Türkiye’de kullanılan 220 V şebeke gerilimi değerinin frekansı 50 Hz’dir. Bu da sinüs dalgasının 1 saniyede 50 kez oluştuğunu ve alternansın 50 kez yer değiştirdiğini ifade eder.

Frekans formülü; $f=1/(T)$ **f**= Frekans (Hz) **T**=Periyot (Sn)



Görsel 3.19: Frekans

Verilen sinüs sinyalinde periyot hesaplanır. Periyot 1 saykılın oluşması için geçen süre olduğu için sinyalde 1 saykıl 1 saniyede oluşur. $T=1$ saniyedir.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1} = 1 \text{ Hz olarak hesaplanır.}$$

Örnek 3.1. Periyodu 2 saniye olan bir sinyalin frekansı kaç hertzdir?

Çözüm: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ Hz}$

Örnek 3.2. Periyodu 0.1 saniye olan bir sinyalin frekansı kaç hertzdir?

Çözüm: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.1} = 10 \text{ Hz}$

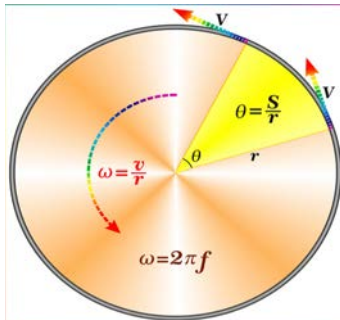
Örnek 3.3. Frekansı 20 hz olan bir sinyalin periyodu kaç saniyedir?

Çözüm: $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{20} = 0.05 \text{ sn}$

Örnek 3.4. Frekansı 100 hz olan bir sinyalin periyodu kaç saniyedir?

Çözüm: $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ sn}$

Açısal Hız: Alternatör içerisindeki N ve S mıknatısları arasında döndürülen bobinin birim zamanda yaptığı açıya **açısal hız** denir (Görsel 3.20). Bu açısal hız omega (ω) işareti ile ifade edilir. Genel olarak kullanılan birimi **radyan/saniye**dir (rad/sn).



Görsel 3.20: Açısal hız

Açısal hız formülü; $\omega = 2\pi f$ (rad/sn) π = pi sayısı (3,14) **f**= Frekans (Hz)

Örnek 3.5. Frekansı 50 hz olan bir alternatif sinüs sinyalinin açısal hızı kaç rad/sn’dir?

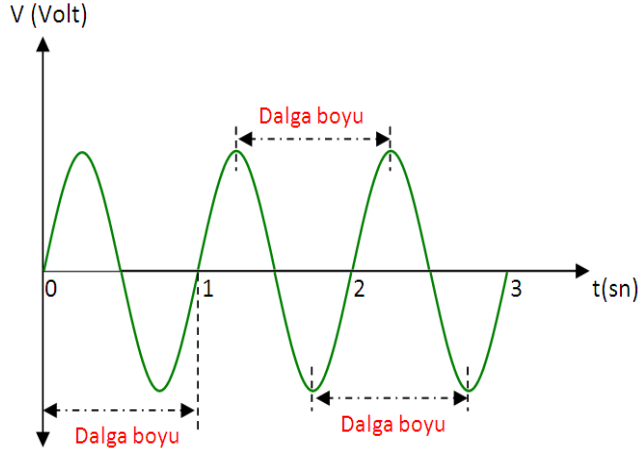
Çözüm: $\omega = 2\pi f = 2 \times 3,14 \times 50 = 314 \text{ rad/sn}$

Frekansı 50 hz olan bir alternatif sinyal 1 saniyede 314 radyan yol alır.

Dalga Boyu: Bir alternatif sinüs sinyalinin başlangıç ve bitiş noktası arasındaki mesafeye **dalga boyu** denir (Görsel 3.21). Lamda (λ) işareti ile ifade edilir ve birimi metredir.

Dalga boyu formülü: $\lambda = \frac{v}{f}$ v = Elektriksinyali hızı(m/sn) f =Frekans (Hz)

Elektrik sinyali hızı; elektromanyetik alanda oluşan elektronların hızı, alternatif akımın üretiminde ve iletiminde kullanılan alternatörler, kablolar ve bağlantı aparatlarının oluşturduğu kayıplardan dolayı ışık hızının maksimum % 90'ı hızında olduğu kabul edilir. Işık hızı saniyede 3×10^8 m/sn'dir. Elektrik sinyali hızı da $2,7 \times 10^8$ m/sn'dir.



Görsel 3.21: Dalga Boyu

Örnek 3.6. Türkiye'de kullanılan alternatif akımın frekansı 50 Hz olduğuna göre akımın dalga boyu kaç metre'dir? ($v=2,7 \times 10^8$)

Çözüm: $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{2,7 \times 10^8}{50} = 54 \times 10^5$ metre

3.1.4. Alternatif Akımın Avantajları

- Alternatif akım üreten alternatörler, büyük güçte enerji ürettiği için elektriğin birim maliyeti düşüktür.
- Alternatif akım, transformatörlerle fazla güç kaybı olmadan kullanım yerlerine uygun değerlere ayarlanabildiği için enerji dağıtımı daha kolaydır.
- Alternatif akım basit devreler ile doğru akıma dönüştürülür. Ancak doğru akımı alternatif akıma dönüştürmek için karmaşık devreler kullanılır.
- Alternatif akım uzak mesafelere düşük maliyetle ve güvenle taşınır.
- Alternatif akım taşınması esnasında doğru akıma göre daha az kayıp olur.
- Alternatif akım alternatörlerinin imalatı daha kolaydır. Aynı güçte bir doğru akım üreten makineler yarı maliyetinde üretilebilir.

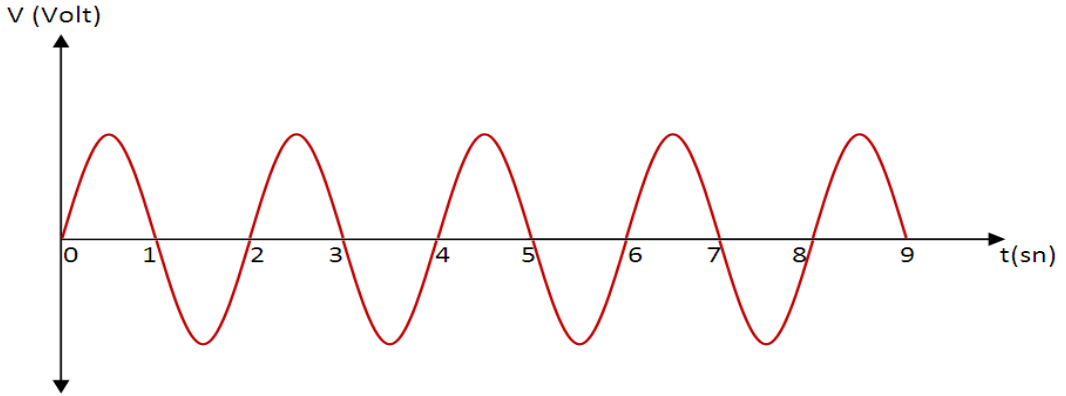




UYGULAMA ADI	ALTERNATİF AKIM GRAFIĞI İLE İLGİLİ PROBLEMLER	34. UYGULAMA
--------------	---	--------------

Amaç: Alternans, saykıl, frekans, periyot, dalga boyu bileşenlerini ve terimlerini alternatif akım grafiği üzerine yerleştirmek ve bunlarla ilgili hesaplamalar yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



İşlem Basamakları

- Uygulama alanında verilen alternatif akım grafiğini inceleyiniz.
- Grafik üzerinde alternans, saykıl, periyot, frekans ve dalga boyu terimlerini çizerek belirtiniz.
- Periyot, frekans ve dalga boyunu formüller kullanarak uygulamaya ait görsel üzerinde hesaplayınız ($v=2,7 \times 10^8$).
- Bulduğunuz değerleri sonuçlar tablosuna yazınız.

Uygulamaya İlişkin Değerler ve Sonuçlar

Periyot	
Frekans	
Dalga boyu	

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	İSG kurallarına uydu ve süreyi verimli kullandı	10	
Sınıf:	2	Çalışma ortamında temizlik ve düzenin sağlanması	10	
No:	3	Alternans, saykıl, periyot, frekans ve dalga boyunun grafikte çizilmesi	20	
ÖĞRETMEN		4	Periyodun doğru hesaplanması.	20
Adı Soyadı:	5	Frekansın doğru hesaplanması.	20	
İmza:	TARİH	6	Dalga boyunun doğru hesaplanması.	20
	...../...../.....		TOPLAM PUAN	100

2. ALTERNATİF AKIM BİLEŞENLERİ VE VEKTÖRLERLE GÖSTERİMİ

Hazırlık Çalışmaları

1. Sokak lambaları akü ile çalıştırılırsa şebeke gerilimine göre aynı şiddette ışık elde edilir mi? Neden?
2. Bir elektrik prizi ölçüldüğünde ölçü aletinin ekranındaki rakam alternatif akımın hangi değeridir?

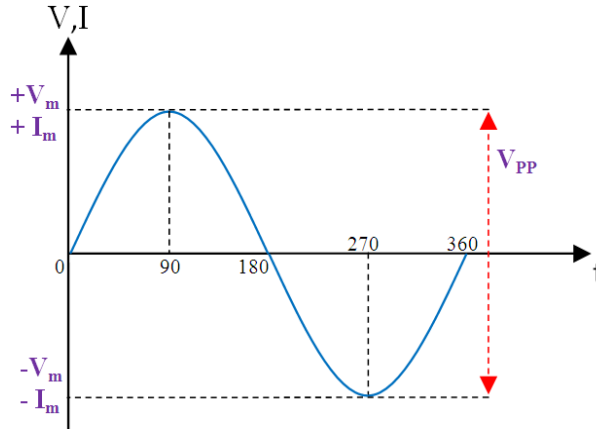
3.2.1. Alternatif Akım Bileşenleri ve Vektörel Gösterimleri

Alternatif akım depolanamayan bir enerji türüdür. Bu nedenle üretildiği anda yerleşim yerlerine anlık olarak iletilmelidir. Akım ve gerilimin taşınması için matematiksel değişkenler kullanılarak hesaplamalar yapılır. Değişkenler bileşen, terim ya da değer olarak ifade edilir.

3.2.2. Maksimum Değer

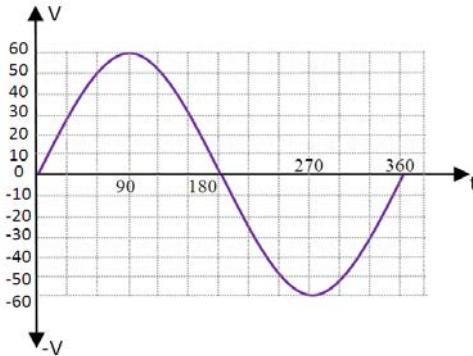
Alternatörün içerisinde dönen statorun konumuna göre değer alan sinüs sinyali, konum 90° 'de iken pozitif yönde; en yüksek değeri; 270° 'de iken negatif yönde en yüksek değeri alır. Gerilim ve akımın bu açılarda aldığı değerlere **maksimum değer** denir. Maksimum değer; gerilim için $+V_m$ ve $-V_m$, akım için $+I_m$ ve $-I_m$ ifadeleri kullanılır (Görsel 3.22).

Pozitif ve negatif yönde maksimum değerler arasındaki genlik değerine de **tepeden tepeye** değer denir. V_{pp} olarak ifade edilir.



Görsel 3.22: Maksimum değer

Örnek 3.7. Aşağıdaki alternatif akım sinyalinin maksimum gerilim değerleri kaç voltur?



Çözüm: $+V_m = 60 \text{ V}$

$-V_m = -60 \text{ V}$





3.2.3. Ani Değer

Manyetik alan içerisinde dönen alternatör her konumunda kuvvet çizgilerini farklı açılarda keser. Her açıda farklı gerilim ve akım indüklenmesi olur. Sinüs sinyalinin herhangi bir t zamanında kestiği açıda oluşan anlık değere **ani değer** denir (Görsel 3.23).

Ani gerilim V_a ile ani akım ise I_a ile ifade edilir.

Ani gerilim formülü

$$V_a = V_m \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$$

V_m = Maksimum gerilim

π = Pi sayısı (3,14)

f = Frekans (Hz)

t = Zaman (saniye)

Ani akım formülü

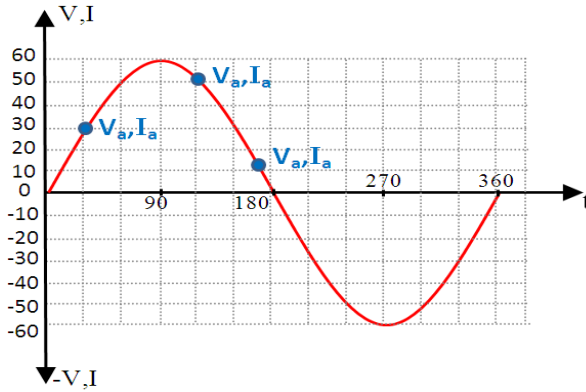
$$I_a = I_m \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$$

I_m = Maksimum akım

π = Pi sayısı (3,14)

f = Frekans (Hz)

t = Zaman (saniye)



Görsel 3.23: Ani değer

Örnek 3.8. Maksimum gerilim değeri 220V, frekansı 50 Hz olan bir alternatif gerilimin 1. saniye-deki ani gerilim değeri kaç voltur?

Çözüm: $V_a = V_m \cdot \sin(2\pi f t)$

$$V_a = 220 \times \sin(2 \times 3,14 \times 50 \times 1)$$

$$V_a = 220 \times \sin(314)$$

$$V_a = 220 \times (-0,719)$$

$$V_a = -158,25V$$

Örnek 3.9. Maksimum akım değeri 10 amper, frekansı 50 Hz olan bir alternatif akımın 0,02. saniyedeki ani gerilim değeri kaç amperdir?

Çözüm: $I_a = I_m \cdot \sin(2\pi f t)$

$$I_a = 10 \times \sin(2 \times 3,14 \times 50 \times 0,02)$$

$$I_a = 10 \times \sin(6,28)$$

$$I_a = 10 \times (0,109)$$

$$I_a = 1,09 A$$

3.2.4. Ortalama Değer

Pozitif veya negatif alternanslardan herhangi birindeki ani değerlerin ortalamasına **ortalama değer** denir. Gerilimin ortalama değeri V_{ort} ile akımın ortalama değeri ise I_{ort} ile ifade edilir.

Gerilimin ortalama değeri formülü

$$V_{ort} = V_m \cdot 0,636$$

V_m = Maksimum gerilim

Akımın ortalama değeri formülü

$$I_{ort} = I_m \cdot 0,636$$

I_m = Maksimum akım

Örnek 3.10. Maksimum gerilim değeri 220V olan bir alternatif gerilim sinyalinin ortalama gerilim değeri kaç voltur?

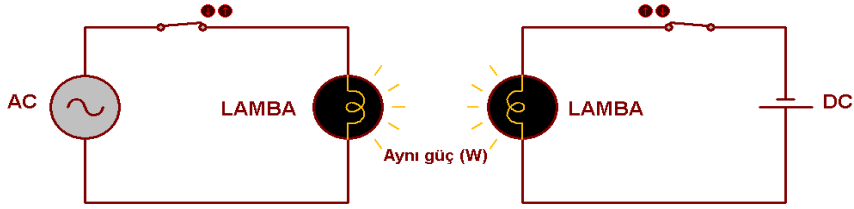
Çözüm: $V_{ort} = V_m \cdot 0,636$
 $V_{ort} = 220 \cdot 0,636$
 $V_{ort} = 139,92 \text{ V}$

Örnek 3.11. Maksimum akım değeri 10 amper olan bir alternatif akım sinyalinin ortalama akım değeri kaç amperdir?

Çözüm: $I_{ort} = I_m \cdot 0,636$
 $I_{ort} = 10 \cdot 0,636$
 $I_{ort} = 6,36 \text{ A}$

3.2.5. Etkin Değer

Bir alıcıda (direnc, lamba, ısıtıcı vb.) doğru akımla meydana gelen etkinin, aynı alıcıya alternatif akım uygulanarak elde edildiği andaki alternatif akım ve gerilim değerine **etkin değer** denir (Görsel 3.24).



Görsel 3.24: Etkin değer devresi

Alternatif akımın ampermetre ve voltmetre ile ölçülen değerleri etkin değerlerdir. İş yapan akım ve gerilim değeri etkin değerlerdir. Gerilimin etkin değeri V_e ile akımın etkin değeri ise I_e ile ifade edilir.

Gerilimin Etkin Değeri Formülü

$$V_e = V_m \cdot 0,707$$

V_m = Maksimum gerilim

Akımın Etkin Değeri Formülü

$$I_e = I_m \cdot 0,707$$

I_m = Maksimum akım

Örnek 3.12. Maksimum gerilim değeri 100V olan bir alternatif gerilim sinyalinin etkin değeri kaç voltur?

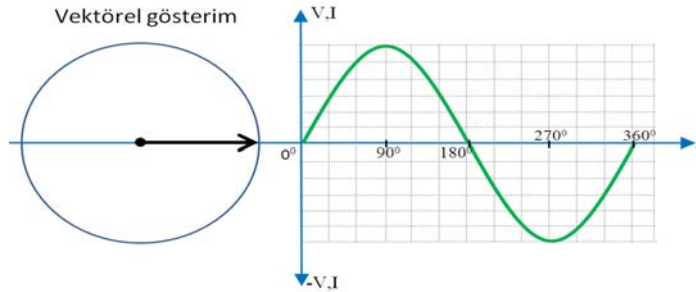
Çözüm: $V_e = V_m \cdot 0,707$
 $V_e = 100 \cdot 0,707$
 $V_e = 70,7 \text{ V}$

Örnek 3.13. Maksimum akım değeri 20 amper olan bir alternatif akım sinyalinin etkin değeri kaç amperdir?

Çözüm: $I_e = I_m \cdot 0,707$
 $I_e = 20 \cdot 0,707$
 $I_e = 14,14 \text{ A}$

3.2.6. Sıfır Faz

Akım veya gerilim değerinin $t = 0$ anında iken sıfırdan pozitif yönde yükselerek oluşturduğu sinyale **sıfır fazlı sinyal** denir (Görsel 3.25). Alternatörün konumunun açılma hızına bağlı olarak "x" eksenine göre yaptığı açının "ok" işareti ile ifade edilmesine **vektörel gösterim** denir. **T** zamanı saniye, radyan veya derece cinsinden kullanılır.

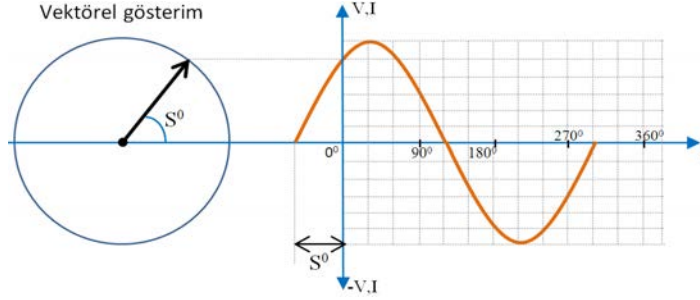


Görsel 3.25: Sıfır Faz



3.2.7. İleri Faz

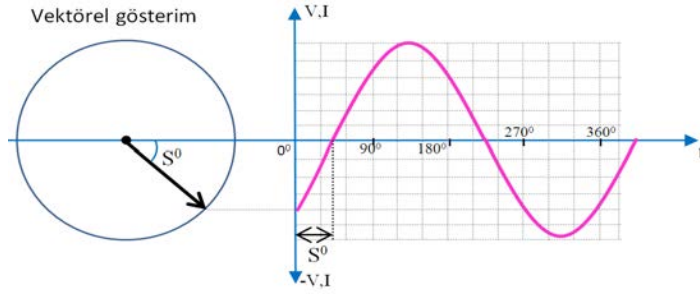
Akım veya gerilim değerinin $t = 0$ anından önce pozitif yönde başlayıp pozitif yönde artarak bir periyodunu tamamladığı sinyale **ileri fazlı sinyal** denir (Görsel 3.26).



Görsel 3.26: İleri Faz

3.2.8. Geri Faz

Akım veya gerilim değerinin $t = 0$ anından sonra negatif yönde başlayıp, pozitif yönde artarak bir periyodunu tamamladığı sinyale **geri fazlı sinyal** denir (Görsel 3.27).

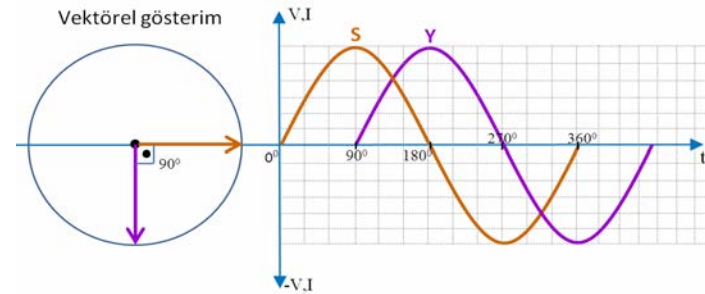


Görsel 3.27: Geri Faz

3.2.9. Faz Farkı

İki ya da daha çok sinüs sinyalinin arasındaki zaman ve vektör farkına **faz farkı** denir (Görsel 3.28). İki sinyalin arasında faz farkı olabilmesi için sinyalden birinin ileri fazda ya da geri fazda olması gerekir.

Görsel 3.28 deki grafikte **S** ve **Y** sinyalleri arasında 90° faz farkı vardır. **S** sinyali sıfır fazlı, **Y** sinyali de geri fazlı sinüs sinyalidir.



Görsel 3.28: Faz Farkı

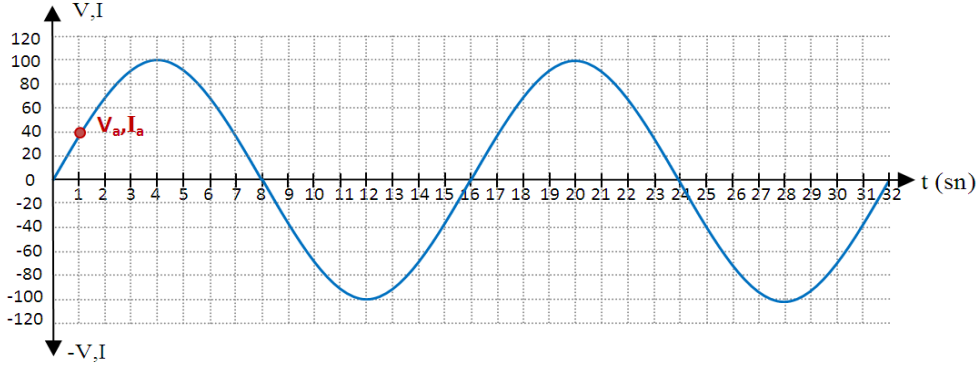
UYGULAMA ADI

ALTERNATİF AKIM GRAFIĞI İLE İLGİLİ
PROBLEMLER

35. UYGULAMA

Amaç: Alternatif akım sinyalinin akım ve gerilim değerlerini grafik üzerinden hesaplamak.

Uygulamaya Ait Görsel



İşlem Basamakları

- Yukarıda verilen alternatif akım grafiğini inceleyiniz.
- Akım ve gerilim değerlerinden maksimum, tepeden tepeye, ani, ortalama ve etkin değerlerini hesaplamalarını yapınız.
- Bulduğunuz değerleri sonuçlar tablosuna yazınız.

Uygulamaya İlişkin Değerler ve Sonuçlar

Gerilim Değerleri		Akım Değerleri	
V_m		I_m	
V_a		I_a	
V_{ort}		I_{ort}	
V_e		I_e	
V_{PP}			

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	İSG kurallarına uyuldu ve süreyi verimli kullandı.	10	
Sınıf:	2	Çalışma ortamında temizlik ve düzenin sağlanması	10	
No:	3	Maksimum akım ve gerilim değerlerinin doğru hesaplanması.	20	
ÖĞRETMEN		4	Ani akım ve gerilim değerlerinin doğru hesaplanması.	20
Adı Soyadı:	5	Ortalama akım ve gerilim değerlerinin doğru hesaplanması.	20	
İmza:	TARİH	6	Etkin akım ve gerilim değerlerinin doğru hesaplanması.	20
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100





3. ALTERNATİF AKIMDA BOBİNLER

Hazırlık Çalışmaları

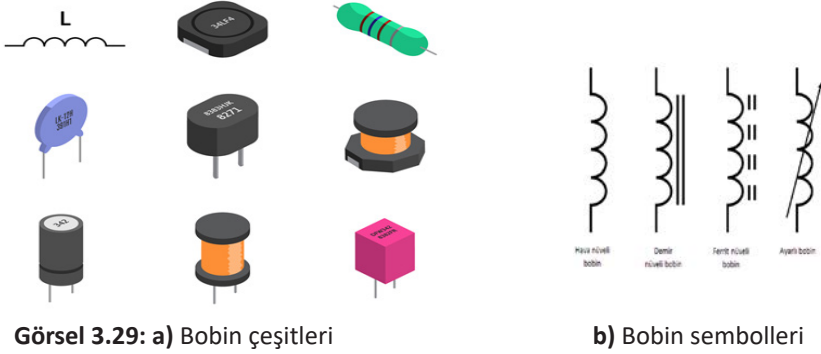
1. Etrafınızda gördüğünüz her kabloda manyetik alan olsa elektronik cihazlar çalışır mı?
2. Sizce apartman girişlerindeki kapılarda şifre girilince kapı kilidini hangi devre elemanı açar?

3.3.1. Alternatif Akımda Bobinler

Bobin; bir iletken telin yan yana veya üst üste sarılması ile üretilen, üzerinden akım geçtiğinde etrafında manyetik alan oluşturan ve bu manyetik alan içerisinde enerji depolayan devre elemanıdır.

İletken telin sargı yapıldığı malzemelere **makara**, **mandren**, **karkas**, **çekirdek** ya da **nüve** denir. İletkenin nüve etrafında bir tur sarılmasına **spir** ya da **sarım** denir. Nüvenin cinsine göre; hava nüveli, ferrit nüveli, demir nüveli, saç nüveli gibi çeşitleri vardır. Kullanım alanlarına göre sargı ayarlı, nüvesi hareketli ve kademeli çeşitleri vardır (Görsel 3.29: a). Sembolleri de çeşitlerine göre değişiklik gösterir (Görsel 3.29: b).

Bobinler; AC motorlar, indüksiyon fırınlar, transformatörler, osilatör devreleri, florasen lambalar, doğrultma devreleri, elektromıknatıslar gibi elektrik-elektronik alanlarda yaygın olarak kullanılır.



Görsel 3.29: a) Bobin çeşitleri

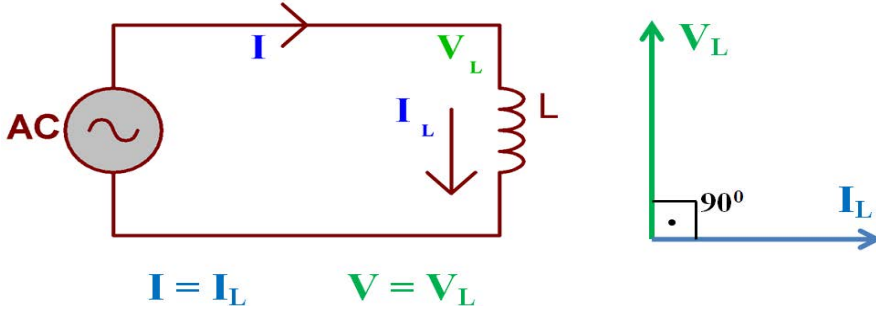
b) Bobin sembolleri

3.3.2. Alternatif Akımda Bobinin Özellikleri

Bobinler doğru akım (DC) ve alternatif akım (AC) devrelerinde kullanılır. Doğru akım devrelerinde akım ve gerilim yönü sabit olduğu için bobin üzerinde sabit bir manyetik alan oluşur. Sabit manyetik alanda gerilimin ve akımın yönü aynıdır. DC gerilim uygulanan bir bobin ilk anda büyük bir direnç gösterir. Kısa süre sonra ise akıma karşı gösterdiği direnç, bobin sarımında kullanılan telin öz direnci kadardır.

Bobine AC gerilim uygulandığında bobin üzerine düşen gerilimin yönü ve şiddeti sürekli değiştiği için oluşan manyetik alanın da yönü ve şiddeti değişken olur. Manyetik alan sürekli değiştiği için de bobin üzerinden geçecek akıma karşı ek bir direnç oluşur.

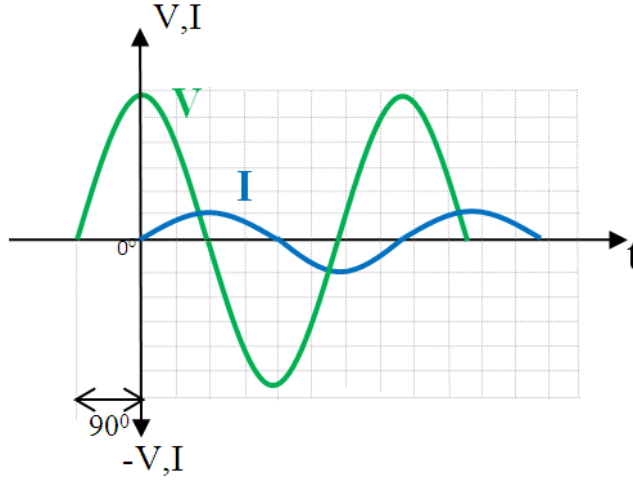
Bobine AC kaynaktan direkt gerilim uygulandığında kaynak gerilimi ile bobin üzerindeki gerilim değeri eşit olur. Devrenin akımı da bobin üzerinden geçen akıma eşit olur (Görsel 3.30: a). Ancak akım ve gerilim arasında 90° faz farkı oluşur (Görsel 3.30: b). Faz farkının sebebi bobinin üzerindeki değişken manyetik alandır.



Görsel 3.30: a) Bobine AC gerilim uygulanması

b) Faz farkı vektörel gösterimi

Bobin üzerinde oluşan manyetik alan bobinden geçen akıma bağlıdır. Akım var ise manyetik alan vardır. Akım ve manyetik alan aynı fazdadır. Ancak akım ve gerilim arasında manyetik alandan dolayı akım, gerilime göre ters yönde geçmek ister. Akımın bu geçişi gerilimden 90° geride kalmasına sebep olur (Görsel 3.31). Akımın gerilimden geride kaldığı bobinli devrelere **endüktif devre** denir.



Görsel 3.31: Bobin üzerindeki faz farkı grafiği

3.3.3. Endüktans

Bobin üzerindeki değişken manyetik alan kendi içinde, bobinden akım geçişine karşı bir kuvvet oluşturur. Bu kuvvete **elektro motor kuvvet (EMK)** denir. **Zıt EMK** olarak ifade edilir.

Zıt EMK'ten dolayı bobin uçlarında akım aniden yükselmez. Bobinin alternatif akım değişimlerine karşı gösterdiği bu zorluğa **endüktans** denir. Bobinin endüktansı L ile ifade edilir ve birimi **henrydir (H)**. Henry biriminin ast katları kullanılır.

1 mH (milihenry) = 10^{-3} H

1 μ H (mikrohenry) = 10^{-6} H olarak devre hesaplamalarında çevrimler yapılır.

Endüktansı Etkileyen Faktörler

Bobin sarım sayısı, sarımlar arası mesafe, nüvenin cinsi, ortamın manyetik geçirgenlik katsayısı, telin kesiti, telin uzunluğu, sargı biçimi ve uygulanan alternatif akımın frekansdır.

Endüktans, bobinin üzerindeki manyetik alanda enerji depolama yeteneği olarak da ifade edilir.





Endüktans Formülü

$$L = \frac{M \cdot N^2 \cdot S}{l}$$

L: Endüktans (henry-H)

M: Manyetik geçirgenlik (henry/santimetre - H/cm)

N: Sarım sayısı

S: İletken kesit alanı (santimetrekare-cm²)

l: İletken uzunluğu (santimetre-cm)

Örnek 3.14. Manyetik geçirgenliği $120 \cdot 10^{-4}$ H/cm olan bir bobinin sarım sayısı 20, iletken kesit alanı 5 cm^2 ve iletkenin uzunluğu 10 cm ise bobinin endüktansı kaç henrydir?

Çözüm:

$$L = \frac{M \cdot N^2 \cdot S}{l} = \frac{120 \cdot 10^{-4} \cdot 20^2 \cdot 5}{10} = 2,4 \text{ H}$$

Örnek 3.15. Endüktansı 10 H olan bir bobinin manyetik geçirgenliği $220 \cdot 10^{-4}$ H/cm, sarım sayısı 10, iletken kesit alanı 20 cm^2 ise iletkenin uzunluğu kaç cm'dir?

Çözüm:

$$L = \frac{M \cdot N^2 \cdot S}{l}$$

$$10 = \frac{220 \cdot 10^{-4} \cdot 10^2 \cdot 20}{l}$$

$$l = 4,4 \text{ cm}$$

Örnek 3.16. Endüktansı 100 H olan bir bobinin manyetik geçirgenliği $320 \cdot 10^{-4}$ H/cm, iletken kesit alanı 10 cm^2 , iletkenin uzunluğu 8 cm ise sarım sayısı kaçtır?

Çözüm:

$$L = \frac{M \cdot N^2 \cdot S}{l}$$

$$100 = \frac{320 \cdot 10^{-4} \cdot N^2 \cdot 10}{8}$$

$$N^2 = 2500$$

$$N = 50$$

3.3.4. Endüktif Reaktans

Bobinin alternatif akıma karşı gösterdiği dirence **endüktif reaktans** denir ve **XL** ile ifade edilir. Birimi **ohm**'dur (Ω). Endüktif reaktans, bobinin endüktansına ve uygulanan alternatif akımın frekansına bağlı olarak değişir. Endüktif devrelerde hesaplamalar yaparken Ohm Kanunu formülü kullanılır. Direnç yerine **XL** ifadesi kullanılır.

Endüktif Reaktans Formülü

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

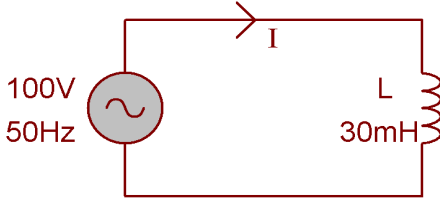
X_L : Endüktif reaktans (Ohm - Ω)

π : Pi sayısı (3,14)

f: Frekans (Hertz - Hz)

L: Endüktans (Henry - H)

Örnek 3.17. Aşağıdaki verilen devrede bobinin endüktif reaktansını (X_L) ve devrenin akımını hesaplayınız.



$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

$$X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 30 \cdot 10^{-3}$$

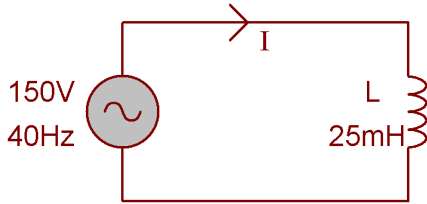
$$X_L = 9,42 \Omega$$

$$I = \frac{V}{X_L}$$

$$I = \frac{100}{9,42}$$

$$I = 10,61 \text{ A}$$

Örnek 3.18. Aşağıdaki verilen devrede bobinin endüktif reaktansını (X_L) ve devrenin akımını hesaplayınız.



$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

$$X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot 40 \cdot 25 \cdot 10^{-3}$$

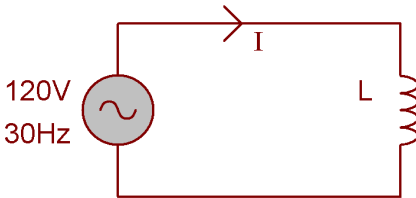
$$X_L = 6,28 \Omega$$

$$I = \frac{V}{X_L}$$

$$I = \frac{150}{6,28}$$

$$I = 23,88 \text{ A}$$

Örnek 3.19. Aşağıdaki verilen devrede bobinin endüktif reaktansı (X_L) 50 Ω ise bobinin endüktansını ve devrenin akımını hesaplayınız.



$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

$$50 = 2 \cdot 3,14 \cdot 30 \cdot L$$

$$L = 0,265 \text{ H}$$

$$L = 265 \text{ mH}$$

$$I = \frac{V}{X_L}$$

$$I = \frac{120}{50}$$

$$I = 2,4 \text{ A}$$





3.3.5. Alternatif Akımda Bobinlerin Seri Bağlantıları

Alternatif akım devrelerinde seri bağlanan bobinlerin eş değer endüktansları ve endüktif reaktansları, dirençlerdeki gibi toplanarak elde edilir (Görsel 3.32).



$$L_{eş} = L_1 + L_2 + L_3 + L_N$$

Görsel 3.32: Bobinlerin seri bağlantısı

$L_{eş} = L_1 + L_2 + L_3 + L_N$ (Seri bağlı bobinlerin endüktansları toplamı eş değer endüktansa eşittir.)

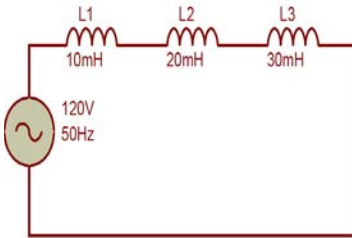
$XL_{eş} = XL_1 + XL_2 + XL_3 + XL_N$ (Seri bağlı bobinlerin endüktif reaktansları toplamı eş değer endüktif reaktansa eşittir.)

$I = I_{L1} = I_{L2} = I_{L3} = I_{LN}$ (Seri bağlı devrelerde akım tek hattan geçtiği için tüm bobinlerin akımları eşittir.)

$V = I \cdot XL_{eş}$ $V_1 = I_1 \cdot XL_1$ $V_2 = I \cdot XL_2$ $V_3 = I \cdot XL_3$ $V_N = I \cdot XL_N$ (Gerilimler ohm kanunu ile hesaplanır.)

$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_N$ (Seri bağlı bobinlerin üzerlerinde düşen gerilimler toplamı kaynak gerilimine eşittir.)

Örnek 3.20. Aşağıdaki devrede eş değer endüktansı, endüktif reaktansı ve devreden geçen akımı hesaplayınız.



$$L_{eş} = L_1 + L_2 + L_3$$

$$XL_{eş} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

$$I = \frac{V}{XL_{eş}}$$

$$L_{eş} = 10 + 20 + 30$$

$$XL_{eş} = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 60 \cdot 10^{-3}$$

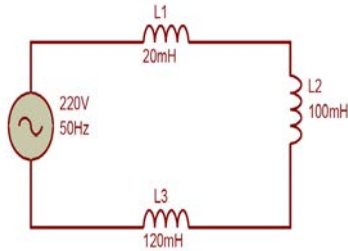
$$I = \frac{120}{18,84}$$

$$L_{eş} = 60 \text{ mH}$$

$$XL_{eş} = 18,84 \Omega$$

$$I = 6,36 \text{ A}$$

Örnek 3.21. Aşağıdaki devrede eş değer endüktansı, endüktif reaktansı, devreden geçen akımı, bobinler üzerindeki akımları ve gerilimleri hesaplayınız.



$$L_{eş} = L_1 + L_2 + L_3$$

$$L_{eş} = 20 + 100 + 120$$

$$L_{eş} = 240 \text{ mH}$$

$$XL_1 = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_1 = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 6,28 \Omega$$

$$XL_2 = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 31,40 \Omega$$

$$XL_3 = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_3 = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 120 \cdot 10^{-3} = 37,68 \Omega$$

$$XL_{eş} = XL_1 + XL_2 + XL_3 = 75,36 \Omega$$

$$X_{Leş} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_{eş}$$

$$X_{Leş} = 2.3,14.50.240.10^{-3}$$

$$X_{Leş} = 75,36 \Omega$$

$$I = \frac{V}{X_{Leş}}$$

$$I = \frac{220}{75,36}$$

$$I = 2,919 \text{ A}$$

$$I = I_{L1} = I_{L2} = I_{L3}$$

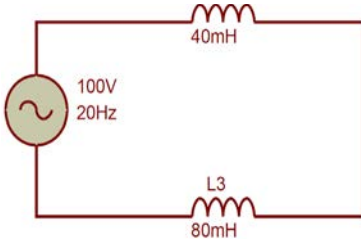
$$V_1 = I_1 \cdot X_{L1} = 2,919 \cdot 6,280 = 18,331 \text{ V}$$

$$V_2 = I_2 \cdot X_{L2} = 2,919 \cdot 31,400 = 91,656 \text{ V}$$

$$V_3 = I_3 \cdot X_{L3} = 2,919 \cdot 37,680 = 109,987 \text{ V}$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 220 \text{ V}$$

Örnek 3.22. Aşağıdaki devrede eş değer endüktansı, endüktif reaktansı, devreden geçen akımı, bobinler üzerindeki akımları ve gerilimleri hesaplayınız.



$$L_{eş} = L_1 + L_2$$

$$L_{eş} = 40 + 80$$

$$L_{eş} = 120 \text{ mH}$$

$$X_{L1} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_1$$

$$X_{L1} = 2.3,14.20.40.10^{-3}$$

$$X_{L1} = 5,024 \Omega$$

$$X_{L2} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_2$$

$$X_{L2} = 2.3,14.20.80.10^{-3}$$

$$X_{L2} = 10,048 \Omega$$

$$X_{Leş} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_{eş}$$

$$X_{Leş} = 2.3,14.20.120.10^{-3}$$

$$X_{Leş} = 5,072 \Omega$$

$$I = \frac{V}{X_{Leş}}$$

$$I = \frac{100}{15,072}$$

$$I = 6,634 \text{ A}$$

$$I = I_{L1} = I_{L2}$$

$$V_1 = I_1 \cdot X_{L1}$$

$$V_1 = 6,634 \cdot 5,024$$

$$V_1 = 33,329 \text{ V}$$

$$V_2 = I_2 \cdot X_{L2}$$

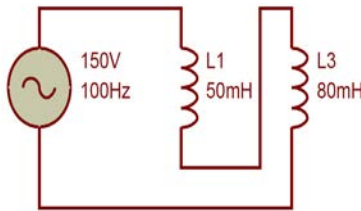
$$V_2 = 6,634 \cdot 10,048$$

$$V_2 = 66,658 \text{ V}$$

$$X_{Leş} = X_{L1} + X_{L2} = 5,024 + 10,048 = 5,072 \Omega$$

$$V = V_{L1} + V_{L2} = 33,329 + 66,658 = 100 \text{ V}$$

Örnek 3.23. Aşağıdaki devrede eş değer endüktansı, endüktif reaktansı ve devreden geçen akımı hesaplayınız.



$$L_{eş} = L_1 + L_2$$

$$L_{eş} = 50 + 80$$

$$L_{eş} = 130 \text{ mH}$$

$$X_{Leş} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

$$X_{Leş} = 2.3,14.100.130.10^{-3}$$

$$X_{Leş} = 81,64 \Omega$$

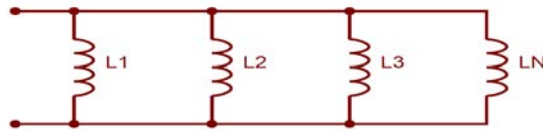
$$I = \frac{V}{X_{Leş}}$$

$$I = \frac{150}{81,64}$$

$$I = 1,83 \text{ A}$$

3.3.6. Alternatif Akımda Bobinlerin Paralel Bağlantıları

Alternatif akım devrelerinde paralel bağlanan bobinlerin eş değer endüktansları ile endüktif reaktansları, dirençlerdeki gibi toplanarak elde edilir (Görsel 3.33). Her bobinin endüktansı ve endüktif reaktansı bobin değerleriyle orantılıdır.



Görsel 3.33: Bobinlerin paralel bağlantısı





$\frac{1}{L_{eş}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \frac{1}{L_N}$ (Paralel bağlı bobinlerin endüktanslarının matematiksel terslerinin toplamı, eş değer endüktansa eşittir.)

$\frac{1}{XL_{eş}} = \frac{1}{XL_1} + \frac{1}{XL_2} + \frac{1}{XL_3} + \frac{1}{XL_N}$ (Paralel bağlı bobinlerin endüktif reaktanslarının matematiksel terslerinin toplamı, eş değer endüktif reaktansa eşittir.)

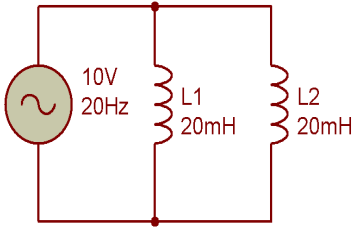
$V = V_{L1} = V_{L2} = V_{L3} = V_{LN}$ (Paralel bağlı bobinlerin üzerlerinde düşen gerilimler, kaynak gerilimine eşittir.)

$I = \frac{V}{XL_{eş}}$ $I_1 = \frac{V_{L1}}{XL_1}$ $I_2 = \frac{V_{L2}}{XL_2}$ $I_3 = \frac{V_{L3}}{XL_3}$ $I_N = \frac{V_{LN}}{XL_N}$ (Akımlar ohm kanunu ile hesaplanır.)

$I = I_{L1} + I_{L2} + I_{L3} + I_{LN}$ (Paralel bağlı bobinlerin üzerinde geçen akımlar toplamı devre akımına eşittir.)

$XL_{eş} = \frac{XL_1 \cdot XL_2}{XL_1 + XL_2}$ (iki adet paralel bağlı bobinin eş değer endüktif reaktansı formülü)

Örnek 3.24. Aşağıdaki devrede eş değer endüktansı, endüktif reaktansı, devreden geçen akımı, bobinler üzerindeki akımları ve gerilimleri hesaplayınız.



$$\frac{1}{L_{eş}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

$$XL_1 = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_1 = 2 \cdot 3,14 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 2,5 \Omega$$

$$\frac{1}{L_{eş}} = \frac{1}{20} + \frac{1}{20}$$

$$XL_2 = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 2,5 \Omega$$

$$\frac{1}{L_{eş}} = \frac{2}{20} \quad L_{eş} = 10\text{mH}$$

$$XL_{eş} = \frac{XL_1 \cdot XL_2}{XL_1 + XL_2} = \frac{2,512 \cdot 2,512}{2,512 + 2,512} = 1,25\Omega$$

$$XL_{eş} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_{eş}$$

$$V = V_{L1} = V_{L2} = 10V$$

$$I = I_{L1} + I_{L2}$$

$$I = \frac{V}{XL_{eş}}$$

$$XL_{eş} = 2 \cdot 3,14 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 10^{-3}$$

$$I_1 = \frac{V_{L1}}{XL_1} = \frac{10}{2,5} = 4 \text{ A}$$

$$I = 4 + 4 = 8 \text{ A}$$

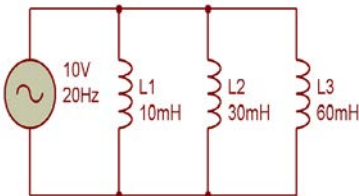
$$I = \frac{10}{1,25}$$

$$XL_{eş} = 1,25 \Omega$$

$$I_2 = \frac{V_{L2}}{XL_2} = \frac{10}{2,5} = 4 \text{ A}$$

$$I = 8 \text{ A}$$

Örnek 3.25. Aşağıdaki devrede eş değer endüktansı, endüktif reaktansı ve devreden geçen akımı hesaplayınız.



$$\frac{1}{L_{eş}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

$$XL_{eş} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_{eş}$$

$$I = \frac{V}{XL_{eş}}$$

$$\frac{1}{L_{eş}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{30} + \frac{1}{60}$$

$$XL_{eş} = 2 \cdot 3,14 \cdot 20 \cdot 6,66 \cdot 10^{-3}$$

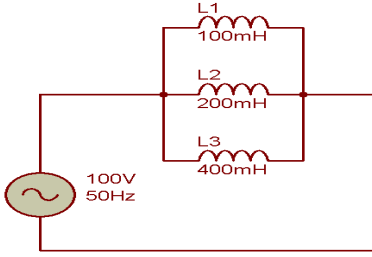
$$I = \frac{10}{836}$$

$$\frac{1}{L_{eş}} = \frac{9}{60} \quad L_{eş} = 6,66\text{mH}$$

$$XL_{eş} = 836 \Omega$$

$$I = 0,01 \text{ A}$$

Örnek 3.26. Aşağıdaki devrede eş değer endüktansı, endüktif reaktansı ve devreden geçen akımı hesaplayınız.



$$\frac{1}{L_{eş}} = \frac{1}{L1} + \frac{1}{L2} + \frac{1}{L3}$$

$$\frac{1}{L_{eş}} = \frac{1}{100} + \frac{1}{200} + \frac{1}{400}$$

$$\frac{1}{L_{eş}} = \frac{6}{400} \quad L_{eş} = 66,6 \text{ mH}$$

$$X_{L_{eş}} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L_{eş}$$

$$X_{L_{eş}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 66,6 \cdot 10^{-3}$$

$$X_{L_{eş}} = 20,91 \Omega$$

$$I = \frac{V}{X_{L_{eş}}}$$

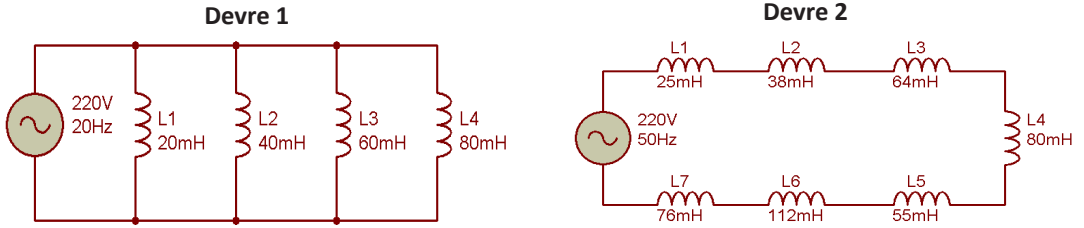
$$I = \frac{100}{20,91}$$

$$I = 4,78 \text{ A}$$



**UYGULAMA ADI****ALTERNATİF AKIM GRAFİĞİ İLE İLGİLİ PROBLEMLER****36. UYGULAMA**

Amaç: Alternatif akım sinyalinin akım ve gerilim değerlerini grafik üzerinden hesaplamak.

Uygulamaya Ait Görsel**İşlem Basamakları**

1. Yukarıdaki alternatif akıma bağlı bobin devrelerini inceleyiniz.
2. 1. devre ve 2. devre için eş değer endüktans ve eş değer endüktif reaktans değerlerini hesaplayınız.
3. Bulduğunuz değerleri sonuçlar tablosuna yazınız.

Sonuçlar			
1. devre		2. devre	
$L_{eş}$		$L_{eş}$	
$XL_{eş}$		$XL_{eş}$	

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ			
Adı Soyadı:		1	İSG kurallarına uyulması ve süre kullanımı	10	
Sınıf:		2	Çalışma ortamında temizlik ve düzenin sağlanması	10	
No:		3	Devre 1'in $L_{eş}$ değerinin doğru hesaplanması	20	
ÖĞRETMEN		4	Devre 1'in $XL_{eş}$ değerinin doğru hesaplanması	20	
Adı Soyadı:		5	Devre 2'in $L_{eş}$ değerinin doğru hesaplanması	20	
İmza:	TARİH	6	Devre 2'in $XL_{eş}$ değerinin doğru hesaplanması	20	
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100	

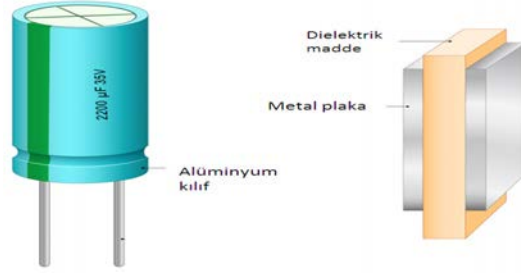
4. ALTERNATİF AKIMDA KONDANSATÖRLER

Hazırlık Çalışması

Sizce kondansatörlerin depoladıkları enerji sınırsız olsaydı dünyamız nasıl olurdu?

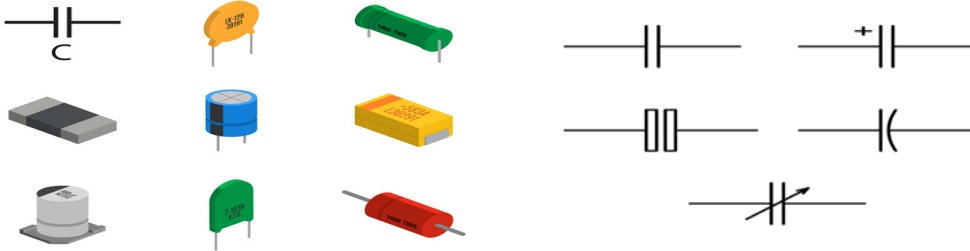
3.4.1. Alternatif Akımda Kondansatörler

İki iletken madde arasına bir yalıtkan madde koyularak, uçlarına gerilim uygulandığında elektrik enerjisini elektrik alanı olarak depolayan devre elemanıdır (Görsel 3.34). Bir plakada statik elektrik alan pozitif yükler toplanırken diğer plakada da negatif yükler toplanır. İletken maddeler **plaka** olarak, yalıtkan maddeler ise **dielektrik madde** olarak ifade edilir.



Görsel 3.34: Kondansatör yapısı

Kondansatörlerin elektrik depolama kapasitesi; plakalar arası mesafeye, plakaların yüzey alanlarına ve kullanılan dielektrik maddenin katsayısına göre değişir. Kondansatörler, kapasitör olarak da adlandırılır. Kullanım alanlarına ve yapıldıkları malzemelere göre çeşitleri vardır. Elektrolitik, seramik, mika, tantal, polyester, kutupsuz, smd, trimmer, varyabl, endüstriyel, aydınlatma kondansatörler vb. şeklinde sınıflandırılır (Görsel 3.35: a). Devreler üzerinde kapasitesi değiştirilmek istenen kondansatörler **ayarlı kondansatör**, kapasitesi sabit olması istenenler **sabit kondansatör** olarak üretilir. Kondansatörlerin sembolleri çeşitlerine göre değişiklik gösterir (Görsel 3.35: b).



Görsel 3.35: a) Kondansatör çeşitleri

b) Kondansatör sembolleri

Kondansatörler kısa süreli enerji depolamada, elektrik motorlarında, kompanzasyon panolarında, doğrultma ve filtre devrelerinde, osilatör devrelerinde, enerji nakil hatlarında, trafo merkezlerinde ve bir çok elektrikli cihazlarda kullanılır. Kullanım alanları çok geniştir. Gelişen teknoloji ile üretilen elektrikli otomobillerde ise süper kondansatör olarak ifade edilen ve yüksek güçte enerji depolayan çeşitleri kullanılmaktadır.

3.4.2. Alternatif Akımda Kondansatörün Özellikleri

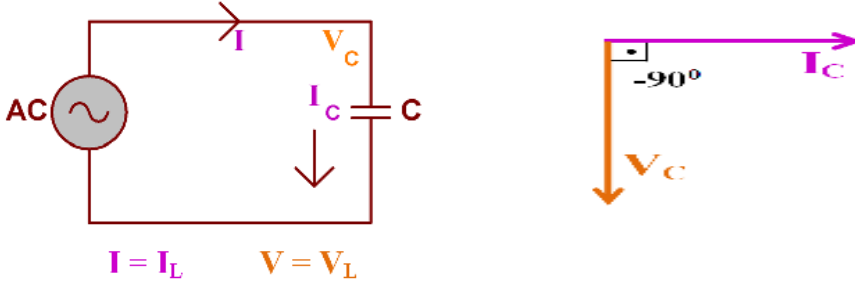
Kondansatörler, uçları arasında bir gerilim farkı olduğunda iletme geçer. Doğru akım devrelerinde kondansatör uçlarındaki gerilim sabit olduğu için sadece kapasitesi doluncaya kadar üzerinden akım geçirir. Kapasitesi dolduğu anda yalıtıma geçer ve üzerinden akım geçirmez. Doğru akım devrelerindeki kapasite dolma olayına **kondansatörün şarjı** denir. Kondansatör uçlarındaki gerilim kesildiği anda üzerinde depolanan elektrik enerjisi, uçlar kısa devre edilirse sıfır değerine iner. Bu duruma da **kondansatörün deşarjı** denir. Doğrultma ve filtre devrelerinde sinyallerdeki dalgalanmalar kondansatörün bu özelliğinden faydalanarak doğru akım üretir.





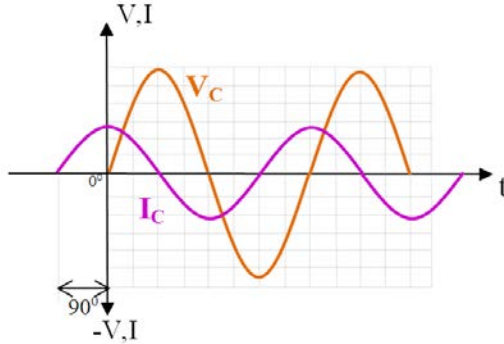
Alternatif akım devrelerinde kondansatör uçlarındaki gerilimin yönü ve şiddeti sürekli değiştiği için kondansatör sürekli iletimde olur ve akım geçirir. Uygulanan kaynağın frekansına bağlı olarak pozitif alternansta şarj, negatif alternansta ise deşarj olur.

Kondansatörlere AC kaynaktan direkt gerilim uygulandığında, kaynak gerilimi ile kondansatör uçlarındaki gerilim eşit olur. Devrenin direkt akımı da kondansatör üzerinden geçen akıma eşit olur (Görsel 3.36: a).



Görsel 3.36: a) Kondansatöre AC gerilim uygulanması b) Kondansatöre AC gerilim uygulanması

Kondansatör üzerine uygulanan alternatif akım, pozitif alternanstan negatif alternansa geçerken tam sıfır noktasındaki kondansatör uçlarında gerilim farkı sıfırdır. Gerilim farkının sıfır olduğu anda kondansatör şarj durumundadır. Kapasitesi kadar elektrik enerjisi depolar ve bu anda üzerindeki akım maksimum değerde olur (Görsel 3.37). Akımın maksimum değerinde olduğu anda, gerilim sıfır değerinde olduğu için akım ve gerilim arasında 90° faz farkı olur (Görsel 3.36: b). Gerilim, akımdan 90° geride kalır. Gerilimin, akımdan geride kaldığı kondansatörlü devrelere **kapasitif devre** denir.



Görsel 3.37: Kondansatör üzerindeki faz farkı grafiği

3.4.3. Kapasitans

Kondansatörlerin elektrik enerjisini depo edebilme yeteneğine **kapasitans** denir. Kapasite olarak da adlandırılır. Kondansatörün elektrik alanında depolayacağı potansiyel enerji yükünün ölçüsüdür. Kapasitans C ile ifade edilir ve birimi **faraddır (F)**.

1 mF (milifarad) = 10^{-3} F

1 μ F (mikrofarad) = 10^{-6} F

1 nF (nanofarad) = 10^{-9} F

1 pF (pikofarad) = 10^{-12} F olarak devre hesaplamalarında çevirimler yapılır.

Kapasitansı etkileyen faktörler: İletken plakaların yüzey alanları, plakalar arası mesafe ve kullanılan yalıtkan malzemenin dielektrik katsayısıdır.

Kapasitans Formülü

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

C: Kapasitans (farad-F)

ε: Yalıtkanın dielektrik katsayısı (farad/metre- F/m)

A: Plakaların alanı (metrekare-m²)

d: Plakalar arası mesafe (metre-m)

Örnek 3.27. Plakalar arası mesafenin 0,02 m olduğu bir kondansatörün, plakalarının yüzey alanı 0,2 m² ise kondansatörün kapasitesi (kapasitansı) kaç faraddır?(ε: 12.10⁻³ F/m)

Çözüm:

$$C = \epsilon \frac{A}{d} = 12 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,2}{0,02} = 120 \cdot 10^{-3} \text{ F} = 120 \text{ mF}$$

Örnek 3.28. Plakalar arası mesafenin 0,04 m olan bir kondansatörün, plakalarının yüzey alanı 0,8 m² ise kondansatörün kapasitesi (kapasitansı) kaç faraddır?(ε: 22.10⁻⁶ F/m)

Çözüm:

$$C = \epsilon \frac{A}{d} = 22 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,8}{0,04} = 440 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 440 \text{ } \mu\text{F}$$

Örnek 3.29. Plakalar arası mesafenin 0,03 m olan bir kondansatörün, plakalarının yüzey alanı 0,12 m² ise kondansatörün kapasitesi (kapasitansı) kaç faraddır?(ε: 48.10⁻⁹ F/m)

Çözüm:

$$C = \epsilon \frac{A}{d} = 48 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{0,12}{0,03} = 192 \cdot 10^{-9} \text{ F} = 192 \text{ pF}$$

3.4.4. Kapasitif Reaktans

Kondansatörün alternatif akıma karşı gösterdiği dirence **kapasitif reaktans** denir. **XC** ile ifade edilir ve birimi **ohmdur(Ω)**. Kapasitif reaktans, kondansatörün kapasitansına ve uygulanan alternatif akımın frekansına bağlı olarak değişir. Kapasitif devrelerde hesaplamalar yaparken Ohm Kanunu formülü ve direnç yerine **XC** ifadesi kullanılır.

Kapasitif Reaktans Formülü

$$XC = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

XC:Kapasitif reaktans (ohm -Ω)

π: Pi sayısı (3,14)

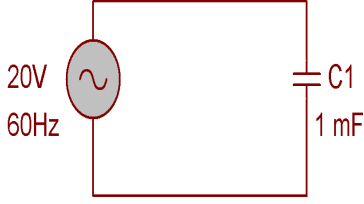
f: Frekans (hertz - Hz)

C: Kapasitans (farad - F)





Örnek 3.30. Aşağıdaki devrede kondansatörün kapasitif reaktansını (X_C) ve devrenin akımını (I) hesaplayınız.



$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

$$I = \frac{V}{X_C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot 14,60 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}$$

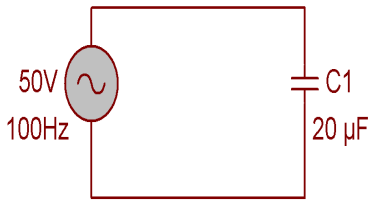
$$I = \frac{20}{2,65}$$

$$X_C = \frac{1}{0,376}$$

$$I = 7,54 \text{ A}$$

$$X_C = 2,65 \Omega$$

Örnek 3.31. Aşağıdaki devrede kondansatörün kapasitif reaktansını (X_C) ve devrenin akımını (I) hesaplayınız.



$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

$$I = \frac{V}{X_C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot 14,100 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}$$

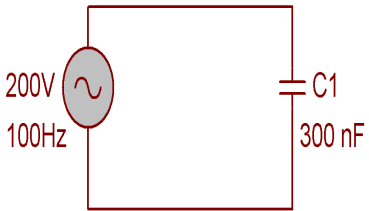
$$I = \frac{50}{80}$$

$$X_C = \frac{1}{0,0125}$$

$$I = 0,625 \text{ A}$$

$$X_C = 80 \Omega$$

Örnek 3.32. Aşağıdaki devrede kondansatörün kapasitif reaktansını (X_C) ve devrenin akımını (I) hesaplayınız.



$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

$$I = \frac{V}{X_C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot 14,100 \cdot 300 \cdot 10^{-9}}$$

$$I = \frac{200}{55,55}$$

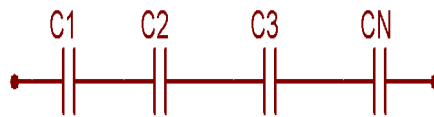
$$X_C = \frac{1}{0,018}$$

$$I = 3,6 \text{ A}$$

$$X_C = 55,55 \Omega$$

3.4.5. Alternatif Akımda Kondansatörlerin Seri Bağlantıları

Kondansatörler seri bağlandığında dirençlerdeki gibi değerleri artmaz. Eş değer kapasitans, seri bağlı kondansatörlerin kapasitelerinin matematiksel tersleri ile toplanarak elde edilir. Eş değer kapasitif reaktans ise aynı dirençlerdeki gibi değerler toplanarak elde edilir. Çünkü kapasitif reaktans da bir dirençtir (Görsel 3.38).



Görsel 3.37: Kondansatörlerin seri bağlantısı

$\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_N}$ (Seri bağlı kondansatörlerin kapasitanslarının matematiksel terslerinin toplamı, eş değer kapasitansı verir.)

$C_{eş} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$ (iki adet seri bağlı kondansatörün eş değer kapasitans formülü)

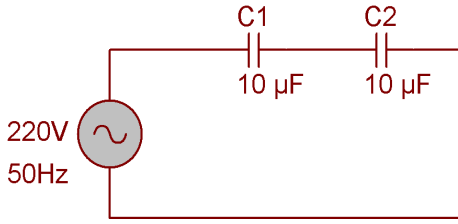
$XC_{eş} = XC_1 + XC_2 + XC_3 + XC_N$ (Seri bağlı kondansatörlerin kapasitif reaktansları toplamı, eş değer kapasitif reaktansı verir.)

$V = I \cdot XC_{eş}$ $V_1 = I_1 \cdot XC_1$ $V_2 = I_2 \cdot XC_2$ $V_3 = I_3 \cdot XC_3$ $V_N = I \cdot XC_N$ (Seri bağlı kondansatörlerin üzerlerinde düşen gerilimler, ohm kanunu ile bulunur.)

$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_N$ (Gerilimler toplamı kaynak gerilimine eşit olur.)

$I = I_{C1} = I_{C2} = I_{C3} = I_{CN}$ (Seri bağlı kondansatörlerin üzerinden geçen akımlar, devre akımına eşittir.)

Örnek 3.33. Aşağıdaki devrede eş değer kapasitansı, eş değer kapasitif reaktansı, devreden geçen akımı, kondansatörler üzerindeki akımları, gerilimleri ve kapasitif reaktansları hesaplayınız.



$$C_{eş} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

$$C_{eş} = \frac{10 \cdot 10}{10 + 10}$$

$$C_{eş} = 5 \mu F$$

$$XC_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_1}$$

$$XC_1 = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}$$

$$XC_1 = \frac{10^6}{3140}$$

$$XC_1 = 318,47 \Omega$$

$$XC_{eş} = XC_1 + XC_2$$

$$XC_{eş} = 318,47 + 318,47$$

$$XC_{eş} = 636,94 \Omega$$

$$I = \frac{V}{XC_{eş}}$$

$$I = \frac{220}{636,94}$$

$$I = 0,345 A$$

$$I = I_{C1} = I_{C2}$$

$$V_1 = I_1 \cdot XC_1$$

$$V_1 = 0,345 \cdot 318,47$$

$$V_1 = 110 V$$

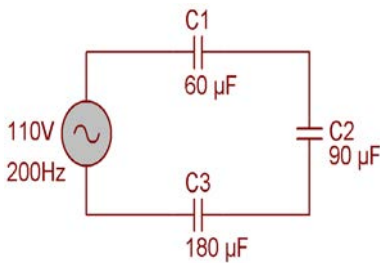
$$C_1 = C_2 \text{ olduğu için;}$$

$$V_2 = 110 V$$

$$C_1 = C_2 \text{ olduğu için;}$$

$$XC_2 = 318,47 \Omega$$

Örnek 3.34. Aşağıdaki devrede eş değer kapasitansı, eş değer kapasitif reaktansı, devreden geçen akımı, kondansatörler üzerindeki akımları, gerilimleri ve kapasitif reaktansları hesaplayınız.



$$\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_{eş}} = \frac{1}{60} + \frac{1}{90} + \frac{1}{180}$$

$$\frac{1}{C_{eş}} = \frac{6}{180}$$

$$C_{eş} = 30 \mu F$$

$$XC_{eş} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_{eş}}$$

$$XC_{eş} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 200 \cdot 30 \cdot 10^{-6}}$$

$$XC_{eş} = \frac{10^6}{37680}$$

$$XC_{eş} = 26,53 \Omega$$





$$XC_1 = \frac{1}{2.3,14.200.60.10^{-6}}$$

$$XC_2 = \frac{1}{2.3,14.200.90.10^{-6}}$$

$$XC_3 = \frac{1}{2.3,14.200.180.10^{-6}}$$

$$XC_1 = \frac{10^6}{75360}$$

$$XC_2 = \frac{10^6}{113040}$$

$$XC_3 = \frac{10^6}{226080}$$

$$XC_1 = 13,26 \Omega$$

$$XC_2 = 8,84 \Omega$$

$$XC_3 = 4,42 \Omega$$

$$XC_{eş} = XC_1 + XC_2 + XC_3$$

$$I = \frac{V}{XC_{eş}}$$

$$V_1 = I_{C1}.XC_1 = 4,14.13,26 = 54,89 \text{ V}$$

$$XC_{eş} = 13,26 + 8,84 + 4,42$$

$$V_2 = I_{C2}.XC_2 = 4,14.8,84 = 36,59 \text{ V}$$

$$XC_{eş} = 26,53 \Omega$$

$$I = \frac{110}{26,53}$$

$$V_3 = I_{C3}.XC_3 = 4,14.4,42 = 18,29 \text{ V}$$

$$I = 4,14 \text{ A}$$

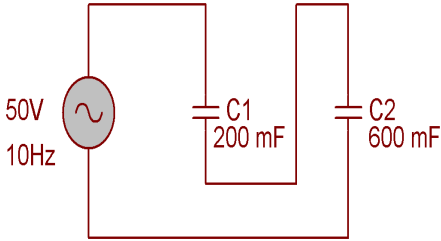
$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$I = I_{C1} = I_{C2} = I_{C3}$$

$$V = 54,89 + 36,59 + 18,29$$

$$V = 110 \text{ V}$$

Örnek 3.35. Aşağıdaki devrede eş değer kapasitansı, eş değer kapasitif reaktansı, devreden geçen akımı, kondansatörler üzerindeki akımları ve gerilimleri hesaplayınız.



$$C_{eş} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

$$XC_{eş} = \frac{1}{2.\pi.f.C_{eş}}$$

$$C_{eş} = \frac{200.600}{200 + 600}$$

$$XC_{eş} = \frac{1}{2.3,14.10.150.10^{-3}}$$

$$C_{eş} = 150 \text{ mF}$$

$$XC_{eş} = \frac{10^3}{9420}$$

$$XC_{eş} = 0,10 \Omega$$

$$XC_1 = \frac{1}{2.\pi.f.C_1}$$

$$XC_{eş} = XC_1 + XC_2$$

$$V_1 = I_{C1}.XC_1 = 500.0,08 = 40 \text{ V}$$

$$XC_1 = \frac{1}{2.3,14.10.200.10^{-3}}$$

$$XC_{eş} = 0,08 + 0,02$$

$$V_2 = I_{C2}.XC_2 = 500.0,02 = 10 \text{ V}$$

$$XC_1 = \frac{10^3}{12560} = 0,08 \Omega$$

$$XC_{eş} = 0,10 \Omega$$

$$V = V_1 + V_2$$

$$XC_2 = \frac{1}{2.3,14.10.600.10^{-3}}$$

$$I = \frac{V}{XC_{eş}}$$

$$V = 40 + 10$$

$$XC_2 = \frac{10^3}{37680} = 0,02 \Omega$$

$$I = \frac{50}{0,10}$$

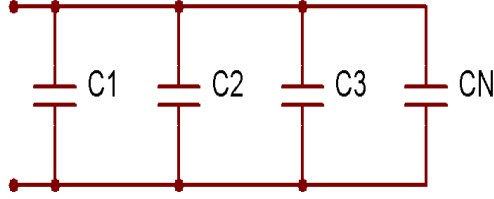
$$V = 50 \text{ V}$$

$$I = 500 \text{ A}$$

$$I = I_{C1} = I_{C2} = 500 \text{ A}$$

3.4.6. Alternatif Akımda Kondansatörlerin Paralel Bağlantıları

Kondansatörler paralel bağlandığında dirençlerdeki gibi değerleri düşmez. Eş değer kapasitans, paralel bağlı kondansatörlerin kapasitelerinin toplanması ile elde edilir. Kondansatörler paralel bağlandığında eş değer kapasite artar. Eş değer kapasitif reaktans ise dirençlerin paralel bağlantısındaki gibi matematiksel terslerinin toplanması ile elde edilir (Görsel 3.39).



Görsel 3.37: Kondansatörlerin paralel bağlantısı

$C_{eş} = C_1 + C_2 + C_3 + C_N$ (Paralel bağlı kondansatörlerin kapasitanslarının toplamı, eş değer kapasitansa eşittir.)

$\frac{1}{XC_{eş}} = \frac{1}{XC_1} + \frac{1}{XC_2} + \frac{1}{XC_3} + \frac{1}{XC_N}$ (Paralel bağlı kondansatörlerin kapasitif reaktanslarının matematiksel terslerinin toplamı, eş değer kapasitif reaktansa eşittir.)

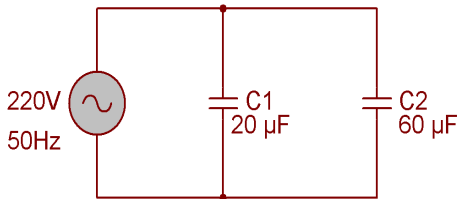
$XC_{eş} = \frac{XC_1 \cdot XC_2}{XC_1 + XC_2}$ (İki adet paralel bağlı kondansatörün eş değer kapasitif reaktans formülü)

$V = V_{C1} = V_{C2} = V_{C3} = V_{CN}$ (Paralel bağlı kondansatörlerin üzerinde düşen gerilimler, kaynak gerilimine eşittir.)

$I = \frac{V}{XC_{eş}} I_1 = \frac{V_{C1}}{XC_1} I_3 = \frac{V_{C2}}{XC_2} I_3 = \frac{V_{C3}}{XC_3} I_N = \frac{V_{CN}}{XC_N}$ (Akımlar ohm kanunu ile hesaplanır.)

$I = I_{C1} + I_{C2} + I_{C3} + I_{CN}$ (Paralel bağlı kondansatörlerin üzerinden geçen akımlarının toplamı, devre akımına eşittir.)

Örnek 3.36. Aşağıdaki devrede eş değer kapasitansı, eş değer kapasitif reaktansı, devreden geçen akımı, kondansatörler üzerindeki akımları, gerilimleri ve kapasitif reaktansları hesaplayınız.



$$C_{eş} = C_1 + C_2$$

$$C_{eş} = 20 + 60$$

$$C_{eş} = 80 \mu F$$

$$XC_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_1}$$

$$XC_1 = \frac{1}{2,3,14 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}$$

$$XC_1 = \frac{10^6}{6280} = 159,23 \Omega$$

$$XC_2 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_2}$$

$$XC_2 = \frac{1}{2,3,14 \cdot 50 \cdot 60 \cdot 10^{-6}}$$

$$XC_2 = \frac{10^6}{18840} = 53,07 \Omega$$





$$V = V_{C1} = V_{C2} = 220V$$

$$I = \frac{V}{XC_{eş}}$$

$$I_1 = \frac{V_{C1}}{XC_1} = \frac{220}{159,23} = 1,38A$$

$$XC_{eş} = \frac{XC_1 \cdot XC_2}{XC_1 + XC_2}$$

$$I = \frac{220}{39,80}$$

$$I_2 = \frac{V_{C2}}{XC_2} = \frac{220}{53,07} = 4,14A$$

$$XC_{eş} = \frac{159,23 \cdot 53,07}{159,23 + 53,07}$$

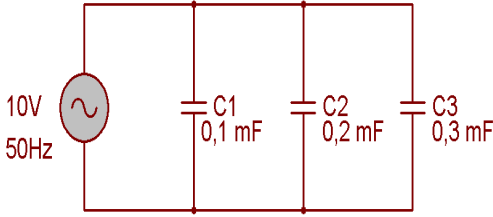
$$I = 5,52 A$$

$$I = I_{C1} + I_{C2}$$

$$I = 1,38 + 4,14 = 5,52A$$

$$XC_{eş} = 39,80 \Omega$$

Örnek 3.37. Aşağıdaki devrede eş değer kapasitansı, eş değer kapasitif reaktansı, devreden geçen akımı, kondansatörler üzerindeki akımları, gerilimleri ve kapasitif reaktansları hesaplayınız.



$$C_{eş} = C_1 + C_2 + C_3$$

$$XC_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_1}$$

$$C_{eş} = 0,1 + 0,2 + 0,3$$

$$XC_1 = \frac{1}{2,3,14 \cdot 50 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3}}$$

$$C_{eş} = 0,6mF$$

$$XC_1 = \frac{10^3}{31,4} = 31,84 \Omega$$

$$V = V_{C1} = V_{C2} = 10V$$

$$I = \frac{V}{XC_{eş}}$$

$$I_1 = \frac{V_{C1}}{XC_1} = \frac{10}{31,84} = 0,31A$$

$$XC_2 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_2}$$

$$\frac{1}{XC_{eş}} = \frac{1}{XC_1} + \frac{1}{XC_2} + \frac{1}{XC_3}$$

$$I = \frac{10}{5,34}$$

$$I_2 = \frac{V_{C2}}{XC_2} = \frac{10}{15,92} = 0,62A$$

$$XC_2 = \frac{1}{2,3,14 \cdot 50 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}}$$

$$\frac{1}{XC_{eş}} = \frac{1}{31,84} + \frac{1}{15,92} + \frac{1}{10,61}$$

$$I = 1,87 A$$

$$I_3 = \frac{V_{C3}}{XC_3} = \frac{10}{10,61} = 0,94A$$

$$XC_2 = \frac{10^3}{62,8} = 15,92 \Omega$$

$$XC_{eş} = 5,34\Omega$$

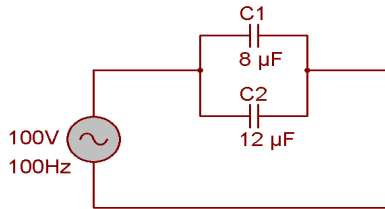
$$I = I_{C1} + I_{C2} + I_{C3}$$

$$XC_3 = \frac{1}{2,3,14 \cdot 50 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3}}$$

$$I = 0,31 + 0,62 + 0,94 = 1,87A$$

$$XC_3 = \frac{10^3}{94,2} = 10,61 \Omega$$

Örnek 3.38. Aşağıdaki devrede eş değer kapasitansı, eş değer kapasitif reaktansı, devreden geçen akımı, kondansatörler üzerindeki akımları, gerilimleri ve kapasitif reaktansları hesaplayınız.



$$C_{eş} = C_1 + C_2$$

$$XC_1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_1}$$

$$C_{eş} = 8 + 12$$

$$XC_1 = \frac{1}{2,3,14 \cdot 100 \cdot 8 \cdot 10^{-6}}$$

$$C_{eş} = 20\mu F$$

$$XC_1 = \frac{10^6}{5024} = 199 \Omega$$

$$V = V_{C1} = V_{C2} = 100V$$

$$I = \frac{V}{XC_{eş}}$$

$$I_1 = \frac{V_{C1}}{XC_1} = \frac{100}{199} = 0,50A$$

$$XC_2 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_2}$$

$$XC_{eş} = \frac{XC_1 \cdot XC_2}{XC_1 + XC_2}$$

$$I = \frac{100}{79,35}$$

$$I_2 = \frac{V_{C2}}{XC_2} = \frac{100}{132} = 0,76A$$

$$XC_2 = \frac{1}{2,3,14 \cdot 100 \cdot 12 \cdot 10^{-6}}$$

$$XC_{eş} = \frac{199 \cdot 132}{199 + 132}$$

$$I = 1,26 A$$

$$I = I_{C1} + I_{C2}$$

$$XC_2 = \frac{10^6}{7536} = 132 \Omega$$

$$XC_{eş} = 79,35 \Omega$$

$$I = 0,50 + 0,76 = 1,26A$$

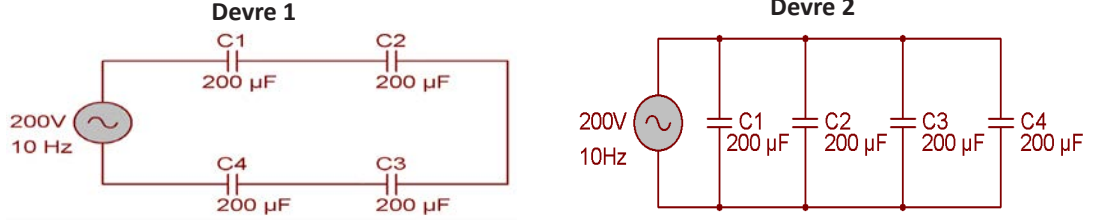
UYGULAMA ADI

ALTERNATİF AKIMDA KAPASİTANS HESABI

37. UYGULAMA

Amaç: Alternatif akımda bobinlerin kapasitans ve kapasitif reaktans hesaplarını yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



İşlem Basamakları

1. Yukarıdaki alternatif akıma bağlı kondansatör devrelerini inceleyiniz.
2. Devre 1 ve devre 2 için eş değer kapasitans ve eş değer kapasitif reaktans değerlerini hesaplayınız.
3. Bulduğunuz değerleri sonuçlar tablosuna yazınız.

Sonuçlar			
Devre 1		Devre 2	
$C_{eş}$		$C_{eş}$	
$XC_{eş}$		$XC_{eş}$	

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	İSG kurallarına uyulması ve süre kullanımı	10	
Sınıf:	2	Çalışma ortamında temizlik ve düzenin sağlanması	10	
No:	3	Devre 1'in $C_{eş}$ değerinin doğru hesaplanması	20	
ÖĞRETMEN		4	Devre 1'in $XC_{eş}$ değerinin doğru hesaplanması	20
Adı Soyadı:	5	Devre 2'in $C_{eş}$ değerinin doğru hesaplanması	20	
İmza:	TARİH	6	Devre 2'in $XC_{eş}$ değerinin doğru hesaplanması	20
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100





5. ALTERNATİF AKIM DEVRE ÇEŞİTLERİ VE HESAPLARI

Hazırlık Çalışması

Elektrik trafolarında ve panolarında hangi devre elemanları kullanılarak AC parametreleri kontrol edilebilir?

3.5.1. Alternatif Akım Devre Çeşitleri ve Hesapları

Direnç, bobin ve kondansatörler alternatif akım devrelerinde yalnız hâlde veya birlikte kullanıldıklarında gösterdikleri özellikleri bakımından birbirinden farklıdır. Alternatif akım devrelerinde özellikle faz farkı ve akıma karşı gösterdikleri iç direnç; enerji nakil hatlarında, trafo merkezlerinde ve elektrik dağıtım panolarında avantajlı hâlde getirilerek kesintisiz elektrik kullanmayı sağlar.

Direnç-bobin, direnç-kondansatör, direnç-bobin-kondansatör şeklinde seri veya paralel bağlantılar yapılarak kullanılır.

Alternatif akım devrelerinde direnç devre elemanı ile birlikte endüktif (bobinli) ya da kapasitif (kondansatörlü) devre elemanları kullanılırsa devre elemanlarının akıma karşı gösterdikleri toplam dirence **empedans** denir. **Z** ile ifade edilir ve birimi **ohm**dur (Ω). Empedans devrenin toplam direnci olarak da kullanılır.

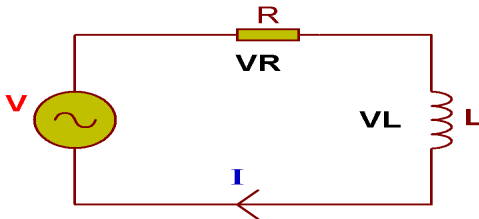
Ohm Kanunundan $I = V / R$ formülünde **R** direnci ifade eder. Endüktif ve kapasitif devrelerde de devre direnci **Z** olarak ifade edildiğinden $I = V / Z$ formülünden $Z = V / I$ olur.

3.5.2. Seri Devreler

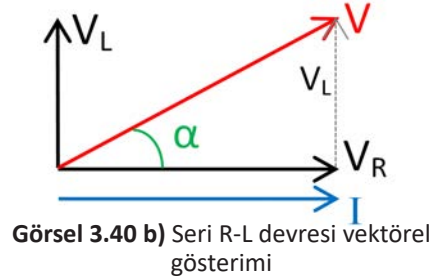
Seri devrelerde devre akımı ile devre elemanları üzerinden geçen akım eşittir. Ancak kaynak gerilimi ile devre elemanları üzerinde düşen gerilimler farklıdır. Bu yüzden seri devrelerin hesaplanmasında gerilim, direnç, endüktif reaktans, kapasitif reaktans ve empedans terimleri kullanılır.

Seri R-L Devreleri

Direnç ve bobinin, seri olarak alternatif akım kaynağına bağlanması ile oluşan devredir (Görsel 3.40:a). Bu devrelerde direnç normal özellik gösterir. Akım ve gerilim arasında faz farkı oluşturmaz. Ancak bobin, akım ve gerilim arasında faz farkı oluşturur. Bobin gerilimi, akımdan 90° ileridedir. Devre hesaplamaları yapılırken sinyallerin vektörel gösterimlerinden elde edilen formüller kullanılır (Görsel 3.40: b).

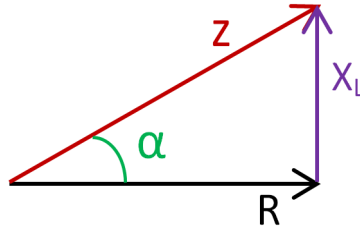


Görsel 3.40 a) Seri R-L devresi



Görsel 3.40 b) Seri R-L devresi vektörel gösterimi

Empedansın bulunmasında geometrideki pisagor teoremi ve Ohm Kanunu formülleri, faz farkı açısı olan α ise empedans üçgeni çizilerek trigonometrik formüller ile bulunur (Görsel 3.41).



Görsel 3.41: Seri R-L devresi empedans üçgeni

$$V^2 = V_R^2 + V_L^2$$

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

$$V_R = I \cdot R$$

$$V_L = I \cdot X_L$$

$$V = \sqrt{(I \cdot R)^2 + (I \cdot X_L)^2}$$

$$V = \sqrt{I^2 \cdot R^2 + I^2 \cdot X_L^2}$$

$$V = \sqrt{I^2 (R^2 + X_L^2)}$$

$$V = I \cdot \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} = \frac{V}{Z}$$

$$\sin \alpha = \frac{X_L}{Z}$$

$$\cos \alpha = \frac{R}{Z}$$

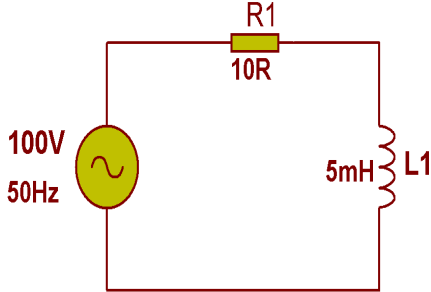
$$\tan \alpha = \frac{X_L}{R}$$

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{X_L}{Z}$$

$$\alpha = \cos^{-1} \frac{R}{Z}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{X_L}{R}$$

Örnek3.39. Aşağıdaki devrede endüktif reaktansı (X_L), devreden geçen akımı (I), devre empedansını (Z) ve faz açısını (α) hesaplayınız. Empedans üçgenini çiziniz



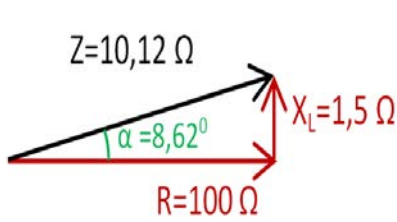
$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 1,57 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{10^2 + 1,57^2}$$

$$Z = 10,12 \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{100}{10,12}$$

$$I = 9,88 \text{ A}$$



$$\sin \alpha = \frac{X_L}{Z} = \frac{1,57}{10,12}$$

$$\sin \alpha = 0,15$$

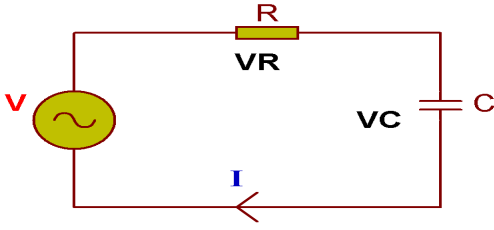
$$\alpha = \sin^{-1} 0,15$$

$$\alpha = 8,62^\circ$$

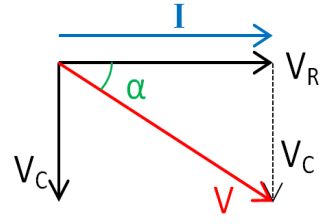
Seri R-C Devreleri

Direnç ve kondansatörün seri olarak alternatif akım kaynağına bağlanması ile oluşan devredir (Görsel 3.42: a). Bu devrelerde direnç normal özellik gösterir. Akım ve gerilim arasında faz farkı oluşturmaz. Ancak kondansatör akım ve gerilim arasında faz farkı oluşturur. Kondansatör gerilimi akımdan 90° geridedir. Devre hesaplamaları yapılırken sinyallerin vektörel gösterimlerinden elde edilen formüller kullanılır (Görsel 3.42: b).





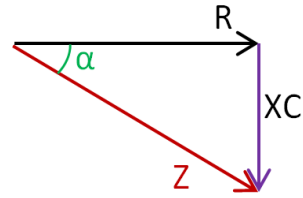
Görsel 3.44: a) Seri R-C devresi



b) Seri R-C devresi vektörel gösterimi

Seri R-C devrelerinde empedansın bulunmasında geometrideki pisagor teoremi ve Ohm Kanunu, faz farkı açısı olan α ise **empedans** üçgeni çizilerek trigonometrik formüller ile bulunur (Görsel 3.43).

$$\begin{aligned}V^2 &= V_R^2 + V_C^2 \\V &= \sqrt{V_R^2 + V_C^2} \\V_R &= I \cdot R \\V_C &= I \cdot XC \\V &= \sqrt{(I \cdot R)^2 + (I \cdot XC)^2} \\V &= \sqrt{I^2 \cdot R^2 + I^2 \cdot XC^2} \\V &= \sqrt{I^2 (R^2 + XC^2)} \\V &= I \cdot \sqrt{R^2 + XC^2} \\I &= \frac{V}{\sqrt{R^2 + XC^2}} = \frac{V}{Z} \\Z &= \sqrt{R^2 + XC^2}\end{aligned}$$

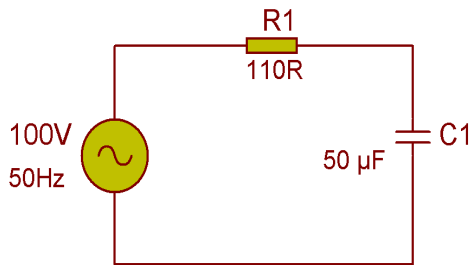


Görsel 3.43: Seri R-C devresi empedans üçgeni

$$\begin{aligned}\sin \alpha &= \frac{XC}{Z} \\ \cos \alpha &= \frac{R}{Z} \\ \tan \alpha &= \frac{XC}{R}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha &= \sin^{-1} \frac{XC}{Z} \\ \alpha &= \cos^{-1} \frac{R}{Z} \\ \alpha &= \tan^{-1} \frac{XC}{R}\end{aligned}$$

Örnek 3.40. Aşağıdaki devrede endüktif reaktansı (X_L), devreden geçen akımı (I), devre empedansını (Z) ve faz açısını (α) hesaplayınız. Empedans üçgenini çiziniz.



$$XC = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

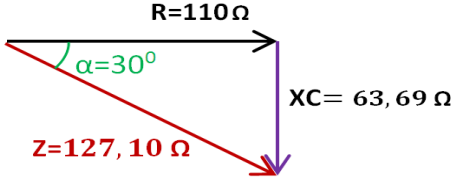
$$XC = \frac{1}{2,314 \cdot 50 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{15700} = 63,69 \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + XC^2} = \sqrt{(110^2 + 63,69^2)}$$

$$Z = 127,10 \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{100}{127,10}$$

$$I = 0,78 \text{ A}$$



$$\sin \alpha = \frac{XC}{Z} = \frac{63,69}{127,10}$$

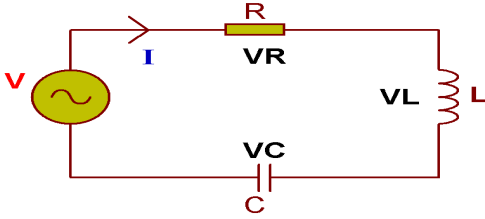
$$\sin \alpha = 0,5$$

$$\alpha = \sin^{-1}0,5$$

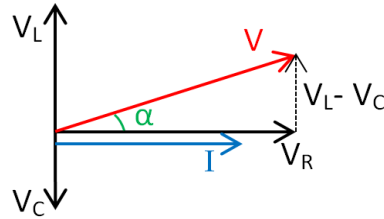
$$\alpha = 30^{\circ}$$

Seri R-L-C Devreleri

Direnç, bobin ve kondansatörün seri olarak alternatif akım kaynağına bağlanması ile oluşan devredir (Görsel 3.44: a). Bu devrelerde direnç, normal özellik göstererek akım ve gerilim arasında faz farkı oluşturmaz. Ancak bobin ile kondansatör akım ve gerilim arasında faz farkı oluşturur. Kondansatör gerilimi akımdan 90° geridedir. Bobin gerilimi ise akımdan 180° ileridedir. Vektör diyagramı üzerinde çizildiğinde kondansatör gerilimi ile bobin gerilimi arasında 180° faz farkı oluşur. Devre hesaplamaları yapılırken sinyallerin vektörel gösterimlerinden elde edilen formüller kullanılır (Görsel 3.44: b). Hesaplamalar bobin geriliminin kondansatör geriliminden fazla olduğu kabul edilerek yapılır. ($V_L > V_C$).



Görsel 3.44: a) Seri R-L-C devresi



b) Seri R-L-C devresi vektörel gösterimi

Seri R-L-C devrelerinde empedansın bulunmasında geometrideki pisagor teoreminden yararlanılır. Ohm kanunu ve faz farkı açısı olan α ile çizilen empedans üçgeninden trigonometrik formüller ile empedans bulunur (Görsel 3.45).

$$V^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2$$

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

$$V_R = I \cdot R$$

$$V_C = I \cdot X_C$$

$$V_L = I \cdot X_L$$

$$V = \sqrt{(I \cdot R)^2 + (I \cdot X_L - I \cdot X_C)^2}$$

$$V = \sqrt{(I \cdot R)^2 + (I \cdot (X_L - X_C))^2}$$

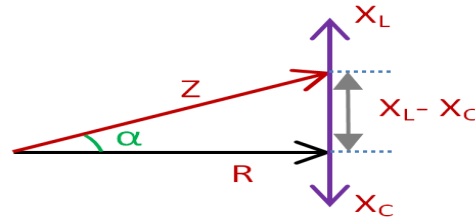
$$V = \sqrt{I^2 \cdot R^2 + I^2 (X_L - X_C)^2}$$

$$V = \sqrt{I^2 (R^2 + (X_L - X_C)^2)}$$

$$V = I \cdot \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{V}{Z}$$

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



Görsel 3.45: Seri R-L-C devresi empedans üçgeni

$$\sin \alpha = \frac{X_L - X_C}{Z}$$

$$\cos \alpha = \frac{R}{Z}$$

$$\tan \alpha = \frac{X_L - X_C}{R}$$

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{X_L - X_C}{Z}$$

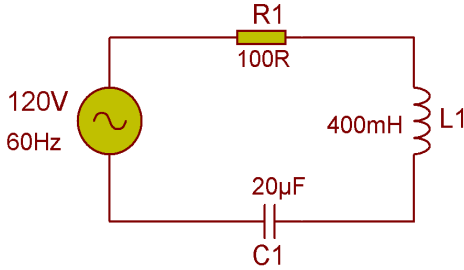
$$\alpha = \cos^{-1} \frac{R}{Z}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{X_L - X_C}{R}$$





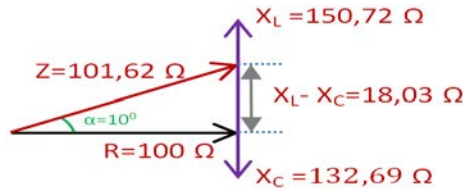
Örnek 3.41. Aşağıdaki devrede endüktif reaktansı (X_L), kapasitif reaktansı (X_C), devreden geçen akımı (I), devre elemanları üzerinde düşen gerilimleri (V_R, V_L, V_C), devre empedansını (Z) ve faz açısını (α) hesaplayınız. Empedans üçgenini çiziniz.



$$V_R = I \cdot R = 1,18 \cdot 100 = 118V$$

$$V_C = I \cdot X_C = 1,18 \cdot 132,69 = 156,57V$$

$$V_L = I \cdot X_L = 1,18 \cdot 150,72 = 177,84V$$



$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3,14 \cdot 60 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 150,72 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 60 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{7536} = 132,69 \Omega$$

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

$$Z = \sqrt{(100^2 + (150,72 - 132,69)^2)}$$

$$Z = \sqrt{(100^2 + (18,03)^2)}$$

$$Z = 101,612 \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{120}{101,612} = 1,18 A$$

$$\tan \alpha = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{18,03}{100}$$

$$\tan \alpha = 0,18$$

$$\alpha = \tan^{-1} 0,18$$

$$\alpha = 10^\circ$$

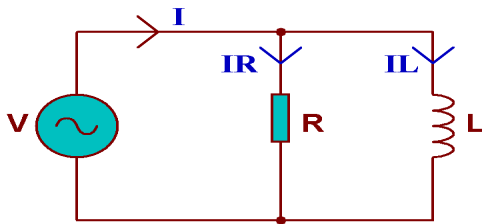
Seri RLC devrelerinde kondansatör ve bobin üzerinde düşen gerilimlere göre devrenin gösterdiği özellik değişir. Bobin gerilimi kondansatör geriliminden büyük ise RLC devresi, RL devresi (endüktif devre) özelliği gösterir. Kondansatör gerilimi bobin geriliminden büyük ise RLC devresi, RC devresi (kapasitif devre) özelliği gösterir.

3.5.3. Paralel Devreler

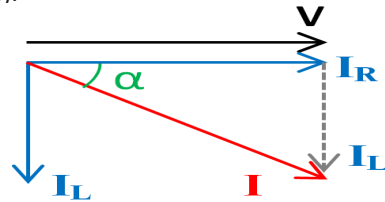
Paralel devrelerde kaynak gerilimi ile devre elemanları uçlarına uygulanan gerilimler eşittir. Ancak kaynaktan çekilen akım ile devre elemanları üzerinden geçen akımlar eşit değildir. Kaynaktan gelen toplam akım, paralel kollarda devre elemanlarının dirençlerine bağlı değişik değerlerde olur. Paralel devrelerin hesaplanmasında akım, direnç, endüktif reaktans, kapasitif reaktans ve empedans terimleri kullanılır.

Paralel R-L Devreleri

Direnç ve bobinin paralel olarak alternatif akım kaynağına bağlanması ile oluşan devredir (Görsel 3.46:a). Bu devrelerde direnç ve bobine eşit değerde kaynak gerilimi gelir. Direnç, akım ve gerilim arasında faz farkı oluşturmaz. Ancak bobin akımı ve gerilimle arasında 90° faz farkı oluşturur. Bobin akımı devre geriliminden 90° geridedir. Devre hesaplamaları yapılırken sinyallerin vektörel gösterimlerinden elde edilen formüller kullanılır (Görsel 3.46: b).



Görsel 3.46 a) Paralel R-L devresi



Görsel 3.46 b) Paralel R-L devresi vektörel gösterimi

$$I^2 = I_R^2 + I_L^2$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$$

$$I_R = \frac{V}{R} \quad I_L = \frac{V}{XL}$$

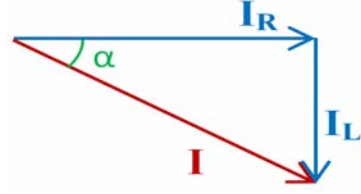
$$I = \sqrt{\left(\frac{V}{R}\right)^2 + \left(\frac{V}{XL}\right)^2}$$

$$I = \sqrt{\frac{V^2}{R^2} + \frac{V^2}{XL^2}}$$

$$I = V \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{XL^2}}$$

$$\frac{V}{I} = \frac{R \cdot XL}{\sqrt{(R^2 + XL^2)}} = Z$$

$$Z = \frac{R \cdot XL}{\sqrt{(R^2 + XL^2)}}$$



Görsel 3.47: Paralel R-L devresi akım üçgeni

$$\sin \alpha = \frac{I_L}{I}$$

$$\cos \alpha = \frac{I_R}{I}$$

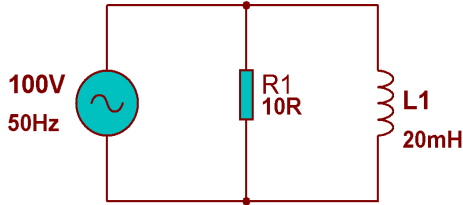
$$\tan \alpha = \frac{I_L}{I_R}$$

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{I_L}{I}$$

$$\alpha = \cos^{-1} \frac{I_R}{I}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{I_L}{I_R}$$

Örnek 3.42. Aşağıdaki devrede endüktif reaktansı (XL), devreden geçen akımları (I), devre empedansını (Z) ve faz açısını (α) hesaplayınız. Akım üçgenini çiziniz.



$$\cos \alpha = \frac{I_R}{I} = \frac{10}{18,86}$$

$$\cos \alpha = 0,5$$

$$\alpha = \cos^{-1} 0,5$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$XL = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 6,28 \Omega$$

$$Z = \frac{R \cdot XL}{\sqrt{(R^2 + XL^2)}} = \frac{10 \cdot 6,28}{\sqrt{(10^2 + 6,28^2)}}$$

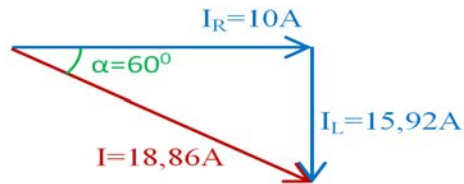
$$Z = 5,32 \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{100}{5,32} = 18,86 \text{ A}$$

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{100}{10} = 10 \text{ A} \quad I_L = \frac{V}{XL} = \frac{100}{6,28} = 15,92 \text{ A}$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2} = \sqrt{10^2 + 15,92^2} = 18,86 \text{ A}$$

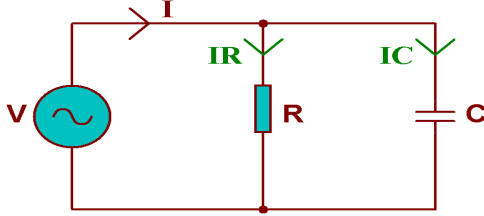
$$Z = \frac{V}{I} = \frac{100}{18,86} = 5,32 \Omega$$



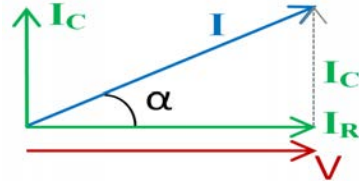


Paralel R-C Devreleri

Direnç ve kondansatörün paralel olarak alternatif akım kaynağına bağlanması ile oluşan devredir (Görsel 3.48:a). Bu devrelerde, direnç ve kondansatöre eşit değerde kaynak gerilimi gelir. Direnç akımı ve gerilim arasında faz farkı oluşturmaz. Ancak kondansatör akımı ve devre gerilimi arasında 90° faz farkı oluşturur. Kondansatör akımı devre geriliminden 90° ileridedir. Devre hesaplamaları yapılırken sinyallerin vektörel gösterimlerinden elde edilen formüller kullanılır (Görsel 3.48: b).

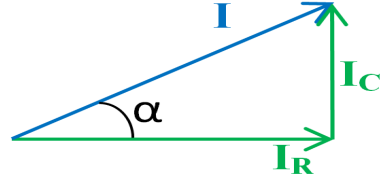


Görsel 3.48 a) Paralel R-C devresi



Görsel 3.48 b) Paralel R-C devresi vektörel gösterimi

$$I^2 = I_R^2 + I_C^2$$
$$I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$
$$I_R = \frac{V}{R} \quad I_C = \frac{V}{XC}$$
$$I = \sqrt{\left(\frac{V}{R}\right)^2 + \left(\frac{V}{XC}\right)^2}$$
$$I = \sqrt{\frac{V^2}{R^2} + \frac{V^2}{XC^2}}$$
$$I = V \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{XC^2}}$$
$$\frac{V}{I} = \frac{R \cdot XC}{\sqrt{(R^2 + XC^2)}} = Z$$
$$Z = \frac{R \cdot XC}{\sqrt{(R^2 + XC^2)}}$$

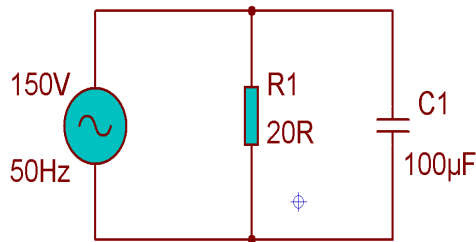


Görsel 3.49: Paralel R-C devresi akım üçgeni

$$\sin \alpha = \frac{I_C}{I}$$
$$\cos \alpha = \frac{I_R}{I}$$
$$\tan \alpha = \frac{I_C}{I_R}$$

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{I_C}{I}$$
$$\alpha = \cos^{-1} \frac{I_R}{I}$$
$$\alpha = \tan^{-1} \frac{I_C}{I_R}$$

Örnek 3.43. Aşağıdaki devrede endüktif reaktansı (XL), devreden geçen akımları (I), devre empedansını (Z) ve faz açısını (α) hesaplayınız. Akım üçgenini çiziniz.



$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{31400} = 31,84 \Omega$$

$$Z = \frac{R \cdot X_C}{\sqrt{(R^2 + X_C^2)}} = \frac{20 \cdot 31,84}{\sqrt{(20^2 + 31,84^2)}}$$

$$Z = 16,93 \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{150}{16,93} = 8,86 \text{ A}$$

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{150}{20} = 7,5 \text{ A} \quad I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{150}{31,84} = 4,71 \text{ A}$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} = \sqrt{7,5^2 + 4,71^2} = 8,86 \text{ A}$$

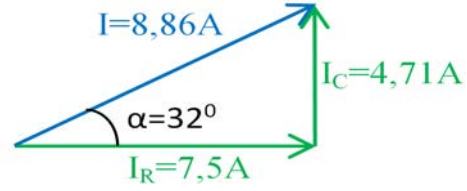
$$Z = \frac{V}{I} = \frac{150}{8,86} = 16,93 \Omega$$

$$\sin \alpha = \frac{I_C}{I} = \frac{4,71}{8,86}$$

$$\sin \alpha = 0,53$$

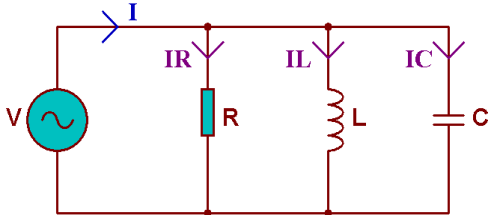
$$\alpha = \sin^{-1} 0,53$$

$$\alpha = 32^\circ$$

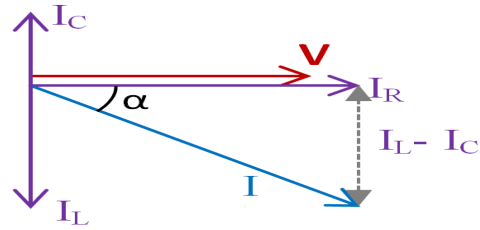


Paralel R-L-C Devreleri

Direnç, bobin ve kondansatörün paralel olarak alternatif akım kaynağına bağlanması ile oluşan devredir (Görsel 3.50: a). Kaynak gerilimi tüm devre elemanlarına aynı değerde gelir. Bu devrelerde direnç normal özellik göstererek akım ve gerilim arasında faz farkı oluşturmaz. Ancak bobin ile kondansatör, akım ve gerilim arasında faz farkı oluşturur. Kondansatör akımı devre geriliminden 90° ileridedir. Bobin akımı ise devre geriliminden 90° geridedir. Vektör diyagramı üzerinde çizildiğinde kondansatör akımı ile bobin akımı arasında 180° faz farkı oluşur. Devre hesaplamaları yapılırken sinyallerin vektörel gösterimlerinden elde edilen formüller kullanılır (Görsel 3.50: b). Hesaplamalar bobin akımının kondansatör akımından fazla olduğu kabul edilerek yapılır ($I_L > I_C$).

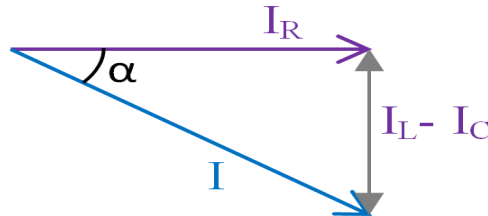


Görsel 3.50 a) Paralel R-L-C devresi



Görsel 3.50 b) Paralel R-L-C devresi vektörel gösterimi

Paralel R-L-C devrelerinde empedansın bulunmasında geometrideki pisagor teoreminden yararlanılır. Ohm kanunu ve faz farkı açısı olan α ile çizilen empedans üçgeninden trigonometrik formüller ile empedans bulunur (Görsel 3.45).



Görsel 3.51: Paralel R-L-C devresi akım üçgeni





$$I_R = \frac{V}{R} \quad I_L = \frac{V}{XL} \quad I_C = \frac{V}{XC}$$

$$I^2 = I_R^2 + (I_L - I_C)^2$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

$$Z = \frac{V}{I}$$

$$\sin \alpha = \frac{I_L - I_C}{I}$$

$$\cos \alpha = \frac{I_R}{I}$$

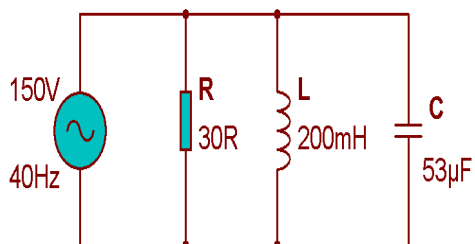
$$\tan \alpha = \frac{I_L - I_C}{I_R}$$

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{I_L - I_C}{I}$$

$$\alpha = \cos^{-1} \frac{I_R}{I}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{I_L - I_C}{I_R}$$

Örnek 3.44. Aşağıdaki devrede endüktif reaktansı (XL), kapasitif reaktansı (XC), devreden geçen akımları (I, IR, IL, IC), devre empedansını (Z) ve faz açısını (α) hesaplayınız. Akım üçgenini çiziniz.



$$XL = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3,14 \cdot 40 \cdot 200 \cdot 10^{-3} = 50 \Omega$$

$$XC = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 40 \cdot 53 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{13313} = 75 \Omega$$

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{150}{30} = 5A$$

$$I_L = \frac{V}{XL} = \frac{150}{50,24} = 3A$$

$$I_C = \frac{V}{XC} = \frac{150}{75,11} = 2A$$

$$I^2 = I_R^2 + (I_L - I_C)^2$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

$$I = \sqrt{5^2 + (3 - 2)^2}$$

$$I = 5,09A$$

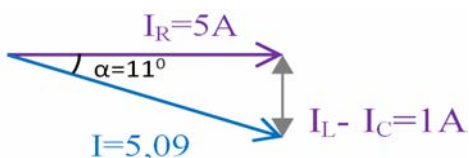
$$Z = \frac{V}{I} = \frac{150}{5,09} = 29,46 \Omega$$

$$\sin \alpha = \frac{I_L - I_C}{I} = \frac{3-2}{5,09} = \frac{1}{5,09}$$

$$\sin \alpha = 0,196$$

$$\alpha = \sin^{-1} 0,196$$

$$\alpha = 11^\circ$$



3.5.4. Rezonans Devreleri

Bobin ve kondansatörler enerji depolayabilen devre elemanlarıdır. Bobin etrafında oluşan manyetik alan içerisinde, kondansatör ise iki plaka arasında elektrik alanı olarak enerjiyi depolar. Alternatif akım uygulanan devrelerde bobin ve kondansatör, birbirlerine zıt yönde gerilim ve akım arasında faz farkı oluşturur. Uygulanan alternatif akımın frekansından dolayı devre üzerinden geçen akım, gerilim, endüktans, kapasitans ve empedans değerleri de sürekli değişir.

Kaynak geriliminin belirli bir frekans değerinde, devrenin endüktansı (XL) ve kapasitansı (XC) eşit değerde olur. Bu durumda bobin ve kondansatörün üzerlerinden geçtikleri akımların değerleri eşit olur. Ancak yönleri arasında 180° faz farkı olduğu için birbirlerini sıfırlar. Bobin ve kondansatörün dirençleri olarak adlandırılan XL ve XC değeri, zıt yönde olunca akıma karşı gösterdikleri direnç değeri sıfır olur. Bu durumda devrenin toplam empedansı, sadece direnç devre elemanının gösterdiği zorluk kadardır ve devreden maksimum akım geçer.

Akım ve gerilim arasında faz farkının oluşmadığı ve maksimum akım geçişinin sağlandığı bu devrelere **rezonans devresi** denir. Rezonans devresi özelliği gösteren RLC devrelerinde, bobin ve kondansatörün devreye yaptıkları endüktif ve kapasitif etkinin ortadan kalktığı frekans değerine de **rezonans frekansı** denir. Bu frekans f_r ile ifade edilir ve birimi **hertz**dir (Hz).

Bobin ve kondansatörün birlikte kullanıldığı seri ve paralel devrelerde **rezonans**, bobinin oluşturduğu endüktans ile kondansatörün oluşturduğu kapasitans değerlerinin matematiksel eşit olması durumunda devrenin gösterdiği özelliktir.

Seri ve paralel devrelerde rezonans frekansı değeri $X_L = X_C$ eşitliğinden elde edilir.

$$X_L = X_C$$

$$2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

$$2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C = 1$$

$$2^2 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot L \cdot C = 1$$

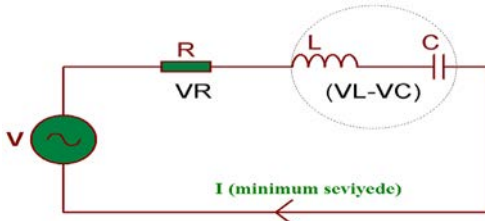
$$f^2 = \frac{1}{2^2 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C}$$

$$\sqrt{f^2} = \sqrt{\frac{1}{2^2 \cdot \pi^2 \cdot L \cdot C}}$$

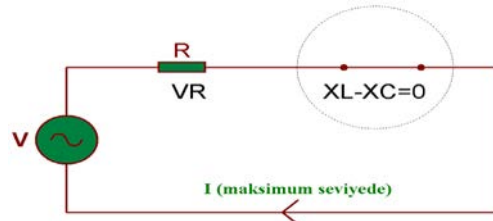
$$f_r = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Seri Rezonans Devresi

Bobin ve kondansatörün seri olarak bağlandığı, f_r frekansında rezonans özelliği gösteren seri RLC devrelerine seri rezonans devresi denir (Görsel 3.52:a). Devre rezonans özelliği gösterdiği anda endüktif reaktans (X_L) ve kapasitif reaktans (X_C) birbirine eşit ancak zıt yönde olur. Toplam devre empedansı sadece R direnç değeri kadardır. Devrenin toplam empedansı düşüktür ve geçen akım maksimum seviyededir (Görsel 3.52:b). Rezonans frekansı dışında devrenin toplam empedansı yüksektir ve geçen akım minimum seviyededir.



Görsel 3.52 a) Seri rezonans devresi



Görsel 3.52 b) f_r frekansında seri rezonans devresi

Rezonans durumunda bobin gerilimi 90° fazda iken kondansatör gerilimi -90° fazdadır. Seri rezonans frekansında devre gerilimi ile devre akımı aynı fazdadır ve faz açısı sıfırdır. Devre seri olduğu için devre akımı tüm devre elemanlarından aynı değerde geçer.

Seri rezonans devresi formülleri şunlardır:

$$f_r = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

$X_L - X_C = 0$ ise;

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

$$Z = R \quad V = V_R Z = \frac{V}{I}$$



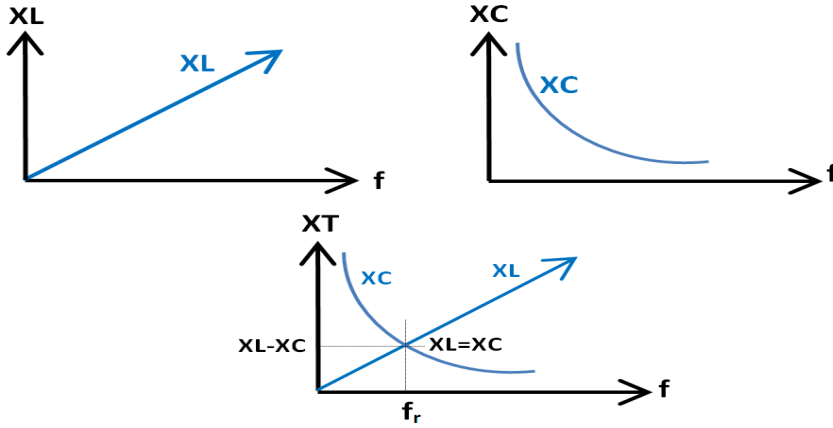


XL ve XC değerlerine göre devrenin gösterdiği özellikler şunlardır:

XL > XC ise devre endüktif özellik gösterir. Devreye uygulanan AC frekansı, rezonans frekansından büyüktür.

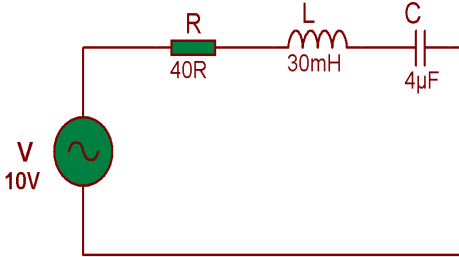
XL < XC ise devre kapasitif özellik gösterir. Devreye uygulanan AC frekansı, rezonans frekansından küçüktür.

XL = XC ise devre rezonans özellik gösterir. Devreye uygulanan AC frekansı, rezonans frekansına eşittir (Görsel 3.53).



Görsel 3.53: Seri rezonans frekansında XL ve XC değerleri

Örnek 3.45. Aşağıdaki devrenin rezonans frekansını (f_r), rezonans esnasındaki endüktif reaktansı (XL), kapasitif reaktansı (XC), bobin ve kondansatör üzerindeki gerilimleri (VL, VC), devreden geçen akımı (I) ve devre empedansını (Z) hesaplayınız



$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}} = \frac{1}{2\pi \cdot 14 \cdot \sqrt{30 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-6}}} = 460$$

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2\pi \cdot 460 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 86,66 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 460 \cdot 4 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{11555} = 86,66 \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{10}{40} = 0,25A$$

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

$$Z = \sqrt{(40^2 + (86,66 - 86,66)^2)} = 40 \Omega$$

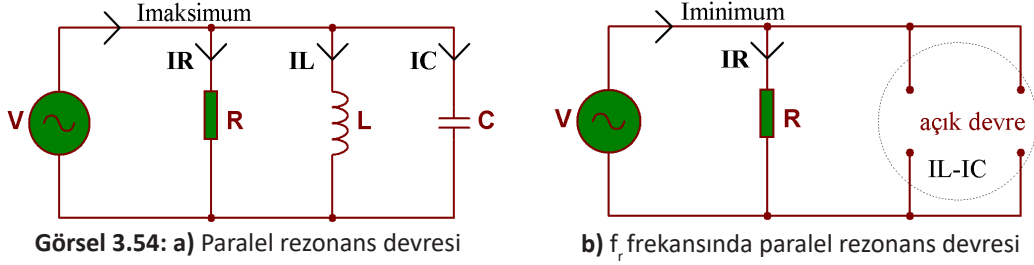
$$V_L = I \cdot X_L = 0,25 \cdot 86,66 = 21,66V$$

$$V_C = I \cdot X_C = 0,25 \cdot 86,66 = 21,66V$$

Paralel Rezonans Devresi

Bobin ve kondansatörün paralel olarak bağlandığı, f_r frekansında rezonans özelliği gösteren paralel RLC devrelerine **paralel rezonans devresi** denir (Görsel 3.54:a). Devre rezonans özelliği gösterdiği anda bobin akımı (IL) ve kondansatör akımı (IC) birbirine eşit ancak zıt yönde olur. Akımların eşit olduğu anda XL ve XC değerleri de eşit olur.

Paralel RLC devresinde rezonans anında devrenin empedansı maksimum değerde, akım ise minimum değerde olur. Devrenin toplam empedansı düşük, geçen akım maksimum seviyededir (Görsel 3.54:b). Rezonans frekansı dışında devrenin toplam empedansı düşük, geçen akım maksimum seviyededir.



Görsel 3.54: a) Paralel rezonans devresi

b) f_r frekansında paralel rezonans devresi

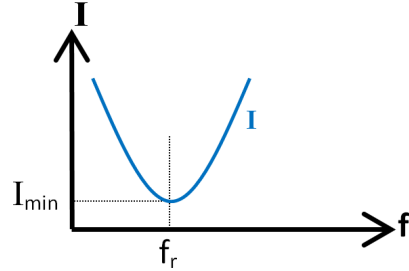
Paralel rezonans anında devre akımı ile devre gerilimi aynı fazdadır. Faz açısı sıfırdır. Seri rezonans devrelerinde f_r frekansında devreden maksimum akım geçerken paralel rezonans devrelerinde f_r frekansında devreden minimum akım geçer (Görsel 3.55).

$$I_R = \frac{V}{R} \quad I_L = \frac{V}{XL} \quad I_C = \frac{V}{XC}$$

$$I^2 = I_R^2 + (I_L - I_C)^2$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

$$Z = \frac{V}{I}$$



Görsel 3.55: Paralel rezonans frekansında devre akımı

Paralel rezonans devresi formülleri;

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

$$I_L - I_C = 0 \text{ ise;}$$

$$I = I_R \quad XL = XC$$

$$Z = R \quad I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{R}$$

$$I_L = \frac{V}{XL} \quad I_C = \frac{V}{XC} \quad I_R = \frac{V}{R}$$

IL ve IC değerlerine göre devrenin gösterdiği özellikler;

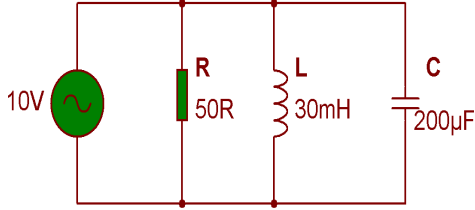
$I_L > I_C$ ise devre endüktif özellik gösterir. Devreye uygulanan AC frekansı, rezonans frekansından küçüktür.

$I_L < I_C$ ise devre kapasitif özellik gösterir. Devreye uygulanan AC frekansı, rezonans frekansından büyüktür.

$I_L = I_C$ ise devre rezonans özellik gösterir. Devreye uygulanan AC frekansı, rezonans frekansına eşittir.

Örnek 3.46. Aşağıdaki devrenin rezonans frekansını (f_r), rezonans esnasındaki endüktif reaktansı (XL), kapasitif reaktansı (XC), bobin ve kondansatör üzerindeki akımları (I_L, I_C), devreden geçen akımını (I) ve devre empedansını (Z) hesaplayınız.





$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi \cdot 14,65,35 \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^{-6}} = 65,35 \text{ Hz}$$

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 2\pi \cdot 14,65,35 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 12,2 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 14,65,35 \cdot 200 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{82000} = 12,2 \Omega$$

$$X_L = X_C \text{ ise } I_L = I_C \text{ olur.}$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{10}{12,2} = 0,81 \text{ A} \quad I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{10}{12,2} = 0,81 \text{ A}$$

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{10}{50} = 0,20 \text{ A} \quad I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

$$I = I_R = 0,20 \text{ A}$$

Rezonans frekansında devre empedansı;

$$Z = R = 50 \Omega$$

3.5.5. Alternatif Akım Devrelerinde Güç

Birim zamanda yapılan işe **güç** denir. **Elektrikte güç** ise birim zamanda elektrik enerjisinin yaptığı işe denir. Elektrikli cihazların bir saniyede harcadıkları enerji miktarları birbirinden farklıdır. Yapılan iş harcanan elektrik enerjisi ile doğru orantılıdır. Harcanan elektrik enerjisi miktarı arttıkça yapılan iş de artar.

Bir elektrikli cihazın gücü devreden geçen akım ve gerilimin çarpılmasıyla bulunur. Güç devrede kullanılan elektrik akımı türüne göre değişiklik gösterir. Doğru akım kaynaklarında akım ve gerilim zamana göre sabit olduğu için güç hesaplanırken sadece akım ve gerilim çarpılır. Ancak alternatif akımda güç hesapları yapılırken bir çok parametre kullanılır. Devrelerde bobin ve kondansatörlerin kullanılması ile akım ve gerilim arasında faz farkı oluşur. Alternatif akım ve gerilimin değerleri de zamana göre değişiklik gösterir. Bu sebeple alternatif akımda gücün aktif, reaktif ve görünür güç olarak çeşitleri vardır.

Aktif Güç

Şehir şebekesinden çekilen ve alternatif akım devresinde işi yapan güce **aktif güç** denir. Gerçek güç olarak adlandırılır, **P** ile ifade edilir ve birimi **watt** (W). Ev kullanıcıları için elektrik sayaçlarında okunan ve faturalandırma yapılan güçtür (Görsel 3.56).



Görsel 3.56: Elektrik sayaçları

Aktif güç formülü

$$P = V \cdot I \cdot \cos\phi$$

P: Aktifgüç (watt)

V: Gerilim (volt)

I: Akım (amper)

cosφ: Akım ve gerilim arasındaki faz açısı

Reaktif Güç

Bobin ve kondansatörler alternatif akımda enerji depolayan devre elemanlarıdır. Üzerlerinde depoladıkları enerjinin tamamını cihazlarda kullanamaz. Kullanılmayan bu enerjiyi şehir şebekesine geriye gönderirler. Cihazlarda aktif güce dönüştürülemeyen bu güce **reaktif güç** denir. Kör güç olarak da adlandırılır, **Q** ile ifade edilir ve birimi **VAR**dır(volt-ampere-reaktif).

Reaktif güç, hatlar ve trafolarda fazladan yüklenmelere sebep olur. Bu durumda da iletim hatları ve kablo kesitleri arttırılmak zorunda kalınır ve maliyet yükselir.



Görsel 3.57: Reaktif güç kompanzasyon panosu

Reaktif güç formülü

$$Q = V \cdot I \cdot \sin\phi$$

Q: Reaktif güç (VAR)

V: Gerilim (volt)

I: Akım (amper)

cosφ: Akım ve gerilim arasındaki faz açısı

Bobinin reaktif gücüne **endüktif reaktif güç**, kondansatörün reaktif gücüne **kapasitif reaktif güç** denir. Aralarında 180° faz farkı vardır. Endüktif ve kapasitif alıcılı devreler, aktif gücün yanında reaktif güç de çekerler. Şebeke hattından çekilen bu reaktif güç, kondansatör ve bobinin reaktif güçleri arasındaki faz farkının avantaj olarak kullanıldığı **reaktif güç kompanzasyon panoları** ile dengede tutulur (Görsel 3.57). Kompanzasyon yapılmayan yüksek güçlü tesisler, reaktif gücün ileri geri yönde hareketinden dolayı hasar görür. Bunun sonucunda voltaj düşmelerine, şalt malzemelerinin aşınmasına, enerji kayıplarına ve işletme maliyetlerinin artmasına sebep olur.

Reaktif güç; senkron ile asenkron motorlar, endüksiyon fırınlar, kaynak makineleri, neon ile floresan lamba balastları, redresörler, transformatörler gibi endüktif ve kapasitif devreler içeren cihazların bulunduğu yüksek enerji kapasiteli tesislerde ortaya çıkar.

Görünür Güç

Şebekeden çekilen toplam güce **görünür güç** denir. Zahirî güç olarak da ifade edilir. Bu güç **S** ile ifade edilir ve birimi **VA**dır(volt-ampere). Alternatif akım devrelerinin ve sistemlerinin tasarımında dikkate alınan güç değeridir. Görünür güç aktif ve reaktif gücün bileşkesidir. Bir tesisin şebekeden çekeceği toplam güç olarak değerlendirilir.

Görünür güç formülü

$$S = V \cdot I$$

S: Görünür güç (VA)

V: Gerilim (Volt)

I: Akım (Amper)

3.5.6. Alternatif Akım Devrelerinde Güç Üçgeni ve Katsayısı

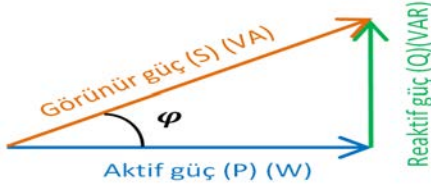
Alternatif akımdaki güç hesaplamaları yapılırken güç üçgeni ve güç katsayısı parametreleri kullanılır.





Güç Üçgeni

Alternatif akım sistemlerinde aktif, reaktif ve görünür güç arasındaki ilişki **güç üçgeni** kullanılarak hesaplanır (Görsel 3.58).



Görsel 3.58: Güç üçgeni

$$\text{Görünür güç: } S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$\text{Aktif güç: } P = S \cdot \cos\phi$$

$$\text{Reaktif güç: } Q = S \cdot \sin\phi$$

Güç Katsayısı

Alternatif akımda sistemde kullanılan aktif gücün, sistemin görünür gücüne oranına **güç katsayısı** denir. Kompanzasyon panolarında sistemin güç katsayısı kontrol altında tutulur. Kompanze devre elemanları ile güç katsayısında anlık düzeltmeler yapılarak akım ve gerilim arasındaki faz açısı mümkün olduğu kadar düşürülür.

Güç katsayısı 0 ile 1 arasında değer alır. Bu değer 1'e yakın olması sistemin reaktif gücünün az olduğu, aktif gücün ideale yakın kullanıldığı anlamına gelir.

$$\cos\phi = \frac{P \text{ (Aktif güç)}}{S \text{ (Görünür güç)}}$$

$\cos\phi=1$ ise devrenin faz açısı sıfırdır. Omik yüklü devredir.

$\cos\phi$ = Pozitif bir değer ise devrenin faz açısı $0^\circ < \phi < 90^\circ$ arasındadır. Geri fazlıdır ve endüktif yüklü devredir.

$\cos\phi$ = Negatif bir değer ise devrenin faz açısı $-90^\circ < \phi < 0^\circ$ arasındadır. İleri fazlıdır ve kapasitif yüklü devredir.

Örnek 3.47. Şebeke hattından 220V gerilim, 5A akım çeken su motorunun güç katsayısı 0,5 ise aktif, reaktif ve görünür güç değerlerini hesaplayınız. Güç üçgenini çiziniz ($\cos 60^\circ=0,5$, $\sin 60^\circ=0,866$).

$$P = V \cdot I \cdot \cos\phi$$

$$Q = V \cdot I \cdot \sin\phi$$

$$S = V \cdot I$$

$$\cos\phi = \frac{P \text{ (Aktif güç)}}{S \text{ (Görünür güç)}}$$

$$P = 220 \cdot 5 \cdot \cos 60^\circ$$

$$Q = 220 \cdot 5 \cdot \sin 60^\circ$$

$$S = 220 \cdot 5$$

$$P = 220 \cdot 5 \cdot 0,5$$

$$Q = 220 \cdot 5 \cdot 0,866$$

$$S = 1100 \text{ VA}$$

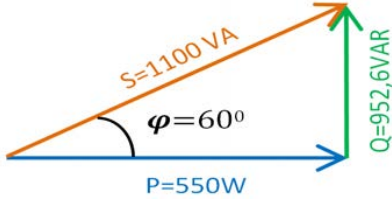
$$\cos\phi = \frac{550}{1100}$$

$$P = 550 \text{ W}$$

$$Q = 952,6 \text{ VAR}$$

$$\cos\phi = 0,5$$

$$\cos^{-1}0,5 = 60^\circ$$



Aktif güç: $P = S \cdot \cos\varphi = 1100 \cdot \cos 60^\circ = 550W$

Reaktif güç: $Q = S \cdot \sin\varphi = 1100 \cdot \sin 60^\circ = 952,6 VAR$

Görünür güç: $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{550^2 + 952,6^2} = 1100VA$

Örnek3.48. Şebeke hattından 220V gerilim, 0,09A akım çeken fluoraslan lambanın güç katsayısı 0,866 ise lambanın aktif, reaktif ve görünür güç değerlerini hesaplayınız. Güç üçgenini çiziniz. ($\cos 30^\circ=0,866$, $\sin 30^\circ=0,5$)

$P = V \cdot I \cdot \cos\varphi$

$Q = V \cdot I \cdot \sin\varphi$

$S = V \cdot I$

$\cos\varphi = \frac{P \text{ (Aktif güç)}}{S \text{ (Görünür güç)}}$

$P = 220 \cdot 0,09 \cdot \cos 30^\circ$

$Q = 220 \cdot 0,09 \cdot \sin 30^\circ$

$S = 220 \cdot 0,09$

$\cos\varphi = \frac{17,146}{19,8}$

$P = 220 \cdot 0,09 \cdot 0,866$

$Q = 220 \cdot 0,09 \cdot 0,5$

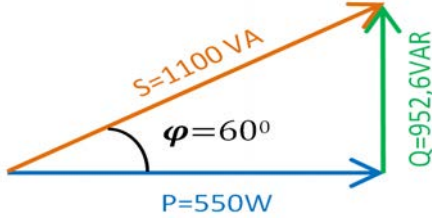
$S = 19,8 VA$

$\cos\varphi = 0,866$

$P = 17,146W$

$Q = 9,9 VAR$

$\cos^{-1}0,866 = 30^\circ$



Aktif güç: $P = S \cdot \cos\varphi = 19,80 \cdot \cos 30^\circ = 19,80 \cdot 0,86 = 550W$

Reaktif güç: $Q = S \cdot \sin\varphi = 19,80 \cdot \sin 30^\circ = 19,80 \cdot 0,5 = 9,9 VAR$

Görünür güç: $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{(17,146)^2 + (9,9)^2} = 19,80VA$





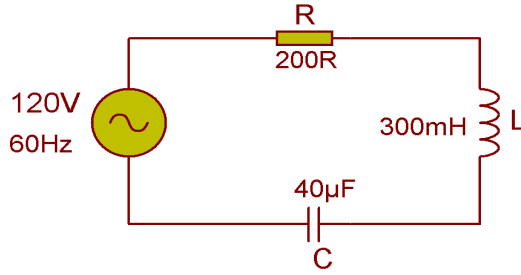
UYGULAMA ADI

SERİ RLC DEVRE HESABI

38. UYGULAMA

Amaç: Alternatif akım kaynağına seri bağlanan direnç, bobin ve kondansatörlü devrelerde hesaplamalar yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



İşlem Basamakları

1. Yukarıdaki seri RLC devresini inceleyiniz.
2. Devre elemanları üzerindeki değerleri kullanarak X_L , X_C , I , V_R , V_L , V_C , Z , α değerlerini hesaplayınız.
3. Empedans üçgenini çizin ve bulduğunuz empedanslar ile faz açısını üçgen üzerinde belirtiniz.
4. Hesapladığınız tüm değerleri sonuçlar tablosuna yazınız.

Sonuçlar

Sonuçlar			
X_L		I	
X_C		Z	
α açısı		V_R	
V_L		V_C	

ÖĞRENCİ

DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ

Adı Soyadı:	1	İSG kurallarına uyulması ve süre kullanımı	10	
Sınıf:	2	Çalışma ortamında temizlik ve düzenin sağlanması	10	
No:	3	Endüktif reaktans ve kapasitif reaktansın doğru hesaplanması	20	
ÖĞRETMEN		4	Devre akımı, gerilimleri ve empedansı doğru hesaplanması	20
Adı Soyadı:	5	Empedans üçgeni doğru çizilmesi	20	
İmza:	TARİH	6	Empedansların ve faz açısının üçgen üzerinde doğru belirtilmesi.	20
	...../...../.....		TOPLAM PUAN	100

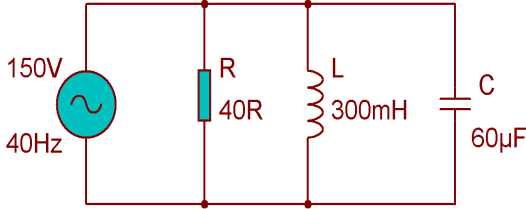
UYGULAMA ADI

PARALEL RLC DEVRE HESABI

39. UYGULAMA

Amaç: Alternatif akım kaynağına paralel bağlanan direnç, bobin ve kondansatörlü devrelerde hesaplamalar yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



İşlem Basamakları

1. Yukarıdaki paralel RLC devresini inceleyiniz.
2. Devre elemanları üzerindeki değerleri kullanarak X_L , X_C , I , I_R , I_L , I_C , Z , α değerlerini hesaplayınız.
3. Akım üçgenini çizin ve bulduğunuz akımlar ile faz açısını üçgen üzerinde belirtiniz.
4. Hesapladığınız tüm değerleri sonuçlar tablosuna yazınız.

Sonuçlar			
X_L		I	
X_C		Z	
α açısı		I_R	
I_L		I_C	

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:		1	İSG kurallarına uyulması ve süre kullanımı	10
Sınıf:		2	Çalışma ortamında temizlik ve düzenin sağlanması.	10
No:		3	Endüktif reaktans ve kapasitif reaktansın doğru hesaplanması.	20
ÖĞRETMEN		4	Devreki akımların ve devre empedansının doğru hesaplanması.	20
Adı Soyadı:		5	Akım üçgeninin doğru çizilmesi.	20
İmza:	TARİH	6	Akımların ve faz açısının üçgen üzerinde doğru belirtilmesi.	20
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100





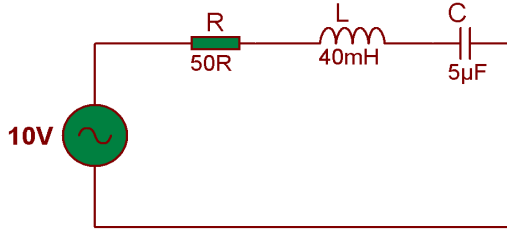
UYGULAMA ADI

SERİ REZONANS DEVRE HESABI

40. UYGULAMA

Amaç: Alternatif akım kaynağına seri bağlanan direnç, bobin ve kondansatörlü devrelerde rezonans hesaplamalarını yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



İşlem Basamakları

1. Yukarıdaki seri RLC devresini inceleyiniz.
2. Devre elemanları üzerindeki değerleri kullanarak f_r , X_L , X_C , I , V_L , V_C , Z değerlerini hesaplayınız.
3. Hesapladığınız tüm değerleri sonuçlar tablosuna yazınız.

Sonuçlar			
X_L		I	
X_C		Z	
V_L		V_C	
f_R			

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	İSG kurallarına uyulması ve süre kullanımı	10	
Sınıf:	2	Çalışma ortamında temizlik ve düzenin sağlanması	10	
No:	3	Rezonans frekansının doğru hesaplanması	20	
ÖĞRETMEN		4	Bobin ve kondansatör üzerindeki gerilimlerinde doğru hesaplanması	20
Adı Soyadı:	5	Endüktif reaktansın ve kapasitif reaktansın doğru hesaplanması	20	
İmza:	TARİH	6	Devre akımının ve empedansının doğru hesaplanması	20
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100

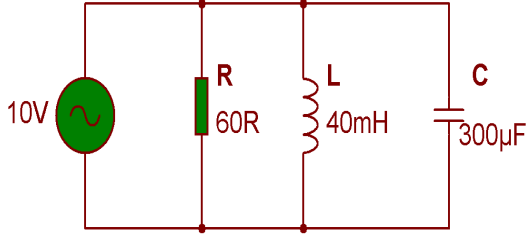
UYGULAMA ADI

PARALEL REZONANS DEVRE HESABI

41. UYGULAMA

Amaç: Alternatif akım kaynağına paralel bağlanan direnç, bobin ve kondansatörlü devrelerde rezonans hesaplamaları yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



İşlem Basamakları

1. Yukarıdaki paralel RLC devresini inceleyiniz.
2. Devre elemanları üzerindeki verileri kullanarak f_r , X_L , X_C , I , I_L , I_C , Z değerlerini hesaplayınız.
3. Hesapladığınız tüm değerleri aşağıdaki tabloya yazınız.

Sonuçlar			
X_L		I	
X_C		Z	
I_L		I_C	
f_r			

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	İSG kurallarına uyulması ve süre kullanımı	10	
Sınıf:	2	Çalışma ortamında temizlik ve düzenin sağlanması	10	
No:	3	Rezonans frekansının doğru hesaplanması	20	
ÖĞRETMEN		4	Bobin ve kondansatör üzerindeki gerilimlerin doğru hesaplanması	20
Adı Soyadı:	5	Endüktif reaktansın ve kapasitif reaktansın doğru hesaplanması	20	
İmza:	TARİH	6	Devre akımının ve empedansının doğru hesaplanması	20
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100





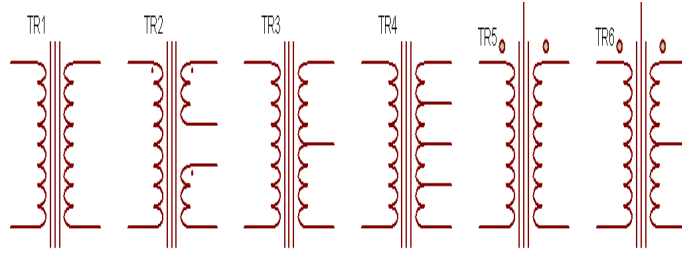
6. TRANSFORMATÖRLERİN ÖZELLİKLERİ VE ÇEŞİTLERİ

Hazırlık Çalışması

Cep telefonları 5V ile şarj olmaktadır. Sizce şarj aletini 220V prize takınca 5V'a nasıl düşmektedir?

3.6.1. Transformatörlerin Özellikleri ve Çeşitleri

Santrallerde üretilen alternatif akım ve gerilim değerini yükseltme ya da alçaltma işlemini sağlayan elektrik makinelerine **transformatör** denir. Kısaca **trafo** olarak da adlandırılır. Transformatörler elektrik enerjisinin şeklini ve frekansını değiştirmez sadece genliğini değiştirir. Transformatörlerin çeşitlerine göre sembolleri farklıdır (Görsel 3.59).



Görsel 3.59: Transformatör sembolleri

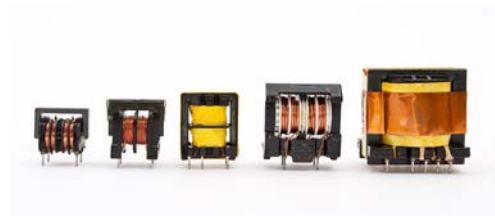
Elektrik enerjisini iletmek, dağıtmak ve toplamak transformatör merkezleri ile şalt sahalarından oluşan tesisler vasıtasıyla gerçekleşir. Bu tesislerde güç transformatörleri, ayırıcılar, devre kesicileri, yüksek gerilim sigortaları, parafudurlar, kondansatörler, bobinler, röleler ve topraklama aparatları kullanılır.

Yüksek güçlü transformatörler üretilen elektrik enerjisinin daha uzak mesafelere taşınması için yükseltilmesi, şehir şebekesinde kullanılabilmesi için de yüksek gerilim hatlarından gelen enerjinin düşürülmesini sağlar (Görsel 3.60).



Görsel 3.60: Yüksek güçlü transformatörler

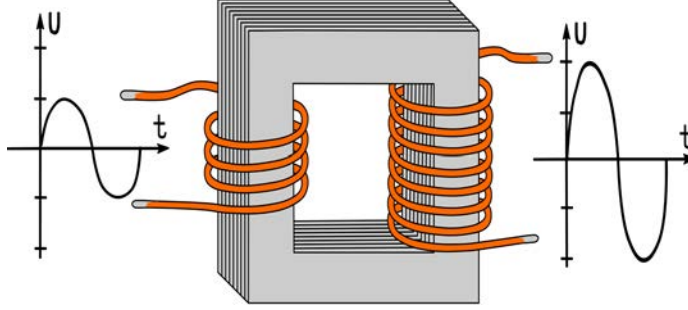
Düşük güçlü transformatörler 220 volttan daha düşük gerilim ve akım kullanılan elektronik devre kartlarında, alternatif akım ve gerilimin genliğinin düşürülmesini sağlar (Görsel 3.61).



Görsel 3.61: Düşük güçlü transformatörler

3.6.2. Transformatörlerin Yapısı ve Çalışma İlkeleri

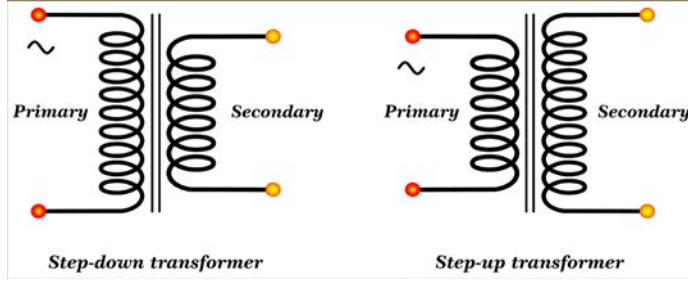
Transformatörler; birbirinden ve demir nüveden yalıtılmış iletkenlerin, bobin şeklinde demir nüve üzerine sarılmasıyla oluşur (Görsel 3.62). Bobin şeklindeki iletken sargılardan giriş kısmındakine **primer (birincil) sargı**, çıkış kısmındakine ise **sekonder (ikincil) sargı** denir.



Görsel 3.62: Transformatörlerin yapısı

Primer ve sekonder sargıların birbirlerine fiziki bir bağlantısı yoktur. İletken teller ve demir nüve kâğıt, mika, reçine, ahşap gibi yalıtkan maddeler kullanılarak yalıtılır.

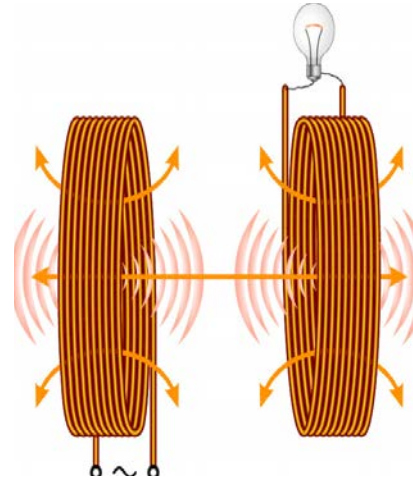
Transformatörün girişine uygulanan gerilimi yükseltmek veya alçaltmak primer ve sekonder sargılardaki sarım sayısına bağlıdır. Sekonderdeki sargı sayısı primerdeki sargı sayısından fazla ise gerilim yükseltici (Görsel 3.63:a), az ise gerilim düşürücü olarak çalışır (Görsel 3.63:b).



Görsel 3.63: a) Düşürücü transformatör

b) Yükseltici transformatör

Transformatörler, bobinlere alternatif akım uygulanması ile ortaya çıkan manyetik alan ilkesine göre çalışır. Primere uygulanan alternatif gerilim, primer üzerinde manyetik alan oluşturur (Görsel 3.64). Oluşan manyetik alan, sekonder sargıda bulunan iletkenin atomundaki valans elektronlarının hareket etmesine ve sekonder sargının uçlarında gerilim indüklenmesine sebep olur. Böylece girişe uygulanan gerilim ya da akım, sargı sayısına orantılı olarak çıkışta yükseltilir ya da düşürülür. Primer ve sekonder sargı sayısı eşit ise giriş ve çıkış arasında çok düşük değerde kayıp olsa da eşit kabul edilir. Bu durumda transformatör yalıtım amaçlı kullanılır.



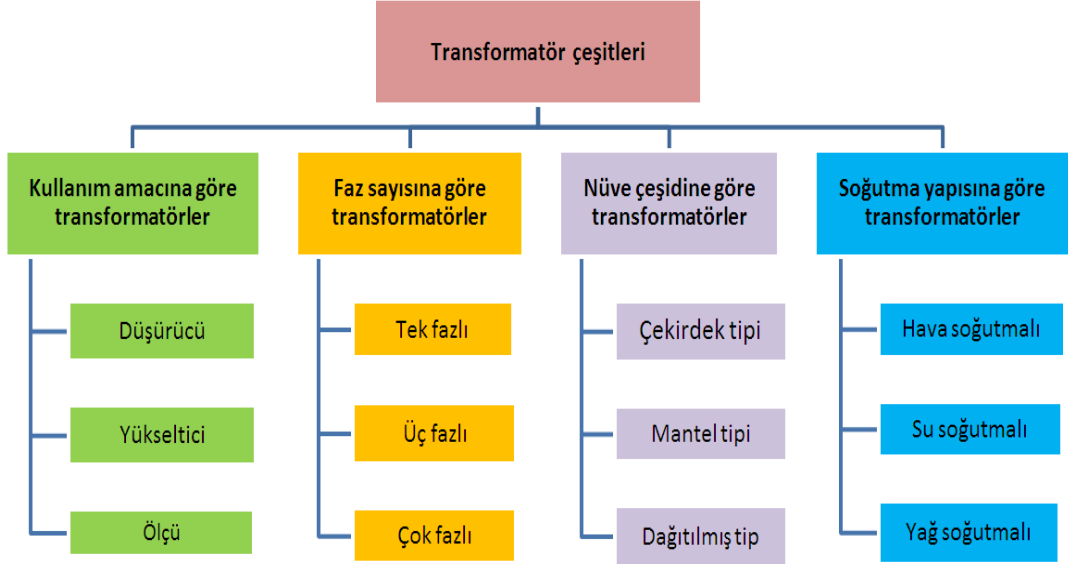
Görsel 3.64: Manyetik alan





3.6.3. Transformatör Çeşitleri

Transformatörler kullanım alanları çok yaygın olan elektrik makineleridir. Evimizdeki en küçük bir elektronik cihazda, bir gece lambasında, telefon şarj aletinde, mahallenin köşesindeki trafo binasında, evimizin önündeki bir elektrik direğinde, uzun yolculuklarda yol kenarlarında gördüğümüz devasa bir enerji nakil hattında veya bir güneş santrali sahasında transformatörler görülür. Kullanım amacına, faz sayısına, nüve çeşidine, soğutma yapısına göre gibi çeşitleri vardır (Görsel 3.65).



Görsel 3.65: Transformatör çeşitleri

Kullanım Amacına Göre Transformatörler

- Düşürücü transformatör:** Primer sargıdan uygulanan alternatif gerilimi düşürerek sekonder sargıdan veren ve en yaygın kullanım alanı olan transformatördür. Şarj aletleri, radyolar, elektrikli ev aletleri gibi elektronik cihazlarda kullanılır.
- Yükseltici transformatör:** Primer sargıdan uygulanan alternatif gerilimi yükselterek sekonder sargıdan veren transformatördür. Santrallerde üretilen gerilimin enerji nakil hatlarında aktarımı için yüksek değerlere çıkarır. Enerji nakil tesislerinde yaygın olarak kullanılır.
- Ölçü transformatörü:** Yüksek gerilim ve akımların ölçülmesi için sekonder sargıda ölçü aletlerine uygun gerilim ve akım düşürülmesi işlemini yapan transformatördür.

Faz Sayısına Göre Transformatörler

- Tek fazlı transformatör:** Bir adet primer sargısı bulunan ve tek fazlı alternatif gerilimde kullanılan transformatördür. Sekonder sargısı çıkışta istenilen değere göre birden fazla olabilir.
- Üç fazlı transformatör:** Üç adet primer sargısı bulunan ve üç fazlı alternatif gerilimde kullanılan transformatördür. Sekonder sargısı çıkışta istenilen değere göre birden fazla olabilir.
- Çok fazlı transformatörler:** Üçten fazla primer sargısı bulunan transformatördür. Primer sargısı 6 veya 12 adet olur. Primer ve sekonder sayısı aynı olabilir. Bazı trafo tesislerinde faz dönüştürücü olarak da kullanılır. 3 fazlı sistemi 6 veya 12 faza dönüştürür.

Nüve Çeşidine Göre Transformatörler

- Çekirdek tipi:** Sargıların yalıtımlarının kolay yapılabildiği nüve tipidir. Sargılar iki parça hâlinde nüvenin sağında ve solundadır. Primer ve sekonder sargıları üst üstedir. Çekirdek nüveli transformatör, yüksek gerilim tesislerinde kullanılır. Nüve kesiti her noktada aynıdır.
- Mantel tipi:** Sargılar birden fazla gruplar hâlinde nüvenin orta kısmındadır. Alçak gerilim seviyelerinde kullanılır.
- Dağıtılmış tip:** Nüvenin yapısı artı şeklindedir. Sargı orta kısımda ve nüvenin dört köşesi arasındadır. Kaçak akımlar en alt seviye olduğu için boşa çalışma akımları ve iç gerilimleri çok düşüktür.

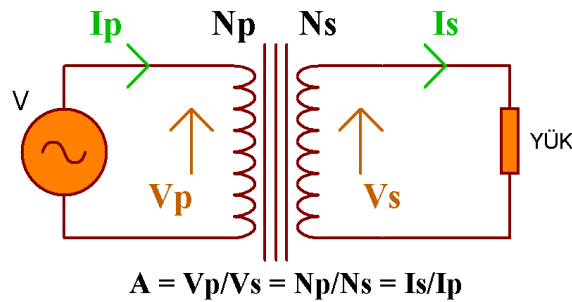
Soğutma Yapısına Göre Transformatörler

- Hava soğutmalı transformatör:** Düşük güçte çalışan kuru tip diye adlandırılan transformatördür. Çalışırken ortaya çıkan ısı nüve ve sargılar arasından hava geçmesiyle soğutulur. Elektronik cihazlarda ve düşük güçteki kompanzasyon panolarında kullanılır.
- Su soğutmalı transformatör:** Termik veya hidroelektrik santraller gibi sürekli su bulunan orta ve yüksek gerilim tesislerinde kullanılır. Çalışırken ortaya çıkan yüksek ısıyı soğutmak için su kullanılır.
- Yağ soğutmalı transformatör:** Orta ve yüksek gerilim tesislerinde kullanılır. Çalışırken ortaya çıkan yüksek ısıyı soğutmak için yağ kullanılır.

3.6.4. Transformatörlerin Dönüştürme Oranı

İdeal bir transformatöre alternatif gerilim uygulandığı anda sargılarda kullanılan iletkenlerde manyetik alan kuvvet çizgileri oluşur. Primerde oluşan bu kuvvet çizgilerinin tamamı sekonder sargısı ile kesişir. Transformatör iletime geçtiği için sekonder sargısında da bir gerilim indüklenmesi olur ve manyetik alan oluşur. Sekonderde oluşan bu manyetik alan kuvvet çizgilerinin de tamamı primer sargısı ile kesişir. Her iki sargıda eşit oranda, birbirinin kuvvet çizgilerini kestiği için primer ve sekonder sargılarında eşit değerinde gerilim indüklenmesi olur. Transformatörün primer ve sekonder arasındaki akımda açış değişimi olmadığı için faz farkı da yoktur.

Transformatörlerde primer geriliminin sekonder gerilimine oranı ve primer sarım sayısının sekonder sarım sayısına oranı sabit ve eşittir. Gerilim ve akım ters orantılı olduğu için de sekonder akımının, primer akımına oranı da sabittir. Bu oranlara **transformatörün dönüştürme oranı** denir (Görsel 3.66). Bu dönüştürme oranı **A** ya da **K** ile ifade edilir.



Görsel 3.66: Transformatör devresi





Dönüştürme oranı formülü

$$A = \frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{I_S}{I_P}$$

A : Dönüştürme oranı

V_P : Primer gerilimi (volt-V)

N_S : Sekonder sarım sayısı

V_S : Sekonder gerilimi (volt-V)

N_P : Primer sarım sayısı

I_P : Primer akımı (akım-A)

I_S : Sekonder akımı (akım-A)

Örnek 3.49. Bir fazlı bir transformatörün primer sarımı sayısı 600, sekonder sarım sayısı 300 ve primer gerilimi 220V ise sekonder gerilimi kaç volt olur?

Çözüm

$$A = \frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{I_S}{I_P} \Rightarrow \frac{220}{V_S} = \frac{600}{300} \Rightarrow V_S = 110V$$

Örnek 3.50. Bir fazlı bir transformatörün primer sarımı sayısı 440, primer gerilimi 220V ve sekonder gerilimi 12V ise sekonder sarım sayısı kaçtır?

Çözüm

$$A = \frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{I_S}{I_P} \Rightarrow \frac{220}{12} = \frac{440}{N_S} \Rightarrow N_S = 24$$

Örnek 3.51. Bir fazlı bir transformatörün sekonder sarım sayısı 300, primer gerilimi 100V ve sekonder gerilimi 50V ise dönüştürme oranını, primer sarım sayısını ve sarım başına indüklenen gerilimi bulunuz.

Çözüm

$$A = \frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{I_S}{I_P} \Rightarrow \frac{100}{50} = \frac{N_P}{300} \Rightarrow N_P = 600$$

$$A = \frac{V_P}{V_S} = \frac{100}{50} = 2 \text{ Sarım başına indüklenen gerilim primerde 600 sarıma 100 volt düşerse}$$

$$1 \text{ sarıma} = \frac{100}{600} = 0,16 \text{ V indüklenir.}$$

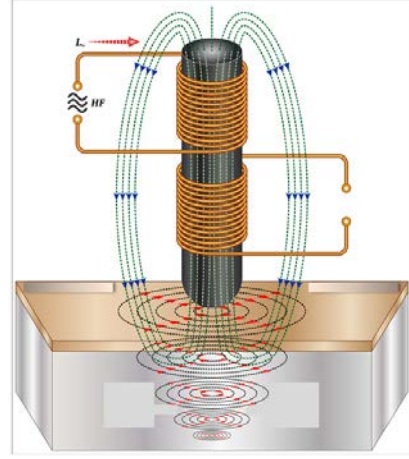
3.6.5. Transformatör Kayıpları

Transformatörlerde hareketli parçalar olmadığı için enerji verimliliği yüksek elektrikli makinelerdir. Ancak transformatörlerin imalatında kullanılan nüveler, bakır teller veya yalıtkan malzemelerden dolayı tüm elektrikli sistemlerde olduğu gibi kayıplar olur. İdeal bir transformatörde kayıplar sıfır kabul edilir.

Transformatörlerde kayıplar ise transformatörün ısınması veya manyetik kaçak akımlar şeklinde olur. İyi kalitede transformatörlerde manyetik kaçak akım seviyesi çok düşüktür. Isıdan kaynaklı kayıplarda, transformatörün boşta çalışması esnasında akım çekmesi ve ısınmasıyla ortaya çıkar. Kayıplar fuko, histerisiz ve bakır kayıpları olarak sınıflandırılır.

Fuko kayıpları: Nüve etrafına sarılmış iletken tele gerilim uygulanınca manyetik alan ortaya çıkar. Bu manyetik alan primerden sekondere, sekonderden primere doğru kuvvet çizgileri oluşturur. Bu esnada nüvenin ham maddesi olan demir üzerinde de gerilim indüklenir. İndüklenen gerilim demir üzerinde serbest dolaşan bir akıma sebep olur. Bu akım nüvenin ve transformatörün ısınması ile bir kayıp oluşur. Bu kayıplara **fuko kayıpları** denir (Görsel 3.67).

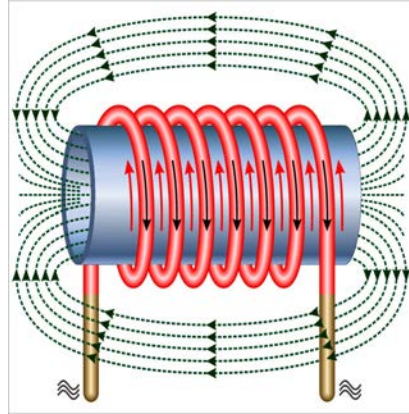
Fuko kayıplarını engellemek için tek parça nüve yerine yalıtılmış ince saç plakalar kullanılır. Transformatör uygulanan alternatif akımın frekansının artmasıyla fuko kayıpları da artar.



Görsel 3.67: Fuko kayıpları

Histerisiz kayıpları: Transformatöre uygulanan alternatif gerilimin sürekli olarak yön değiştirmesinden dolayı nüve üzerinde mıknatıslık meydana gelir. Mıknatıs, primer sekonder arasındaki manyetik akım yönüne karşı koyar. Bu esnada frekans değişimine bağlı olarak nüve üzerindeki iletken moleküller yer değiştirir ve sürtünmeden dolayı ısı ortaya çıkar. Bu ısıdan kaynaklı ortaya çıkan kayıba **histerisiz kaybı** denir (Görsel 3.68).

Histerisiz kayıplarını engellemek için nüvenin ham maddesine silisyum elementi eklenir.



Görsel 3.68: Histerisiz kayıpları

Bakır kayıpları: Transformatör sargılarında kullanılan bakır teller alternatif akıma karşı bir direnç gösterir. Bakır tellere **bobin teli** de denir (Görsel 3.69). Bu direnç, bakırın öz direnci kadardır. Primer ve sekonder sargılardan geçen akımlarda bakırın direncinden dolayı kayıplar meydana gelir. Bu kayıp ortaya ısı şeklinde çıkar. Bakır kayıpları iletkenin direnci ve geçen akımın karesi ile doğru orantılıdır. Bakır kayıplarını engellemek için direnci çok düşük iletkenler kullanılır.



Görsel 3.69: Bakır bobin teli

3.6.6. Transformatörlerde Güç ve Verim Hesapları

Transformatörler sadece bir dönüştürücü olarak kullanıldığı için girişte verilen güç ile çıkışından alınan güç eşit olur. Bu eşitlik ideal bir transformatör için geçerlidir. Uygulamada ise kayıplardan dolayı güçte çok az bir düşme olur. Giriş ve çıkış güçleri eşit olduğu için santrallerde üretilen alternatif gerilimler, transformatörlerle çok yüksek değerlere çıkartılır ve enerji nakil hatları üzerinden iletilir. Bu durumda verilen güç ile alınan gücün eşit olması gerektiği için gerilim yükselince akım düşer.





İdeal transformatör, primerden verilen enerjiyi doğrudan sekondere verir. Sekondere bağlanan bir alıcı çalıştığında, sekonderde güç harcanır. Sekonderde harcana güç ile primerdeki güç eşit olur. Transformatörde güç sekondere bağlanan alıcının direncine, çektiği akıma ve sekonderdeki gerilime bağlıdır. Primer gücü P_p , sekonder gücü P_s olarak ifade edilir ve birimi **watttır (W)**.

İdeal transformatör güç formülü

$$P_p = I_p \cdot V_p \quad P_s = I_s \cdot V_s$$

$$P_p = P_s$$

P_p : Primer gücü (watt-W)

P_s : Sekonder gücü (watt-W)

V_p : Primer gerilimi (volt-V)

V_s : Sekonder gerilimi (volt-V)

I_p : Primer akımı (akım-A)

I_s : Sekonder akımı (akım-A)

Örnek 3.52. Bir fazlı ideal transformatörün primer (giriş) gerilimi 220V, primer akımı 40mA ve sekonder (çıkış) gerilimi 12V ise primer gücünü, sekonder akımını ve sekonder gücünü hesaplayınız.

Çözüm:

$$P_p = I_p \cdot V_p$$

$$P_p = P_s$$

$$P_s = I_s \cdot V_s$$

$$P_p = 0,04 \cdot 220$$

$$P_p = 8,8 \text{ W}$$

$$8,8 = I_s \cdot 12$$

$$P_p = 8,8 \text{ W}$$

$$P_s = 8,8 \text{ W}$$

$$I_s = 0,73 \text{ A}$$

Örnek 3.53. Bir fazlı ideal transformatörün sekonder gerilimi 24 V, primer akımı 0,64 A ve sekonder akımı 0,86 A ise primer gücünü, primer gerilimini ve sekonder gücünü hesaplayınız.

Çözüm:

$$P_s = I_s \cdot V_s$$

$$P_p = P_s$$

$$P_p = I_p \cdot V_p$$

$$P_s = 0,86 \cdot 24$$

$$P_s = 20,64 \text{ W}$$

$$20,64 = 0,64 \cdot V_p$$

$$P_s = 20,64 \text{ W}$$

$$P_p = 20,64 \text{ W}$$

$$V_p = 32,25 \text{ V}$$

Transformatörlerde çıkış gücünün giriş gücüne oranına **verim** denir. Bu oran η ile ifade edilir ve birimi yoktur. Verim hesabında çıkan sonuç transformatörün verimini yüzdelik olarak verir. Verim hesabı yapılırken fuko, histerisiz ve bakır kayıpları da dikkate alınır. Fuko ve histerisiz kayıpları nüvede, bakır kayıpları ise primer ve sekonder sargılarında oluşur. Uygulamada fuko ve histerisiz kayıpları transformatörün boşta çalışması deneyi ile hesaplanırken, bakır kayıpları ise transformatörün kısa devre çalıştırılması deneyi ile hesaplanır. Verim hesabı ise kayıpların sekonder gücünden düşülmesiyle yapılır.

Transformatör verim formülü

$$\% \eta = \frac{P_S - \text{Kayıplar}}{P_P} \cdot 100$$

η : Verim P_P : Primer gücü (watt-W) P_S : Sekonder gücü (watt-W)

Örnek 3.54. Primer gücü 50 W olan bir transformatörün 6 W güç kayıpları vardır. Bu transformatörün verimini hesaplayınız.

Çözüm:

$$\% \eta = \frac{P_S - \text{Kayıplar}}{P_P} \cdot 100 = \frac{50 - 6}{50} \cdot 100$$

$\% \eta = 88$ Transformatörün verimi %88'dir.

Örnek 3.55. Primer gücü 50 W olan bir transformatörün verimi %90 ise bu transformatörün kayıplarını hesaplayınız.

Çözüm:

$$\% \eta = \frac{P_S - \text{Kayıplar}}{P_P} \cdot 100$$

$$90 = \frac{50 - \text{Kayıplar}}{50} \cdot 100$$

$$\text{Kayıplar} = 5W$$

Örnek 3.56. 10W güç kaybı olan bir transformatörün verimi %80 ise primer ve sekonder gücünü hesaplayınız.

Çözüm:

$$P_P = P_S$$

$$\% \eta = \frac{P_S - \text{Kayıplar}}{P_P} \cdot 100 = \frac{P_P - \text{Kayıplar}}{P_P} \cdot 100$$

$$80 = \frac{P_P - 10}{P_P} \cdot 100$$

$$P_P = 50 W$$

$$P_S = 50 W$$





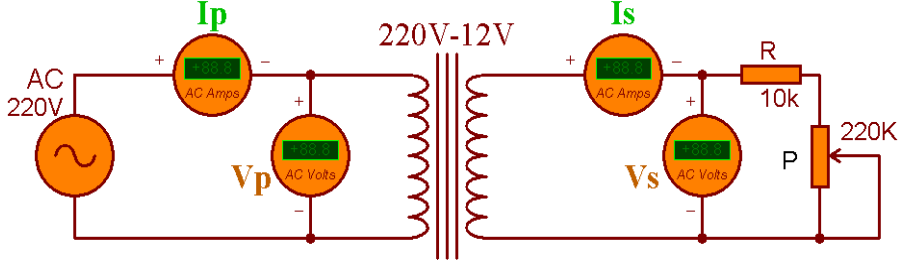
UYGULAMA ADI

TRANSFORMATÖR DENEYİ

42. UYGULAMA

Amaç: Transformatörlerde giriş çıkış gerilimlerini ve akımlarını avometre ile ölçmek.

Uygulamaya Ait Görsel



Kullanılacak Araç Gereç

No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Transformatör	220V/12V	1
2	Direnç	10KΩ	1
3	Potansiyometre	220KΩ	1
4	Avometre	Dijital	4
5	Breadboard		1
6	Kablo	0,75mm	20 cm

İşlem Basamakları

1. Atölye iş güvenliği kurallarına uyararak yukarıdaki devreyi kurunuz.
2. Transformatörün 220 V girişinde açıkta kalan bağlantı noktalarına yalıtım yapınız.
3. IP ve IS avometrelerini ampermetre kademesine, VP ve VS avometrelerini voltmeter kademesine alınız.
4. Öğretmeniniz eşliğinde devreye enerji veriniz.
5. Potansiyometreyi sola doğru çevirerek en düşük kademeye alınız ve avometrelerde gördüğünüz değerleri sonuçlar tablosuna yazınız.
6. Potansiyometreyi sağa doğru çevirerek orta kademeye alınız ve avometrelerde gördüğünüz değerleri sonuçlar tablosuna yazınız.
7. Potansiyometreyi sağa doğru çevirerek en yüksek kademeye alınız ve avometrelerde gördüğünüz değerleri sonuçlar tablosuna yazınız.
8. Öğretmeniniz eşliğinde enerjiyi kesin.

Sonuçlar				
Potansiyometre kademesi	I_p	I_s	V_p	V_s
Düşük kademe				
Orta kademe				
Yüksek kademe				

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:		1	İSG kurallarına uyulması ve süre kullanımı	10
Sınıf:		2	Çalışma ortamının temizlik ve düzenin sağlanması	10
No:		3	Devre bağlantılarının doğru yapılması	20
ÖĞRETMEN		4	Potansiyometre düşük kademede ölçümlerin doğru yapılması	20
Adı Soyadı:		5	Potansiyometre orta kademede ölçümlerin doğru yapılması	20
İmza:	TARİH	6	Potansiyometre yüksek kademede ölçümlerin doğru yapılması	20
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100





UYGULAMA ADI	TRANSFORMATÖR HESABI	43. UYGULAMA
--------------	----------------------	--------------

Amaç: Transformatörlerin etiket değerlerinden hesaplamalar yapmak.

Uygulamaya Ait Görsel



Etiket değerleri:

Giriş gerilimi: 220 VAC

Çıkış gerilimi: 12 VAC

Frekans: 50 Hz

Çıkış gücü: 2W

İşlem Basamakları

1. Verilen etiket değerlerini, formüllerde kullanılan kısaltmalar şeklinde yazınız.
2. Sekonder güç formülünü kullanarak sekonder akımını hesaplayınız.
3. Dönüştürme oranı formülünü kullanarak primer akımını ve dönüştürme oranını hesaplayınız.
4. Primer güç formülünü kullanarak primer gücünü hesaplayınız.
5. Transformatör kayıplarını 0,5 W kabul ederek verim hesabını yapınız.
6. Bulduğunuz değerleri sonuçlar tablosuna yazınız.

Sonuçlar				
I_s	I_p	A	P_p	η

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	İSG kurallarına uyulması ve süre kullanımı	10	
Sınıf:	2	Çalışma ortamında temizlik ve düzenin sağlanması	10	
No:	3	Transformatör etiket değerlerinin formüllerde doğru kullanılması	20	
ÖĞRETMEN		4	Primer ve sekonder akımlarının doğru hesaplanması	20
Adı Soyadı:	5	Transformatör dönüştürme oranının doğru hesaplanması	20	
İmza:	TARİH	6	Transformatör veriminin doğru hesaplanması	20
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100

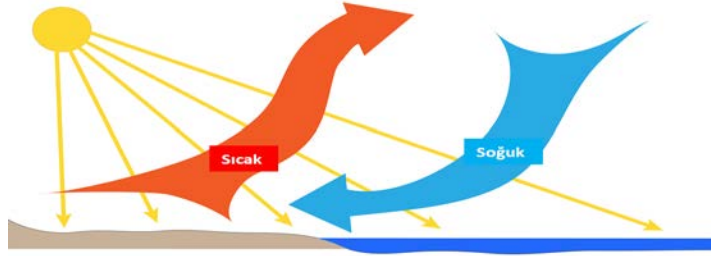
7. RÜZGÂR ENERJİSİ

Hazırlık Çalışması

Güneş, rüzgâr türbinlerinde üretilen enerji miktarını nasıl etkiler?

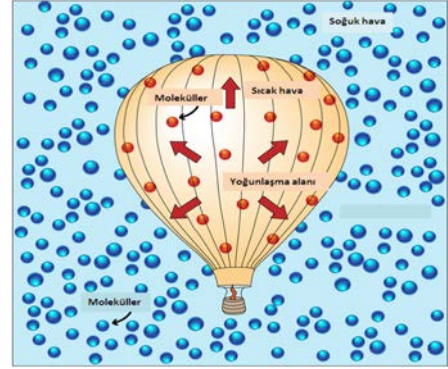
3.7.1. Rüzgâr

Dünya'nın elips şekli ile yerkürenin farklı yükseltilere sahip olmasından dolayı Güneş ışınları Dünya'nın her yerine, aynı anda ve miktarda gelmez. Bazı bölgeler ısınırken bazı bölgeler de soğur (Görsel 3.70). Birbirine sınır iki bölge arasında sıcaklık farkları oluşur. Soğuk hava, su molekülleri içerdiği için sıcak havaya göre daha ağırdır. Sıcak hava ise su moleküllerini içermez. Bu yüzden soğuyan hava yükselir, sıcak hava alçalır. Bu farktan dolayı alçak ve yüksek basınç merkezleri oluşur.



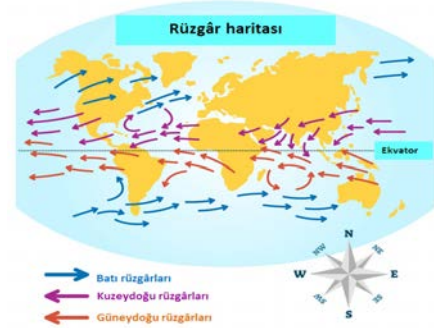
Görsel 3.70: Güneş ışınlarının farklı açılarda gelmesi

Yüksek basınç merkezindeki soğuk hava kütlesi, yer çekimi etkisiyle aşağı yönde harekete başlar. Alçak basınç merkezindeki sıcak hava ise yukarı yönde harekete başlar (Görsel 3.71). Yükselen hava atmosfer dışına çıkamaz ve önce dikey yönde sonra yatay yönde hareket eder. Yerküreden yükselen sıcak havanın yerine aynı hacimde soğuk hava kütlesi yerleşir. Yer değişimi esnasında hava kütlelerinin oluşturduğu bir hareket başlar. Hava kütlelerinin Güneş'in etkisine bağlı olarak yer değiştirmesine **rüzgâr** denir. Alçak basınç ve yüksek basınç arasındaki fark eşitlenince rüzgâr oluşmaz. Rüzgârın temel enerji kaynağı Güneş'tir. Güneş enerjisinin kinetik enerjiye dönüşmüş hâline **rüzgâr enerjisi** denir.



Görsel 3.71: Isınan havanın yükselmesi

Dünya'nın konumu, dönüş yönü, dönüş hızı, coğrafi farklılıklar, atmosferik olaylar, bölgesel ısınma farkları gibi etkenlerden dolayı yerkürede bölgesel basınç farkları oluşur. Bu yüzden Dünya üzerinde rüzgâr akışı her bölgede aynı değildir. Kuzeydoğu, güneydoğu ve batı yönlü rüzgârlar oluşur (Görsel 3.72).



Görsel 3.72: Dünya'da rüzgâr yönleri

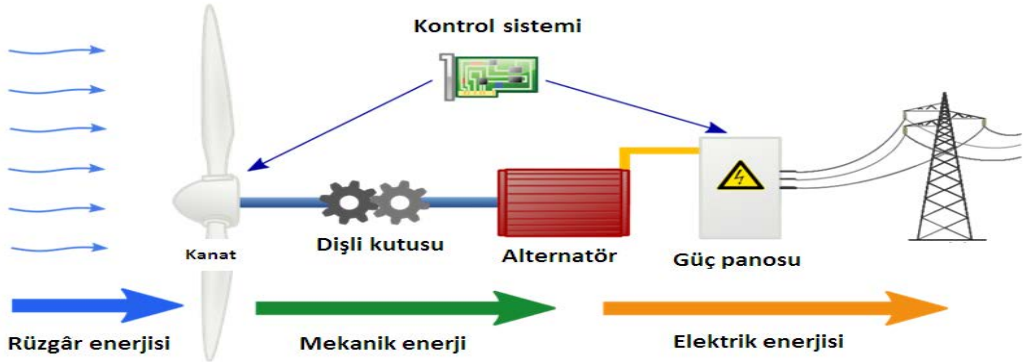




3.7.2. Rüzgâr Enerjisinin Elektrik Enerjisine Dönüşümü

Rüzgâr türbinleri, rüzgârın kinetik enerjisini önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Kanatlar rüzgârın itme gücü ile harekete başlar ve mili döndürür. Mil de dişli kutusunu harekete geçirir. Dişli kutusu, milden gelen mekanik enerjiyi içerisindeki mekanizma sayesinde dönme hızını arttırarak alternatör milini harekete geçirir. Alternatör, dişli kutusundan gelen yüksek hızlı mekanik enerjiyi, elektromanyetik indüksiyon yöntemi ile elektrik enerjisine dönüştürür. Üretilen elektrik enerjisi, transformatörler aracılığı ile yüksek değerlere çıkarılarak enerji nakil hatlarına bağlanır ve şehir şebekesinde kullanılır.

Rüzgâr enerjisinin elektrik enerjisine dönüşüm aşamaları standarttır (Görsel 3.73). Ancak kullanım amacına ve türbinlerin kurulduğu bölgeye göre; dönüşüm aşamasında kullanılan cihazlarda değişiklikler yapılarak doğru akım ya da alternatif akım üreten türbinler de tasarlanır. **Doğru akım üreten türbinler** daha çok şebekeden bağımsız elektrik enerjisi kullanılan ve depolama yapılması istenilen bölgelerde, **alternatif akım üreten türbinler** ise depolama yapılmadan şebekeye doğrudan enerji verilen orta ve yüksek güçlü rüzgâr santrallerinde kullanılır.



Görsel 3.73: Rüzgâr enerjisi dönüşüm aşamaları

3.7.3. Rüzgâr Türbinleri

Türbinler; kanat, kule, alternatör, dişli kutusu (şanzıman), kanat göbeği, dış muhafaza, anemometre, hız kontrol ünitesi gibi ekipmanlardan oluşur. Kanat, rüzgârdan aldığı enerjiyi türbin ekipmanları ile elektrik enerjisine çevirir. Türbinler dönme eksenlerinin konumuna göre yatay ve dikey eksenli olmak üzere iki çeşittir. En yaygın kullanılanı yatay eksenli türbinlerdir. İmalat sanayi ve gelişen teknolojilerle kanat şekilleri değişiklik gösterir (Görsel 3.74).

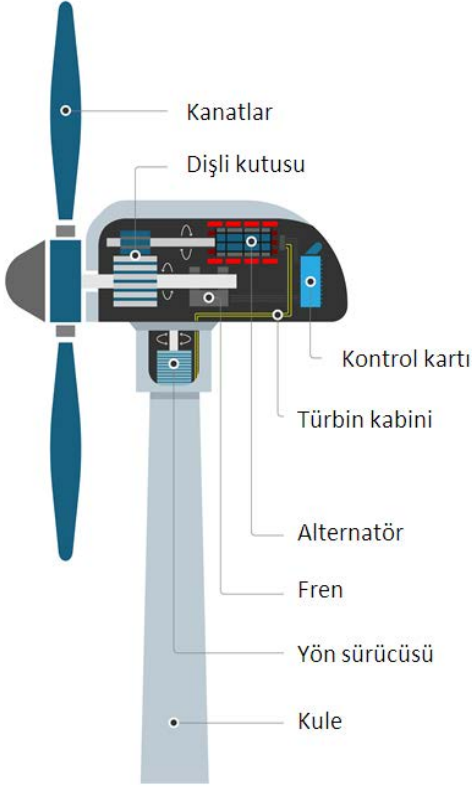
Rüzgâr türbinleri; kanat yapıları, güçleri, dişli yapıları, kanat sayıları, kullanılan alternatörler, ürettikleri akım türü gibi özelliklerine göre sınıflandırılır.



Görsel 3.74: Rüzgâr türbin çeşitleri

Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinleri

Dönme eksenli rüzgâr yönüne ve yeryüzüne paralel, kanatları rüzgâr geliş yönüne dik olan ve rüzgâr yönüne göre hareket edebilen türbinlerdir. Verim ve kullanım kolaylığı açısından en çok tercih edilen türbin çeşididir. Verimleri yaklaşık %40'tır. Kullanıldığı bölgeye hâkim olan rüzgâr türüne, üreten firmaya ve ekipmanlarına göre bir, iki veya üç kanatlı olarak üretilir. En yaygın olarak kullanılan üç kanatlı rotora sahip olanlardır. Dişli kutusu (şanzıman), alternatör ve diğer ekipmanları kulenin üzerindedir (Görsel 3.75).



Görsel 3.75: Yatay eksenli rüzgâr türbini

Alternatör: Kanatların oluşturduğu hareket enerjisini elektrik enerjisine çeviren elektrik makinesidir.

Fren: Acil durumlarda kontrol kartından gelen bilgiye göre rotorun durdurulmasını sağlar.

Yön sürücüsü ve motoru: Kanatların, rüzgârı en iyi yönden alabilmesi için kontrol kartından gelen bilgiye göre, türbinin rüzgâr yönüne hareketini sağlayan mekanizmadır.

Kule: Çelik borudan ya da çelik kafesten yapılan, türbini ve kanatları üzerinde taşıyan her türlü hava koşullarına dayanıklı direktir.

Türbinler kullanılan bölgeye, üretim gücüne ve üreten firmaya göre üzerindeki ekipmanlar değişiklik gösterir. Rüzgâr hızını ve yönünü ölçen sensörler, türbin kabini içi sıcaklığı kontrol altında tutan havalandırma ve yağlama sistemleri, uzaktaki bir noktaya bilgi gönderen haberleşme sistemi, geceleri uyarı veren ikaz lambası ve kanat açılarını ayarlayan mekanizmalar gibi ekipmanlar da kullanılır. Dikey eksenli türbinlerde de aynı mekanizmalar kullanılır.

Kanat: Rüzgârın kinetik enerjisinin aerodinamik etkisi sayesinde, hareket enerjisine dönüşmesini ve rotor milinin dönmesini sağlar.

Rotor: Kanatların bağlandığı göbek mekanizması ile kanatlardan oluşan kısımdır.

Dişli kutusu (şanzıman): İçerisindeki dişli mekanizması ile düşük hızda hareket eden mili, dakikada 30-60 devirden 1200-1500 devirlere çıkararak alternatörün elektrik üretmek için ihtiyaç duyduğu hızı sağlar.

Kontrol kartı: Türbin dönüş hızının belirli aralıkta kalmasını sağlayan ve tüm mekanizmayı kontrol altında tutan elektronik karttır. Aşırı hızlarda alternatörün yanmasına engel olur. Türbinden en iyi verim alınacak çalışma düzenini sağlar.

Türbin kabini: Dişli kutusu, alternatör, kontrol kartı ve gücüne göre uygun transformatörün içinde bulunduğu, hafif ama dayanıklı metal muhafazadır. Bu ekipman nacelle (nasel) olarak da adlandırılır.





Dikey Eksenli Rüzgâr Türbinleri

Dönme eksenini hareket miline, rüzgârın yönüne ve yeryüzüne dik durumda olan türbinlerdir. Kanatları hareket miline paraleldir. Bu yüzden rüzgârı her yönden alır ve düşük rüzgâr hızlarında harekete geçer. Dişli kutusu (şanzıman), alternatör ve diğer ekipmanları kulenin altında, yerde olduğu için bakımları kolaydır. Ancak kanat sayısının fazlalığı, yere yakınlığı ve yeryüzüne yakın rüzgârlarla dönmelerinden dolayı yüksek hızlara ulaşamaz. Bu yüzden yatay eksenli türbinlere göre verimleri düşüktür. Verimleri yaklaşık %30'dur. İç mekanizmaları yatay eksenli türbinlerdeki gibidir. Tek farkı kule yapısı ve kanat yerleşimidir.

Kullanıldığı bölgeye hakim olan rüzgârın türüne, üreten firmaya ve ekipmanlarına göre kanat farklı çeşitleri üretilir (Görsel 3.76).



Görsel 3.76: Dikey eksenli rüzgâr türbin çeşitleri

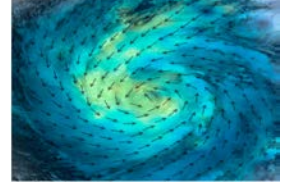
3.7.4. Rüzgâr Türbinlerinde Enerji

Rüzgâr türbinlerinde oluşan hareket rüzgârın kinetik enerjisine, yoğunluğuna ve havanın kütlesine bağlıdır. Türbinlerin kurulduğu alanda rüzgârın olması yeterli değildir. Rüzgâr hızının belirli yoğunlukta ve sürekli olması gereklidir. Rüzgâr türbinlerinde verim, rüzgârın kinetik enerjisine yani rüzgârın gücüne bağlıdır.

Rüzgâr türbinlerinin ürettiği enerji hesaplanırken hava yoğunluğu, rüzgâr hızı, hava kütlesi, rotor çapı, kule yüksekliği, rotor süpürme alanı, kinetik enerji, betz limiti ve rüzgâr gücü gibi parametreler kullanılır.

Not: Atmosferdeki rüzgâr hızı ve yoğunluğunun sabit olmaması, kanatların tüm yüzeyine eşit oranda kuvvet uygulanmaması, rotor verimlerinin etkisi, rotora giren ve çıkan rüzgâr hızlarının eşit olmaması gibi sebeplerden dolayı yapılan hesaplamalar teoriktir.

- **Hava yoğunluğu:** Atmosferdeki birim hacimdeki havanın kütlesidir (Görsel 3.77). Uluslararası standartta atmosfer koşullarında 15°C ve 1 atm hava basıncında **1,225 kg/m³** tür ve **ρ (ro)** ile ifade edilir.



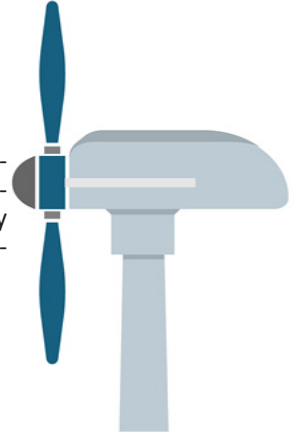
Görsel 3.77: Hava yoğunluğu

- **Rüzgâr Hızı:** Türbin kanatlarına çarparak rotorun hareketini sağlayan hava kütlesinin hızıdır. **v** harfi ile ifade edilir, birimi ise **m/s**'dir. Türbin hızı olarak da adlandırılır (Görsel 3.78).



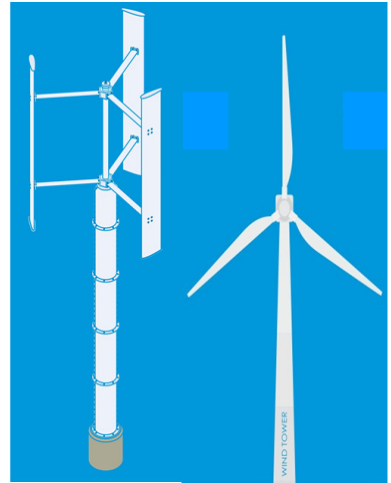
Görsel 3.78: Rüzgâr hızı

- **Rotor çapı:** Yatay eksenli türbinlerde bir kanadın ucundan diğer kanadın ucuna kadar olan mesafeye **rotor çapı** denir (Görsel 3.79). Bu mesafeye göbeğin çapı da dahildir. Dikey eksenli türbinlerde ise iki kanadın dikey orta noktalarının birbirine olan maksimum mesafesidir. Bu mesafeye milin çapı da dahildir. Bu çap **D** ile ifade edilir ve birimi **m**'dir.



Görsel 3.79: Rotor çapı

- **Kule yüksekliği:** Yatay eksenli türbinlerde türbin kabininin yerden yüksekliği, dikey eksenli türbinlerde de milin türbin kabininden yüksekliğidir (Görsel 3.80). Bu yükseklik **H** ile ifade edilir ve birimi **m**'dir.



Görsel 3.80: Kule yüksekliği

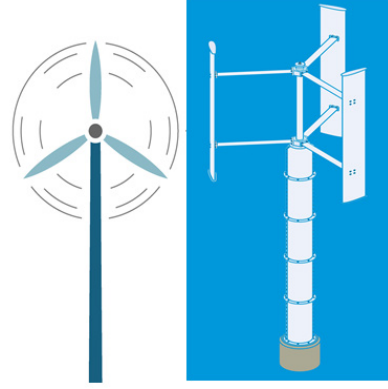




- **Rotor süpürme alanı:** Rotor kanatlarının süpürdüğü alandır (Görsel 3.81). Bu alan **A** ile ifade edilir ve birimi **m²** dir.

Yatay eksenli türbinlerde rotor süpürme alanı: $A = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$

Dikey eksenli türbinlerde rotor süpürme alanı: $A = \frac{2}{3} \cdot D \cdot H$



Görsel 3.81: Rotor süpürme alanı

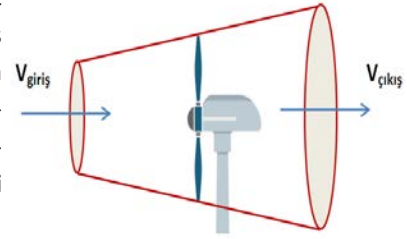
- **Hava kütlesi:** Türbin kanatlarına çarpan havanın birim zamandaki kütlesidir. Havanın hızı ve yoğunluğu ile orantılıdır. Bu hava kütlesi **m** ile ifade edilir ve birimi **kg/s**'tir.

Yatay ve dikey eksenli türbinlerde hava kütlesi: $m = \rho \cdot A \cdot v$

- **Kinetik enerji:** Rotor süpürme alanı boyunca akan rüzgârın gücüdür. Bu enerji **P_A** ile ifade edilir ve birimi **jouledur (j)**.

Rüzgâr türbinlerinde kinetik enerji: $P_A = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

- **Betz limiti:** Rüzgâr türbinine giren ve çıkan rüzgâr hızı eşit değildir (Görsel 3.82). Türbin gücü hesaplanırken rüzgâr giriş ve çıkış hızları ortalaması dikkate alınır. Rotora çarpan hızın tamamı enerjiye dönüşmez. Akışkan mekaniği ve aerodinamik kanunlarla yapılan hesaplara göre bir türbinden maksimum %59 oranında verim elde edilir. Bu orana **betz limiti** denir ve **C_p** ile ifade edilir. **Rotor verim katsayısı** da denir.



Görsel 3.82: Türbine giren çıkan hız

Ortalama hız: $V_{ort} = \frac{V_{giriş} - V_{cıkış}}{2}$

- **Rüzgâr gücü:** Rüzgâr akışındaki mekaniksel güçtür. Türbinin ürettiği güç olarak da adlandırılır. **P_w** ile ifade edilir ve birimi **watt**dir (**W**). Mekanik güç hesaplanırken 0,59 katsayısı olan betz limiti de kullanılır.

Rüzgâr türbinlerinde güç: $P_W = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot C_p$

- **Rüzgâr türbinlerinin ürettiği enerji:** Türbinlerin birim zamanda ürettiği enerjidir. Bu enerji **E** ile ifade edilir ve birimi **wh**'tir.

Rüzgâr türbinlerinin ürettiği enerji: $E = P_w \cdot t$

Örnek 3.57. Rotor çapı 3m olan bir yatay eksenli rüzgâr türbini 5 m/s hızla 10 saat çalışırsa türbin kaç kwh enerji üretir ($C_p=0,59$, hava yoğunluğu= $1,225 \text{ kg/m}^3$)?

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 = \frac{3,14}{4} \cdot 3^2 = 7 \text{ m}^2$$

$$E = P_W \cdot t$$

$$E = 316 \cdot 10$$

$$P_W = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot C_p = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 7 \cdot 5^3 \cdot 0,59$$

$$E = 3160 \text{ W} = 3,16 \text{ kWh enerji üretilir.}$$

$$P_W = 316 \text{ W}$$

Örnek 3.58. Kanatlarının bir ucundan diğer ucuna mesafesi 6m olan bir yatay eksenli rüzgâr türbini 8 m/s hızla 24 saat çalışırsa türbin kaç kwh enerji üretir ($C_p=0,59$, hava yoğunluğu= $1,225 \text{ kg/m}^3$)?

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 = \frac{3,14}{4} \cdot 6^2 = 28,26 \text{ m}^2$$

$$E = P_W \cdot t$$

$$E = 5,228 \cdot 24$$

$$P_W = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot C_p = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 28,26 \cdot 8^3 \cdot 0,59$$

$$E = 125,472 \text{ kWh enerji üretilir.}$$

$$P_W = 5228 \text{ W} = 5,228 \text{ kW}$$

Örnek 3.59. Dikey eksenli bir rüzgâr türbinin rotor kanatlarının birbirine maksimum mesafesi 8m, kule yüksekliği 12m ve rüzgâr hızı 5 m/s ise türbin 12 saatte kaç kwh enerji üretir ($C_p=0,59$, hava yoğunluğu= $1,225 \text{ kg/m}^3$)?

$$A = \frac{2}{3} \cdot D \cdot H = \frac{2}{3} \cdot 8 \cdot 12 = 64 \text{ m}^2$$

$$E = P_W \cdot t$$

$$E = 2,891 \cdot 12$$

$$P_W = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot C_p = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 64 \cdot 5^3 \cdot 0,59$$

$$E = 34,692 \text{ kWh enerji üretilir.}$$

$$P_W = 2891 \text{ W} = 2,891 \text{ kW}$$

Örnek 3.60. Dikey eksenli bir rüzgâr türbinin rotor kanatlarının birbirine maksimum mesafesi 7m, kule yüksekliği 6m ve rüzgâr hızı 10 m/s ise türbin 6 saatte kaç kwh enerji üretir ($C_p=0,59$, hava yoğunluğu= $1,225 \text{ kg/m}^3$)?

$$A = \frac{2}{3} \cdot D \cdot H = \frac{2}{3} \cdot 7 \cdot 6 = 28 \text{ m}^2$$

$$E = P_W \cdot t$$

$$E = 10,11 \cdot 6$$

$$P_W = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot C_p = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 28 \cdot 10^3 \cdot 0,59$$

$$E = 60,66 \text{ kWh enerji üretilir.}$$

$$P_W = 10118 \text{ W} = 10,11 \text{ kW}$$

Örnek 3.61. 3 saatte 147Wh enerji üreten bir yatay eksenli rüzgâr türbini 2 m/s hızla çalışmakta ise türbinin rotor süpürme alanı kaç m^2 dir ($C_p=0,59$, hava yoğunluğu= $1,225 \text{ kg/m}^3$)?

$$E = P_W \cdot t$$

$$P_W = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot C_p$$

$$147 = P_W \cdot 3$$

$$49 = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot A \cdot 2^3 \cdot 0,59$$

$$P_W = 49 \text{ W (Türbin gücü)}$$

$$A = 17 \text{ m}^2$$





Örnek 3.62. Dikey eksenli bir rüzgâr türbinin rotor kanatlarının birbirine maksimum mesafesi 4m, kule yüksekliği 9m olan türbin 2 saatte 5 kwh enerji üretmekte ise türbin hızı kaç m/s'dir ($C_p=0,59$, hava yoğunluğu= $1,225 \text{ kg/m}^3$)?

$$5\text{kWh}=5000\text{Wh}$$

$$E = P_W \cdot t$$

$$5000 = P_W \cdot 2$$

$$P_W = 2500 \text{ W enerji üretilir.}$$

$$A = \frac{2}{3} \cdot D \cdot H = \frac{2}{3} \cdot 4 \cdot 9 = 24 \text{ m}^2$$

$$P_W = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \cdot C_p$$

$$2500 = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 24 \cdot v^3 \cdot 0,59$$

$$v^3 = 288 \quad v = 6,6 \text{ m/s}$$

3.7.5. Kule Yüksekliğinin Üretime Etkisi

Rüzgârın yeryüzü şekillerinden dolayı sürtünme katsayısı fazladır. Alçak bölgelerde hava yoğunluğu ve rüzgâr hızı düşüktür. Türbinlerin ürettiği enerji; rüzgâr hızının küpü, rotor tarama alanı ve hava yoğunluğu ile doğru orantılıdır. Hızdaki küçük bir artış türbinin ürettiği enerjiyi kat kat arttırır. Bu yüzden türbinler, rüzgâr hızını daha iyi almak için hem yeryüzü şekillerinden yüzlerce metre yüksekte bir tepeye hem de kule ile yükseltilecek kurulur. Yeryüzünde rüzgâra karşı oluşan direnç denizlerde neredeyse hiç görülmez. Gelişen teknoloji ile denizlerde de rüzgâr santralleri kurulmaktadır.

Yatay eksenli rüzgâr türbinlerinin, rüzgârı kulenin arka yönünden alan çeşitleri de vardır. Ancak en yaygın kullanılan rüzgârı, rotorun karşısından alan çeşitleridir. Rüzgârı arka yönden alan türbinlerde kanatlar kule hizasından geçerken kulenin rüzgârı engellemesi söz konusudur. Bu durumda kanatlarıdaki güçte dalgalanmalar olur ve türbine zarar verir. Buna **kule gölgelenmesi** denir.

Rüzgârı karşıdan alan yatay eksenli türbinlerde de kule gölgelenmesi vardır. Kanatların kule hizasından geçmesi esnasında kuleye çarpıp dönen rüzgâr, kanatlara ters yönden gelerek çok küçük de olsa etki eder. Bunu engellemek için kule direkleri silindirik yapılır.

3.7.6. Rüzgâr Türbinlerinde Kullanılan Elektrik Makineleri

Rüzgâr enerjisini elektrik enerjisine çeviren en temel ekipman elektrik makineleridir. Elektrik makineleri mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürüyorsa **alternatör** ya da **jeneratör**; elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürüyorsa **motor** adını alır.

Türbinlerde kullanılan alternatörler, kanatlar ve şanzımanın bağlı olduğu milden gelen hareket enerjisini elektromanyetik indüksiyon yöntemi ile elektrik enerjisine çevirir (Görsel 3.83). Rüzgâr türbinlerinde kullanılan alternatörler elektrik üretimi sektöründe, kullanılan diğer alternatörlere göre farklılık gösterir. Çünkü rüzgâr hızındaki ani dalgalanmalar alternatörde değişik mekanik güçler ortaya çıkarır. Bu güç değişimlerine dayanıklı ve ekonomik alternatörler tasarlanır.



Görsel 3.83: Rüzgâr türbini alternatörü

Alternatörler doğru ve alternatif akım üreten makineler olarak iki çeşittir. Şebeke, bağlantısının uzak olduğu ve üretilen elektriğin akülere depolanması gereken durumlarda küçük güçlü doğru akım makineleri; üretilen elektriğin şebekeye bağlandığı durumlarda ise büyük, güçlü alternatif akım makineleri kullanılır.

3.7.6.1. Alternatif Akım Makineleri

Yüksek güçlü rüzgâr türbinlerinde yaygın olarak kullanılan makinelerdir. Fazlar arası 690 V ve üç fazlı ürettikleri gerilim transformatör ile 10kV ile 30kV arasında değerlere yükseltilir ve direkt olarak elektrik şebekesine bağlanır.

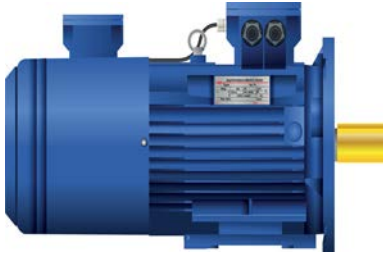
Düşük güçlü türbinlerde küçük çaplı kanatlar kullanılır ve alternatör de bu güce göre düşük güçlü olur. Ancak yüksek rüzgâr hızında alternatör kapasitesi kadar elektrik üretir ve rüzgârın büyük kısmı boşa gider. Bunun engellemek için yüksek güçlü alternatörler bağlanır. Bu durumda da düşük hızlı rüzgârlarda kanatlar alternatörü döndüremez. Türbin imalatında kanat çapı ile elektrik üreten makineler arasında bir uyum sağlanmalıdır.

Alternatif akım makineleri farklı kutup sayılarına sahiptir. Kutuplar arası anahtarlama yöntemi ile hem düşük hem de yüksek rüzgâr hızlarında çalışabilecek şekilde tasarlanır. Alternatörlerde üretilen üç fazlı elektrik, şebeke gerilimine direkt olarak bağlanacak ise türbin çıkış frekansı ile şebeke frekansı aynı olmalıdır. Çıkış frekansı makinenin dönüş hızına bağlıdır. Makinenin statorundaki mıknatıs sayısı artırılarak manyetik alan etkisinden dolayı dönüş hızı da düşürülür ve şebeke ile aynı frekans değeri ayarlanır.

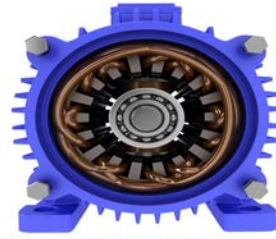
Alternatif akım üreten makineler senkron ve asenkron olarak iki çeşittir. Senkron eş zamanlı ve uyumlu, asenkron ise eş zamanlı olmayan ve uyumsuz anlamına gelir.

1. Asenkron Makineler: Rüzgâr türbinlerinde en yaygın kullanılan makinelerdir. Sabit hızlı ya da değişken hızlı bölgelerde kullanıma uygundur. Ani rüzgâr artışlarında oluşan tork titreşimlerini azaltması, üretim ve bakım maliyetlerinin düşük olması, yapılarının basit olması gibi avantajları vardır. Asenkron makinelerin sabit kısmına **stator**, hareketli kısmına **rotor** denir. Yapılarına göre sincap kafesli ve rotoru sargılı çeşitleri vardır.

a. Sincap kafesli asenkron makineler: Küçük ve orta güçlü rüzgâr türbinlerinde kullanılan elektrik makineleridir (Görsel 3.84:a). Rotoru mile paralel olmayan alüminyum döküm malzemeden yapılmıştır. Oluklarına bakır çubuklar yerleştirilerek çıkan uçların bir halka ile birleştirilmesiyle oluşan bir iç yapısı vardır (Görsel 3.84:b). Statoru üç fazlı akım üretecek şekilde sargılardan meydana gelir. Rotor, manyetik alan oluşturan stator içerisinde döner ve indüksiyon yöntemi ile elektrik üretilir.



Görsel 3.84 a) Sincap kafesli asenkron makine



Görsel 3.84 b) Sincap kafesli asenkron makinenin iç yapısı

Stator sargıları yüksek manyetik geçirgenliğe sahip plakalar arasına yerleştirilir. Böylece küçük uyarı akımları ile yüksek manyetik alan yoğunluğu elde edilir. Bu tip makineler şebekeden uyarımlı ve kendinden uyarımlı olarak üretilir.

Şebekeye direkt bağlı bir türbinde sincap kafesli makine, uyarım akımını şebekeden alır. Başlangıçta klasik elektrik motoru gibi çalışır. Dişli kutusundan gelen hareket ile senkron bir devir dengelenmesi olduğunda, manyetik alan yön değiştirir ve makine elektrik üretmeye başlar.

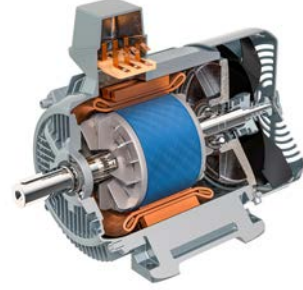
Kendinden uyarımlı makinelerde ise üç fazlı uyarım sistemi ile kurulur. Başlangıçta motor gibi çalışır ve senkron hızı yakalamak için hızını artırır. Rüzgâr hızı milin senkron hızını aştığında makine yön değiştirir ve alternatör olarak çalışmaya başlar.





Transformatörlerde olduğu gibi sincap kafesli makinelerde de stator üzerinde bir endüktans meydana gelir. Endüktans şebekeye bağlı bir sistemde reaktif güç ortaya çıkarır. Bunu engellemek için alternatör çıkışına bir kondansatör bağlanır. Kondansatör hem reaktif gücü engeller hem de makinenin ihtiyaç duyduğu uyartım akımını sağlar.

b. Rotoru sargılı asenkron makineler: Rotorunda ve statorunda üç fazlı akım üretecek şekilde sargılar vardır (Görsel 3.85). Dişli kutusundan gelen hareket ile hem rotorunda hem de statorunda farklı açılarda üç fazlı akım üretir. Rotor sargılarına bağlı sabit karbon fırçalara, dışarıdan ayarlanabilir bir direnç bağlanır ve rotor üzerindeki gerilim kontrol edilir.

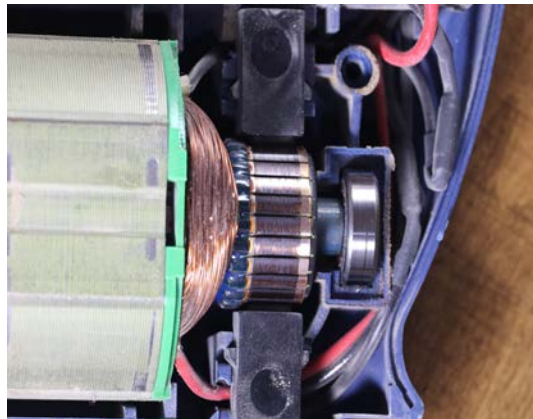


Görsel 3.85: Rotoru sargılı asenkron makine

2. Senkron Makineler: Rüzgâr türbinlerinde kullanılan asenkron makinelere göre yapısı daha karmaşıktır ve maliyeti yüksektir. Makine miline sabit hızda hareket enerjisi uygulanabilen santrallerde alternatör olarak kullanılır.

Ana şebeke hattına çok uzak kırsal yerleşim yerlerinde veya ana karaya uzak adalarda sadece o bölge için tasarlanmış şebeke hatlarına **ada şebeke hattı** denir. Senkron alternatörler, ada şebeke hattına direkt bağlı olan rüzgâr türbinlerinde kullanılır. İç yapılarında üç fazlı akım oluşturan stator ve rotor sargıları mevcuttur. Başlangıçtaki çalışma için doğru akım uyartımına ihtiyacı vardır. Sabit hızda çalıştığı için sabit frekans üretir. En önemli özelliği ise şebekeye bağlandığında reaktif güç oluşturmamasıdır.

Güç elektroniği devreleri kullanılarak değişken hızlı rüzgâr olan bölgelerde de kullanılır. Kanatlarda oluşacak ani güç dalgalanmaları ve senkron çalışmak için gerekli mıknatıslanma güç elektroniği devreleri ile yapılır. Türbin miline bağlanan senkron makinenin rotor sargısına doğru akım uygulanır. Böylece rotorda bir manyetik alan oluşur. Manyetik alan mil hareketi ile stator içerisinde döner ve stator sargılarında üç fazlı gerilim üretilir. Rotora doğru akım bilezik ve fırçalarla harici bir kaynaktan verilir. Bilezikler yalıtılmış olarak mile bağlanır (Görsel 3.86). Doğru akım bileziklerden fırçalara geçer. Fırçalar çok düşük sürtünme ile rotora doğru akımı iletir ve rotorda manyetik alan oluşur. Bilezik ve fırça kullanılan senkron makinelerine bakım gereklidir ve maliyetleri yüksektir. Bu dezavantajından dolayı fırçasız senkron makineler üretilmiştir. Senkron makinenin ürettiği üç fazlı gerilim bir doğrultucu kullanılarak rotora bağlanır. Bilezik ve fırça kullanılmadığından senkron makine, kendi uyartımını yaparak maliyeti düşürür.



Görsel 3.86: Senkron makine iç yapısı

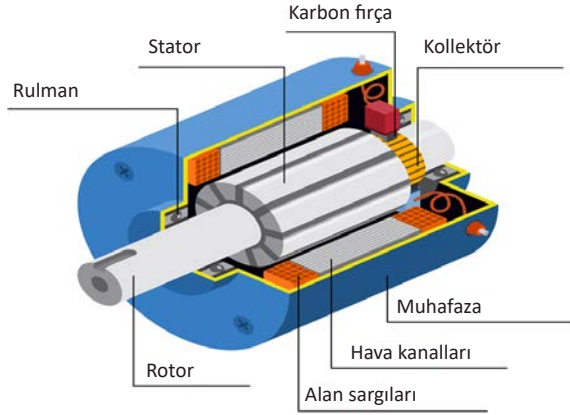
3.7.6.2. Doğru Akım Makineleri

Şebekeden bağımsız, düşük güçteki rüzgâr türbinlerinde kullanılır. Alternatif akım makineleri gibi elektromanyetik indüksiyon yöntemi ile çalışır. Yapısı stator, rotor, nüve, hareket mili, karbon fırçalar ve kollektörden oluşur. Manyetik alan içerisinde hareket eden rotorlu tüm elektrik makineleri alternatif akım üretir. Doğru akım makinelerinde alternatif akım, güç elektroniği ekipmanları ile doğru akıma dönüştürülür.

Doğru akım makineleri mekanik anahtarlama kontrollü ve sabit mıknatıslı olarak iki çeşittir. Mekanik anahtarlama kontrollü doğru akım alternatörlerinde karbon fırça ve kollektör aşınmaları dezavantaj olduğu için sektörde sabit mıknatıslı doğru akım alternatörleri kullanılır.

Rotoruna sabit mıknatıslar ve statoruna da alternatif akım üreten sargılar yerleştirilmiştir (Görsel 3.87). Sabit mıknatıslar sürekli bir manyetik alan oluşturduğu için doğru akım makineleri kendiliğinden uyarımlı çalışır. Üretilen alternatif akım yarı iletken doğrultucu devreleri ile doğru akıma çevirir. Ancak kapasiteleri asenkron makinelere göre küçüktür. Üretilen doğru akım, akülere şarj edilen ve rüzgâr hızının düşük olduğu bölgelerde kullanılır.

Doğru akım makinelerinde üretilen gerilim, manyetik alan yoğunluğu ve rotor dönüş hızına bağlıdır.



Görsel 3.87: Doğru akım makinesi



**UYGULAMA ADI****RÜZGÂRDAN ELDE EDİLEN KİNETİK ENERJİ HESABI****44. UYGULAMA**

Amaç: Rüzgâr türbinlerine çarpan rüzgârın kinetik enerjisini hesaplamak.

Uygulamaya Ait Görsel**İşlem Basamakları**

1. Türbin üzerinde belirtilen rotor çapını kullanarak rotor süpürme alanını hesaplayınız.
2. Hava yoğunluğunu ve türbine çarpan rüzgârın hızını kullanarak türbine çarpan hava kütesini hesaplayınız.
3. Türbine çarpan rüzgârın kinetik enerjisini (P_A) hesaplayınız.
4. Bulduğunuz değerleri sonuçlar tablosuna yazınız

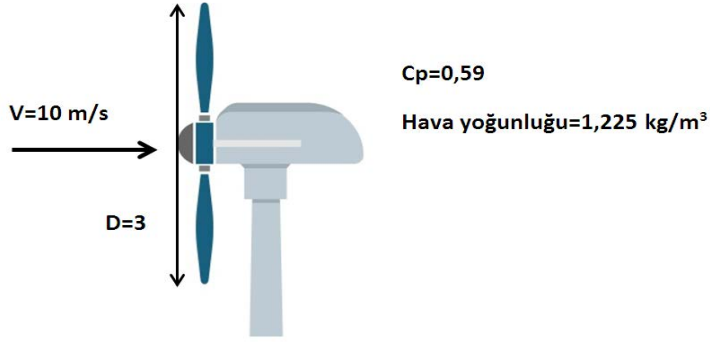
Sonuçlar		
A	m	P_A

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:		1	İSG kurallarına uyulması ve süre kullanımı	10
Sınıf:		2	Çalışma ortamında temizlik ve düzenin sağlanması	10
No:		3	Rotor süpürme alanı formülünün doğru kullanılması	20
ÖĞRETMEN		4	Rotor süpürme alanının doğru hesaplanması	20
Adı Soyadı:		5	Hava kütesinin doğru hesaplanması	20
İmza:	TARİH	6	Rüzgârın kinetik enerjisinin doğru hesaplanması	20
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100

UYGULAMA ADI	YATAY EKSENLİ RÜZGÂR TÜRBİNLERİNDE GÜÇ HESABI	45. UYGULAMA
--------------	---	--------------

Amaç: Yatay eksenli rüzgâr türbinlerinde güç hesaplamak.

Uygulamaya Ait Görsel



İşlem Basamakları

1. Türbin üzerinde belirtilen rotor çapını kullanarak rotor süpürme alanını hesaplayınız.
2. Betz limiti katsayısını, hava yoğunluğunu, rüzgâr hızını ve rotor süpürme alanını kullanarak türbinin gücünü (P_w) hesaplayınız.
3. Türbinin 12 saatte ne kadar enerji üreteceğini (E) hesaplayınız.
4. Bulduğunuz değerleri sonuçlar tablosuna yazınız.

Sonuçlar		
A	P_w	E

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	İSG kurallarına uyulması ve süre kullanımı	10	
Sınıf:	2	Çalışma ortamında temizlik ve düzenin sağlanması	10	
No:	3	Rotor süpürme alanı formülünün doğru kullanılması	20	
ÖĞRETMEN		4	Rotor süpürme alanının doğru hesaplanması	20
Adı Soyadı:	5	Türbinin gücünün doğru hesaplanması	20	
İmza:	TARİH	6	Türbinin 12 saatte ürettiği enerjinin doğru hesaplanması	20
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100

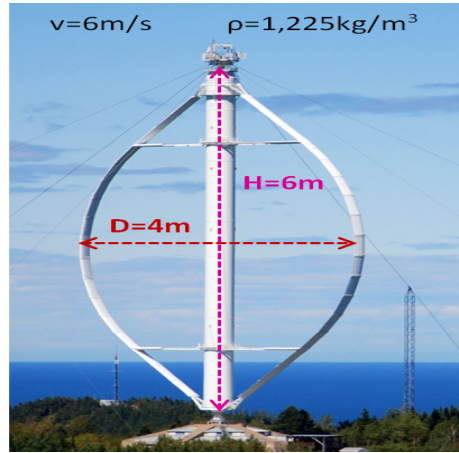




UYGULAMA ADI	DIKEY EKSENLİ RÜZGÂR TÜRBİNLERİNDE GÜÇ HESABI YAPMAK	46. UYGULAMA
--------------	--	--------------

Amaç: Dikey eksenli rüzgâr türbinlerinde güç hesaplamak.

Uygulamaya Ait Görsel



İşlem Basamakları

1. Türbin üzerinde belirtilen rotor çapını kullanarak rotor süpürme alanını hesaplayınız.
2. Betz limiti katsayısını, hava yoğunluğunu, rüzgâr hızını ve rotor süpürme alanını kullanarak türbinin gücünü (P_w) hesaplayınız.
3. Türbinin 20 saatte ne kadar enerji üreteceğini (E) hesaplayınız.
4. Bulduğunuz değeri sonuçlar tablosuna yazınız.

Sonuçlar		
A	P_w	E

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	İSG kurallarına uyulması ve süre kullanımı	10	
Sınıf:	2	Çalışma ortamında temizlik ve düzenin sağlanması	10	
No:	3	Rotor süpürme alanı formülünün doğru kullanılması	20	
ÖĞRETMEN		4	Rotor süpürme alanının doğru hesaplanması	20
Adı Soyadı:	5	Türbinin gücünün doğru hesaplanması	20	
İmza:	TARİH	6	Türbinin 20 saatte ürettiği enerjinin doğru hesaplanması	20
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100

4. ÖĞRENME BİRİMİ

DÖNÜŞTÜRÜCÜ VE EVİRİCİ DEVRELER



NELER ÖĞRENECEĞİZ?

4.1. DÖNÜŞTÜRÜCÜLER

4.2. EVİRİCİLER

4.3. KONTROL YÖNTEMLERİ



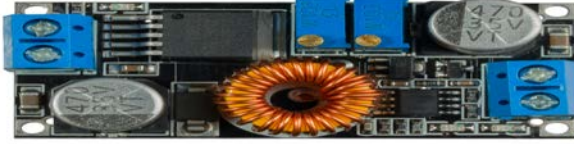
DÖNÜŞTÜRÜCÜLER VE DÖNÜŞTÜRÜCÜ DEVRE ÇEŞİTLERİ

Hazırlık Çalışması

- Dönüştürücü sistemlerin enerji depolamadaki önemini araştırınız.

4.1.1. Dönüştürücüler

Elektriksel olarak bir seviyedeki doğru akımı (DA) başka bir seviyedeki doğru akıma çeviren devrelere **dönüştürücü** denir. Gerek depolamada gerek şebekeye entegrasyonunda önemli yer tutan bu üniteler, güç elektronğinde ve endüstriyel uygulamalarda önemli sistemlerdir. Dönüştürücüler, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin kullanımına uygun olmalıdır.



Görsel 4.1: DA-DA dönüştürücüsü

Dönüştürücü devreler işlemlerini yarı iletken anahtarlama elemanları ve entegre devreleri yardımıyla yapabilir. Regülatör entegreleri, işlemsel kuvvetlendiriciler ya da benzeri malzemeler dönüştürücü devrelerdir. Dönüştürücülerin verimlilikleri kayıplar da göz önünde tutulduğunda genellikle yüksektir. Güneş ve rüzgar enerjisinden üretilen enerjiyi üst düzeye çıkarabilir ve böylece güç iyileştirmeleri yapar.

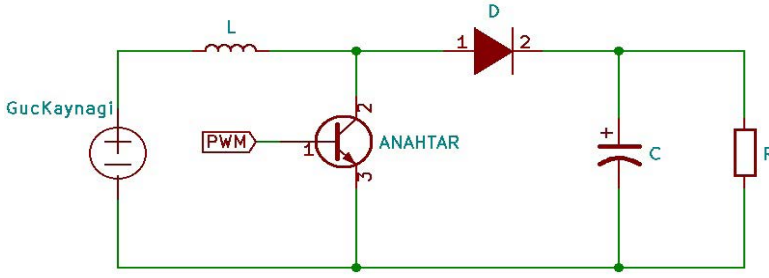
DA-DA dönüştürücüleri, depolama sistemlerinden (akü, pil) beslenen çoğu elektronik cihazlarda ve sistemlerde kullanılır. Bu tarz yapılar, değişken doğru akım seviyelerini depolama için gerekli olan sabit doğru akım seviyelerinde tutar. Güneş panellerinden üretilen enerji güneş ışınımına göre farklılıklar gösterecektir. Farklı olan bu gerilim seviyeleri gün içinde değişkenlik durumuna göre dönüştürücüler aracılığıyla sabitlenir. Dönüştürücüler fotovoltaik (FV) ve rüzgâr şarj regülatörlerinin temelini de oluşturmaktadır.

4.1.2. Dönüştürücü Devre Çeşitleri

- Yükseltici dönüştürücü devreleri
- Alçaltıcı dönüştürücü devreleri
- Alçaltıcı ve yükseltici dönüştürücü devreleri
- Temel flyback [fleybek (geri dönüşlü)] dönüştürücü devreleri
- İleri yönlü dönüştürücüler
- Yarım ve tam köprü eviriciler
- Push pull dönüştürücüler

4.1.2.1 Yükseltici Dönüştürücü Devreler

Girişine uygulanan doğru gerilim seviyesini kendisinden daha yüksek değerlere dönüştüren ünitelerdir. Görsel 4.2'de verilen devrede temel olarak bir yükseltici dönüştürücü devresi görülür.

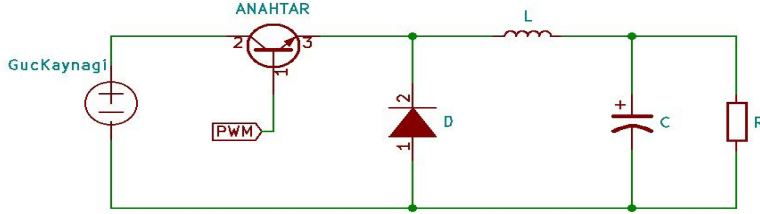


Görsel 4.2: Temel yükseltici dönüştürücü devresi

Temel olarak bir yükseltici dönüştürücü devresinde anahtarlama elemanı iletimde olduğu zaman, kaynak gerilimi devresini anahtarlama elemanı üzerinden tamamlar. Anahtarlama elemanı iletimde olması için genellikle darbe genişlik modülasyonlu (PWM) sinyal uygulanır. Uygulanan bu sinyal de darbenin genişliğine göre yani sinyalin iletimde kalması, süresinin ayarlanması, çıkışta oluşacak gerilim değerlerinin ayarlanması prensibine göre çalışır. Bobin üzerinde depolanan enerji ters polarize olan diyot üzerinden, çıkıştaki kondansatöre ve R yüküne aktarılır.

4.1.2.2. Alçaltıcı Dönüştürücü Devreleri

Girişe uygulanan doğru gerilim seviyesini azaltan devrelerdir.

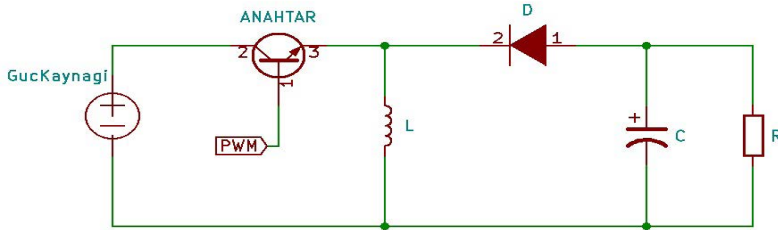


Görsel 4.3: Temel alçaltıcı dönüştürücü devresi

Alçaltıcı dönüştürücü devresi bir adet anahtarlama elemanı, bobin, diyot ve kapasitörden meydana gelir (Görsel (4.3)). Günümüzde farklı entegre ve diğer yarı iletken anahtarlama elemanları ile oluşturulan farklı yapılarda dönüştürücü devreleri piyasada bulunur. Bir alçaltıcı dönüştürücü devresinde, anahtar iletimde iken akım doğrudan bobin üzerinde enerji olarak depolanır ve çıkışa aktarılır (Görsel 4.3). Anahtarlama elemanı yalıtım durumunda olduğunda ise diyot üzerinden bobin devresini tamamlayan ve enerji sürekliliği çıkışta sağlanır.

4.1.2.3. Alçaltıcı ve Yükseltici Dönüştürücü Devreleri

Girişine uygulanan doğru gerilim seviyesinin üzerinde ve altındaki gerilim seviyelerinde çıkış verebilen dönüştürücü devrelerdir. Alçaltıcı ve yükseltici dönüştürücülerde bulunan temel devre elemanları bulunur. Görsel 4.4'te basit bir alçaltıcı dönüştürücü devre modeli gösterilmiştir.



Görsel 4.4: Temel alçaltıcı-yükseltici dönüştürücü devresi

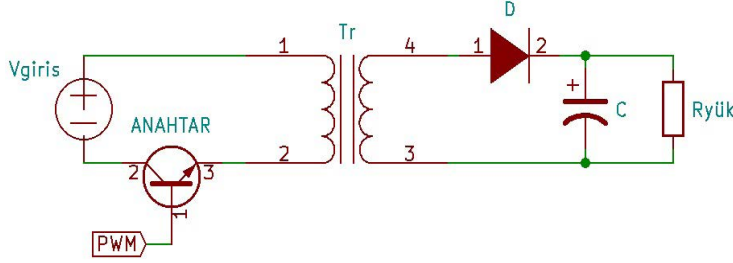




Bu dönüştürücülerde anahtarlama elemanına uygulanan tetikleme sinyalinin (PWM); çalışmada kalma süresinin çıkışta alınacak gerilim seviyesinin alçaltılması ya da yükseltilmesine doğrudan etkisi bulunur. Görev oranı [duty cycle (duty saykıl)], bu dönüştürücülerde eşik değeri olarak kullanılabilir. Görev oranı bu değerden küçük olursa çıkış gerilimi, girişteki gerilimden küçük olur. Görev oranı bu değerden yüksek olursa girişteki gerilim yükseltilmiş olur.

4.1.2.4. Temel Flyback (Geri Dönümlü) Dönüştürücü Devreleri

Geri dönümlü dönüştürücü ünitelerinde, temel bir alçaltıcı-dönüştürücü devresinin benzeri olarak bobin yerine bir trafo kullanılmıştır. Piyasada uygun ve pratik bir izoleli dönüştürücü olarak kullanılır (Görsel 4.5).



Görsel 4.5: Temel alçaltıcı dönüştürücü devresi

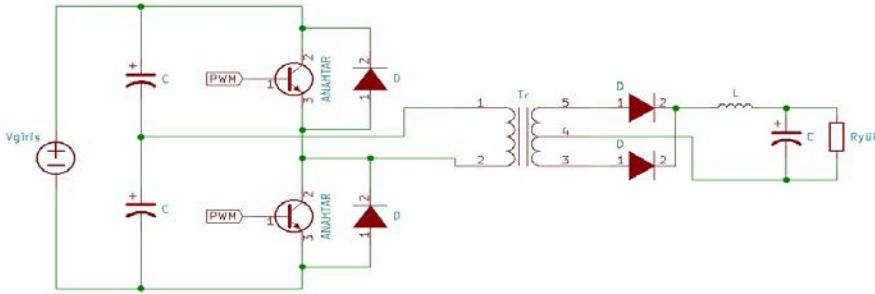
Yapısında kullanılan transformatörlerin maliyeti, ağırlıkları ve hacimsel sınırlandırmaları da göz önünde bulundurularak piyasada belirli alanlarda 100 W gücüne kadar olan sistemlerde kullanılabilir.

4.1.2.5. İleri Yönlü (Forward) Dönüştürücü Devreleri

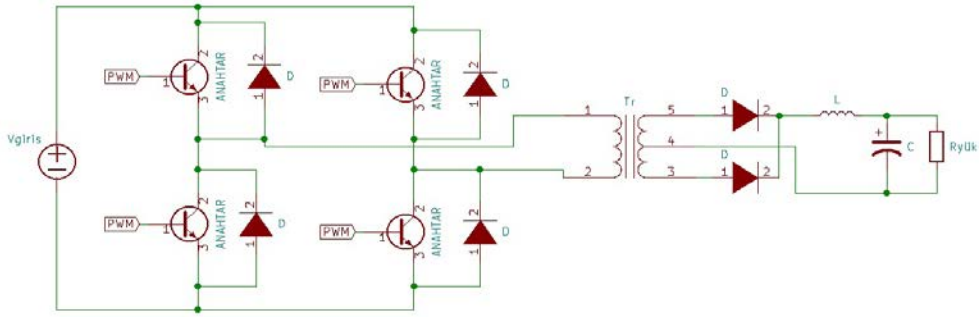
Düşük güç uygulamalarında geri dönümlü dönüştürücülere benzer sistemlerde kullanılır. Bu dönüştürücülerde, anahtarlama elemanlarına uygulanacak sinyalde, görev oranının eşik değeri olan %50 değerinin altında uygulanması ile düşürücü formatta kullanılır.

4.1.2.6. Yarıml ve Tam Köprü Dönüştürücü Devreleri

Yapısında kullanılan malzemelerle birlikte yüksek güçlere sahip uygulamalarda kullanılır ve aşağıda yarıml köprü dönüştürücü modeli gösterilmiştir (Görsel 4.6). Girişe uygulanan gerilim kapasitörler ile ikiye ayrılır. Anahtarlama elemanı olarak kullanılan yarı iletken güç elemanları, sırayla ilettime geçirilerek dönüştürme yapılabilir. Çıkışta alınacak gerilim seviyesi, yapısında kullanılan trafoların dönüştürme oranlarına ve sinyalin görev oranlarına bağlıdır.



Görsel 4.6: Yarıml köprü dönüştürücü devresi

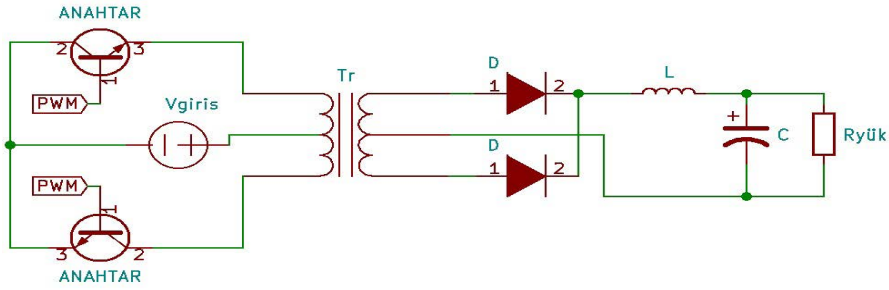


Görsel 4.7: Tam köprü dönüştürücü devresi

Tam köprü dönüştürücü yapısında dört adet yarı iletken güç anahtarlama elemanı bulunur (Görsel 4.7). Bu anahtarlar ikili olarak sırası ile ilettime geçirilir. Aynı devre koluna bağlı anahtarlama elemanları aynı anda ilettime geçirilmez. Karşılıklı çapraz durumda olan elemanların ilettime geçirilmesi ile uygulanan tetikleme sinyalinin görev oranı ve trafonun dönüştürme oranına bağlı olarak çıkış gerilimi elde edilir.

4.7. Push-Pull Dönüştürücüler

İzoleli dönüştürücüler, yarım ve tam köprü dönüştürücü devrelerine benzer yapılardan oluşur (Görsel 4.8).



Görsel 4.8: Push-pull dönüştürücü devresi

Verilen devre modelinde anahtarlama elemanları sırası ile ilettime geçirilerek tetikleme sinyali görev oranı ve izole malzemesi trafo dönüştürme oranına bağlı olarak çıkışa aktarılır. Bu dönüştürücüler de yüksek güçlerde kullanılabilen dönüştürücülerdir.

Genel olarak izolasyonlu yarım, tam ve push pull dönüştürücülerde çıkış gerilim seviyesi;

$$\text{Yarım Köprü Dönüştürücü için } V_{\text{çıkış}} = \frac{V_{\text{giris}} \times \text{görev oranı}}{\text{dönüştürme oranı}}$$

Tam köprü dönüştürücü ve push pull dönüştürücüleri için;

$$V_{\text{çıkış}} = 2 \times \frac{V_{\text{giris}} \times \text{görev oranı}}{\text{dönüştürme oranı}}$$





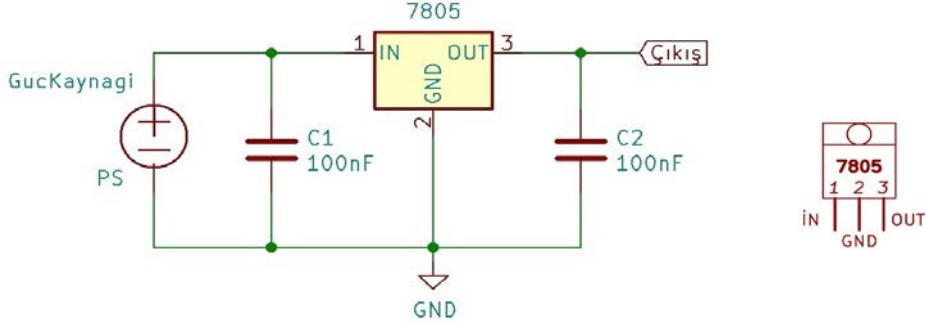
UYGULAMA ADI

REGÜLATÖRLÜ DÖNÜŞTÜRÜCÜ DEVRESİ

47. UYGULAMA

Amaç: Regülatörlü dönüştürücü devresi yapmak.

Uygulamaya Ait Görseller



Kullanılacak Araç Gereç

No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Breadboard		1
2	Güç kaynağı	Ayarlı	1
3	Kondansatör	100nF	2
4	Regülatör	7805	1
5	Bağlantı iletkenleri	Atlama kablosu	Yeterli miktarda
6	Multimetre		1

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek öğretmenlerinizin gözetiminde uygulama devresini kurunuz.

İşlem Basamakları

1. Görselde verilen devreyi breadboard üzerine kurunuz.
2. Öğretmenlerinizin kontrolünde devreye enerji veriniz.
3. Güç kaynağını tablodaki giriş gerilimlerine ayarlayınız.
4. Multimetreyi DC kademesine alarak tablodaki çıkış gerilimlerini not ediniz.
5. Enerjiyi kesin ve malzemeleri sökünüz.

Uygulama Sonuçları

Güç Kaynağı Giriş Gerilimi	Çıkış Gerilimi
6V	
9V	
12V	
15V	

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	İSG kurallarına uyuldu ve süreyi zamanında kullandı	10	
Sınıf:	2	Çalışma ortamının düzenini sağladı ve temizliğini yaptı.	10	
No:	3	Malzemeleri listeledi ve bunların kontrollerini yaptı.	20	
ÖĞRETMEN		4	Şemaya uygun montajı yaptı.	20
Adı Soyadı:	5	Giriş gerilimlerini ayarladı.	20	
İmza:	TARİH	6	Çıkış gerilimlerini doğru ölçtü.	20
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100





UYGULAMA ADI

AYARLANABİLİR REGÜLATÖRLÜ DÖNÜŞTÜRÜCÜ DEVRESİ

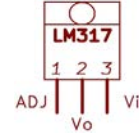
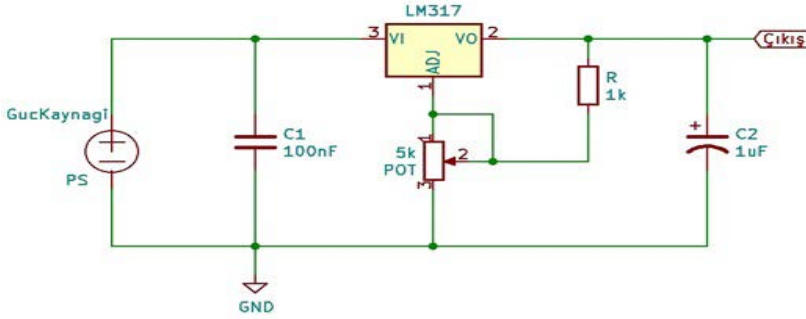
48. UYGULAMA

Amaç: Ayarlanabilir regülatörlü dönüştürücü devresi yapmak.

Uygulamaya Ait Görseller



21222



Kullanılacak Araç Gereç

No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Breadboard		1
2	Güç kaynağı	Ayarlı	1
3	Direnç	1 K Ω	1
4	Kondansatör	Kutupsuz- 100nF	1
5	Kondansatör	Kutuplu - 1uF/16V	1
6	Regülatör	LM317	1
7	Potansiyometre	5 K Ω	1
8	Bağlantı iletkenleri	Atlama kablosu	Yeterli miktarda
9	Multimetre		1

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek öğretmenlerinizin gözetiminde uygulama devresini kurunuz.

İşlem Basamakları

1. Görselde verilen devreyi breadboard üzerine kurunuz.
2. Öğretmenlerinizin kontrolünde devreye enerji veriniz.
3. Güç kaynağını 12 Vdc giriş gerilimine ayarlayınız.
4. Potansiyometreyi sırası ile minimum ve maksimum değerlere ayarlayınız.
5. Multimetreyi DC kademesine alarak aşağıdaki tabloya çıkış gerilimlerini not ediniz.
6. Enerjiyi kesin ve malzemeleri sökünüz.

Uygulamaya ilişkin değerler ve sonuçlar

Güç Kaynağı /Giriş Gerilim	Potansiyometre Değeri	Çıkış Gerilimi
DC 12V	Minimum-0	
	Maksimum-5K	

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	İSG kurallarına uyuldu ve süreyi zamanında kullandı.	10	
Sınıf:	2	Çalışma ortamının düzenini sağladı ve temizliğini yaptı.	10	
No:	3	Malzemeleri listeledi ve bunların kontrollerini yaptı.	20	
ÖĞRETMEN		4	Şemaya uygun montajı yaptı.	20
Adı Soyadı:	5	Giriş gerilimlerini ayarladı.	20	
İmza:	TARİH	6	Çıkış gerilimlerini doğru ölçtü.	20
	...../...../.....		TOPLAM PUAN	100





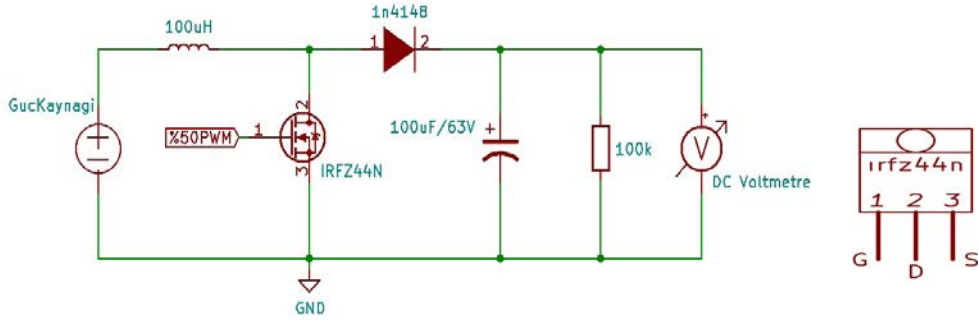
UYGULAMA ADI

YÜKSELTİCİ DÖNÜŞTÜRÜCÜ DEVRESİ

49. UYGULAMA

Amaç: Yükseltici dönüştürücü devresi yapmak.

Uygulamaya Ait Görseller



Kullanılacak Araç Gereç

No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Breadboard		1
2	Güç kaynağı	Ayarlı	1
3	Sinyal jeneratörü	Kare dalga çıkış (PWM)	1
4	Direnç	100 K Ω	1
5	Kondansatör	Kutuplu - 100uF/63V	1
6	Mosfet	IRFZ44N ve soğutucusu	1
7	Bobin	100uH-kondansatör tip	1
8	Diyot	1n4148 ya da 1n4007	1
9	Bağlantı iletkenleri	Atlama kablosu	Yeterli miktarda
10	Multimetre	DC voltmetre	1

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek öğretmenlerinizin gözetiminde uygulama devresini kurunuz.

İşlem Basamakları

1. Görselde verilen devreyi breadboard üzerine kurunuz.
2. Mosfet elemanının soğutucusunu bağlayınız.
3. Sinyal jeneratörünü kare dalga 100 HZ -5 V %50 görev oranına (duty cycle) ayarlayınız.
4. Öğretmenlerinizin kontrolünde devreye enerji veriniz.
5. Güç kaynağını sırası ile 5 V-9 V-12 V dc giriş gerilimine ayarlayınız ve DC voltmetrede okunan değeri not ediniz.
6. Enerjiyi kesin ve malzemeleri sökünüz.

Uygulamaya ilişkin değerler ve sonuçlar

Güç Kaynağı (Giriş Gerilim Değeri)	DC Voltmetre (Çıkış Gerilimi)
5V	
9V	
12V	

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	İSG kurallarına uyuldu ve süreyi zamanında kullandı	10	
Sınıf:	2	Çalışma ortamının düzenini sağladı ve temizliğini yaptı.	10	
No:	3	Malzemeleri listeledi ve jeneratörü ayarladı.	20	
ÖĞRETMEN		4	Şemaya uygun montajı yaptı.	20
Adı Soyadı:	5	Giriş gerilimlerini ayarladı.	20	
İmza:	TARİH	6	Çıkış gerilimlerini doğru ölçtü.	20
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100





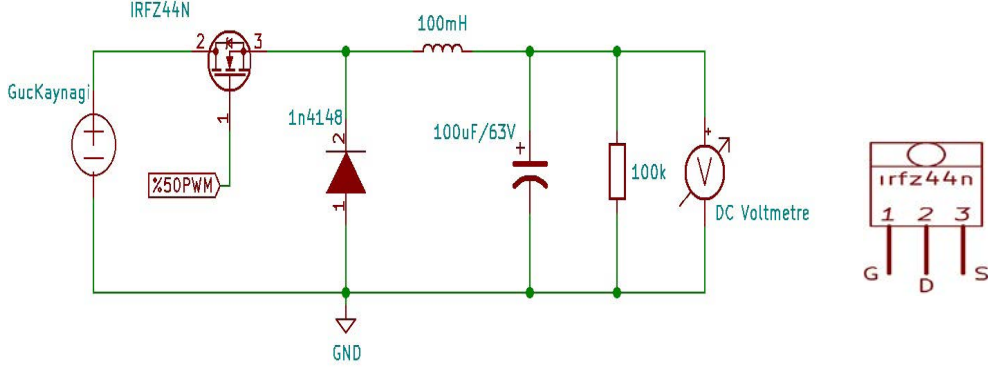
UYGULAMA ADI

ALÇALTICI DÖNÜŞTÜRÜCÜ DEVRESİ

50. UYGULAMA

Amaç: Alçaltıcı dönüştürücü devresi yapmak.

Uygulamaya Ait Görseller



Kullanılacak Araç Gereç

No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Breadboard		1
2	Güç kaynağı	Ayarlı	1
3	Sinyal jeneratörü	Kare Dalga Çıkış (PWM)	1
4	Direnç	100 K Ω	1
5	Kondansatör	Kutuplu - 100uF/63V	1
6	Mosfet	IRFZ44N ve soğutucusu	1
7	Bobin	100mH-kondansatör tip	1
8	Diyot	1n4148 ya da 1n4007	1
9	Bağlantı iletkenleri	Atlama kablosu	Yeterli miktarda
10	Multimetre	DC voltmetre	1

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek öğretmenlerinizin gözetiminde uygulama devresini kurunuz.

İşlem Basamakları

1. Görselde verilen devreyi breadboard üzerine kurunuz.
2. Mosfet elemanının soğutucusunu bağlayınız.
3. Sinyal jeneratörünü kare dalga 100HZ -5V %50 görev oranına ayarlayınız.
4. Öğretmenlerinizin kontrolünde devreye enerji veriniz.
5. Güç kaynağını sırası ile 5V-9V-12V-18Vdc giriş gerilimine ayarlayınız ve DC voltmetrede okunan değeri not ediniz.
6. Enerjiyi kesin ve malzemeleri sökünüz.

Uygulamaya ilişkin değerler ve sonuçlar

Güç Kaynağı (Giriş Gerilim Değeri)	DC Voltmetre (Çıkış Gerilimi)
5V	
9V	
12V	
18V	

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	İSG kurallarına uyuldu ve süreyi zamanında kullandı	10	
Sınıf:	2	Çalışma ortamının düzenini sağladı ve temizliğini yaptı.	10	
No:	3	Malzemeleri listeledi ve jeneratörü ayarladı.	20	
ÖĞRETMEN		4	Şemaya uygun montajı yaptı.	20
Adı Soyadı:	5	Giriş gerilimlerini ayarladı.	20	
İmza:	TARİH	6	Çıkış gerilimlerini doğru ölçtü.	20
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100





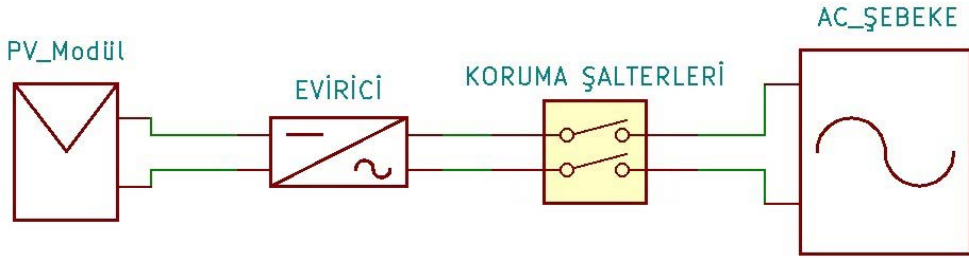
2. EVİRİCİLER VE EVİRİCİ ÇEŞİTLERİ

Hazırlık Çalışması

Evdaki bir lamba akü ile çalıştırılabilir mi?

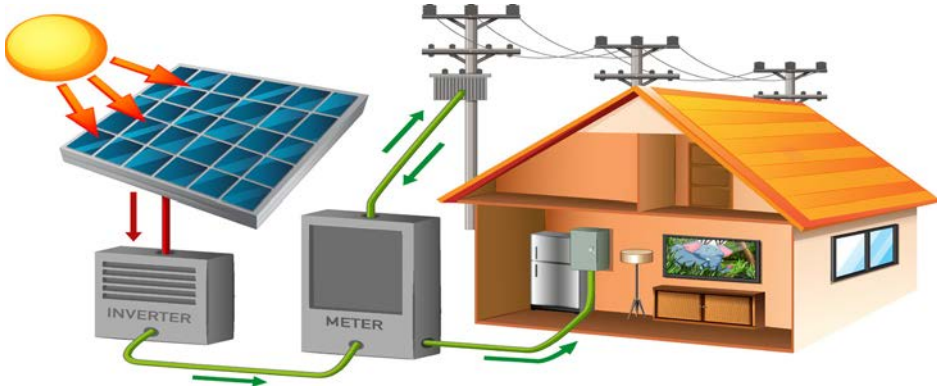
4.2.1. Eviriciler

Evirici, doğru akımı alternatif akıma çeviren güç elektroniği sistemidir. Eviriciler, endüstride yaygın olarak kullanılır. Evirici [inverter (invertör)] sistemleri enerji üretim ve dağıtım sistemlerinde, güç kaynaklarında, yenilenebilir enerji alanlarında sıklıkla kullanılır (Görsel 4.9). Elektrikle çalışan çoğu cihazlar alternatif akımla beslenir. Özellikle doğru akım kaynaklarının alternatif akım yüklerin kullanılmasında eviriciler önemli yer tutar. Güneş enerjisi santrallerinden ve bazı rüzgâr enerjisi sistemlerinden üretilen enerjinin şebeke üzerine aktarılması için eviriciler kullanılır.



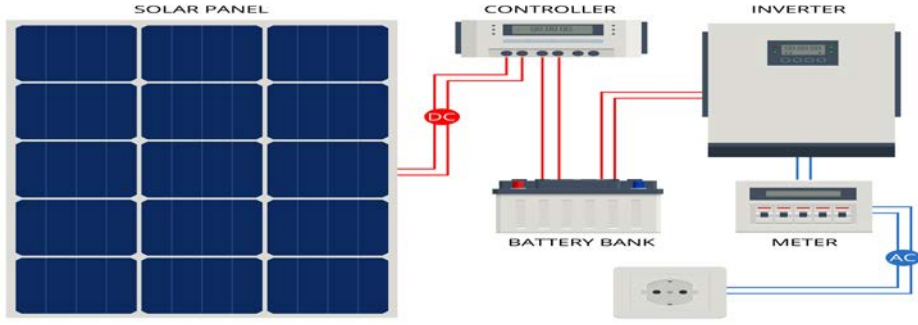
Görsel 4.9: FV evirici sembolü ve çalışma bağlantısı

Eviriciler; istenilen frekansta, genlikte ve güçte alternatif akımı sağlar. Verimli çıkış ile ürettiği enerjide bozulmaların çok az olması eviricinin temel özellikleridir. Evirici sistemleri farklı güçlerde ve boyutlarda üretilir. Eviriciler, güneş enerjisi santrallerinde üretici kısım ile şebeke kısmında köprü görevi görür (Görsel 4.10).



Görsel 4.10: Eviricinin santrallerdeki konumu

Eviriciler tek fazlı ya da üç fazlı olarak kullanılır. Kullanım alanları ve yük özelliği evirici formatını belirler. Düşük güç alıcılarda genellikle tek fazlı eviriciler kullanılır. Binalarda ve daha yüksek güçlerde üç fazlı kullanımı yaygındır. Yenilenebilir enerji santralleri şebekeden bağımsız veya şebekeye bağlı biçimdedir. Bu nedenle eviriciler bu sektörlerde şebekeye bağlı veya şebekeye bağlı olmayanlar olarak ikiye ayrılır. Bazı eviriciler her iki formata uygun olarak da üretilir (Görsel 4.11).



Görsel 4.11: Hibrit evirici bağlantısı

Evirici sistemlerde köprü formatta bağlı olan yarı iletken elemanlar kullanılır. Sistemin gerilim değerleri ve güç özelliklerine göre farklı anahtarlar kullanılır.

- BJT (klasik tip transistörler veya iki kutuplu transistorler)
- MOSFET (metal oksit yarı iletken alan etkili transistör)
- JFET (eklem alan etkili transistör)
- Tristörler
- IGBT (yalıtılmış kapılı iki kutuplu transistörler)

Yarı iletken anahtarlardan transistör ve mosfet, düşük ve orta güç uygulamalarında çok sık kullanılır. Mosfetler ayrıca hızlı anahtarlama özelliğinden dolayı yüksek frekanslı evirici uygulamalarında da tercih edilir. Tristörler yüksek güçlerde kullanılır. IGBT günümüzde eviricilerde en çok kullanılan yarı iletken anahtardır. Bu anahtarlar aynı zamanda mosfetlerin ve transistörlerin pozitif karakteristik özelliklerine sahiptir.

Eviricilerin çıkış gerilimlerinin sinüs dalga formunda olması ise istenen özelliktir. Düşük ve orta güçlü sistemlerde kare dalga formatında çıkış kullanılabilir. Ancak büyük güçlerde mümkün olduğu kadar tam sinüs dalga formu kullanılır. Teknolojideki gelişmeler ve yapılan arge çalışmaları ile birlikte yüksek frekanslı kontrollere beraber tam sinüs formuna ulaşılabilir.

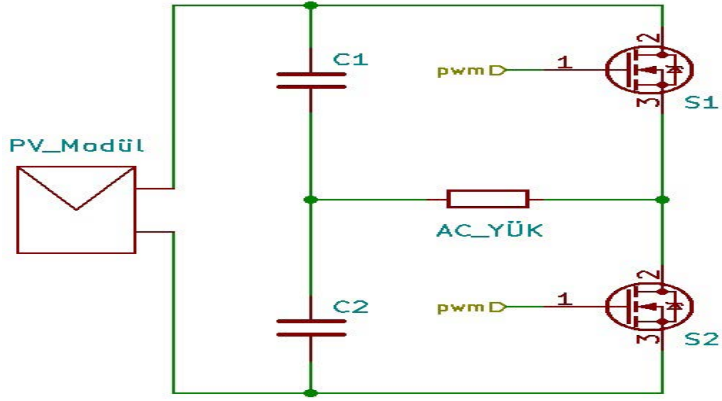
4.2.2. Evirici Çeşitleri

Güç elektroniğinde eviriciler tek fazlı, üç fazlı ve çok seviyeli eviriciler olarak sınıflandırılır. Akım ve gerilim kontrollü olarak çıkış durumuna göre ayrılırlar. Evirici çıkış gerilimi elde etmek için genelde kontrol sinyalleri kullanılır. Eviricilerde giriş gerilimi sabit ise voltaj beslemeli (VSI), giriş akımı sabit ise akım beslemeli (CSI) ve giriş gerilimi kontrol edilebiliyorsa değişken doğru akım ile beslenen evirici adını alır. Yenilenebilir enerji sistemlerinde şebekeye bağlı, şebekeden bağımsız ve her iki tipte kullanılan eviriciler kullanılır.

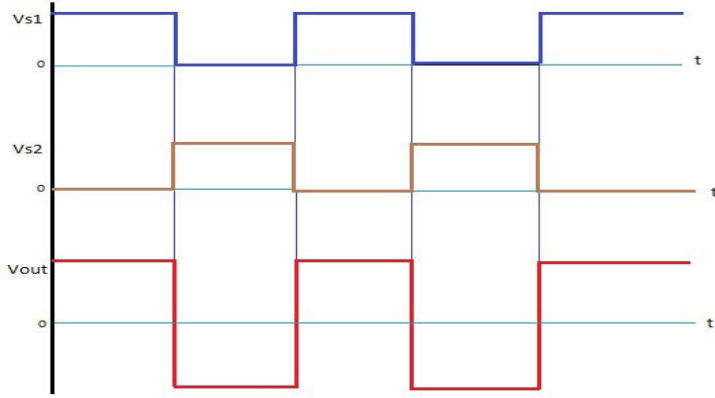
4.2.2.1. Tek Fazlı Eviriciler

Tek fazlı eviriciler yarım ve tam köprü olarak kullanılır. Yarı iletken anahtarların sırası ile iletme geçirilmesi esasına dayanarak çıkışta alternatif akım formu elde edilir. Tek fazlı yarım köprü eviricide iki anahtar kullanılır (Görsel 4.12). Çalışmasında anahtarların aynı anda iletimde olmamasına dikkat edilir. Bu anahtarlama elemanlarından biri iletimdeyken diğeri mutlaka kesimde olmalıdır. Aynı anda iletimde olma durumu gerilim kaynağına ve eviriciye zarar verebilir.



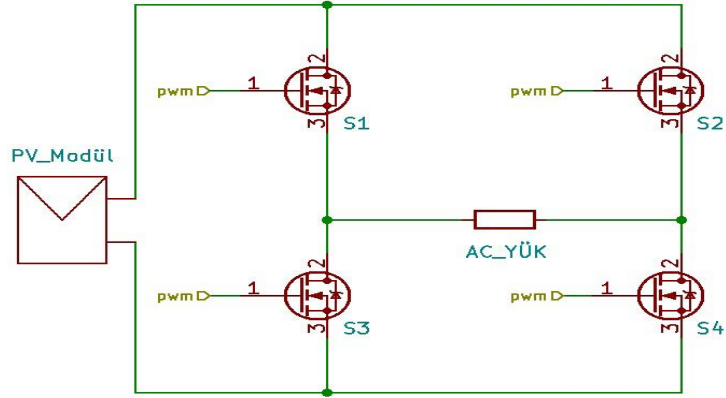


Görsel 4.12: Tek fazlı yarım köprü evirici şeması



Görsel 4.13: Tek fazlı yarım köprü evirici çıkış dalga şekilleri

Yarım köprü evirici devrelerinde S1 anahtarı iletimde iken S2 anahtarı kesim modunda bulunur (Görsel 4.13). Bu şekilde çalışma durumunda giriş geriliminin hem pozitif kısım hem de negatif örneklenerek çıkışta yük üzerinden alternatif akım meydana getirir. Yarım köprü tipi evirici devrelerinde, giriş besleme gerilimleri simetrik yapıda olmalıdır.

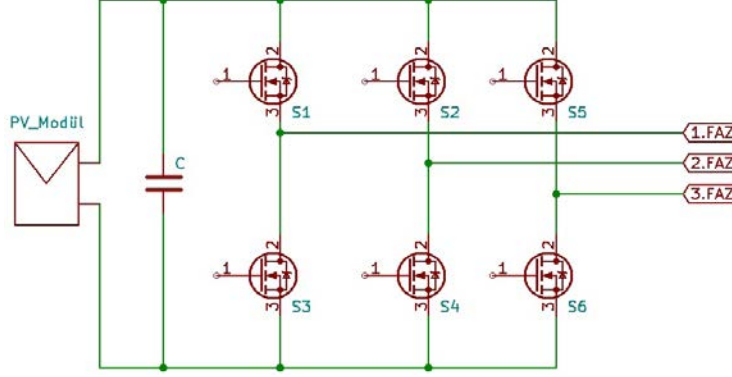


Görsel 4.14: Tek fazlı tam köprü evirici şeması

Tam köprü evirici devresinde dört adet anahtarlama elemanı bulunur (Görsel 4.14). Burada yük üzerindeki alternatif gerilimi elde etmek için anahtarların çiftler hâlinde iletime geçmesi ve kesime gitmesi gerekir. S1 ve S4 anahtarları iletimde, S2 ve S3 kesimdeyken yük üzerindeki gerilim giriş geriliminin pozitif beslemesine eşit olur. S1 ve S4 anahtarları kesimde, S2 ve S3 iletimdeyken yük üzerindeki gerilim giriş geriliminin negatif beslemesine eşit olur. Aynı kol üzerinde bağlı olan anahtarlar iletimde olursa evirici zarar görebilir.

4.2.2.2. Üç Fazlı Eviriciler

Enerji santrallerinin gücüne ya da endüstrideki uygulama güç değerlerine göre üç fazlı eviriciler kullanılır. Üç fazlı eviricilerin yapısında da yine güç elektroniği devre elemanları bulunur (Görsel 4.15). Üç fazlı eviricilerin şebekeye uyumluluğu ve verimliliği yüksektir.



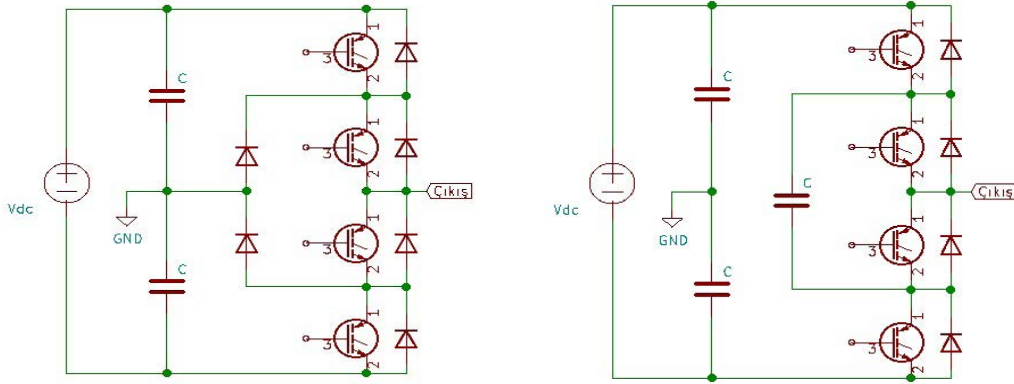
Görsel 4.15: Üç fazlı tam köprü evirici şeması

Eviricilerde:

- Elektrik şebesine vereceği enerjinin maksimum olması için yapılarında MPPT (maksimum güç noktası izleyicisi) üniteler bulunmalıdır.
- Tam sinüs dalgasında şebekeye uyumlu çıkışı verebilmelidir.
- Elektromanyetik gürültülere karşı dayanıklı yapıda olmalıdır.
- Enerji izlem işlemleri için haberleşme devreleri ekli olmalıdır. Böylece eviricilere bağlı haberleşme kısımları ile enerjinin izlenmesi ve rapor edilmesi kolaylaştırılmış olur.

4.2.2.3. Çok Seviyeli Eviriciler

Yüksek güçlü uygulamalarda kullanılır. Bu eviriciler, birkaç seviyeli doğru giriş gerilimlerinden sinüs formatında bir çıkış gerilimini sağlar. Çok seviyeli eviricilerin yapısında tek fazlı ve çok fazlı eviricilerdekine benzer anahtarlama elemanları bulunur (Görsel 4.16).



Görsel 4.16: a) Üç seviyeli diyot kenetlemeli evirici

b) Üç seviyeli kondansatörlü evirici

Düşük frekanslardaki kontrollerde yüksek verimlilik sağlar. Tek ve üç fazlı eviriciler için de kullanımı uygun sistemlerdir. Çok seviyeli eviriciler üç gruba ayrılır.

- Diyot kenetlemeli
- Kondansatörlü
- Kaskat bağlı





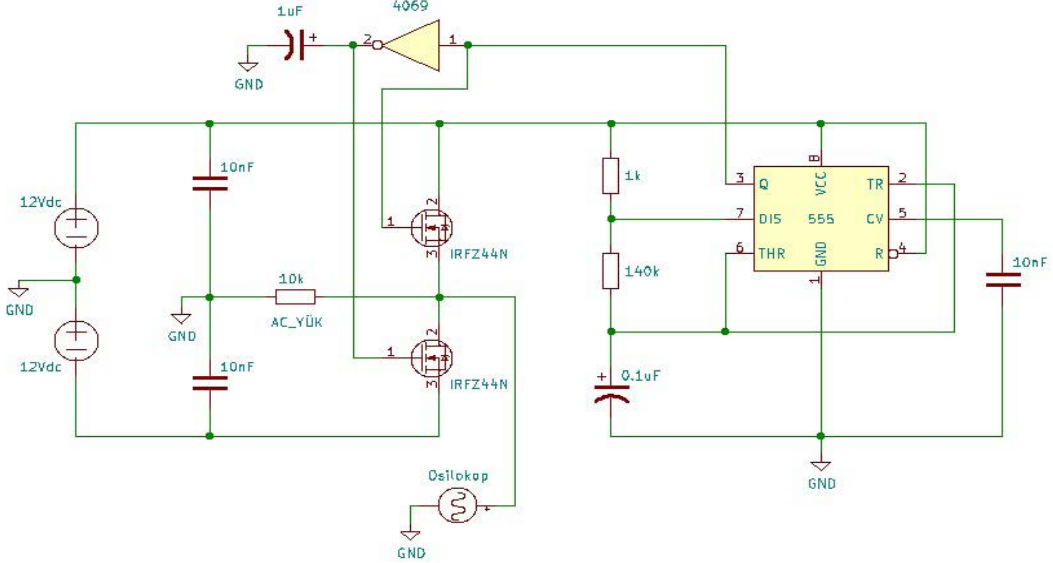
UYGULAMA ADI

YARIM KÖPRÜ EVİRİCİ DEVRESİ

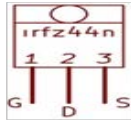
51. UYGULAMA

Amaç: Yarım köprü evirici devresi yapmak.

Uygulamaya Ait Görseller



Devrede mosfetleri iletime geçirmek için osilatör devresi eklenmiştir. İki mosfetin aynı anda iletimde olmaması için bir mantıksal değil kapısı kullanılmıştır.

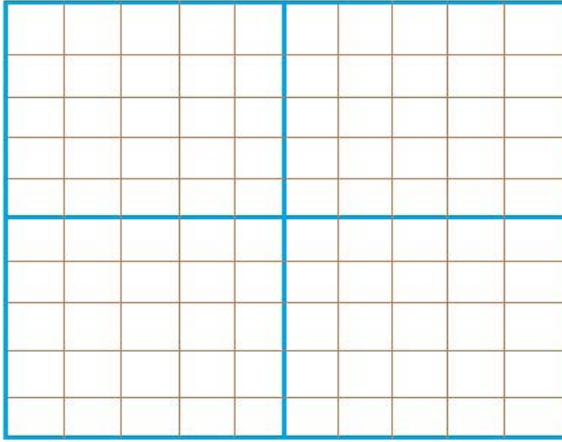


Kullanılacak Araç Gereç

No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Breadboard		1
2	Osiloskop		1
3	Güç kaynağı	Simetrik	1
4	Entegre	555 zamanlayıcı	1
5	Entegre	4069 CMOS evirici	1
6	Kondansatör	10nF kutupsuz	3
7	Kondansatör	0.1uF ve 1uF kutuplu	1
8	Mosfet	lfz44n ve soğutucusu	2
9	Direnç	10k-140k-1k	1
10	Bağlantı iletkenleri	Atlama kablosu	Yeterli miktarda
11	Multimetre		1

İşlem Basamakları:

1. Verilen devreyi breadboard üzerine kurunuz.
2. 4069 entegresinde 14 numarayı 12V'a ve 7 numarayı da GND'ye bağlayınız.
3. Mosfetlere ayrı ayrı soğutucularını bağlayınız.
4. Güç kaynağını 12 ve -12V simetrik değerlere ayarlayınız.
5. Öğretmenlerinizin kontrolünde devreye enerji veriniz.
6. Multimetreyi AC kademesine alınız 10K yük üzerindeki çıkış gerilimlerini ölçünüz.
7. Osiloskop bağlantısını yapınız yük üzerindeki dalga şekillerini gözlemleyiniz ve bu şekilleri çiziniz.
8. Enerjiyi kesiniz ve malzemeleri sökünüz.

Uygulamaya ilişkin değerler ve sonuçlar:**AC ÇIKIŞ SİNYALİ****Time/div:****Volt/div:**

Güç Kaynağı Giriş Gerilimi	Çıkış Gerilimi
DC 12V	

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	İSG kurallarına uyuldu ve süreyi zamanında kullandı	10	
Sınıf:	2	Çalışma ortamının düzenini sağladı ve temizliğini yaptı.	10	
No:	3	Malzemeleri listeledi ve bunların kontrollerini yaptı.	20	
ÖĞRETMEN		4	Şemaya uygun montajı yaptı.	20
Adı Soyadı:	5	Giriş gerilimlerini ayarladı.	20	
İmza:	TARİH	6	Osiloskop ve multimere ile çıkış gerilimlerini doğru ölçtü.	20
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100





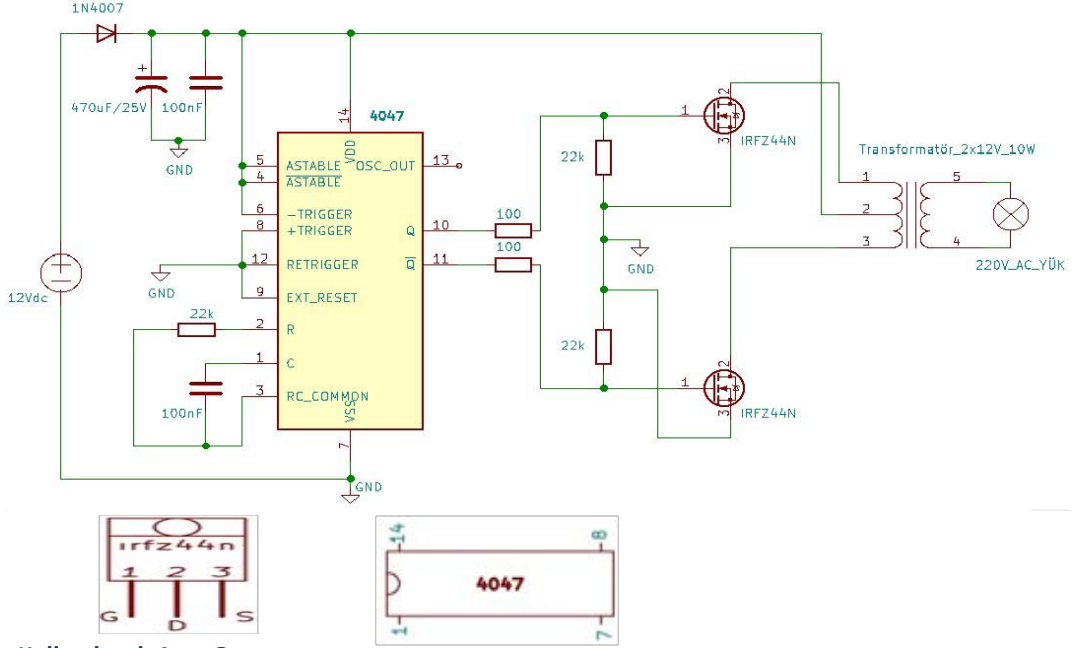
UYGULAMA ADI

TRAF0 BAĞLANTILI EVİRİCİ DEVRESİ

52. UYGULAMA

Amaç: Trafo bağlantılı evirici devresi yapmak.

Uygulamaya Ait Görseller

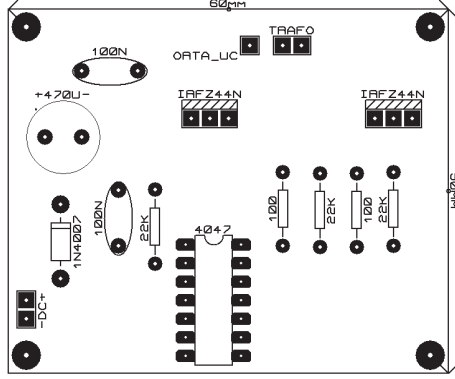


Kullanılacak Araç Gereç

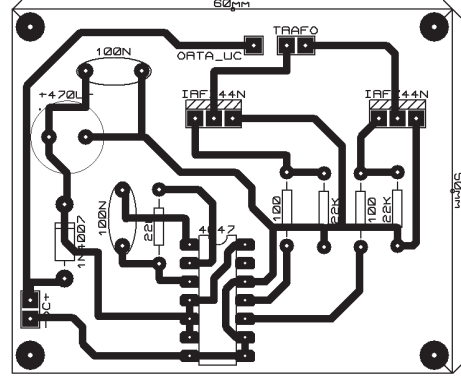
No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Bakır devre plaketi	60mm-50mm	1 adet
2	Baskı devre kalemi	S-M(ince ve orta uçlu)	1 adet
3	Güç kaynağı	12V	1 adet
4	Kalem havya ve havya altlığı	Kalem havya	1 adet
5	Lehim teli	60 kalay-0.75mm	1 adet
6	El aletleri	Yan keski, kargaburnu ve maket bıçağı	
7	Matkap ve matkap ucu	Deliklere uygun uçlarda	
8	Perhidrol ve tuz ruhu		
9	Karbon kâğıdı		1 adet
10	Entegre	4047 ve 14'lü soketi	1 adet
11	Kondansatör	100nF kutupsuz	2 adet
12	Kondansatör	470uF/25V kutuplu	1 adet
13	Mosfet	lfz44n ve soğutucusu	2 adet
14	Direnç	22k	3 adet
15	Direnç	100 ohm	2 adet
16	2x12V 10W transformatör	Orta uçlu trafo	1 adet
17	220V lamba ve duy	En fazla 10W'lık lamba	1 adet
18	Multimetre		1 adet

Mosfetleri iletime geçirmek için 4047 entegreli osilatör devresi eklenmiştir. İki mosfetin aynı anda iletimde olmaması için farklı seviyelerde tetikleme sinyali oluşturulur. Devrede iki transistörün iletime geçme frekansı; entegrenin 1, 2 ve 3 numaralı pinlerine bağlı direnç ve kondansatörler belirler. Devrede çıkışta bulunan transformator gücü minimum 10W olmalıdır.

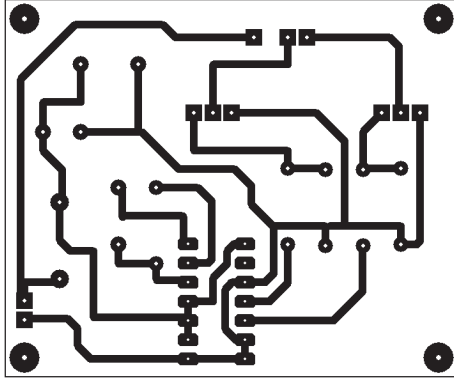
Uygulamaya Ait Görseller - 2



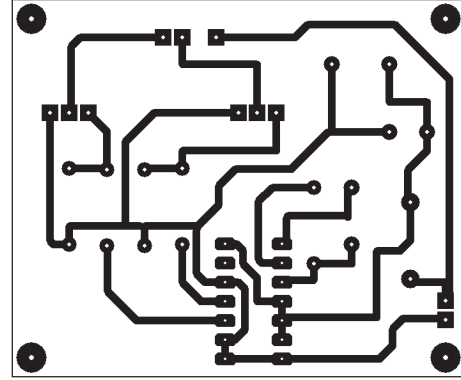
Plaket üzeri malzeme yerleşimi



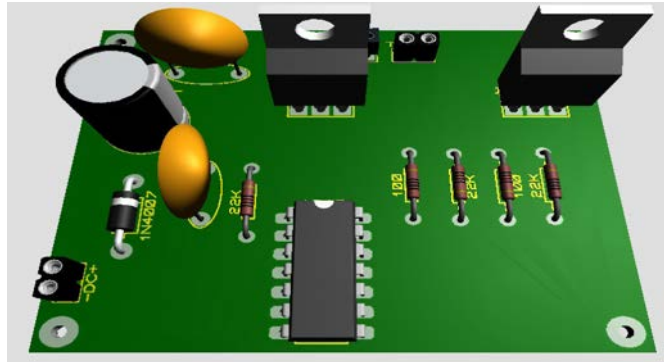
Üst yerleşimi ve baskı şeması



Baskı devre hattının üstten görünüşü



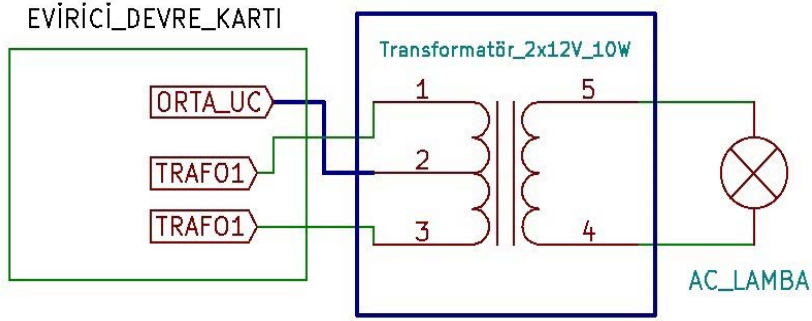
Baskı devre hattının alttan (aynadan) görünüşü



Devre kartı elemanların yerleşimi

- Baskı devre hattının üst ve ayna görüntüsü gerçek ölçülerde hazırlanmıştır. Çıktı alınarak da baskı devre yapımına geçilebilir.





Devre kartı ve transformatör bağlantısı

İşlem Basamakları:

1. Devrede kullanılacak malzemeleri hazırlayınız.
 2. 60 mm-50 mm bakırlı devre plakettinin bakır yüzeyini temizleyiniz.
 3. Karbon kâğıt yardımı ile baskı devreyi, plaket bakır yüzeyine aktarınız.
 4. Plastik bir kaba bir ölçek perhidrol ve üç ölçek tuz ruhu dökünüz.
 5. Çizilen baskı devreyi, asit karışımı içeresine atınız ve kabı hafifçe sallayarak çizilmemiş olan bakır yüzeyin erimesini gözlemleyiniz.
 6. Çıplak elle temas etmeden plaketi karışımdan çıkarınız ve musluk altında bol su ile yıkayınız.
 7. Bakır yollar üzerinde erimeyen yerdeki mürekkepleri temizleyiniz.
 8. Lehimlenecek pad noktalarını matkap ile deliniz.
 9. Bakır yolların kısa devre kontrollerini ölçü aleti yardımıyla yapınız.
 10. Mosfet elemanlarının soğutucularını mosfet arkasına vida ile ayrı ayrı bağlayınız.
 11. Kalem havya ve altlığı hazırlayınız.
 12. Havyayı prize takınız ve ısınmasını bekleyiniz.
 13. Malzemeleri yüksekliği en küçük olan elemandan başlayarak bakırlı plakete havya ile lehimleyiniz.
 14. Lehimleme işlemlerinden sonra malzeme uçlarının fazlalıklarını yan keski ile kesiniz.
 15. Trafo ile devre kartı arasındaki bağlantıyı ve kablolarını lehimleyerek tamamlayınız.
 16. Trafoya bağlı yük olarak duy ve lamba bağlantılarını yapınız.
 17. Devreye öğretmenlerinizin gözetiminde enerji veriniz.
 18. Devre kutulamak istenirse devreyi ilgili plaket yüzeyinden kutu içine montaj yapabilirsiniz.
 19. Devrenin çalışmasını gözlemleyiniz.
- Uygulamaya ilişkin değerler ve sonuçlar:**

Güç Kaynağı Akü Gerilimi	Çıkış Gerilimi
DC 12V	

ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	İSG kurallarına uyuldu ve süreyi zamanında kullandı	10	
Sınıf:	2	Çalışma ortamının düzenini sağladı ve temizliğini yaptı.	10	
No:	3	Malzemeleri listeledi ve bunların kontrollerini yaptı.	20	
ÖĞRETMEN		4	Şemaya uygun montajı yaptı.	20
Adı Soyadı:	5	Giriş gerilimlerini ayarladı.	20	
İmza:	TARİH	6	Osiloskop ve multimere ile çıkış gerilimlerini doğru ölçtü.	20
/...../.....			
			TOPLAM PUAN	100

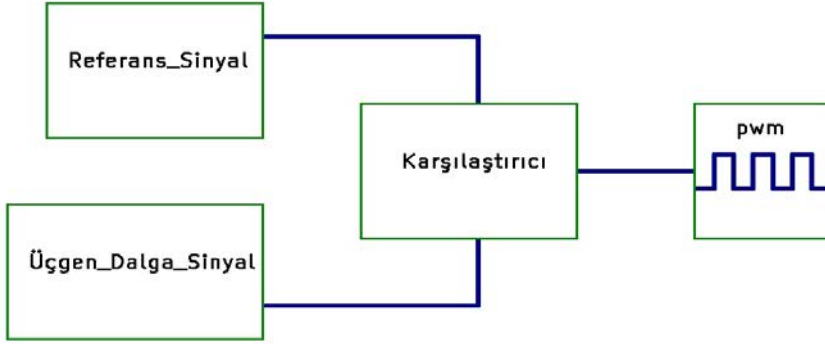
DÖNÜŞTÜRÜCÜ VE EVİRİCİ KONTROL YÖNTEMLERİ

Hazırlık Çalışması

Elektrik sinyalleri hep aynı mıdır? Farklı formatlara çevrilebilir mi?

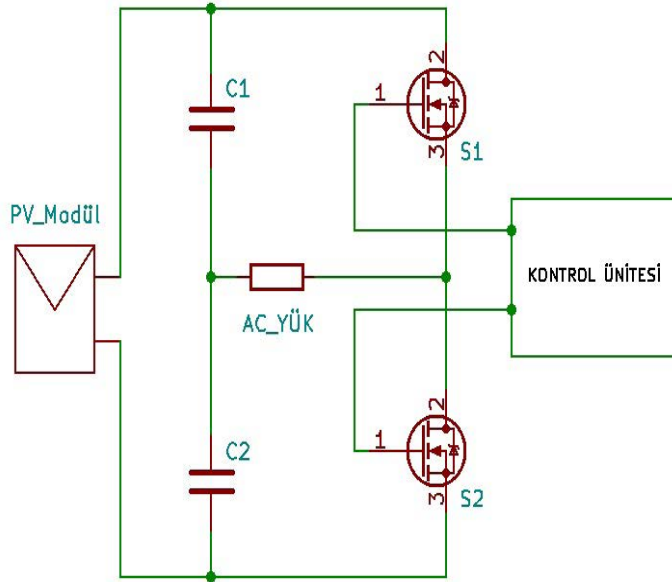
4.3.1. PWM (Darbe Genişlik Modülasyon) Kontrol Yöntemi

PWM, üretilecek darbe sinyallerin genişliklerinin kontrol edilerek çıkışta istenilen elektriksel sinyali elde etme tekniğidir. Darbe genişlik modülasyonlu kontrol yöntem ise dönüştürücü ve evirici devrelerde pratik kontrol yöntemidir. Temelde bir üçgen ya da testere dişi, dalga gerilim sinyali ile bir doğru akım referans gerilimin karşılaştırılması esasına dayanır(Görsel 4.17).



Görsel 4.17: Kontrol blok şeması

Darbe genişlik modülasyonu sinyali üretimi için birçok devre ve sistem mevcuttur. Entegreler, mikro-kontrol üniteleri ve bazı elektronik devre sistemleri ile bu dalgalar üretilebilir. Üretilen sinyallerden birçok alanda yararlanır. Yenilenebilir enerji sistemlerinde, dönüştürücüler ve eviricilerin yapısında bulunan anahtarlama elemanlarının kontrolünde de kullanılır. Bu sistemlerin kontrolünde bilinen en pratik ve kullanışlı kontrol tekniğidir(Görsel 4.18).

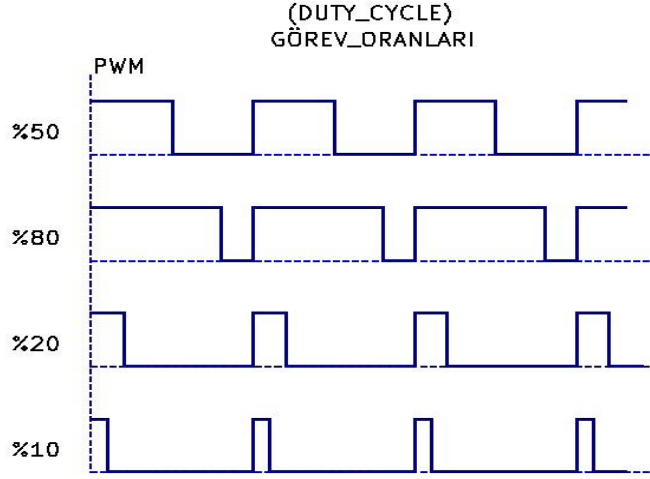


Görsel 4.18: Güneş enerjisi eviricisi ve kontrol ünitesi





Prensip olarak DA-DA dönüştürücülerin ve eviricilerin kontrolü, yapılarındaki yarı iletken güç anahtarlarının bir periyot içerisindeki iletim süresi duty cycle ayarlanarak yapılır. Bu süreye görev oranı da denir. Görev oranı süresi tetikleme kontrol sinyalinin genişliği olarak da gösterilebilir (Görsel 4.19).



Görsel 4.19: Örnek görev oranları dalga şekilleri

4.3.2. Akım Kontrollü PWM Yöntemi

Akım kontrollü PWM yöntemi, gerilim kaynaklı PWM eviricilere çıkış akımı sağlamak için kullanılır. Bu kontrol formatı doğrusal olmayan sistemlerde de hızlı olarak uygulanır.

4.3.3. Gerilim Kontrollü PWM Yöntemi

Gerilim kontrollü PWM yönteminde bir referans giriş gerilimi alınarak sistemin sürekliliği sağlanır. Giriş referans gerilim işaretinin, farklı bir üçgen dalga işareti ile karşılaştırılması sonucu taşıyıcı PWM meydana getirilir. Bu taşıyıcı sinyal sinüsoidal formatlı PWM dalgası, endüstriyel uygulamalarda sıklıkla kullanılır. Evirici ünitelerin çıkış gerilim ve frekansını belirleyecek referans işareti, daha yüksek genlik ve frekans değerli işaretlerle karşılaştırılır ve anahtarlama iletimleri ayarlanır. Bu noktadaki önemli kısım referans sinyalidir. Bu sinyalin genlik ve frekans ayarı, dönüştürücü ve evirici sistemlerin genlik ve frekanslarını belirler.

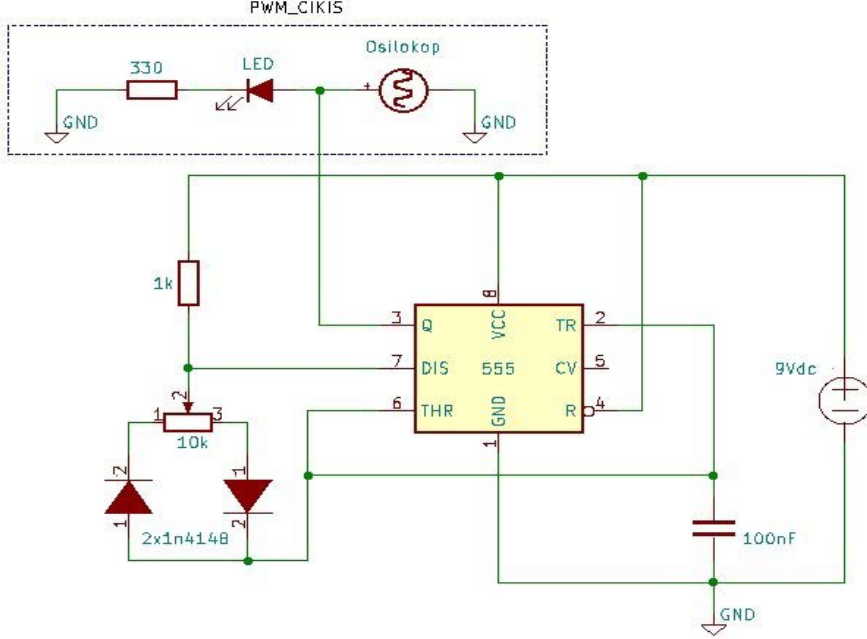
UYGULAMA ADI

DÖNÜŞTÜRÜCÜ VE EVİRİCİ KONTROL DEVRESİ

53. UYGULAMA

Amaç: Dönüştürücü ve evirici (PWM) kontrol devresi yapmak.

Uygulamaya Ait Görseller



Kullanılacak Araç Gereç

No	Adı	Özelliği	Miktarı
1	Breadboard		1
2	Osiloskop		1
3	Güç kaynağı	9Vdc	1
4	Entegre	555 zamanlayıcı	1
5	Kondansatör	100nF kutupsuz	1
6	Potansiyometre	10k	1
7	Direnç	330 ohm ve 1k	1
8	Diyot	1n4148	2
9	Led diyot	5mm	1
10	Bağlantı iletkenleri	Atlama kablosu	Yeterli miktarda
11	Multimetre		1



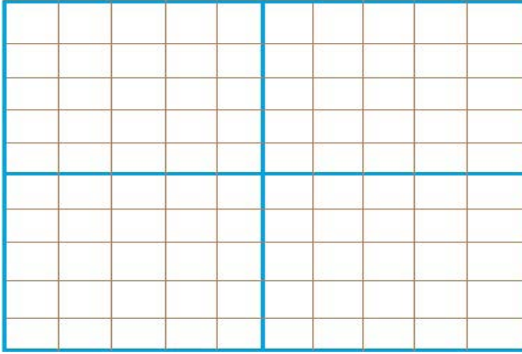


İşlem Basamakları:

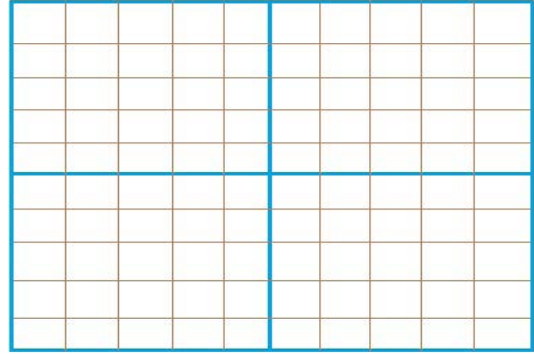
1. Verilen devreyi breadboard üzerine kurunuz.
2. Güç kaynağını 9Vdc değerine ayarlayınız.
3. Öğretmeniniz kontrolünde devreye enerji veriniz.
4. Osiloskop bağlantısını yaparak yük üzerindeki dalga şekillerini gözlemleyiniz.
5. Potansiyometre değerlerini, aşağıdaki tabloya göre ayarlayarak dalga şekillerini çiziniz.
6. Enerjiyi kesiniz ve malzemeleri sökünüz.

Uygulamaya ilişkin değerler ve sonuçlar:

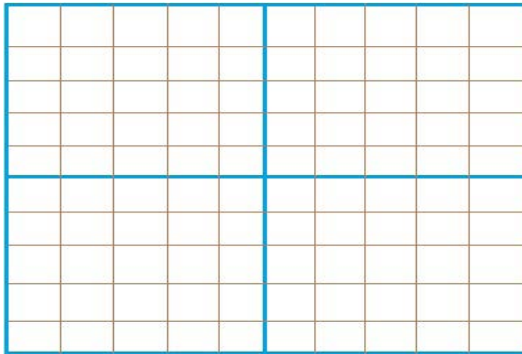
Potansiyometre minimum değerde



Potansiyometre maksimum değerde



Potansiyometre ara değerlerde



ÖĞRENCİ		DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ		
Adı Soyadı:	1	İSG kurallarına uyuldu ve süreyi zamanında kullandı	10	
Sınıf:	2	Çalışma ortamının düzenini sağladı ve temizliğini yaptı.	10	
No:	3	Malzemeleri listeledi ve bunların kontrollerini yaptı.	20	
ÖĞRETMEN		4	Şemaya uygun montajı yaptı.	20
Adı Soyadı:	5	Giriş gerilimlerini ayarladı.	20	
İmza:	TARİH	6	Osiloskop veya multimetre ile çıkış gerilimlerini doğru ölçtü.	20
	...../...../.....	TOPLAM PUAN		100

KAYNAKÇA

Apaydın M., Üstün A.K., Kurban M., Başaran Filik Ü. (2009). Rüzgâr Enerjisinde Kullanılan Jeneratörlerin Karşılaştırmalı Analizi, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu (Yeksem 09), 103-107, Diyarbakır.

Balkan Kuşçu N.S. 2019. Jeotermal Enerjiden Elektrik Üreten Sistemlerin ve Sistem Parametrelerinin Performans Üzerine Etkilerinin Araştırılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği ABD, Yenilenebilir Enerji Sistemleri Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar.

Elibüyük U., Üçgül İ. (2014) Rüzgâr Türbinleri, Çeşitleri Ve Rüzgâr Enerjisi Depolama Yöntemleri, Süleyman Demirel Üniversitesi, YEKARUM e-DERGİ (Journal of YEKARUM) Cilt 2, Sayı 3, Isparta.

Gökbulut M. 2018. Atom Çekirdeğinde Kritik Nokta Simetrilerinin Bohr-Hamiltonyenin Y-Katı Çözümleri İle Araştırılması, Tokat Gazi Osman Paşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Tokat.

Halıcı A.K. 2019. Statik Elektrik Ve Gövde Güvenlik Topraklamasının İş Kazalarını Önlemede Etkisinin Değerlendirilmesi Ve Metal Sektöründe Yaşanan Elektrik Kaynaklı Kaza Sebeplerinin Önceliklendirilmesi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kazaların Çevresel Ve Teknik Araştırması Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Kazdaloğlu, A., Çakır, B., Demir, M., Güneroğlu, A., Özdemir, E., & Uçar, M. (2011). Fotovoltaik Elektrik Üretim Sistemlerinde Kullanılan Çok Seviyeli Eviricilerin İncelenmesi. EVK2011, 4, 12-13.

Keleş D. (2012) Bir Rüzgar Türbini Tasarımı Ve Geliştirilmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.

Kıymaz Ö. (2015). Rüzgar Santrallerinin Melez Elektrik Sistemine Entegrasyonu Ve Ekonomik Analizi, Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Vardar T., Çam E., Yalçın E. (2010) Reaktif Güç Kompanzasyonu ile Enerji Verimliliği ve Kamu Kurumlarında Reaktif Güç Kompanzasyonu, Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, No:2, 20-24, Ankara.

AĞ KAYNAKÇASI

<https://www.fizikevreni.com/ElektrikveManyetizma.pdf> (Erişim Tarihi : 19.04.2021)

<https://teknoloji.amasya.edu.tr/media/1138/mak108-temel-elektrik-elektronik-bilgisi-1.pdf> (Erişim Tarihi : 21.04.2021)

https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/113544/mod_resource/content/0/3.ve4.Hafta-F112.pdf (Erişim Tarihi : 02.05.2021)

https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/nevzat/132891/AAD_1_hafta.pdf (Erişim Tarihi: 13.04.2021)

http://tbmyoelektrik.klu.edu.tr/dosyalar/birimler/tbmyoelektrik/dosyalar/dosya_ve_belgeler/1.hafta_alternatif_akimin_tanimi_ve_elde_elde_edilmesi_ii.kisim_.pdf (Erişim Tarihi: 13.04.2021)

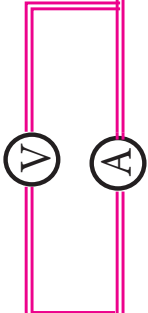
https://abs.firat.edu.tr/upload/user_312/397d95aa90951cb08cf8f7ee73e7638a36388cc7_dosya_312.pdf (Erişim Tarihi: 13.04.2021)

<http://elektrik.kocaeli.edu.tr/upload/duyurular//06111911121963442.pdf> (Erişim Tarihi: 20.04.2021)





- <https://www.erbakan.edu.tr/storage/files/department/enerjisistemlerimuhendisligibolu/Trafo%20Deneyi.pdf> (Erişim Tarihi:20.04.2021)
- https://ekblc.files.wordpress.com/2014/02/transformatc3b6rler_pp2.pdf (Erişim Tarihi:11.04.2021)
- https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/eee_578c7.pdf (Erişim Tarihi:11.04.2021)
- https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/169177/mod_resource/content/1/4.%20HAFTA.pdf (Erişim Tarihi:11.04.2021)
- https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/mustafa.aktas/137366/E283C5_Senkron%20Jenerat%C3%B6r.pdf (Erişim Tarihi: 07.05.2021)
- <http://www.huseyinkosoglu.com/wp-content/uploads/2015/10/Elektrik-enerjisi-elde-edilme-y%C3%B6ntemleri.pdf> (Erişim Tarihi: 07.04.2021)
- <http://blog.aku.edu.tr/mustafasahin/files/2019/05/05-PARALEL-AC-DEVRELER%C4%B0.pdf>(Erişim Tarihi: 07.04.2021)
- <https://biomed.erciyes.edu.tr/upload/HKL5DXMdeney-9-rlc-devrelerinde-rezonans-ve-q-faktoru.pdf> (Erişim Tarihi: 07.04.2021)
- <http://blog.aku.edu.tr/mustafasahin/files/2019/05/06-REZONANS-DEVRELER%C4%B0.pdf> (Erişim Tarihi: 07.04.2021)
- https://teknoloji.amasya.edu.tr/media/1190/2017_2018-ed2-deney-5-foy.pdf(Erişim Tarihi: 13.04.2021)
- [https://www.ktemb.org/download-forms/tr/ders/5hafta_alternatif_akimda_guc%20\(5ders\).pdf](https://www.ktemb.org/download-forms/tr/ders/5hafta_alternatif_akimda_guc%20(5ders).pdf) (Erişim Tarihi:13.04.2021)
- <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/353305> (Erişim Tarihi:13.04.2021)
- https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/154969/mod_resource/content/0/4.%20Bobinler.pdf (Erişim Tarihi:13.04.2021)
- http://tbmyoelektrik.klu.edu.tr/dosyalar/birimler/tbmyoelektrik/dosyalar/dosya_ve_belgeler/4.hafta_alternatif_akimda_direnc_ve_reaktans__direnc__bobin_ve_kondansator_.pdf(Erişim Tarihi:13.04.2021)



GÖRSEL KAYNAKÇA

www.shutterstock.com İnternet Sitesinden Telif Hakkı Ödenerek Alınan Görseller

Görsel No	Shutterstock No	Görsel No	Shutterstock No
1. ÜNİTE		1.26.a	1540079327
KAPAK	1851572632	1.26.b	1540079348
1.1.	64344523	1.27.	1252264588
1.2.	1176154270	1.28.a	1052469719
1.3.	1800064096	1.28.b	608927456
Örnek 1.1.	1916962487	1.29.	169129420
1.4.	1919414927	1.30.	514684153
1.5.	1916962502	1.31.	1186825066
1.6.	1915837366	Uygulama 9	1032338677
1.7.	1914333352	Uygulama 10	498315694
Uygulama 1	1574133895	Uygulama 11	195680828
Uygulama 2	1920751388	Uygulama 12	1586367004
Uygulama 3	718469122	Uygulama 13	363979574
1.8.	1886882938	1.32.a	1648447696
1.9.	1828276214	1.32.b	1647080056
1.10.	1273367095	1.32.(Voltmetre)	624982916
1.11.a	294048260	1.34.	1197111652
1.11.b	293114696	1.35.	1584596917
Örnek 1.6.	635332730	1.36.	1499514647
Uygulama 7	1193269174	1.37.	1385688572
1.12.	168612650	1.38.	236457343
1.13. / 1.33.	1733703638	1.39.	1842712540
Örnek 1.9.	143998969	1.40.	1438997708
1.14. / 1.16. / 1.18.	1527222428	1.41.	161868512
Örnek 1.15.a	1914476209	1.42.a	1230818515
Örnek 1.15.b	1798410883	1.42.b	114190972
Örnek 1.15.c	1481645531	1.43.a	1540610471
Örnek 1.15.d	1923059084	1.43.b	1069233647
1.17.	208482961	1.43.c	261281354
1.19.a	497294125	1.44.	290307926
1.19.b	1744381298	1.45.	1236358021
1.20.a	779349670	1.46.	1075927982
1.20.b	409140472	1.47.	1440513155
1.20.c	1290762541	Uygulama 18	763537051
1.20.d	683136955		
1.21.	534266371	2. ÜNİTE	
1.22.a	24859158	Kapak	1439588771
1.22.b	296972702		1462613540
1.23.a	1807713073		1733703638
1.23.b	401715106		1094113190
1.24.	602037245	2.1.	1462613540
1.25.	146523551		428213146





Görsel No	Shutterstock No	Görsel No	Shutterstock No
2.2.	1914476209	3.12	272710304
2.4.	1667060113		245040034
2.7. / 2.10. / 2.12. / Örnek 2.1.	1846747345		383259154
2.8. / 2.9. / 2.11.	135091121	3.13.	727823770
Uygulama 20a / 21a / 22a	71277028	3.14.	1293203794
Uygulama 20ç / 21ç / 22ç	1846747345	3.20.	1192586743
20a / 21a / 22a	71277028	3.29.a.	786527518
2.14.	1860082558	3.29.b.	1884941551
Uygulama 23	818273032	3.34.	1884941551
Uygulama 24	1443560039	3.35.a.	786527518
2.15.	1814658626	3.35.b.	1826094488
2.16.	1814659304	3.56.	143224582
Uygulama 25a	404499289	3.57.	593380385
Uygulama 25f	363861524	3.60.	1541119559
2.17.	731355235	3.61.	65221789
2.18.	1955714566	3.62.	608927456
Örnek 2.4. / 2.5. / 2.6.	1826094488	3.63.a.b.	1703282464
Uygulama 27a	1953652123	3.64.	365996627
Uygulama 27f / 27g / 27ğ / 27h / 27ı	1826094488	3.67.	1444644317
2.19.	1642923772	3.68.	1062758144
Uygulama 28 Örnek 2.8. / 2.9. / 2.10.	1884941551	3.69.	1084278257
2.21.	703111474	3.70.	1173241264
2.22.	608930747	3.71.	1136348279
2.23.	576252928	3.72.	1544985281
2.24.	1552053791	3.74.	1204338517
		3.75.	568373959
3. ÜNİTE			1156762006
3.1.	1786772681	3.76.	126815510
	1604020444		136719905
	1485609485		203635648
3.2.a.	1745050544	3.77.	1315769720
3.2.b.	718505902	3.78.	1570512535
3.3.	1695889474	3.79.	568373959
3.4.	1704326143	3.80.	1145327123
3.5.	1705211644		1009350535
3.6	1720518793	3.81.	581975614
	346073588		1145327123
	1008273268	3.82.	568373959
	656016673	3.83.	130551410
3.7.	451357612	3.84.a.	1677080938
3.8.	1944739378	3.84.b.	216532798
3.9	1081302575	3.85.	1807713073
3.10.	132166028	3.86.	1564634197
3.11.	302129708	3.87.	611245691
3.12.	162269888	Uygulama 43	1715528062

Uygulama 44	568373959	4. ÜNİTE	
Uygulama 45	568373959	kapak	1552053791
Uygulama 46	1156762006	4.1	1870060267
İç Kapak	1758325502	4.10	1499514440
		4.11	1862791936

www.123rf.com İnternet Sitesinden Telif Hakkı Ödenerek Alınan Görseller

Görsel No	123rf No	Görsel No	123rf No
Ana kapak	123226714	Çerçeve1	70511076
		Çerçeve2	92801581
1. ÜNİTE		2. ÜNİTE	
			151653415
		2.1	82439867
			116857053
			116521532
			41726439
		2.3.	41726439
		Uygulama18	121635147
		2.13.a.	37612336
		2.13.b.	120603965
		2.20.	112521229
		Uygulama20	124639848

Genel Ağdan Alınan Görseller

Görsel 3.73.	https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wind_turbine_schematic.svg (Erişim Tarihi:10.05.2021)
--------------	--

Diğer görseller komisyon üyelerince hazırlanmıştır.



