



MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ
ELEKTRİK TESİSLERİ LABORATUVARI UYGULAMA FÖYÜ

Doç. Dr. Fatih SERTTAŞ

Arş. Gör. Enes YILDIZ

AFYONKARAHİSAR – 2026

Laboratuvarda Uyulacak Kurallar

- Deneye gelmeden önce, deneyle ilgili teorik bilgi araştırılacak ve laboratuvara gerekli bilgiler öğrenilerek gelinecektir.
- Deneyler saatinde başlayacak, geç kalan ve deney kitapçığının çıktısını yanında getirmeyen öğrenciler deneye alınmayacaktır.
- Laboratuvardaki görevlilerin tüm uyarılarına ve temel iş sağlığı ve güvenliği kurallarına harfiyen uyulacaktır.
- Deney için izin verilen cihazlar haricinde laboratuvarda hiçbir cihaz kullanılmayacaktır.
- Deneylerin belirlenen süre içerisinde tamamlanması gerekmektedir. Verilen süre içerisinde tamamlanamayan deney geçersiz sayılacaktır.
- Deney bittikten sonra deney masa ve sandalyeleri öğrenciler tarafından düzenli olarak bırakılacaktır.
- Laboratuvara ait malzeme ve donanım laboratuvar dışına çıkarılmayacaktır.
- Deneylerle ilgili soru ve sorunlar görevli Öğretim Üyesi ve Elemanı' na aktarılacaktır.
- Kural dışı davranışlardan doğacak maddi/manevi tüm zararlardan öğrenci sorumlu olacaktır.
- Kurallara uymayan öğrencinin deneyine son verilecek, laboratuvardan çıkarılacak ve öğrenci hakkında disiplin yönetmeliği uygulanacaktır.
- Bir dönem içinde toplam üç deneye girmeyen öğrenci final sınavına giremeyecektir.

Deney No: 1-2

Deneyin Adı: Minyatür Devre Kesiciler ve Alçak Gerilim Kuvvetli/Zayıf Akım Tesisleri

Deneyin Amacı: Minyatür devre kesicileri hakkında ve kuvvetli/zayıf akım tesisleri hakkında genel bilgi edinmek

1. Deney Hakkında Kısa Genel Bilgiler

1.1. Linye ve Sorti Nedir ?

Linye ve sorti elektrik iç tesisatlarda kullanılan terimlerdir. Konut, ofis, ev, iş yeri vb. elektrik tesisatlarında kullanılır. Ana bina sigorta kutusundan, evlerdeki elektrik sigortası kutusuna gelir. Gelen elektrik enerjisinin beslenecek aydınlatma armatürüne, prize ulaşmasını sağlamak içindir.

Dağıtım panosu ile son lamba veya prizin bağlandığı buata kadar olan hatta “**linye**” denir. Dağıtım tablosundan başlayarak son aydınlatmaya (Armatür) kadar veya prizin bağlandığı buata (kutu) kadar olan hatta linye hattı denir. (Sigorta devresine bağlanan hat olarak ta düşünülebilir.) Linye, bağlandığı hatta göre isimlendirilebilir. Örneğin linye eğer bir aydınlatma elemanına bağlıysa aydınlatma linyesi, eğer bir prize bağlı ise de priz linyesi olarak adlandırılır.

Son dağıtım buatından aydınlatma armatürüne, alıcıya veya prize kadar olan hatta “**sorti**” denir. Linye hatlarında bulunan ek kutularından alıcılara kadar olan hatlar ise sorti hattı olarak adlandırılır. Linye hattının bittiği buattan başlayarak aydınlatma armatürüne, beslenecek cihaza veya prizlere giden hattır. (Linye ile aydınlatma aracı veya priz arasındaki bağlantı hattıdır.)

Linye hatlarına en fazla 7 adet sorti bağlanabilir.

Aydınlatma linyeleri için iletkenler en az 2,5 mm² kesitli izoleli bakır iletkenler kullanılmalıdır. Aydınlatma linyesine bağlanacak sorti sayısı; gerilim düşümüne ve linyenin gücüne göre belirlenir. Priz linyeleri için iletkenler en az 2,5 mm² olmalıdır.

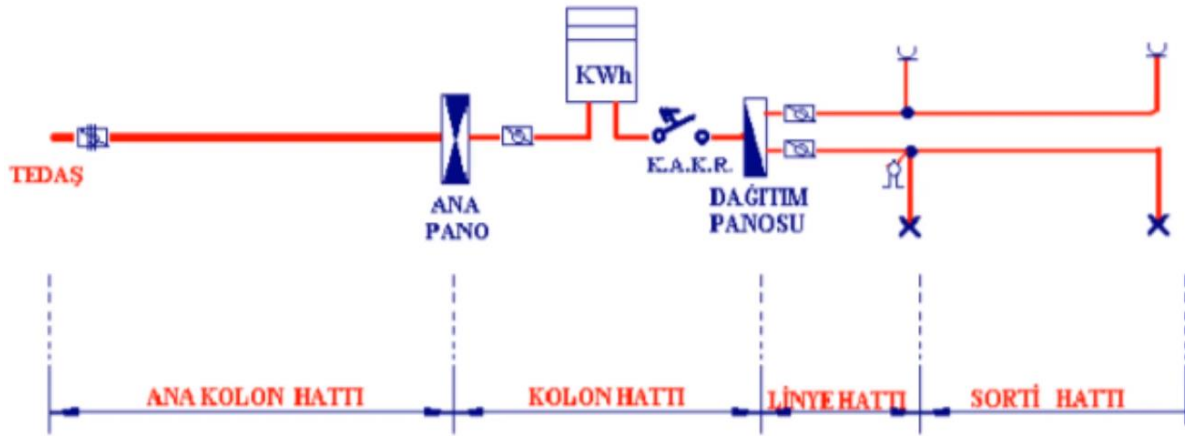
Aydınlatma sortileri için en az 1,5 mm² kesitli izoleli bakır iletkenler kullanılır. Bir elektrik devresinde bağlı olan priz devresine ise priz sortisi denir. Priz sortileri için en az 2,5 mm² kesitli izoleli bakır iletkenler kullanılır.

Bir priz linyesinde bağlanacak güçlerin belirlenmesi için, priz 1 fazlı ise, 300 W, 3 fazlı ise 2000 VA olarak alınır.

Aydınlatma Sortileri: Normal Sorti, Komütatör Sorti, Vaviyen Sorti ve Paralel Sorti

Priz Sortileri: Topraklı Priz Sortisi ve Etanj Priz Sortisi

ARAŞTIRMA SORULARI



Soru 1. Ana Kolon Hattı nedir? Açıklayınız.

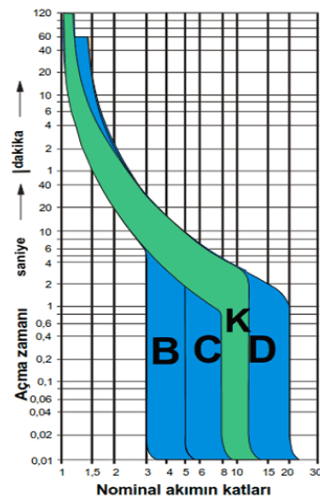
Soru 2. Kolon Hattı nedir? Açıklayınız.

Soru 3. Ana Pano nedir? Açıklayınız.

Soru 4. Aydınlatma Sorti çeşitlerini açıklayınız. (Normal Sorti Nedir?, Komütatör Sorti Nedir?, Vavien Sorti Nedir?, Paralel Sorti Nedir?)

1.2. Minyatür Devre Kesicileri

Devre kesiciler, bir elektrik devresini aşırı akım veya kısa devreden kaynaklanan hasarlardan korumak için otomatik olarak çalışan devre elemanlarıdır. Minyatür devre kesiciler, aşırı yük ya da kısa devre durumlarında devreyi otomatik olarak açan bir anahtarlama elemanıdır. Devreyi aşırı yük ya da kısa devrelere karşı korumaktadır. Temel işlevi bir hata tespit edildikten sonra akım akışını kesmektir.



Şekil 1 – Sigorta Açma Eğrisi (Elektrikinfo.com dan alıntılanmıştır.)

- B Eğrisi;

Açma : $I_n \times 3-5$ (Generatör ve uzun kablo hatlarında, aydınlatma)

- C Eğrisi;

Açma : $I_n \times 5-10$ (Genel devre koruması, priz vs.)

- D ve K Eğrileri;

Açma : $I_n \times 10-14$ (Transformatör, motor vs)

Bimetal şerit;

Sıcaklık değişimini mekanik yer değiştirmeye dönüştürmek için kullanılır. Şerit demir ve pirinç gibi iki farklı metalden oluşur. Metallerden birinin diğerine göre daha fazla genleşme katsayısı vardır. Bundan dolayı şerit belirli dereceye kadar ısındığında bir yöne doğru bükülür. Bu iletimi kesmeyi sağlar. Akım akışına bağlı olarak ısınma oluşumundan etkilenerek görev yapar.

Manyetik bobin;

Kısa devre durumunda bobinlerde güçlü manyetik alanın üretildiği parçadır. Diğer bir açma düzeneği ise bobin düzeneğidir. Kısa devre anında aniden çok fazla akım çekilir. Bimetal şeritin yeterli hızda hareket edemediği durumda bobin manyetik alan oluşturarak düzeneğe elektromıknatıslık özelliği kazandırır. Bu durumda iç parça mıknatıslanmadan dolayı geri çekilecektir. Bu geri hareket sonucunda iç parça hareketli temas parçasına çarpar. İletim kesilir.

1.3. Sigorta Tipleri

Sigortalar yapıları bakımından şu şekilde sınıflandırılabilir.

- Buşonlu Sigortalar
- Bıçaklı (NH) Sigortalar
- Küçük Akım Sigortaları (Cam Sigortalar)
- Fişli Sigortalar
- Yüksek Gerilim Sigortaları
- Otomatik Sigortalar

1.3.1. Otomatik Sigortalar

1.3.1.1. Otomatik Sigortaların Çalışma Prensibi

Otomatik sigorta termik ve manyetik açma prensibini uygulayarak çalışır. Sigortalarda iki türlü açma şekli vardır:

1- Bimetalin ısınması prensibine dayanan termik açma. (Aşırı akım açma)

2- Elektromanyetik alanın değişmesi prensibine dayanan manyetik açma. (Kısa devre açma)

Termik açma

Elektrik sigortası üzerinden nominal akımın üzerinde aşırı akım aktığı zaman, akımın etkisiyle bimetal şerit ısınır ve bir süre sonra genleşmeden dolayı bükülmeye başlar. Bimetal şeridin bu şekilde bükülmesi, açma mandalını serbest bırakır ve dolayısıyla kontakların ayrılmasına sebep

olur; yani minyatür devre kesici açma yapmış olur ve böylece devrede akacak akımı durdurulur. Bu olaya termik açma denir.

Manyetik açma

Kısa devre meydana gelmesi durumunda akım ani bir şekilde yükselir. Bu da manyetik bobinin mıknatıslanmasına ve manyetik açıcının hareketlenmesine neden olur. Böylelikle minyatür devre kesicinin kontakları açılmış olur. Meydana gelen bu duruma ise manyetik açma denir.

1.3.1.2. Otomatik Sigorta Çeşitleri

Herhangi bir sebepten dolayı meydana gelen aşırı akımın nominal akım seviyesini hangi düzeyde ve ne kadar sürede aştığına bağlı olarak farklı otomatik sigorta tipleri kullanılır. Bu farklı sigorta tiplerinin açma eğrileri mevcuttur. Piyasada bu tabirler B eğrisi, C eğrisi vs..olarak da adlandırılır.

B tipi

Genellikle ev aydınlatmasında, prizlerde de kullanılır. Hızlı tip sigorta olarak ta bilinir.

C tipi

Çoğunlukla endüktif yüklerde kullanılır. Yavaş tip sigorta olarak bilinir. Motor, trafo veya çok sayıda floresan lambaların olduğu yerlerde yüklerin korumasında kullanılır.

D tipi

C tipinden farklı olarak demeraj akımı yüksek motor, kaynak, punta makineleri, sodyum buharlı lambalar, x-ray cihazların korumasında yaygın olarak kullanılır.

K tipi

Aşırı akımın etkilediği uygulamalar,24 VDC güç kaynakları, elektronik balastların korumasında kullanılır.

Z tipi

Hassas elektronik devrelerde kullanılır. (switch uygulamaları, sensör devrelerinin koruması vb.)

B tipi ve C tipi sigorta arasındaki fark nedir?

B tipleri binalarda priz ve aydınlatma devrelerinde C tipi sigortalar ise motor devrelerinde (sanayilerde yaygın) kullanılır.

Ancak Türkiye’de bina uygulamalarında genellikle B tipi sigortalar aydınlatma beslemeleri C tipi sigortalar ise priz devrelerinde kullanılması gibi bir montaj şekli söz konusudur. Bunun sebebi prize bağlanacak çamaşır bulaşık makinesi gibi bir elektrik motoruna sahip elektrikli cihaz olacağından tüm prizlerde C tipi sigorta kullanıldığını görürüz. Herhangi bir ana panoya veya sigorta kutusuna baktığınızda B tipi ve C tipi sigortaların bir arada kullanıldığını görürseniz binada bu kadar motor var mı diye düşünmeyin. C tipleri priz beslemelerine gitmektedir.

ARAŞTIRMA SORULARI

Soru 5. B16 ve C16 sigortaların maksimum çekebileceği akım miktarını araştırınız. Devreyi açma akımları nelerdir? Bir ev için düşünülecek olursa, termosifon, ütü, çamaşır makinesi vb için hangi sigortayı kullanırdınız, sebebiyle açıklayınız.

Sigorta üzerindeki harflerin anlamı

Otomatlar üzerinde B25 ve C20 gibi harf ve rakamlar görürseniz bu sigortanın 25 amperlik B serisi, 20 amperlik C serisi olduğu anlamına gelir.

1.4. Kaçak Akım Rolesi

Elektrikle çalışan cihazların iletkenlerinde veya enerji altında bulunan parçalarının yalıtkanlıklarında meydana gelen deformeler sonucunda kaçak akım oluşma riski vardır. Kaçak akımın oluşması durumunda cihaz gövdesine temas etmek son derece tehlikeli bir durumdur. Kaçak akım esnasında meydana gelecek temas sonucunda, kaçak akım temas eden kişinin üzerinden dolaşarak toprağa akacaktır. Devrede oluşabilecek bu tarzdaki tehlikeli durumları önlemek amacıyla kaçak akım rölesi kullanılır. İnsanları ve teçhizatı koruyan bu cihazlara kaçak akım rölesi denir.

Kaçak akım röleleri 2 yada 4 kutuplu olur. Bir fazlı elektrik dağıtımında 2 kutuplu, 3 fazlı elektrik dağıtımında ise 4 kutuplu kullanılır.

1.4.1. Kaçak Akım Rolesinin Çalışma Presnsibi

Kaçak akım röleleri devreye giren ve çıkan akımın eşitliği ilkesine dayanarak çalışmaktadır. Kaçak akımın anahtarının içerisinde bulunan toroid akım trafosu sürekli giren akımlar ve çıkan akımları ölçer. Giren akım ile çıkan akım birbirine eşitse kaçak akım rölesi durumu normal olarak algılar ve herhangi bir açma işleminde bulunmaz. Giren akım ile çıkan akım birbirine eşit değilse (troid üzerinde bir akım dengesizliği durumu) röle çok kısa bir süre içerisinde ana kontakları açtırır.

Kaçak akım anahtarı üzerinde bulunan test butonu ise normalde açık pozisyonda olur. Her şey normal durumdayken test butonuna basılırsa giren akım ve çıkan akım dengesi manuel olarak bozulur ve röle açma yapar. Rölenin çalışıp çalışmadığını test butonu üzerinden de test edilebilir.

Kaçak akım seviyelerinin insan üzerindeki etkilerini görebilirsiniz. 25-30mA'den büyük kaçaklar insan sağlığı için tehlikeli seviyededir.

Vücuttan geçen akım	Etkiler	Sonuçlar
0,5 mA	Hissedilmez (Parmak ucu, dil dışında)	Zararsız
3 mA	Karıncalanma oluşur	Tehlikeli değildir
15 mA	Dokunulan yerler zorlanarak bırakılabilir	İstenmeyen fakat tehlikeli değil
40 mA	Vücut krampları	Birkaç dakika içerisinde boğulma hissi
80 mA	Kalp durması	Çok tehlikelidir. Birkaç dakika içerisinde ölüme götürür.
50-150mA		Yüksek seviyede acı. Solunum aksar. İstemsiz kas kasılmaları oluşur. Kişi kaslarını kontrol ederek kurtulamaz. Ölüm olabilir.
1000-4300mA		Kalbin ritmik pompalama hareketi bozulur. İstemiz kas kasılmaları oluşur. Sinirler hasara uğrar. Ölüm riski yüksektir.

1.5. Elektrik Sayacındaki Değerler

Elektrik sayaçlarının tipleri ve sayım yöntemleri üzerinde yer alan ifadelerden belli olur. Mekanik elektrik sayaçları genellikle tek zamanlı tarife ile çalışırken, akıllı elektrik sayaçları genellikle çok zamanlı tarife ile çalışır. Elektrik sayaçları üzerinde yer alan ifadelerin bazıları:

T: Tek zamanlı tarifeli elektrik sayaçlarında toplam tüketim miktarını gösterir

T1: Çok zamanlı tarifeli elektrik sayaçlarında gündüz tüketimi miktarını gösterir.

T2: Çok zamanlı tarifeli elektrik sayaçlarında puant (akşam) tüketim miktarını gösterir.

T3: Çok zamanlı tarifeli elektrik sayaçlarında gece tüketim miktarını gösterir.

T4 ve T5: Çok zamanlı tarifeli elektrik sayaçlarında yer alan ancak aktif olarak kullanılmayan zaman hücreleridir. Elektrik dağıtımıcısı firma ile yapılan sözleşme uyarınca T1, T2 ve T3 dışında zaman tarifeleri de söz konusu olursa, yeni zaman tarifeleri bu boş hücrelere tanımlanır.

Elektrik Sayaçlarında T1

Elektrik sayaçlarında yer alan T1 gündüz tarifiesi, saat 06:00 – 17:00 arasındaki elektrik tüketimini kaydeder ve hesaplar. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından açıklanan gündüz tarifesine göre 1 kW elektrik tüketimi meskenler için 0,483646 TL/kWh TL, ticarethaneler için 0,714242 TL'dir.

Elektrik Sayaçlarında T2

Elektrik sayaçlarında yer alan T2 puant tarifiesi, 17:00 – 22:00 arasındaki elektrik tüketimini kaydeder ve hesaplar. Puant (akşam) tarifesine göre 1 kW elektrik tüketimi meskenler için 0,825687 TL/kWh TL, ticarethaneler için 1,166557 TL'dir.

Elektrik Sayaçlarında T3

Elektrik sayaçlarında yer alan T3 gece tarifiesi, 22:00 – 06:00 arasındaki elektrik tüketimini kaydeder ve hesaplar.

Elektrik Sayaçlarında T4

Elektrik sayaçlarında yer alan T4 hücresi, aktif olarak kullanılmayan bir hücredir. Yeni bir zaman ölçü birimi girilmek istendiğinde kullanılmak için üretilen bir alandır.

Elektrik Sayaçlarında T5

Elektrik sayaçlarında yer alan T5 alanı aktif olarak kullanılmaz. Ancak yeni bir zaman ölçü birimi girilmek istendiğinde kullanılması için üretilmiştir.

Tek Zamanlı Elektrik Tarifiesi

Tek zamanlı elektrik tarifiesi, herhangi bir zaman aralığı gözetilmeksizin, tüketilen elektriği sabit bir tarife üzerinden ücretlendiren elektrik tarifiesidir.

Elektrik Sayacı Okuma

Tek zamanlı tarifeli elektrik sayaçlarında tüketim birimi olarak sadece T hücresi bulunur. Bu hücrede gösterilen elektrik tüketimi 1 kW elektrik kullanımı başına 0,4743 TL ile ücretlendirilir. Üç zamanlı elektrik tarifesine göre çalışan elektrik sayaçlarında bulunan T1, T2 ve T3 hücrelerinin her biri, kendi tarife fiyatlandırmasına göre hesaplanır.

Deney No: 3-4

Deneyin Adı: Simaris Programının Kullanımı ve Proje Çizimi

Deneyin Amacı: Elektriksel sembolleri okuyabilmek, proje çizimini öğrenmek, tek hat şemasına hakim olmak

2. Deney Hakkında Kısa Genel Bilgiler

2.1. Tek Hat Şeması

Tek hat şeması diğer adıyla kolon şeması, elektrik sistemlerinin öz şekilde ifade edilmesini sağlayan bir plandır. Kurulan yapıdaki elektrik dağıtım sistemini kolayca öğrenebilir, gerekli analizleri ve müdahaleleri tek hat şeması sayesinde kolayca yapılabilmesine imkan sağlar.

Tek hat şeması, her bir bileşen için basit sembol kullanılan, güç sisteminin grafiksel bir gösterimidir. Bir güç sisteminin tek hat şeması, sistem bileşenlerinin ana bağlantılarını ve düzenini, verileriyle birlikte (çıkış oranı, gerilim, direnç ve reaktans gibi) gösteren ağıdır.

Tesisinizdeki elektrik dağıtım sistemi düzenini ve tasarımını iyice tanımanızı sağlayan, elektriksel ekipmanların kağıt veya yazılım üzerine aktarılmış bir bilançosudur.

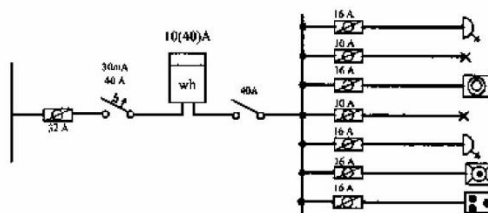
Tek hat şemasında devre kesiciler, transformatörler, kapasitörler, baralar ve iletkenler gibi elektrik elemanları standart şematik sembollerle gösterilir. Farklı elektrik bileşenlerini ve bunların bir devre veya sistem içindeki ilişkilerini temsil etmek için evrensel olarak kabul edilen elektrik sembolleri kullanılır.

Tek Hat Şeması Nasıl Çizilir?

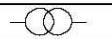
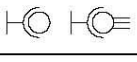
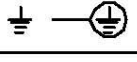
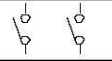
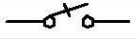
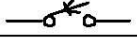
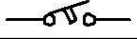
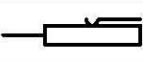
Enerji kaynağından son yük alıcısına kadar tüm sistemi kapsayacak şekilde çizilir. Tek hat şeması hazırlanırken elektrik sisteminin tüm bileşenleri, yedek ve acil sistemler de dahil olmak üzere şema üstünde çizilir. Devre iletkenleri, koruyucu cihazlar güç kaynağından en son yüke kadar ifade edilir. Her bir eleman için sembol kullanılır. Kullanılan her elemanın özellikleri, kablo bağlantıları gibi her veri en sade şekilde tek hat şemasında gösterilmelidir.

Tek Hat Şeması Nasıl Okunur?

Tek hat şemasını okuyacak veya yorumlayacak kişinin elektrik sistemlerine ve sistem işleyişine hakim olması gerekir. Çünkü tek hat şeması yapıya ait tesisatın nasıl çalıştığını anlatmaktadır. Projede tek hat şemasında kullanılan semboller belirtilir. Bu semboller hemen hemen her tek hat şemasında birbirine benzerdir. Bazen küçük projelerle büyük projelerin gereksinimi farklı olduğundan bazı elemanlar ufak farklılıklarla ifade edilebilir. Örneğin şebeke enerji panosu genel olarak tek bir simgeyken, büyük projelerde şebeke, ups ve generetör gibi farklı enerji kaynakları olduğundan her birinin farklı ifade edilmesi gerekir. Bunlara projenin lejantında verilen sembollerden kolayca hakim olabilirsiniz.



Şekil 1 – Örnek Tek Hat Şeması

TRANSFORMATÖR POSTALARI			2			Voltmetre ve Voltmetre Komütatörü
1		Bina tipi transformatör postası	3			Kosinüsfi metre
2		Kule tipi transformatör postası	4			Frekans metre
3		Direk tipi transformatör postası	ÖLÇÜ ALETLERİ (YAZICI ÖLÇÜ ALETLERİ)			
4		Kuvvet besleme ucu	1			Wattmetre
TRANSFORMATÖRLER			KUVVETLİ AKIM PRİZLERİ			
1		Güç transformatörü	1			Bir fazlı normal priz
2		Akım transformatörü (Bir ve üç fazlı)	2			Bir fazlı topraklamalı priz
3		Gerilim transformatörü (Bir ve üç faz)	3			Üç fazlı normal priz
4		Motor	4			Üç fazlı topraklamalı priz
5		Generatör	5			Bir fazlı etanj priz
6		Genel toprak işareti ve topraklayıcı koruma iletkeni bağlantı yeri	6			Üç fazlı etanj priz
7		Metal gövde bağlantısı	7			Çift (ikili) priz
8		Parafudr	8			Çoklu priz (örnek: beşli priz)
ANAHTARLAR			9			Anahtarlı priz
1		Genel gösteriliş	10			Anahtarlı ve kilitlemeli priz
2		Bir fazlı anahtar şalter	11			Döşeme priz
3		Üç fazlı anahtar şalter	FİŞLER			
4		Otomatik anahtar şalter	1			Genel gösteriliş
5		Bıçaklı anahtar şalter	2			Koruyucu kontaklı priz
6		Astronomik anahtar şalter				
7		Aşırı akım röleli koruma anahtarı (ör: minyatür kesici)	11			Hata gerilimi koruma anahtarı
8		Termik-manyetik şalter	12			Hata akımı koruma anahtarı
9		Kontaktör	13			Yıldız üçgen anahtarı
10		Düşük gerilim röleli koruma anahtarı	14			Yol verici ayar direnci (reosta)

Tablo 1- Kuvvet Tesisat Sembolleri

Deney No: 6-7

Deneyin Adı: Yüksek Gerilim Hat Modelleri (Yüklü ve Yüksüz Durumlar)

Deneyin Amacı: İletim Hatları modellerine hakim olmak

3. Deneyler Hakkında Kısa Genel Bilgiler

3.1. İletim Hatları

Enerji iletim hatları elektrik enerjisinin kullanımı ve taşınması açısından önemli bir yere sahiptir. Elektrik enerjisi ihtiyacının artması, yeni üretim tesislerinin kurulması ve iletim hatlarının yaygınlaştırılmasına neden olmuştur. Ülkemiz için hidrolik ve termik kaynaklar çoğunlukla Doğu ve Güneydoğu Bölgesi'nde yer aldığı ve enerji ihtiyacının da en çok Batı bölgelerinde olduğu göz önüne alındığında iletim hatlarının önemi ortaya çıkmaktadır.

Elektrik iletim hatları yüksek ve alçak gerilim olmak üzere ikiye ayrılır. elektrik üretim tesisleri ile transformator istasyonları arasındaki hatlar **yüksek gerilim**; büyük transformator istasyonları ile küçük transformator istasyonları arasındaki hatlar **orta gerilim**, küçük transformator istasyonları ile son tüketici arasındaki hatlar **alçak gerilim** olarak adlandırabiliriz.

İletim Hatlarında (Yüksek Gerilim Hatlarında) Kullanılan Koruma Malzemeleri

Koruma İletkeni

Ark Boynuzları

Ark Koruma Halkası

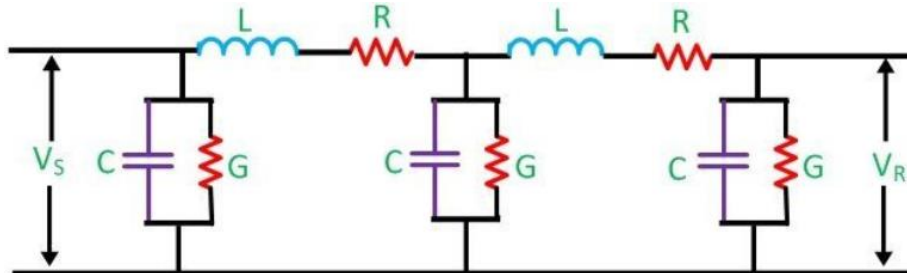
Kuşkonmazlar

Spacer, Damper ve Camper

İkaz Topları

Enerji İletim Hattı Eşdeğer Devre Modeli

Şekil 1.1 'de bir iletim hattının faz-toprak arası eşdeğer devresi verilmiştir.



Şekil 1.1 Bir İletim Hattının Faz-Toprak Arasında Görülen Eşdeğer Devresi (circuitglobe.com Adresinden Alıntılanmıştır.)

Şekilden de anlaşılacağı gibi enerji nakil hatlarında da R-L-C hat sabitleri bulunmaktadır. Bir hat modelinde rezistanslar, kapasitanslar vs. hat boyunca tamamen dağılmıştır. Böyle bir durumu bir model üzerinde göstermek çok zor olduğu için, hat kapasitesi hattın iki uç noktasına da eşit şekilde paylaştırılabilmektedir.

Hat parametreleri;

Kapasitans; hem iletkenler arasında hem de iletken ile toprak arasında meydana gelebilir.

İndüktans; Düz bir iletken 50 Hz şartlarında yaklaşık olarak 0,40 ohm/km'lik bir reaktansa sahiptir.

Rezistans; Hat dirençleri genellikle kilometre başına ohm olarak verilmektedir. Rezistans değeri hattın kesit alanına, sıcaklık vb. gibi değerlere bağlıdır.

İletim Hatlarının Uzunluklarına Göre Sınıflandırılması

Enerji iletim hatlarını uzunluklarına göre üç sınıfta incelememiz mümkündür.

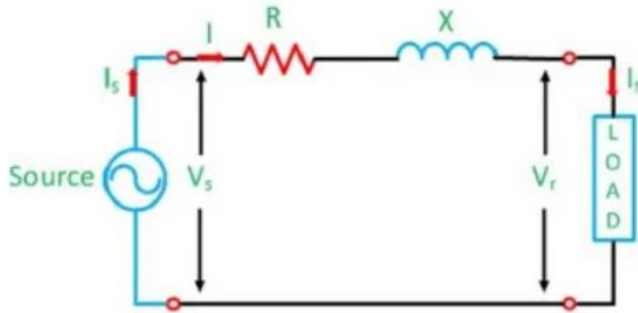
0 - 80 km Kısa İletim Hatları

100 – 240 km Orta Uzunluktaki İletim Hatları

240 km ve daha uzun hatlar ise Uzun İletim Hatları olarak adlandırabiliriz.

3.2. Kısa İletim Hatları

Uzunlukları 80 km'ye kadar olan iletim hatlarıdır. Kapasite hattın uzunluğu ile alakalı bir parametre olduğundan dolayı kısa iletim hatlarında kapasite ihmal edilebilmektedir. Şekil 1.3'te kısa iletim hattına ait eş değer devre verilmiştir.



Şekil 1.3 Kısa İletim Hattı Modeli (electrical4u.com adresinden alıntılanmıştır.)

Şekilde de görüldüğü gibi hattın kapasitesi ihmal edilerek hat seri empedansla ifade edilebilmektedir. Bu empedansın değeri denklem 1.1'de gösterilmiştir.

$$Z = R + jX = z \cdot \ell = r \cdot \ell + jx \cdot \ell \quad (\Omega) \quad (1.1)$$

$$Vs = Vr + Z \cdot Ir \quad (V) \quad (1.2)$$

Rezistif Yük Durumu



Endüktif Yük



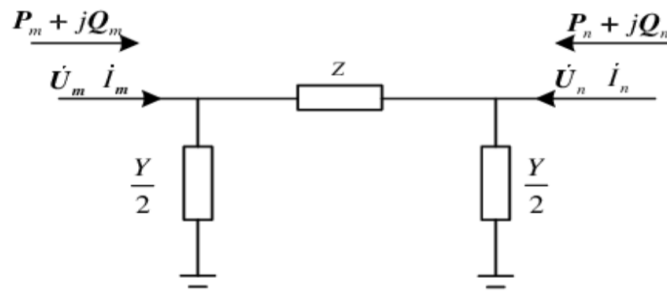
Kapasitif Yük



3.3. Orta Uzunluktaki İletim Hatları

80 – 240 km arasındaki uzunluktaki iletim hatlarıdır. Nominal π ve nominal T eşdeğer devreleri ile çözümlenmeler gerçekleştirilir.

Nominal π Tipi İletim hatları modeli şekil 1.4'te gösterilmiştir.



Şekil 1.4 π Tipi İletim Hattı Modeli

Rezistif Yük Durumu



Endüktif Yük



Kapasitif Yük



3.4. Uzun İletim Hatları

240 km den daha uzun iletim hatlarıdır. Uzun iletim hatlarının doğru ve kesin çözümlemesinin yapılabilmesi için tüm hat sabitlerinin gerçekte olduğu gibi hat boyunca hesaba katılması gerekmektedir.

3.5. Ferranti Olayı

Bir alternatif akım (AC) iletim hattının sonunda gerilim yükselmesi olayıdır. Uzun bir iletim hattının, hattın tüm uzunluğu boyunca yüksek miktarda kapasitans ve endüktans oluşturduğu düşünülebilir. Ferranti olayı hattın dağıtılmış kapasitesi tarafından emilen akım, hattın alıcı

ucundaki yük ile ilişkili akımdan daha büyük olduğunda meydana gelmektedir. Normal şartlarda (tüm pratik durumlar için) alıcının bulunduğu hattın son noktasındaki gerilim değeri, hatta meydana gelen kayıplar nedeniyle, hattın başlangıç noktasındaki gerilim değerinden daha düşüktür, ve akım besleme ucundan yüke doğru akar. Ama ferranti olayında durum böyle değildir. Hat sonu gerilim hat başı gerilimden büyüktür. Bu tür bir etki, hat sonundaki hafif yük veya açık devre durumlarında meydana gelir.

Ferranti etkisi hattın endüktansı ve kapasitansı arasındaki etkileşimden kaynaklanmaktadır ve özellikle uzun iletim hatlarında oldukça önem arz etmektedir. İletim hattı yüksüz veya düşük yükte çalışması durumunda meydana gelmektedir. Alıcı tarafındaki gerilim değerinin çok yüksek (nominal değerden çok fazla) olması tehlikeli durumlara sebep olabilir. Kablolar ve bileşenlerde gerilimler meydana gelir. Denklem 1.3'den anlaşılacağı gibi çıkış gerilimi, giriş geriliminden yüksektir.

$$\frac{V_o - V_i}{V_o} = \omega^2 CL \frac{l^2}{2} \quad (1.3)$$

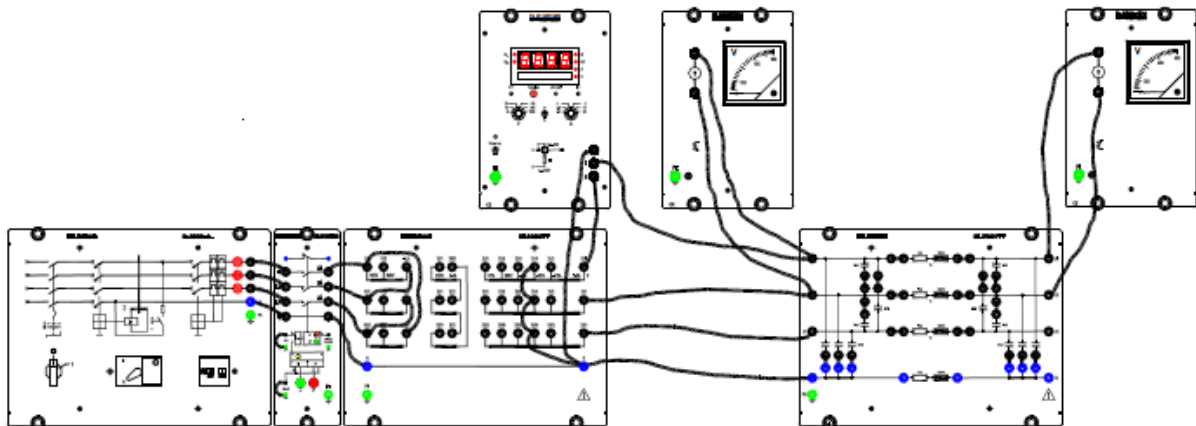
(Kaynaklar: eepower.com, electrical4u.com circuitglobe.com)

Buradaki gerilim farkı; frekans, hat uzunluğu ve hat sabitlerine bağlıdır. Denklemler yardımıyla yüksek frekanslarda ferranti etkisinin arttığını görebiliriz.

Ferranti olayının (gerilim yükselmesinin) temel sebebi hattın kapasitansı ve endüktansı arası etkileşimdir. Aşırı gerilim yükselmelerini önlemek için iletim hatlarının uzunluklarını sınırlandırabiliriz.

4. Deneylerin Bağlantı Şekilleri

DENEY NO 6 : Bir İletim Hattının Boşta Çalıştırılması



Şekil 6 – 6. Deney Bağlantı Şeması

Devreyi şekil 6'ya uygun bir şekilde bağlantıları gerçekleştiriniz. Transformatörün birinci tarafını üçgen bağlantıda 380V olarak ayarlayınız. İkinci tarafını yıldız bağlantıda (-%10 tolere ile) gerçekleştiriniz ve sonuçları gözlemleyiniz. (Hat Kapasiteleri ile)

Yüksüz çalışmada, düşük akım nedeniyle iletim hattı çok küçük bir aktif güç gerektirecektir.

Deney Sonu Sorular

1. Deney ile ilgili gözlemlerinizi yazınız.
2. Hattın boşta kalmasının sonuçlarını araştırınız.
3. Ferranti olayının dezavantajları nelerdir yazınız.
4. Hat sonu gerilim ile hat başı gerilimi yazınız.
5. Deneyde ölçülen değerleri formüller ile elde edilen değerler ile karşılaştırınız.

$U_1 = \dots\dots\dots V$

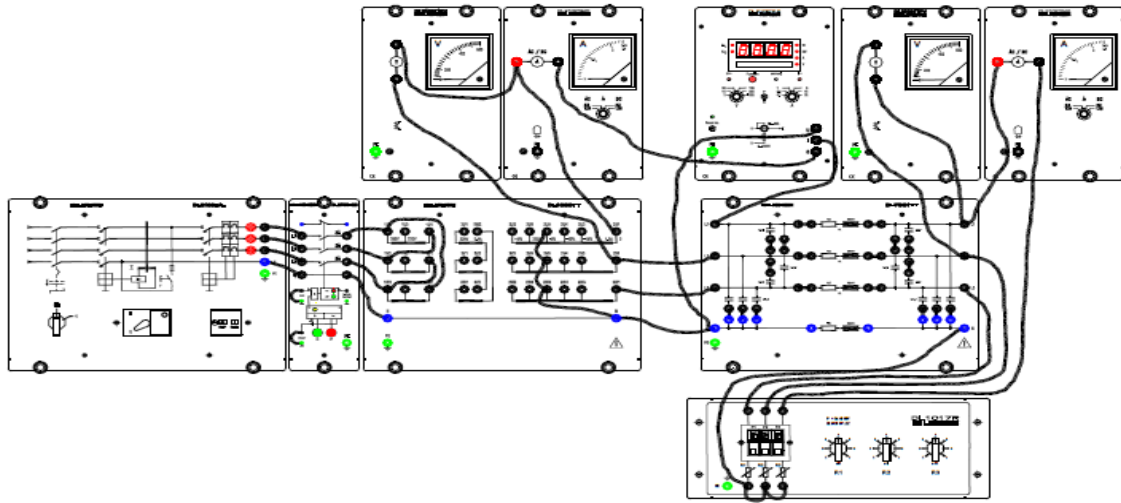
$P = \dots\dots\dots W$

$U_2 = \dots\dots\dots V$

$Q = \dots\dots\dots Var$

$$Q_c = \omega C_B \cdot (U_N)^2 = 2 \pi 50 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 380^2 = 227 \text{ Var}$$

DENEY NO 7 : Hattın Dengeli Yük İle Enerjilendirilmesi



Şekil 7 – 7. Deney Bağlantı Şeması

Devreyi yukardaki bağlantı şekillerine uyarak trafonun primer tarafını üçgen 380V sekonder tarafını %-5 tolerans değeri ile yıldız olarak bağlayınız. Hatta dengeli şekilde rezistif (omik) yük bağlayarak sonuçları gözlemleyiniz. Omik yükleri kademeli olarak artırarak gerilim, akım ve güç değerlerini not ediniz.

Deney esnasında kaydedilen değerleri kullanarak aşağıdaki tabloyu doldurunuz

R	U_1 (V)	I_1 (A)	P_1 (W)	Q_1 (Var)	U_2 (V)	I_2 (A)
R_1						
R_2						
R_3						
R_4						
R_5						
R_6						
R_7						

Deney Sonu Sorular

1. Deney ile ilgili gözlemlerinizi yazınız.
2. Deneyde hesaplanan değerler ile teori hesaplamaları kıyaslayınız.
3. Hattın herhangi bir reaktif değer üretmediği direnç değerini belirleyiniz ve bunu teorik olarak ispatlayınız.
4. Ölçülen güç değerlerini bir önceki deneydeki güç değerleri ile karşılaştırınız. Aktif güçteki değişimin sebebini tartışınız.

Deney No: 8-9**Deneyin Adı: Yüksek Gerilim Hat Modelleri (Yüklü ve Yüksüz Durumlar)****Deneyin Amacı: İletim Hatları modellerine hakim olmak****5. Deneyler Hakkında Kısa Genel Bilgiler****5.1. İletim Hatları**

Enerji iletim hatları elektrik enerjisinin kullanımı ve taşınması açısından önemli bir yere sahiptir. Elektrik enerjisi ihtiyacının artması, yeni üretim tesislerinin kurulması ve iletim hatlarının yaygınlaştırılmasına neden olmuştur. Ülkemiz için hidrolik ve termik kaynaklar çoğunlukla Doğu ve Güneydoğu Bölgesi'nde yer aldığı ve enerji ihtiyacının da en çok Batı bölgelerinde olduğu göz önüne alındığında iletim hatlarının önemi ortaya çıkmaktadır.

Elektrik iletim hatları yüksek ve alçak gerilim olmak üzere ikiye ayrılır. elektrik üretim tesisleri ile transformatör istasyonları arasındaki hatlar **yüksek gerilim**; büyük transformatör istasyonları ile küçük transformatör istasyonları arasındaki hatlar **orta gerilim**, küçük transformatör istasyonları ile son tüketici arasındaki hatlar **alçak gerilim** olarak adlandırabiliriz.

İletim Hatlarında (Yüksek Gerilim Hatlarında) Kullanılan Koruma Malzemeleri

Koruma İletkeni

Ark Boynuzları

Ark Koruma Halkası

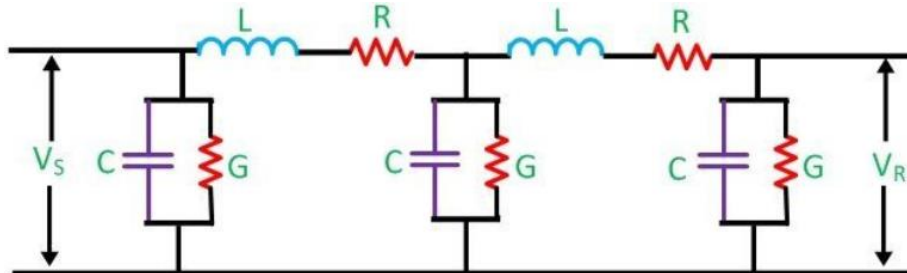
Kuşkonmazlar

Spacer, Damper ve Camper

İkaz Topları

Enerji İletim Hattı Eşdeğer Devre Modeli

Şekil 1.1 'de bir iletim hattının faz-toprak arası eşdeğer devresi verilmiştir.



Şekil 1.1 Bir İletim Hattının Faz-Toprak Arasında Görülen Eşdeğer Devresi (circuitglobe.com Adresinden Alıntılanmıştır.)

Şekilden de anlaşılacağı gibi enerji nakil hatlarında da R-L-C hat sabitleri bulunmaktadır. Bir hat modelinde rezistanslar, kapasitanslar vs. hat boyunca tamamen dağılmıştır. Böyle bir durumu bir model üzerinde göstermek çok zor olduğu için, hat kapasitesi hattın iki uç noktasına da eşit şekilde paylaştırılabilmektedir.

Hat parametreleri;

Kapasitans; hem iletkenler arasında hem de iletken ile toprak arasında meydana gelebilir.

İnduktans; Düz bir iletken 50 Hz şartlarında yaklaşık olarak 0,40 ohm/km'lik bir reaktansa sahiptir.

Rezistans; Hat dirençleri genellikle kilometre başına ohm olarak verilmektedir. Rezistans değeri hattın kesit alanına, sıcaklık vb. gibi değerlere bağlıdır.

İletim Hatlarının Uzunluklarına Göre Sınıflandırılması

Enerji iletim hatlarını uzunluklarına göre üç sınıfta incelememiz mümkündür.

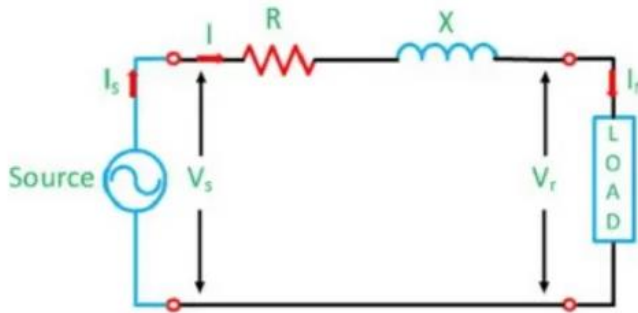
0 - 80 km Kısa İletim Hatları

100 – 240 km Orta Uzunluktaki İletim Hatları

240 km ve daha uzun hatlar ise Uzun İletim Hatları olarak adlandırabiliriz.

5.2. Kısa İletim Hatları

Uzunlukları 80 km'ye kadar olan iletim hatlarıdır. Kapasite hattın uzunluğu ile alakalı bir parametre olduğundan dolayı kısa iletim hatlarında kapasite ihmal edilebilmektedir. Şekil 1.3'te kısa iletim hattına ait eş değer devre verilmiştir.

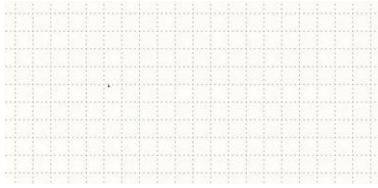
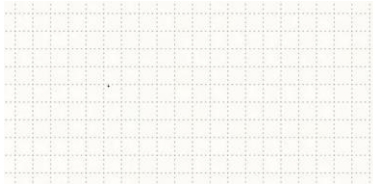
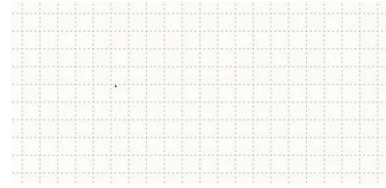


Şekil 1.3 Kısa İletim Hattı Modeli (electrical4u.com adresinden alıntılanmıştır.)

Şekilde de görüldüğü gibi hattın kapasitesi ihmal edilerek hat seri empedansla ifade edilebilmektedir. Bu empedansın değeri denklem 1.1'de gösterilmiştir.

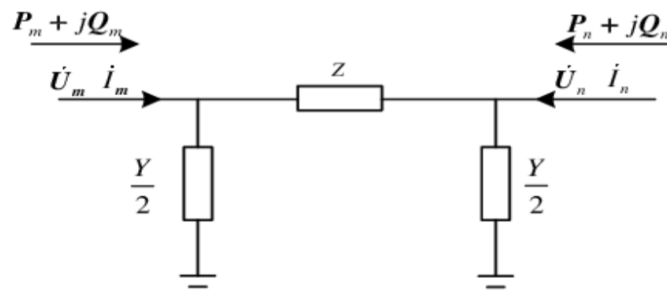
$$Z = R + jX = z \cdot \ell = r \cdot \ell + jx \cdot \ell \quad (\Omega) \quad (1.1)$$

$$V_s = V_r + Z \cdot I_r \quad (V) \quad (1.2)$$

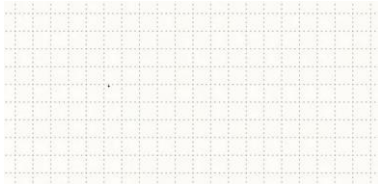
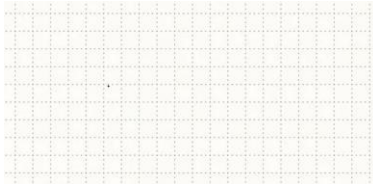
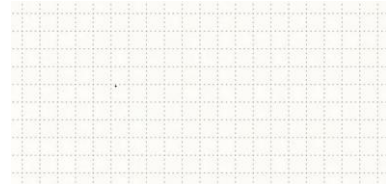
Rezistif Yük Durumu**Endüktif Yük****Kapasitif Yük****5.3. Orta Uzunluktaki İletim Hatları**

80 – 240 km arasındaki uzunluktaki iletim hatlarıdır. Nominal π ve nominal T eşdeğer devreleri ile çözümlerler gerçekleştirilir.

Nominal π Tipi İletim hatları modeli şekil 1.4'te gösterilmiştir.



Şekil 1.4 π Tipi İletim Hattı Modeli

Rezistif Yük Durumu**Endüktif Yük****Kapasitif Yük****5.4. Uzun İletim Hatları**

240 km den daha uzun iletim hatlarıdır. Uzun iletim hatlarının doğru ve kesin çözümlemesinin yapılabilmesi için tüm hat sabitlerinin gerçekte olduğu gibi hat boyunca hesaba katılması gerekmektedir.

5.5. Ferranti Olayı

Bir alternatif akım (AC) iletim hattının sonunda gerilim yükselmesi olayıdır. Uzun bir iletim hattının, hattın tüm uzunluğu boyunca yüksek miktarda kapasitans ve endüktans oluşturduğu düşünülebilir. Ferranti olayı hattın dağıtılmış kapasitesi tarafından emilen akım, hattın alıcı ucundaki yük ile ilişkili akımdan daha büyük olduğunda meydana gelmektedir. Normal şartlarda (tüm pratik durumlar için) alıcının bulunduğu hattın son noktasındaki gerilim değeri, hatta meydana gelen kayıplar nedeniyle, hattın başlangıç noktasındaki gerilim değerinden daha düşüktür, ve akım besleme ucundan yüke doğru akar. Ama ferranti olayında durum böyle

değildir. Hat sonu gerilim hat başı gerilimden büyüktür. Bu tür bir etki, hat sonundaki hafif yük veya açık devre durumlarında meydana gelir.

Ferranti etkisi hattın endüktansı ve kapasitansı arasındaki etkileşimden kaynaklanmaktadır ve özellikle uzun iletim hatlarında oldukça önem arz etmektedir. İletim hattı yüksüz veya düşük yükte çalışması durumunda meydana gelmektedir. Alıcı tarafındaki gerilim değerinin çok yüksek (nominal değerden çok fazla) olması tehlikeli durumlara sebep olabilir. Kablolar ve bileşenlerde gerilimler meydana gelir. Denklem 1.3'den anlaşılacağı gibi çıkış gerilimi, giriş geriliminden yüksektir.

$$\frac{V_o - V_i}{V_o} = \omega^2 CL \frac{l^2}{2} \quad (1.3)$$

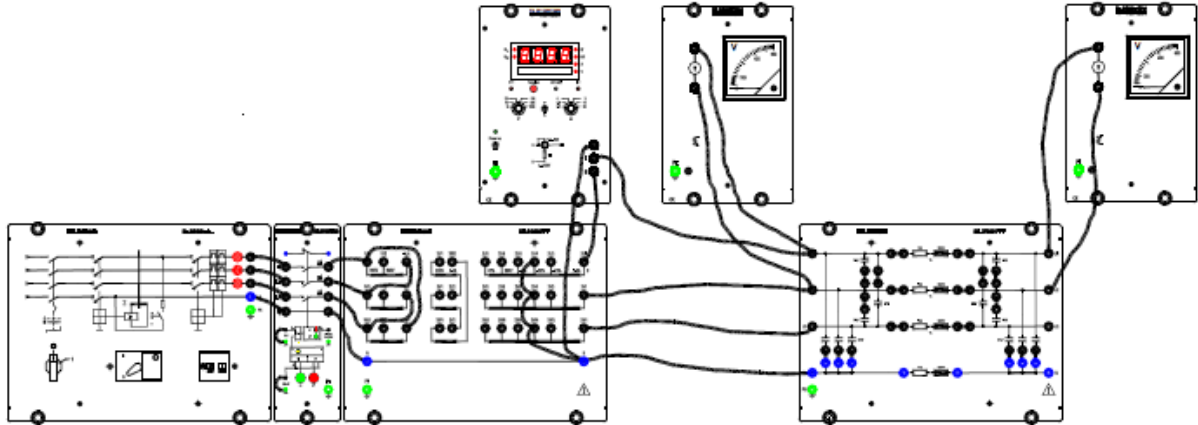
(Kaynaklar: eepower.com, electrical4u.com circuitglobe.com)

Buradaki gerilim farkı; frekans, hat uzunluğu ve hat sabitlerine bağlıdır. Denklemler yardımıyla yüksek frekanslarda ferranti etkisinin arttığını görebiliriz.

Ferranti olayının (gerilim yükselmesinin) temel sebebi hattın kapasitansı ve endüktansı arası etkileşimdir. Aşırı gerilim yükselmelerini önlemek için iletim hatlarının uzunluklarını sınırlandırabiliriz.

6. Deneylerin Bağlantı Şekilleri

DENEY NO: 8 : Bir İletim Hattının Boşta Çalıştırılması



Şekil 8 – 8. Deney Bağlantı Şeması

Devreyi şekil 8'e uygun bir şekilde bağlantıları gerçekleştiriniz. Transformatörün birinci tarafını üçgen bağlantıda 380V olarak ayarlayınız. İkinci tarafını yıldız bağlantıda (-%10 tolere ile) gerçekleştiriniz ve sonuçları gözlemleyiniz. (Hat Kapasiteleri ile)

Yüksüz çalışmada, düşük akım nedeniyle iletim hattı çok küçük bir aktif güç gerektirecektir.

Deney Sonu Sorular

6. Deney ile ilgili gözlemlerinizi yazınız.
7. Hattın boştaki kalmasının sonuçlarını araştırınız.
8. Ferranti olayının dezavantajları nelerdir yazınız.
9. Hat sonu gerilim ile hat başı gerilimi yazınız.
10. Deneyde ölçülen değerleri formüller ile elde edilen değerler ile karşılaştırınız.

$$U_1 = \dots\dots\dots V$$

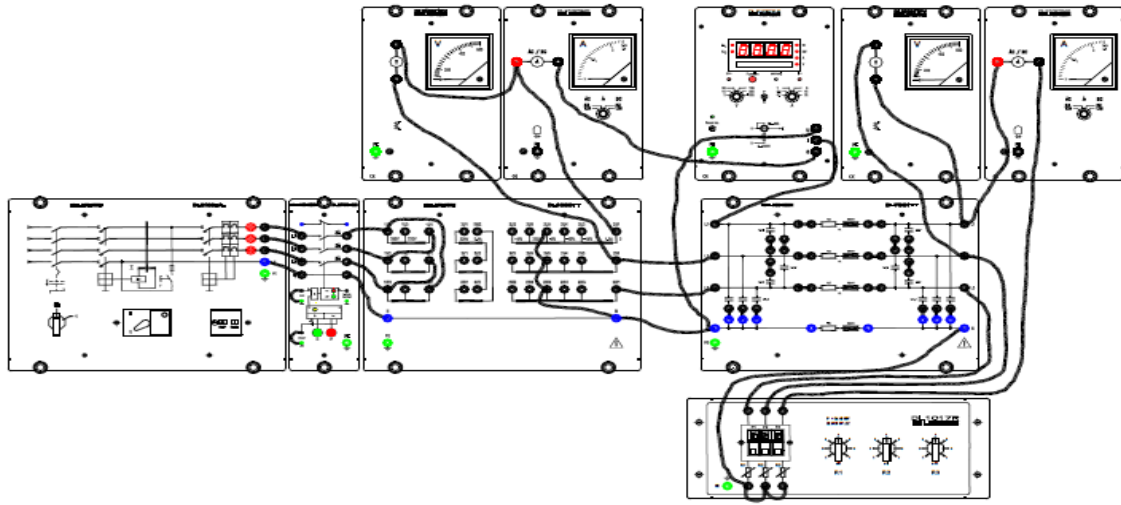
$$P = \dots\dots\dots W$$

$$U_2 = \dots\dots\dots V$$

$$Q = \dots\dots\dots \text{Var}$$

$$Q_c = \omega C_B \cdot (U_N)^2 = 2 \pi 50 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 380^2 = 227 \text{ Var}$$

DENEY NO: 9 : Hattın Dengeli Yük İle Enerjilendirilmesi



Şekil 9 – 9. Deney Bağlantı Şeması

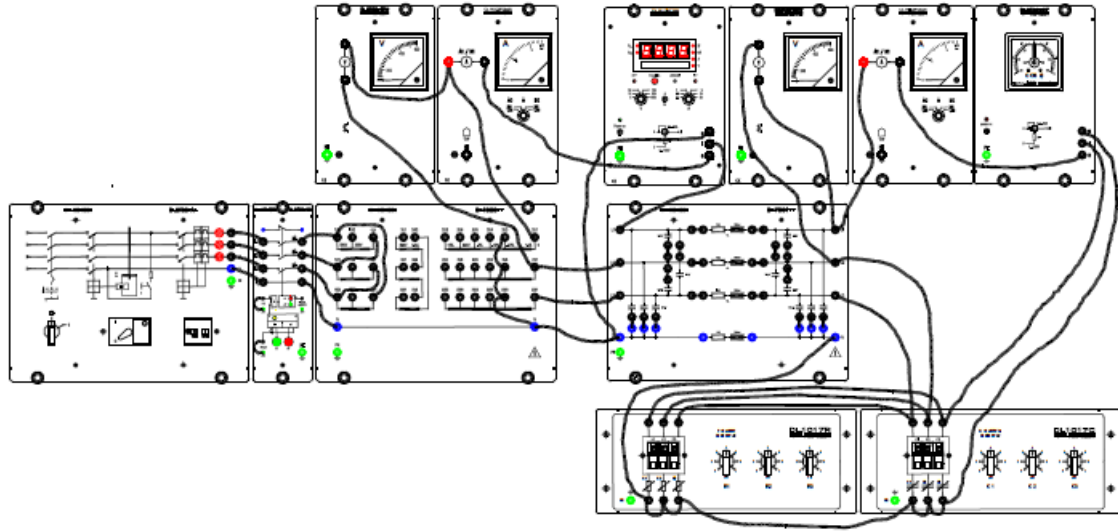
Devreyi yukardaki bağlantı şekillerine uyarak trafonun primer tarafını üçgen 380V sekonder tarafını %-5 tolerans değeri ile yıldız olarak bağlayınız. Hatta dengeli şekilde rezistif (omik) yük bağlayarak sonuçları gözlemleyiniz. Omik yükleri kademeli olarak artırarak gerilim, akım ve güç değerlerini not ediniz.

Deney esnasında kaydedilen değerleri kullanarak aşağıdaki tabloyu doldurunuz

R	U_1 (V)	I_1 (A)	P_1 (W)	Q_1 (Var)	U_2 (V)	I_2 (A)
R_1						
R_2						
R_3						
R_4						
R_5						
R_6						
R_7						

Deney Sonu Sorular

- Deney ile ilgili gözlemlerinizi yazınız.
- Deneyde hesaplanan değerler ile teori hesaplamaları kıyaslayınız.
- Hattın herhangi bir reaktif değer üretmediği direnç değerini belirleyiniz ve bunu teorik olarak ispatlayınız.
- Ölçülen güç değerlerini bir önceki deneydeki güç değerleri ile karşılaştırınız. Aktif güçteki değişimin sebebini tartışınız.

Deney No: 10**Deneyin Adı: Yüksek Gerilim Hat Modelleri (Hattın Yüklü Olması Durumları)****Deneyin Amacı: İletim Hatları Modellerine Hakim Olmak****10. Deneyin Bağlantı Şekli****DENEY NO 10 : Bir İletim Hattının Omik - Kapasitif Yüklenmesi****Şekil – 10. Deney Bağlantı Şeması**

Yukarıda verilen şekle uygun bir şekilde devre bağlantılarını gerçekleştiriniz. Transformatörün birinci tarafını üçgen bağlantıda 380V olarak ayarlayınız. İkinci tarafını yıldız bağlantıda (-%15 tolere ile) gerçekleştiriniz. Hattın terminallerini sonlandırmak için hatta, dengeli omik ve kapasitif yük bağlayınız ve sonuçları gözlemleyiniz.

Kapasitif Yük $C_1 = 2\mu F$

R	U_1 (V)	I_1 (A)	P_1 (W)	Q_1 (Var)	U_2 (V)	I_2 (A)	$\cos\phi_2$
R_1							
R_2							
R_3							
R_4							

Yukarıdaki değerleri $3\mu F$ ve $5\mu F$ değerleri için tekrarlayınız.

Kapasitif Yük $C_1 = 3\mu\text{F}$

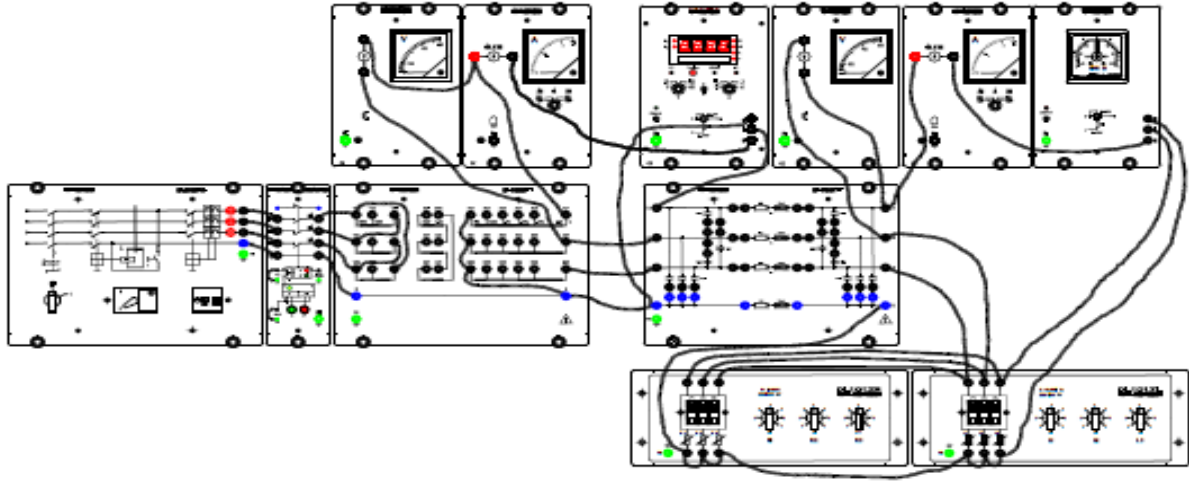
R	U_1 (V)	I_1 (A)	P_1 (W)	Q_1 (Var)	U_2 (V)	I_2 (A)	$\cos\phi_2$
R_1							
R_2							
R_3							
R_4							

Kapasitif Yük $C_1 = 5\mu\text{F}$

R	U_1 (V)	I_1 (A)	P_1 (W)	Q_1 (Var)	U_2 (V)	I_2 (A)	$\cos\phi_2$
R_1							
R_2							
R_3							
R_4							

Deney Sonu Sorular

1. Deney ile ilgili gözlemlerinizi yazınız.
2. Elde edilen sonuçlara göre fazör diyagramını çiziniz.
3. Ölçülen güç değerlerini bir önceki deneydeki güç değerleri ile karşılaştırınız. Aktif güçteki değişimin sebebini tartışınız.
4. Kapasitif yük sabitken, kademeli olarak artılan omik yüke bağlı olarak Q_1 ve P_1 değerlerini inceleyiniz. Meydana gelen değişiklikleri not ediniz ve açıklayınız.
5. Hat sonu gerilimde meydana gelen değişimlerin sebebini yazınız.

Deney No: 11**Deneyin Adı: Yüksek Gerilim Hat Modelleri (Hattın Yüklü Olması Durumları)****Deneyin Amacı: İletim Hatları Modellerine Hakim Olmak****11. Deneyin Bağlantı Şekli****DENEY NO 11 : Bir İletim Hattının Omik - Endüktif Yüklenmesi****Şekil – 11. Deneye Ait Bağlantı Şeması**

Yukarıda verilen şekle uygun bir şekilde devre bağlantılarını gerçekleştiriniz. Transformatörün birinci tarafını üçgen bağlantıda 380V olarak ayarlayınız. İkinci tarafını yıldız bağlantıda (+%5 tolere ile) gerçekleştiriniz. Hattın terminallerini sonlandırmak için hatta, dengeli omik ve endüktif yük bağlayınız ve sonuçları gözlemleyiniz.

Her adım için gerilim, akım ve güç değerlerini not alınız.

Endüktif Yük $L_4 = 1.27 \text{ H}$

Deney İçin Not: Deney Seti için 1.27 H 4. kademeye denk gelmektedir.

R	U_1 (V)	I_1 (A)	P_1 (W)	Q_1 (Var)	U_2 (V)	I_2 (A)	$\cos\phi_2$
R_1							
R_2							
R_3							
R_4							

Yukarıdaki değerleri 0.9 H ve 0.64 H değerleri için tekrarlayınız.

Endüktif Yük $L_5 = 0.9 \text{ H}$

R	$U_1 \text{ (V)}$	$I_1 \text{ (A)}$	$P_1 \text{ (W)}$	$Q_1 \text{ (Var)}$	$U_2 \text{ (V)}$	$I_2 \text{ (A)}$	$\cos\phi_2$
R_1							
R_2							
R_3							
R_4							

Endüktif Yük $L_6 = 0.64 \text{ H}$

R	$U_1 \text{ (V)}$	$I_1 \text{ (A)}$	$P_1 \text{ (W)}$	$Q_1 \text{ (Var)}$	$U_2 \text{ (V)}$	$I_2 \text{ (A)}$	$\cos\phi_2$
R_1							
R_2							
R_3							
R_4							

Deney Sonu Sorular

1. Deney ile ilgili gözlemlerinizi yazınız.
2. Elde edilen sonuçlara göre fazör diyagramını çizin.
3. Ölçülen güç değerlerini bir önceki deneydeki güç değerleri ile karşılaştırınız. Aktif güçteki değişimin sebebini tartışınız.
4. Reaktif yük sabit durumdayken, kademeli olarak omik yükün artması durumundaki Q_1 güç değerini inceleyiniz. Q_1 gücü artıyor mu yoksa azalıyor mu? Meydana gelen değişiklikleri sebebiyle birlikte açıklayınız ve bir önceki deneyle kıyaslayınız.
5. Hat sonu gerilimde meydana gelen değişimlerin sebebini yazınız.

Deney No: 12

Deneyin Adı: Nötr Noktası İzole Sistemlerde Arızalar

Deneyin Amacı: Nötr noktası izole sistemlerde hattın toprak arızası durumunda performansının incelenmesi

12. Deney Hakkında Bilgiler

OG tesislerinde meydana gelen arızaların büyük çoğunluğu faz-toprak hatalarıdır. Faz-toprak hatası; tesisin işletme topraklamasının nasıl yapıldığı, sistemin hataya karşı davranışı ve ne tür önlemler alınması gerektiği ile alakalı bir durumdur.

Topraklama tiplerinin uygulaması tesis tipi ve önemine göre değişmektedir. Daha önceden de belirtilen TT, IT, TN vb. sistem özelliklerine uygun topraklama yapılması gerekmektedir. Bağlantı şekillerine göre isimlendirilen (TT, TN, IT) sistemler için 1.harf trafonun toprak durumunu, 2.harf ise cihazların toprak durumunu göstermektedir. T toprak, N nötr, I ise izole olarak adlandırılabilir.

TT Şebekelerde; yıldız noktası topraklanır, böylelikle işletme topraklaması yapılır. Şebekeye bağlanacak cihazların metal kısımlarıysa işletme topraklamasından ayrı olarak topraklanmaktadır.

TN Şebekelerde; nötr noktası doğrudan topraklanarak işletme topraklaması yapılır. Yaygın kullanılır. TN-C sistemi; koruma iletkeni (PE) ile nötr (N) birleştirilerek, şebekenin tamamına PEN hattı olarak iletilir. TN-S sistemlerde koruma iletkeni ve nötr şebeke boyunca farklıdır. TN C-S şebekelerde ise PE ve N iletkenleri şebekenin bir bölümünde ayrı bir bölümünde ise ortak çekilir.

IT Şebekelerde; trafonun yıldız noktası toprağa karşı tamamen yalıtılmış veya yüksek empedansa sahip bir eleman (bobin, direnç) üzerinden topraklanmıştır. Bu şebekeye bağlı cihazlar yine topraklanır. Eğer aynı binada hem IT hem de diğer bir şebeke tipi kullanılacaksa, IT sistemini kullanacak mahallerin şebekesi izolasyon transformatorü ile izole edilir. Yatırım maliyetlerinin yüksekliği ve şebeke bütünlüğünün sağlanmasındaki zorluklar nedeniyle endüstride pek kullanılmaz. Çoğunlukla hastane, laboratuvar gibi mahallerde kullanılır. Şebekede meydana gelecek ilk faz-toprak hatası cihazların çalışmasını etkilemez. Ancak ikinci bir izolasyon hatası, cihazların çalışmasını etkiler. Bu sebeple IT şebekelerin ilk izolasyon hatasını tespit edilmesi önemlidir. Bunun için izolasyon izleme cihazları kullanılır. İzolasyon izleme cihazları şebekenin izolasyon direncini sürekli izler.

“[kaynak: Yıldırımın Korunma Merkezi- yilkomer.com, Mikrosim Elektronik Otomasyon San. Dış. Tic. Ltd. Şti.]”

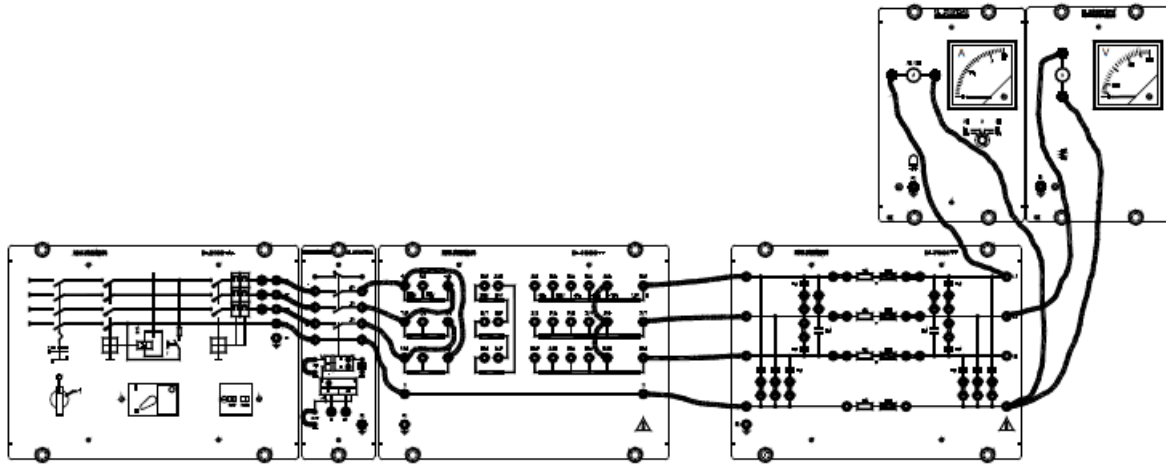
İzole sistemlerde; ilk toprak hatası birkaç saatlik süre ile devam edebilmektedir. Bunun faydası, enerji sürekliliğinin çok önemli olduğu tesislerde işletmecilerle personele hata sonrası gerekli işletme manevralarını yapmaları için enerji kesintisi yapmaya gerek kalmadan vakit

kazandırmaktır. Ancak ilk toprak arızası devam ederken, tesisin veya işletmenin herhangi bir noktasında diğer faz iletkenlerinden birinde toprak teması oluyorsa, bu ikinci toprak hatası büyük kısa devre akımına yol açar ve devre kesicilerinin açmasına neden olur.

[Kaynak: Planning Guide for Power Distribution Plants / Design, Implementation and Operation of Industrial Networks – SIEMENS (Hartmut Kiank, Wolfgang Fruth, 2011)]

12 Deneyin Bağlantı Şekli

DENEY NO 12: Nötr Noktası İzole Bir İletim Hattında Meydana Gelen Faz-Toprak Arızası



Şekil 12– 12. Deneye Ait Bağlantı Şeması

Deney Sonu Sorular

1. İzole nötr sistemler nedir? Açıklayınız.
2. Topraklama tipine göre şebekeleri şekil üzerinde gösteriniz.
3. En güvenilir sistem hangisidir? Kanıtlarla tartışınız.
4. IT sistemin diğer sistemlere göre avantajlarını ve dezavantajlarını belirtiniz.
5. IT sistemlerde izolasyon hatası meydana gelirse ne olur? Açıklayınız.
6. Deney sonu gözlemlerinizi yazınız.

Deney No: 13**Deneyin Adı: Kompanzasyon**

Deneyin Amacı: Paralel ve Seri Kompanzasyon hakkında bilgilenmek, bağlantı şekillerini öğrenmek.

13. Deney Hakkında Bilgiler

Kompanzasyon: Elektrik şebekelerinde güç artışının gerçekleşmesi beklenen bir durumdur. Bu nedenden dolayı zaman zaman reaktif yükler artış gösterebilir ve şebekenin güç katsayısında düşme gözlemlenir. Kompanzasyon ise bu durumu önlemek için yapılmaktadır. Kompanzasyon yöntemleri akım ile gerilim arasındaki faz farkı en ideal olabilecek açığa getirilir ve sistemi olumsuz etkileyen reaktif güçlerin sıfıra yaklaştırılır. Böylece enerji iletim hatlarının ve şebekenin gereksiz yere yüklenmesine sebep olan ve kayıpları artıran reaktif güç, olabildiğince minimum seviyede tutulur.

Seri kompanzasyon yöntemi yüksek gerilim şebekelerinde ve mevcut altyapılarının geliştirilmesinde, bir kondansatörü iletim hattına seri bağlayarak sistem voltajını artırma yöntemidir. Güç arttırmada maliyetleri düşürmek için kullanılan yaygın bir uygulamadır.

Seri kompanzasyonunun temel amacı, uzun mesafelerdeki (200 km'den fazla) hatlarda meydana gelen;

- Voltaj düşüşünü azaltmak,
- Nötr akım dengelemesi,
- Yüke bağlı düşüşlerin sınırlandırılması,
- Güç iletim hatlarının kalitesini ve dengesini geliştirerek kullanıcılara kaliteli enerji iletimi sağlamak gibi çözümlerinden yararlanmaktır.

Seri kompanzasyon hat boyunca istenilen yere yerleştirilebilir (hattın gönderme ucu, alıcı ucu vb.).

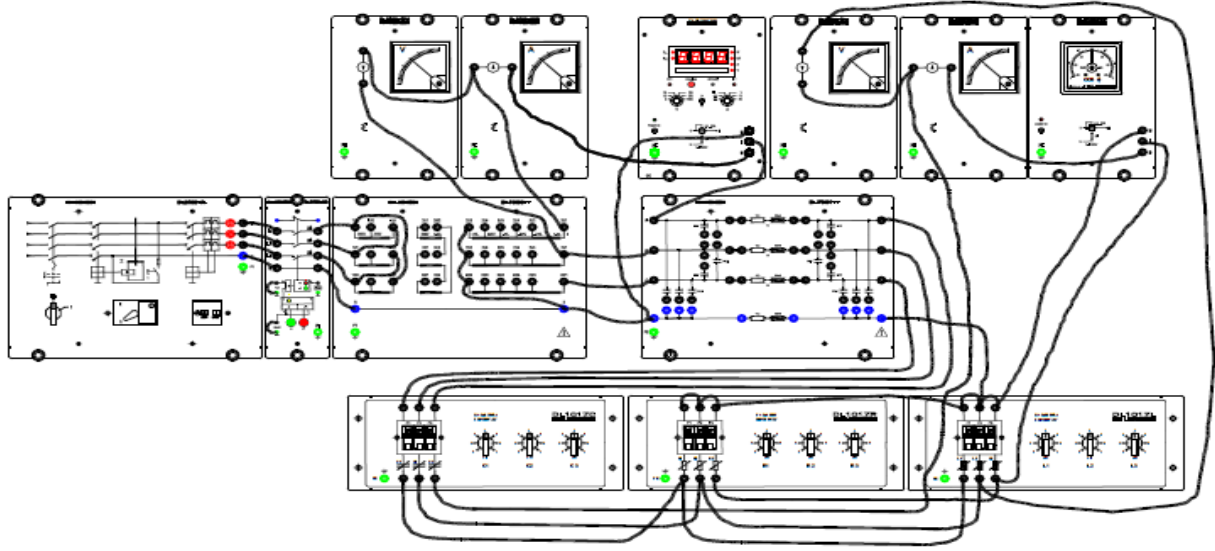
İletim hatlarına sabit seri kompanzasyon ekleyerek, hattın endüktif reaktansı azalır ve bu sayede hattın taşıyabileceği maksimum güç sınırları artırılabilir. İletim hattına seri kompanzasyon yapılarak sisteme reaktif güç verilmesi veya sistemden reaktif güç çekilmesi ile hattın gerilim değerini istenilen değerde tutmak mümkündür.

Büyük sanayi işletmelerinde alçak gerilim tesislerinden evvel oldukça geniş bir orta gerilim şebekesi bulunur. Büyük, güçlü motorlar bu şebekeden beslenirler. Orta gerilim şebekesi bir veya birkaç transformatör üzerinden beslenir. Bu gibi tesislerde genellikle enerji sarfiyatı orta gerilim tarafında tespit edilir. Reaktif güç sarfiyatını düşürmek için bütün kondansatörlerin de orta gerilim tarafında merkezi olarak yerleştirilmesi düşünülebilir. Fakat bu gibi işletmelerde orta gerilim şebekesinden sonra daha geniş bir alçak gerilim şebekesi bulunduğundan, orta gerilimle yapılan böyle bir merkezi kompanzasyon ile alçak gerilim şebekesi, reaktif akımın yükünden kurtulmuş olmaz. Yani orta gerilim tarafındaki kompanzasyon ancak özel bir orta gerilim şebekesi olan büyük sanayi işletmeleri için daha uygun olacaktır.

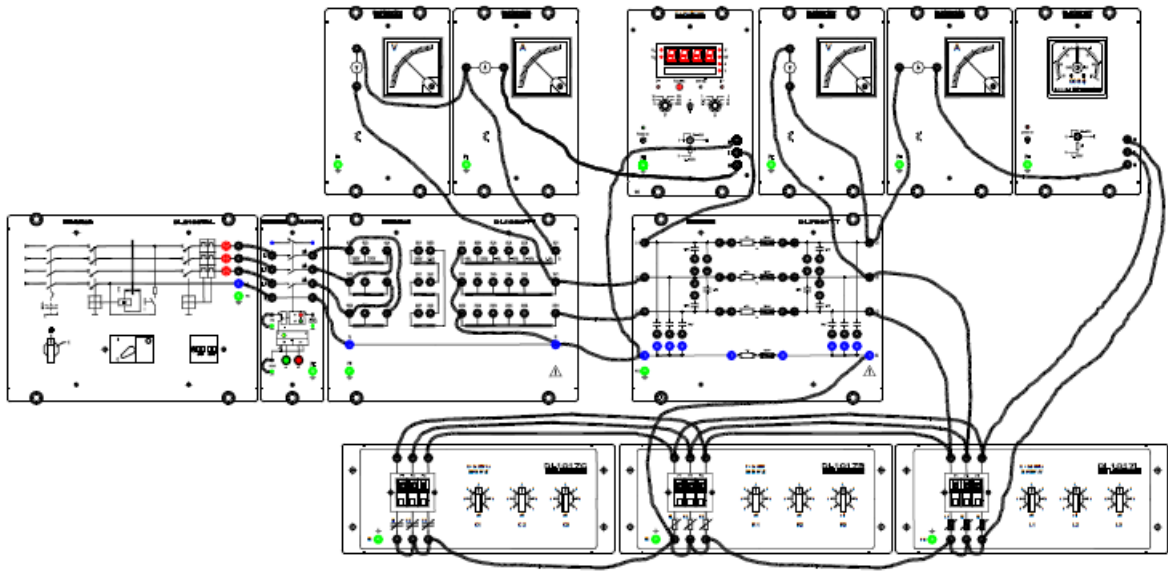
Büyük sanayi işletmelerin alçak gerilim şebekeleri için de önemlidir. Bu sebepten dolayı kompanzasyonun sağladığı avantajlardan yararlanabilmek için, kompanzasyonun alçak gerilim tarafında yapılması daha uygun bir tercih olacaktır.

13. Deneyin Bağlantı Şekli

DENEY NO 13: Seri Kompanzasyon



Şekil A- 13. Deneye Ait Bağlantı Şeması-I (Seri Kompanzasyon)



Şekil B- 13. Deneye Ait Bağlantı Şeması-II (Paralel Kompanzasyon)

13. Deneyin Yapılışı ve Deneye Ait Verilerin Alınması

Seri Kompanzasyon Deneyi

Devreyi Şekil A' da gösterildiği gibi bağlayınız. Hattın endüktif bileşeni seri bir kapasitans kullanılarak telafi edilecektir. Seri kompanzasyonun temel özelliklerine odaklanmak için hat kapasitelerini göz ardı edebilirsiniz. Trafonun primer kısmı 380V üçgen, sekonder kısmı UN +%5 yıldız olacak şekilde bağlayınız.

360 km uzunluğu temsil eden bir havai hat modeli için deney setinde $\cos\phi_2$ değeri 0,8 civarındadır.

Her hat iletkene seri olarak üç ayrı kapasite (değeri: $C_7 = 18 \mu F$) bağlayınız. Besleme voltajı 380V olarak ayarlayınız.

R ve L değerlerini de tabloya uygun kademelere getirerek deneyi gerçekleştiriniz.

L	R	U_1 (V)	I_1 (A)	P_1 (W)	Q_1 (Var)	U_2 (V)	I_2 (A)
L_4	R_4						
L_5	R_5						

Paralel Kompanzasyon Deneyi

Devreyi Şekil B' de gösterildiği gibi bağlayınız. Deneyde omik - endüktif yük bileşenine paralel bir kapasite bağlanarak kompanzasyon işlemi gerçekleştirilecektir. Paralel kompanzasyonun önemini anlayabilmek için, kapasitansız hattı incelemek yeterli olacaktır (önceki deneylerde incelenmişti). Havai hat modeline ait deney setinde modellenmiş kapasiteleri çıkartarak deneyi gerçekleştirin. Trafonun primer kısmı 380V üçgen, sekonder kısmı UN +%5 yıldız olacak şekilde bağlayınız. Endüktif yükü başlangıç olarak $L_2 = 3,19 H$ değerine ayarlayınız ve tabloyu doldurunuz.

Endüktif Yük : $L_2 = 3,19H$ ve Kompanzasyon Kapasitansı $C_2 = 3 \mu F$

R	U_1 (V)	I_1 (A)	P_1 (W)	Q_1 (Var)	U_2 (V)	I_2 (A)	$\cos\phi_2$
R_1							
R_3							
R_4							

Deneyi farklı endüktif yük ve kapasite değerleri için tekrarlayınız.

Endüktif Yük : $L_4 = 1,27H$ ve Kompanzasyon Kapasitansı $C_4 = 8 \mu F$

R	U_1 (V)	I_1 (A)	P_1 (W)	Q_1 (Var)	U_2 (V)	I_2 (A)	$\cos\phi_2$
R_1							
R_3							
R_4							

Endüktif Yük : $L_4 = 0,9H$ ve Kompanzasyon Kapasitansı $C_4 = 10 \mu F$

R	U_1 (V)	I_1 (A)	P_1 (W)	Q_1 (Var)	U_2 (V)	I_2 (A)	$\cos\phi_2$
R_1							
R_3							
R_4							

Deney Sonu Sorular

1. Kompanzasyon nedir? Avantajları nelerdir?
2. Şebekelerde kompanzasyon uygulamasının zorunluluğu var mıdır? Hangi durumlarda kompanzasyon uygulanması gerektiğini açıklayınız.
3. Şebekeye seri ve paralel kompanzasyon uygulanmasıyla elde edilen sonuçları karşılaştırınız. Seri ve paralel kompanzasyon devre şemaları üzerinde aralarındaki farkları açıklayınız.

Deney No: 14**Deneyin Adı: Petersen bobini****Deneyin Amacı: Ark söndürme bobinlerinin kullanım amaçlarını kavramak****14. Deney Hakkında Bilgiler**

Petersen Bobini olarak da bilinen ark söndürme bobinleri (ASC), bir alt istasyonda giden besleyiciler tarafından sağlanan kapasitif toprak arıza akımlarını telafi etmek için kullanılır.

Şebekeyi besleyen trafonun yıldız noktası izole olması halinde toprak kısadevre akımı seviyesini şebeke iletkenleri ve toprak arasındaki kapasite değeri tespit eder. Bu prensipten istifade edilerek şebeke - toprak kapasitif direnç değerine eşdeğer bir indüktif direnç ile trafo nötr noktası topraklanır. Toprağa akacak olan arıza akımı kompenze edilerek sıfırlanmaktadır. Bu bobin mucidinin ismi ile Petersen bobini olarak isimlendirilir.

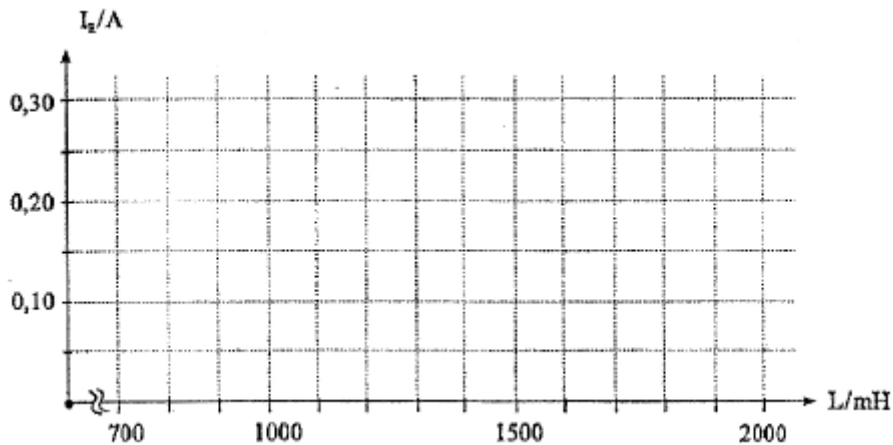
Bu metodun zaman içerisinde bazı dezavantajları da gözlenmektedir. Şalt operasyonları ile şebeke boyutu ve buna orantılı şebeke kapasite değeri değişmekte, toprak akımını söndürme işlemi tam gerçekleşmemektedir. Bu duruma önlem olarak rezonans röle kumandalı Peterson bobinleri üretilmekte ve tercih edilmektedir. Ancak bunun da dezavantajı pahalı bir sistem olmasıdır. Peterson bobini sağlıklı çalıştırılırsa arıza akımlarının akmayacağı bir çözüm edilmiş olunur.

14. Deneyin Yapılışı Bağlantı Şekli

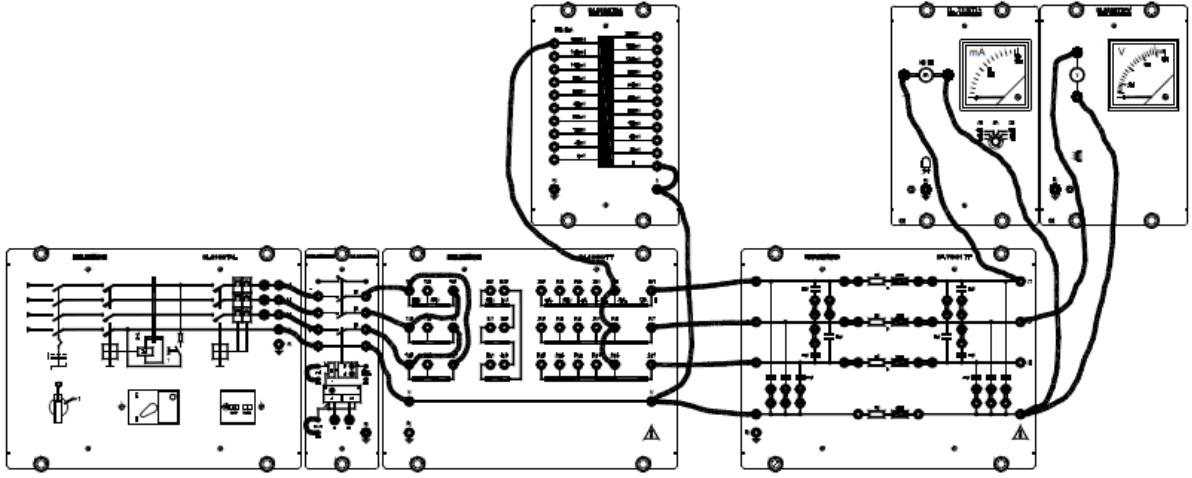
Devreyi şekilde gösterildiği gibi bağlayınız. Trafonun birinci tarafını üçgen, ikinci tarafını yıldız (-%15 tolerans ile) bağlayınız (nötr ile arasında Peterson bobini olacak şekilde).

Tabloyu doldurunuz.

L (mH)	2000	1800	1600	1400	1250	1100	740
I_E (A)							



DENEY NO 14:



Şekil 14– 14. Deneye Ait Bağlantı Şeması