

KOMPAZASYON DENEYİ

DENEYİN AMACI

Reaktif güç katsayısının düzeltilmesi işlemini genel hatları ile incelemek.

HAZIRLIK SORULARI

- 1) Kompanzasyon türleri nelerdir?
- 2) Akım trafosunun yapısı, işlevi ve çalışmasını kısaca açıklayınız?
- 3) Kompanzasyon sisteminde olabilecek arızalar nelerdir?
- 4) Üç fazlı kompanzasyon sistemlerinde kondansatör gruplarının neden üçgen bağlanması tercih edilir? Kondansatörlerin yıldız ve üçgen bağlanmasını şekil çizerek gösteriniz. Her iki bağlantı durumu için oluşan reaktif güç miktarlarını karşılaştırınız.
- 5) Tek fazlı bir kompanzasyon sisteminde kondansatör grupları nasıl bağlanır?
- 6) Bir kompanzasyon sistemi tasarımı için reaktif güç kontrol rölesi olmasaydı güç katsayısının kontrolünü sağlayacak bir sistem (algoritma) öneriniz.

TEORİK BİLGİ

1. Giriş

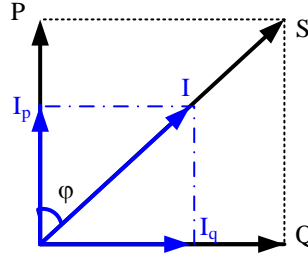
Sürekli gelişen elektrik ve elektronik sektöründe kullanılan enerjinin kalitesi giderek büyük önem kazanmıştır. Kaliteli enerjinin en önemli unsuru, güç katsayısı $\cos\phi$ 'yi kontrol etmektir. Düşük güç katsayısı, kullanılan ekipmanın daha büyük kapasitede seçilmesine neden olur. Şebekeden daha çok güç çekerek, elektrik faturalarının kabarmasına yol açar.

Elektrik yüklerini iki gruba ayırabiliriz. Bunlardan birincisi, elektrik enerjisi kullanarak saf ısı enerjisi üretenler, rezistör ve akkor flamanlı lambalar gibi sadece aktif güç çekerler. İkinci grup ise güç sistemlerinde kullanılan manyetik veya statik alan ile çalışan bütün işletme araçlarıdır. Bunlar bobin, elektrik motorları, havai hatlar, redresörler, ark fırınları ve floresan lambalardır. İhtiyaç duyulan güç sağlanırken, aktif güce ek olarak reaktif güç de iletim hatları üzerinden dağıtılsa kayıplar artar. Bu yüzden iletim hattı üzerindeki reaktif gücü kompanzasyon yardımıyla azaltarak güç katsayısı yükseltilmiş olur. Böylece transformatör daha fazla alıcıyı besleyecek kapasiteye sahip olur, açma-kapama cihazları gereğinden büyük seçilmez ve kullanılan kablo kesiti küçülür.

2. Reaktif Güç ve Güç Katsayısı

Tüketicilerin şebekeden çektikleri alternatif akımın aktif ve reaktif akım bileşenleri vardır. Aktif akımın oluşturduğu aktif güç, tüketici tarafından faydalı hale getirilirken reaktif akımın oluşturduğu reaktif güç ise faydalı güce çevrilemez. Ancak manyetik alanın oluşması için şebekeden çekilir ve tekrar şebekeye geri verilir. Bu durum, hatlarda gerilim düşümüne ve kullanılacak devre elemanın daha yüksek akım ve güç çekmesine neden olur. Tüketicinin

kullandığı aktif güç enerjisi normal sayaçlarla tespit edilebildiği halde reaktif enerji böyle bir sayaçla kontrol edilemez. Bunu kaydetmek için ayrı bir reaktif güç sayacına ihtiyaç vardır.



Şekil 1. Alternatif akımın ve gücün bileşenleri.

Şekil 1'de Alternatif akım ve güç fazörlerinin birbirine göre durumları gösterilmiştir. Faz gerilimi doğrultusundaki I_p aktif akımı ile I hat akımı veya P aktif gücü ile S görünür gücü arasındaki φ açısına **faz açısı** veya bunun kosinüsüne **güç katsayısı** denir.

Tablo 1. Alternatif akımın ve gücün bileşenleri.

Sıra	Eşitlik	Açıklama
1	$S = U \cdot I$	Görünür güç (VA)
2	$P = S \cdot \cos \varphi$	Aktif güç (W)
3	$Q = S \cdot \sin \varphi$	Reaktif güç (VAr)
4	$\cos \varphi = P/S$	Güç katsayısı
5	$I_p = I \cdot \cos \varphi$	Aktif akım
6	$I_q = I \cdot \sin \varphi$	Reaktif akım
7	$I = \sqrt{I_p^2 + I_q^2}$	Akım (A)

3. Reaktif Güç Üretimi ve Kompanzasyon

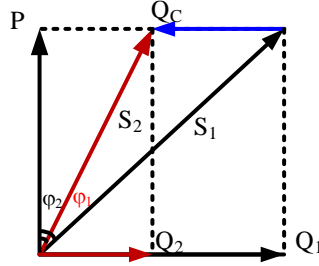
Reaktif güç ihtiyacını karşılamak için reaktif gücün bir yerde üretilmesi gerekir. Üretilen reaktif gücü iki şekilde elde edebiliriz. Bunlardan ilki dinamik faz kaydırıcılarıdır. Dinamik faz kaydırıcılarından en çok tercih edileni aşırı uyartılmış senkron motorlardır. Santrallerden gelen enerji nakil hatlarının sonuna ve tüketim merkezlerinin başına paralel bağlanarak reaktif güç ihtiyacını karşılarlar.

Reaktif güç üreticilerinden ikincisi kondansatörlerdir. Öncelikle kondansatörlerin kayıpları çok düşük olup, güçlerinin %0,5'inin altındadır. Ayrıca kondansatörler ile istenilen her güçte bir reaktif güç elde edilebildiğinden kompanzasyon için en uygun yöntemdir.

4. Reaktif Güç İhtiyacının Tespiti

Tüketicinin veya tesisin reaktif güç ihtiyacını tespit ederken önce söz konusu şebekeden çektiği S_1 görünür gücün, buna ait $\cos \varphi_1$ katsayısının ve bundan sonra güç katsayısının yükseltilmesi istenen $\cos \varphi_2$ değerinin bilinmesi gereklidir. Güç katsayısının $\cos \varphi_2$

değerine yükseltmek için gerekli olan reaktif gücü veya kondansatör gücünü belirlemek için gerekli fazör diyagramı aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 2. Reaktif güç ihtiyacının Aktif güç sabitken tespiti

Tablo 2. Kompanzasyon için reaktif güç tespiti.

Sıra	Eşitlik	Açıklama
1	$P = S_1 \cdot \cos \varphi_1$	Kompanzasyon öncesi aktif güç (W)
2	$Q_1 = S_1 \cdot \sin \varphi_1 = P \cdot \tan \varphi_1$	Kompanzasyon öncesi reaktif güç (Var)
3	$P = S_2 \cdot \cos \varphi_2$	Kompanzasyon sonrası aktif güç (W)
4	$Q_2 = S_2 \cdot \sin \varphi_2 = P \cdot \tan \varphi_2$	Kompanzasyon sonrası reaktif güç (Var)
5	$Q_c = Q_1 - Q_2$	Kompanzasyon için gerekli reaktif güç (Var)
6	$Q_c = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$	Kompanzasyon için gerekli reaktif güç (Var)
7	$Q_{c\Delta} = 3 \cdot Q_{cY}$	Üçgen ve yıldız bağlantı için reaktif güç (Var)

5. Reaktif Güç Kontrol Rölesi

Reaktif güç kontrol rölesi; otomatik olarak ayarlanan güç katsayısına ulaşmak için belirlenen değerlerdeki kapasite gruplarını devreye alıp çıkartma işlemi yapan elektronik cihazdır. Reaktif güç rölesi temel olarak şekil 3'teki blok diyagramında; ölçme, karşılaştırma ve anahtarlama olmak üzere üç ana bölümden oluştuğu görülmektedir.



Şekil 3. Reaktif Güç Rölesinin Ana Bölümleri

5.1. Ölçme Bölümü

Güç katsayısı düzenlenecek sistemin reaktif güç gereksinmesini belirleyebilmesi için röleye akım ve gerilim bilgilerinin verilmesi gerekir. Gerilim bilgisi tek fazla çalışan rölelerde faz-nötr geriliminden yapılan bağlantıyla sağlarken, üç faz bağlantılı rölelerde ise akım trafosunun bulunduğu faz dışındaki iki faz arasındaki gerilim, ölçmede referans olarak kullanılır. Akım bilgisi ise akım trafosundan elde edilir.

5.2. Karşılaştırma Bölümü

Ölçme bölümünden gelen sinyal, sistemin reaktif güç ihtiyacını veya fazlalığını belirtir. Burada C/k ayarıyla rölenin ne zaman işleme geçmesi gerektiği, Cosφ ayarlarıyla da ulaşılmak istenen kompanzasyon düzeyi bilgi olarak verilir. Otomatik kompanzasyon tesisleri çekilen reaktif gücü ancak basamaklar halinde değiştirebilirler. Buna karşılık gereksinimin değişimi sürekli dir. Ayarlanan kompanzasyon düzeyi ancak zaman içinde ortalama olarak sağlanabilir.

5.3. Anahtarlama Bölümü

Anahtarlama bölümü, karşılaştırma bölümünden gelen bilgiyi kullanarak kademe kontaktörlerini denetler. Bu bölümdeki bir 'aşağı yukarı' sayıcı kaç kademenin devrede olduğunu sürekli olarak belleğinde tutar ve karşılaştırma bölümünden verilen sinyalin türüne göre ya bir basamak daha kondansatörü devreye sokar ya da bir basamak kondansatörü devreden çıkarır. İki anahtarlama arasındaki gecikme bu bölümde yaratılır. Röle türüne göre 8-20 saniye arasında değişen bu geciktirmenin iki işlevi vardır, devreden çıkarılan bir kondansatör grubunun üzerindeki; kalıntı yük boşalmadan yeniden devreye alınma olasılığını önler ve çok hızlı değişim gösteren reaktif kontakların ve kondansatörlerin ömürlerini uzatır. Kontaktör sargısı besleme yolunu açıp kapatmakta elektromekanik minyatür röleler kullanılır.

5.4. Reaktif Güç Kontrol Rölesinin Önemli Parametreleri

cos φ: Güç sisteminde tesisinizin şebekeden çekeceği reaktif gücü belirler. Ulaşılmak istenilen cosφ değerinin röleye girilmesini sağlar.

C/k: Birinci kademedeki kondansatörün kVar cinsinden gücünün, akım trafosu dönüştürme oranına bölümünden oluşur. Bazı reaktif güç kontrol rölelerinde hesaplanan c/k değeri röleye doğrudan girilirken, diğerlerinde ise kondansatör kademelerindeki kapasite değerleri ve akım trafosu dönüştürme oranı girildiğinde, röle c/k değerini kendisi hesaplar.

Kademe: Kompanzasyon için kaç kademe kapasite grubunun gireceğini belirler.

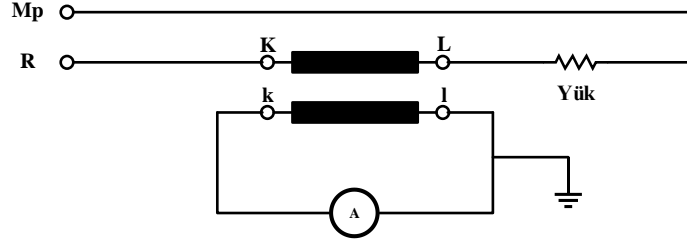
Sıralama: Kondansatör kademelerinin hangi sıra ile sıralanacağını belirler. Örneğin:1:1, 1:2:2, 1:2:4 gibi değerler alır. Bu sıralamalar sonucu farklı sayısal varyasyonlar oluşur. Burada dikkat edilmesi gereken husus; sıralamadaki herhangi bir sayı kendisinden önceki sayıdan küçük olmayacak ve en fazla 2 katı olabilir. Bazı rölelerde sıralama program olarak ta ifade edilebilir.

Zaman: Kondansatörlerin hangi gecikme süresi ile devreye girip çıkacağı zamanı belirler. Tesisin enerji akışına göre, çok sık anahtarlama oluşturmayacak şekilde bir değere ayarlanır.

Trafo parametreleri: Akım trafosunun gerilim, dönüştürme oranı ve faz açısının girilir.

6. Akım Transformatörü

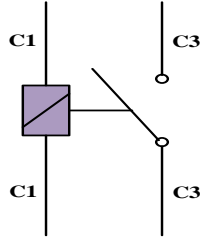
Elektromanyetik bir devre elemanı olan akım trafosu, üzerinden geçen akımı istenen oranda küçülterek sekonderine bağlı olan ölçü ve koruma sistemleri tarafından kullanılabilir seviyeye getirip gerekli akımı ve izolasyonu sağlayan ölçü transformatörüdür. En önemli özelliklerinden biri de primer ve sekonder akımı arasında faz farkının sıfır olmasıdır. Akım transformatörleri devreye seri bağlanır. Akım transformatörlerinin sekonder devreleri, kısa devre gibi çalışır.



Şekil 4. Akım transformatörü bağlantısı

7. Kontaktör

Kontaktörler; devreyi açma kapama özelliğine sahip büyük güçlü elektromanyetik anahtarlardır. Kontaktörlerin yapısı temel olarak kontak ve elektromanyetik bobinden oluşur. Kontaklar devreyi açıp kapatırken, bobin ise kontakların açılıp kapanmasını sağlar. Kontaktörlerin normalde açık (NA) ve normalde kapalı (NK) olmak üzere iki tür kontakları bulunur. Kontaktör bobinine enerji verildiğinde NA kontaklarını kapatır, NK kontaklarını açarak anahtarlama yapar.



Şekil 5. Kontaktör anahtarlama bağlantısı

KOMPANZASYON EĞİTİM SETİ



Kompanzasyon Eğitim Seti, gerçek sistemi simule ederek kompanzasyon işleminin gerçekleştirilmesi, farklı uygulamaların yapılması, sistemdeki ekipmanların tanıtılması ve çalışma mantığının pratik şekilde gözlemlenebilmesi için tasarlanmıştır.

EĞİTİM SETİNİN İÇERİĞİ

3 FAZ GÜÇ KAYNAĞI MODÜLÜ



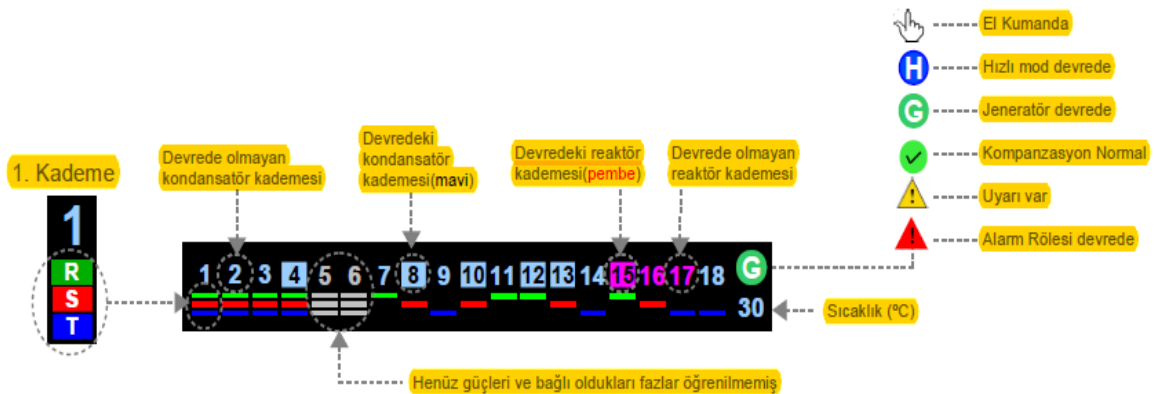
- 3 faz enerji giriş-çıkış
- Elektriksel koruma ekipmanları

1-2 KONDANSATÖR GRUBU MODÜLÜ



- 1-2 Kondansatör grubu
- Sigorta grubu

ENDÜKTİF YÜK MODÜLÜ



LCD Ekran Görüntüsü

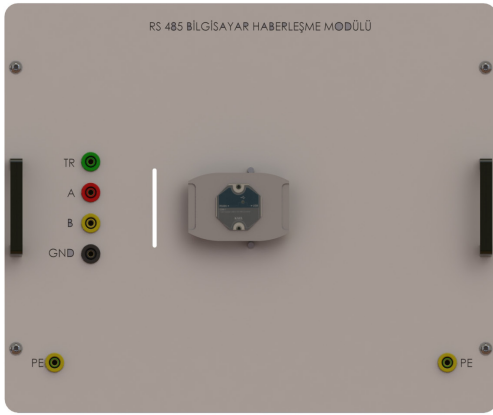
KOMPANZASYON EĞİTİM SETİ

3 FAZ KONDANSATÖR GRUBU



- 3 faz kondansatör grubu
- Sigorta grubu

RS 485 PC HABERLEŞME MODÜLÜ

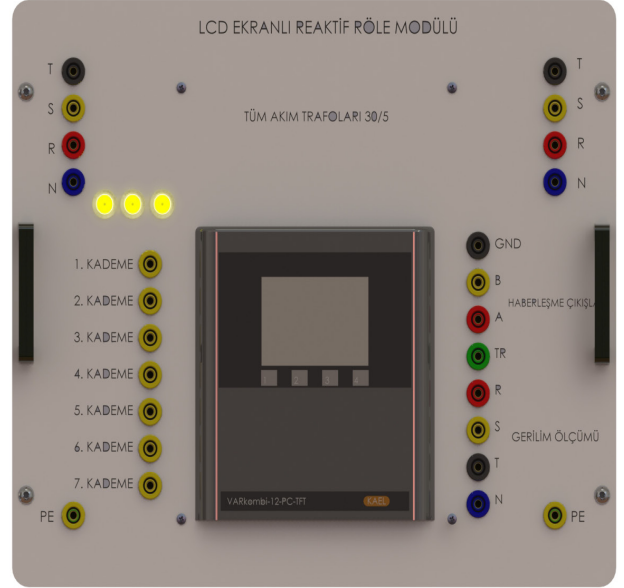


- RS485-USB Dönüştürücü



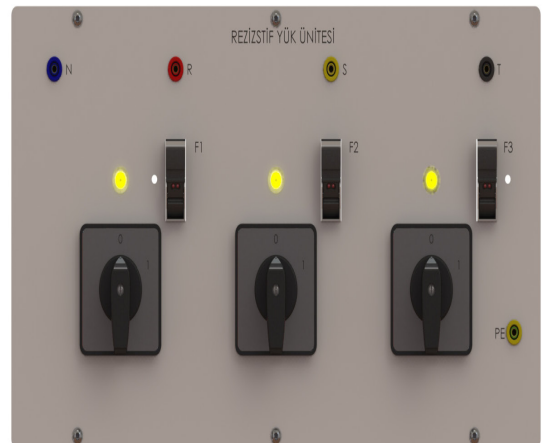
- 3 Faz için ayarlı endüktif yük

LCD EKSPANLI RÖLE MODÜLÜ



- Reaktif güç kontrol rölesi
- 3 Faz enerji giriş çıkışları
- Kademe girişleri
- PC haberleşme çıkış portları
- Gerilim ölçüm portları

REZİSTİF YÜK MODÜLÜ



- 3 Faz için ayarlı rezistif yük

CİHAZLARIN TANITIMI

KONDANSATÖR GRUPLARI

- 3x0,5 KVAR
- 1x0,25 KVAR
- 1x0,25 KVAR
- 1x0,25 KVAR
- 3x0,5 KVAR
- 3x1 KVAR
- 3x1,5 KVAR

- RGK rölesinin endüktif yüke karşılık gelen 1 faz veya 3 faz kondansatör gruplarını devreye alarak akımla gerilim arasındaki açı farkını 0 derecede tutmayı amaçlamaktadır.

LCD EKLANLI REAKTİF RÖLE

- Bağlantı 3 Faz, 3 Akım
- Akım Trafosu Oranı 30/5
- Gerilim Trafosu Oranı yok
- Gerilim Faz Nötr 1-300V oc +-0.5%
- Gerilim Faz Faz 2-600V oc +-0.5%
- Akım 10mA-6A +-0.5%
- Cos ve PF [+0.000]-[+-1.000]
- Aktif Güç +-1%
- Reaktif Güç +-2%
- Görünür Güç var
- Aktif Enerji var
- Reaktif Enerji var
- THD V ve THD I var
- Harmonik var

- Reaktif güç rölesi üç ana işlevsel bölümden oluşur; ölçme, karşılaştırma ve anahtarlama.
- **Ölçme:** Güç katsayısı düzenlenecek sistemin reaktif güç gereksinmesini belirleyebilmesi için röleye akım ve gerilim bilgilerinin verilmesi gerekir.
- **Karşılaştırma:** Ölçme bölümünden karşılaştırma bölümüne gelen sinyal, sistemin reaktif güç gereksinmesini veya fazlalığını belirtir. Bu bölüme C/k ayarıyla rölenin ne zaman işleme geçmesi gerektiği, cos0 (veya %) ayarıyla da ulaşılmak istenen kompanzasyon düzeyi bilgi olarak verilir.
- **Anahtarlama:** Karşılaştırma bölümünden gelen bilgiyi kullanarak kademe kontaktörlerini denetler.
- Transformatör, elektrik motorları gibi endüktif yükler, mıknatıslanma akımlarından dolayı şebekeye reaktif yük getirir. Bu reaktif yükler buldukları devreye kondansatörler bağlanarak azaltılır veya yok edilir.
- Reaktif güç kontrol röleleri, merkezî kompanzasyonda seçilmiş kondansatör gruplarının bataryalarını devreye alarak veya çıkararak güç kat sayısı değerini, kullanıcı tarafından ayarlanan güç kat sayısı değerine getirmeye çalışır.

ENDÜKTİF YÜK ÜNİTESİ

- Her faza ait 1KVA değerinde şönt reaktör

Reaktörler devreye varyak aracılığı ile kapasitesi artırılarak veya azatılarak sisteme endüktif yük yüklemeye yaramaktadır. Günümüzde kullanılan transformatör, bobin, asenkron motor, endüksiyon ve ark ocakları, kaynak makinesi ve balastlar reaktif güç çeken yüklere birer örnektir.

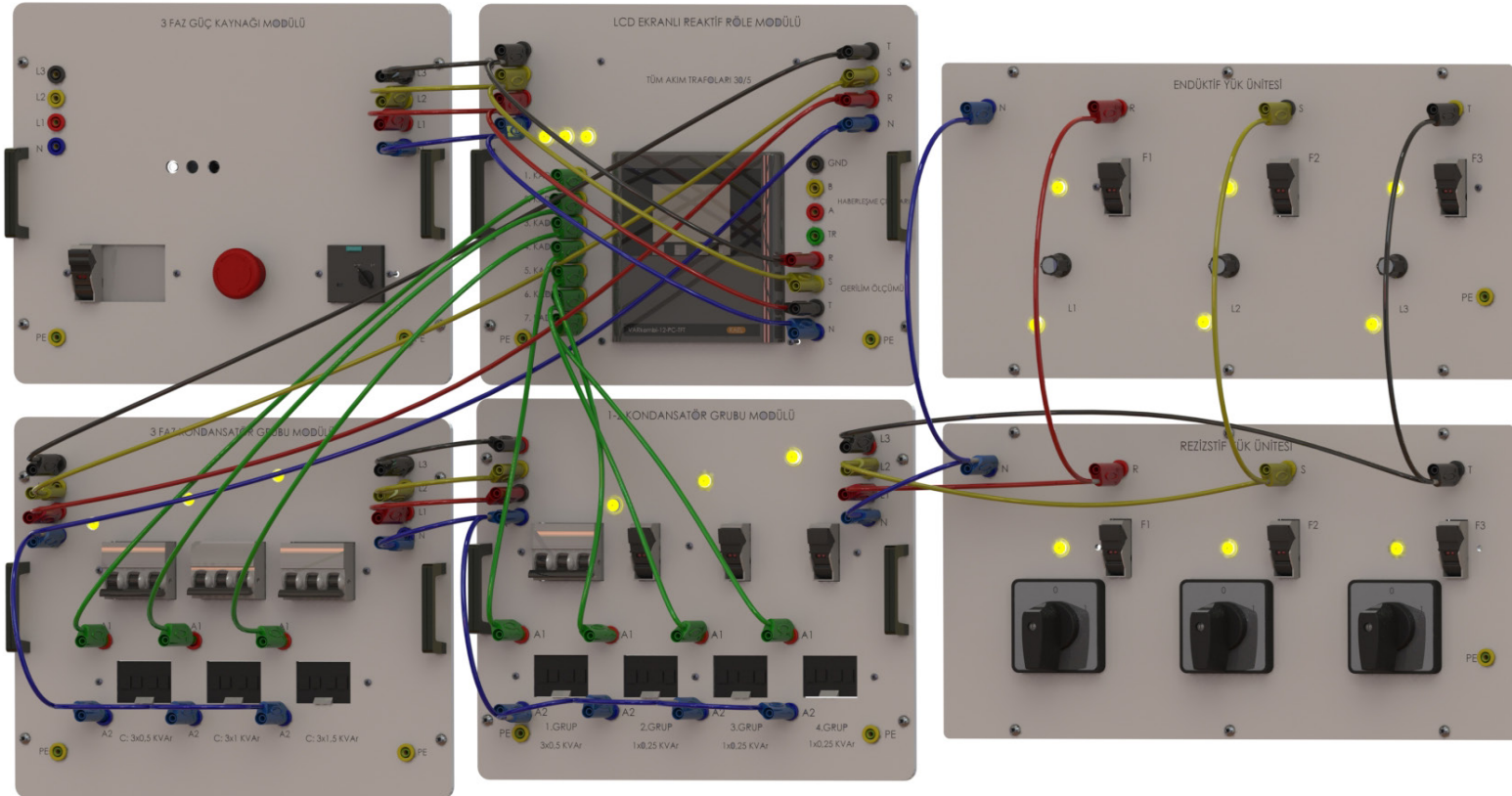
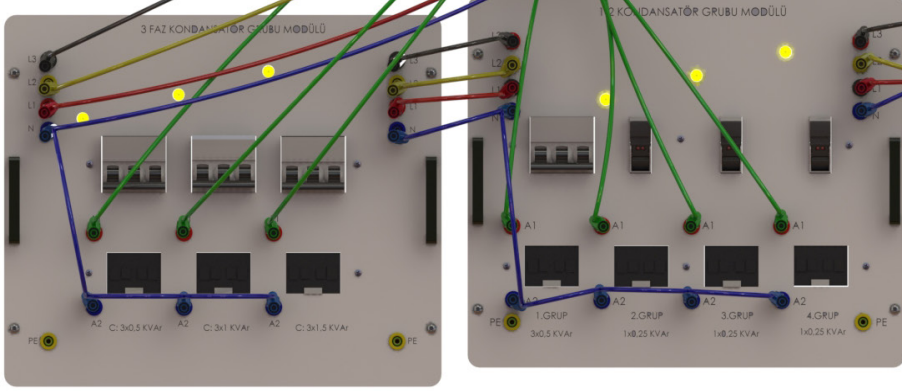
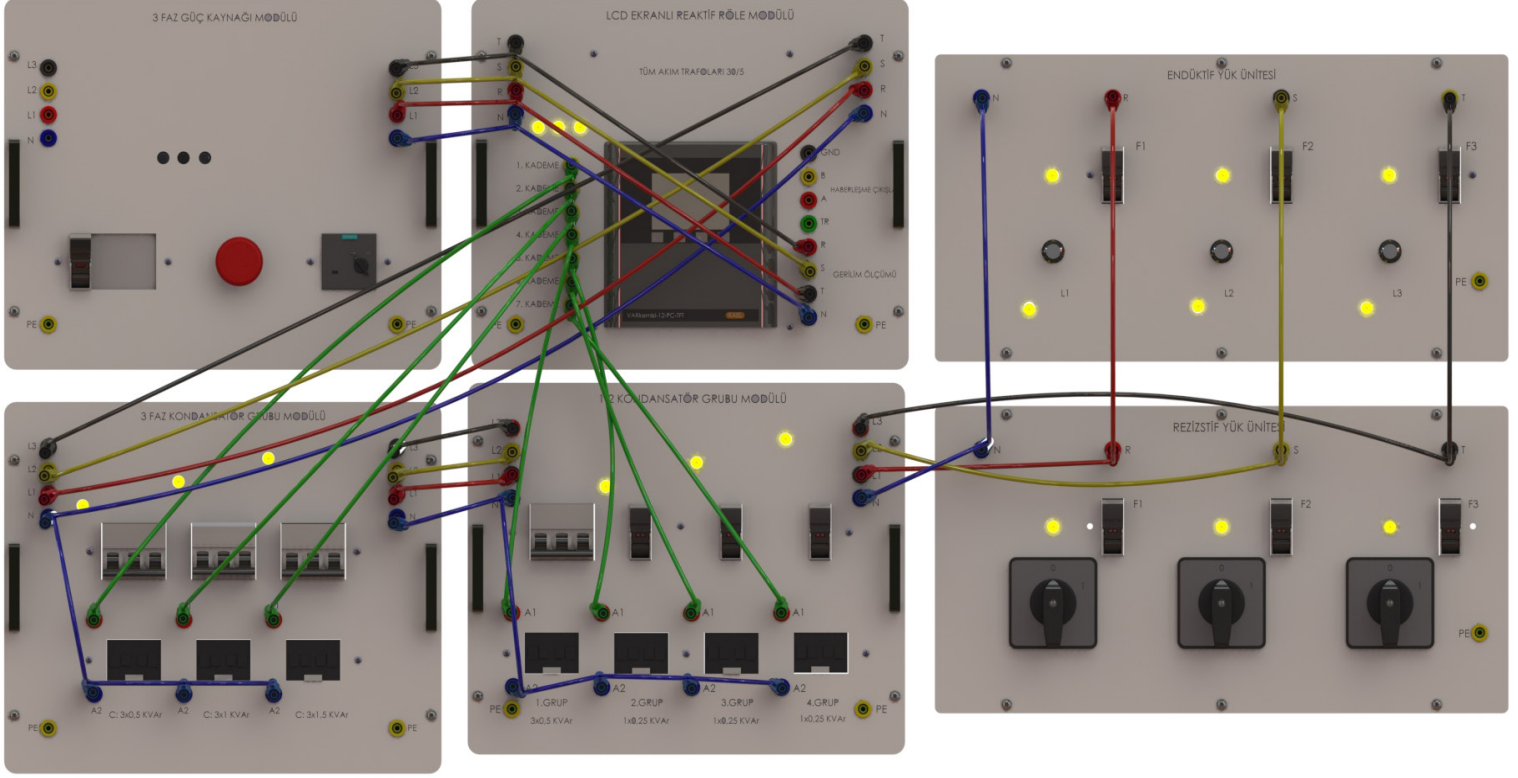
REZİSTİF YÜK MODÜLÜ

- Her bir faz için kademeli 5x100 ohm dirençler bulunmaktadır.
- Toplamda 3x500 ohm yük bulunmaktadır.

- Rezistif yüklerde; akım ile gerilim arasındaki açı farkı 0 derece olması itibari ile deşarj esnasında kullanılacak yüklerin devreye girmesi veya çıkması sistemde herhangi bir değişikliğe neden olmamaktadır. Bilindiği üzere RGK rölesi kapasitif veya endüktif yüklerin oluşturduğu faz farklılıklarına reaksiyon vermektedir. Dolayısıyla dirençlerin uzun süre eğitim esnasında kullanılması, dirençlerin ısınmasına ve olumsuz etki oluşturmasına neden olacaktır. Eğitimden oluşan faz açılarındaki değişiklik olmadığını röle üzerinde gösterdikten sonra rezistif yük sigortalarından kapatmalıdır.

KOMPANZASYON EĞİTİM SETİ

EĞİTİM SETİ MODÜL BAĞLANTILARI



- Reaktif yük kontrol rölesi, kademeleri tanırken **değişken yük devrede olmamalıdır**.

ÇALIŞMA SORUSU

A Grubu Motorlar	B Grubu Motorlar	Aydınlatma	Harici Yükler	Akım Trafosu Dönüştürme Oranı (k)
$P_c = 30 \text{ kW}$ $\eta = 84,0$ $U = 380 \text{ V}$ $I = 84 \text{ A}$ 5 Adet	$P_c = 75 \text{ kW}$ $\eta = 90,4$ $U = 380 \text{ V}$ $I = 145 \text{ A}$ 3 Adet	$P_{\text{lamba}} = 36 \text{ W}$ $\text{Cos}\phi = 0,90$ $U = 220 \text{ V}$ 150 Adet (Tek faz)	$S = 30 \text{ kVA}$ $\text{Cos}\phi = 0,90$ $U = 380 \text{ V}$	$(k = \frac{\text{p.a}}{\text{s.a}})$ Primer Akımı 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1500 Sekonder Akımı 5A

Fabrikanın 24 saatlik çalışma programı şu şekildedir:

1. Durum (08:00 - 20:00) = 2 adet A grubu motor, 2 adet B grubu motor, aydınlatma yükünün yarısı
2. Durum (20:00 - 08:00) = Tüm motorlar, tüm aydınlatma, tüm harici yükler devrededir.

Bu şekilde çalışan bir sistem için kompanzasyon hesabı yapılması istenmektedir. Sistemin çalışmasına müsaade edilen güç katsayısı değeri 0,98 (endüktif) olacaktır.

(a) RGK rölesinin parametrelerini (C/k, kademe sayısı ve sırası, kapasite) belirleyiniz.

(b) İkinci çalışma durumu için kullandığınız kondansatör değerine göre $\cos \phi$ 'yi kontrol ediniz.