

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ (BAP)
PROJE KESİN RAPORU

PROJE KODU	07 / 2011 - 33
PROJE ADI	Elektrik Enerji Kalitesinin İzlenmesi ve İyileştirilmesi
PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ	Yrd. Doç. Dr. Erdal IRMAK
PROJE EKİBİ	Ali KÖSE
FAKÜLTE/ENSTİTÜ/YÜKSEK OKUL	Teknoloji Fakültesi
BÖLÜM/ANABİLİM/BİLİM DALI	Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü
RAPOR TARİHİ	10.04.2013

..... sayfadan oluşan bu rapordaki bilgilerin/belgelerin doğruluğunu kabul ediyorum.

İmza:

İçindekiler

1. PROJE RAPORU.....	3
Özet.....	3
Abstract	3
Projenin Amacı, Önemi, Kapsamı ve Yapılan Çalışmaların Belirtilmesi	4
Projenin Yöntemi	4
Projenin Sonuçları / Bulguları	5
Veri Toplama Kartı	5
Akım Gerilim Okuma Devresi.....	7
Sıfır geçiş detektörleri.....	7
Ara yüz Tasarımı.....	9
TCR Çalışması	10
2. PROJE BÜTÇESİ ÖZET BİLGİLERİ	11
3. PROJE ÇIKTILARI	11
4. PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ TARAFINDAN YAPILACAK GENEL DEĞERLENDİRME	14
1. EKLER.....	15
EK 1. Devrenin Genel Görünüşü	15
EK 2. Yayınlar	15

1. PROJE RAPORU

Özet

Bu çalışmada reaktif güç çeken yüklere sahip enerji dağıtım sistemini kontrol etmek amacıyla bir enerji izleme ve kompanzasyon sistemi gerçekleştirilmektedir. Sistemin akım, gerilim, aktif ve reaktif güç, güç katsayısı değerleri bilgisayardan anlık izlenerek ve analiz edilerek belirli aralıklarla veri tabanına kaydedilir. Veri tabanına kaydedilen değerler istenildiğinde geriye dönük raporlanabilir, grafiksel olarak sunulabilir. Enerji izleme ve kontrol konularında ulusal ve uluslar arası yapılan çalışmalar incelenmiş, literatürdeki çalışmalardan farklı olarak kablolu takip yapılarak, diğer tüm çalışmaların tamamı sağlanmakla birlikte sistemde hassasiyet, işlevsellik ve görsellik ön planda tutulmaya çalışılmaktadır. Bu nedenle yüksek oranda örnekleme alabilme özelliğine sahip Veri Toplama kartı kullanılmaktadır. Ayrıca ara yüz tasarımı için görsel bir programlama dili kullanılarak özgün etkili bir enerji izleme ekranı tasarlanmıştır. Raporlama sistemi sayesinde kullanıcı bilgisayar başında bulunmadığı zamanların enerji değerlerini kolayca inceleyebilme olanağına sahip olacaktır. Enerji kalitesinin artırılması amacıyla güç sistemi dalgalanmalarını etkili bir şekilde sönmülendiren ve sistem kararlılığını artıran Sabit Kondansatörlü Tristör Kontrollü Reaktör ile kompanzasyon gerçekleştirilmektedir.

Abstract

In this study, monitoring of energy and compensation system is implemented in order to control power distribution system that have loads which consuming reactive power. Current, voltage, active and reactive power and power factor values of the system are monitored, analyzed and periodically recorded in the database. The values recorded in the database can be reported retrospectively or submitted graphically. National and international studies about energy monitoring and control subjects were examined, as a difference from the studies on the literature the wired observation is realized. In addition to providing all of the other studies, precision, functionality and visuality are aimed to be kept in the forefront. For this purpose, a data acquisition card that capable of receiving high rate sampling is used. Also, an effective energy monitoring interface screen is designed using a visual programming software. Users have the ability to examine the values of energy at any time intervals by reporting system. In order to increase the quality of the energy, the compensation with Fixed Capacitor Thyristor Controlled Reactor is realized that extinguishes fluctuations in the power system effectively and increases system stability.

Projenin Amacı, Önemi, Kapsamı ve Yapılan Çalışmaların Belirtilmesi

Enerji kalitesini doğrudan etkileyen parametreler olarak gerilim ve akımdaki kısa ya da uzun süreli değişimler, darbeler sayılabilir. Enerji sisteminde meydana gelen harmonik kirliliği, özellikle güç elektroniği elemanlarının yaygın kullanımı ile giderek artış göstermektedir. Bu distorsiyon sonucu oluşan olumsuzlukların göz önünde tutulması bakımından, enerji kalitesinin takibi ve harmonik sınırlamanın yapılması gereği ortaya çıkmaktadır.

Enerji dağıtım sistemine devamlı olarak yeni yükler eklendiği de göz önünde bulundurulduğunda enerji parametrelerinin takibinin ve kaydının bir zorunluluk olduğu görülmektedir. Bu çalışmada enerji dağıtım sistemini kontrol etmek amacıyla enerji izleme ve kompanzasyon sistemi gerçekleştirilmektedir. Şebekeye bağlanan sistemde gerekli akım ve gerilim bilgileri okunarak, eşzamanlı örnekleme alma özelliğine sahip bir veri toplama kartı aracılığıyla bilgisayara aktarılmaktadır. Sistemdeki akım, gerilim, güç, güç katsayısı değerleri bilgisayardan anlık izlenerek belirli aralıklarla kaydedilmektedir. Veri tabanına kaydedilen değerler geriye dönük raporlanabilmekte, grafiksel olarak sunulmaktadır. Elde edilen sonuçlara uygun olarak yine veri toplama kartı üzerinden sistemin kompanzasyonu gerçekleştirilmektedir.

Projenin Yöntemi

Proje dört ana aşamadan oluşmaktadır. Bunlar;

- a) Akım, gerilim okuma, sıfır geçiş kartlarının tasarımı,
- b) Veri toplama kartı aracılığı ile sistemden gerekli bilgilerin okunması,
- c) OPC server haberleşme aracılığıyla bilgilerin bilgisayara aktarılması,
- d) Kullanıcı ara yüz ekranlarının hazırlanması, verilerin gerçek zamanlı analizlerinin yapıp grafiklerinin çizdirilmesi, veri tabanına kayıtların gerçekleştirilmesi,
- e) Tristör kontrollü reaktör üzerinden sistemin kompanzasyonunun gerçekleştirilmesi.

Projenin ilk basamağında, öncelikli olarak elektrik şebekesinden enerjinin güvenli ve hızlı bir şekilde izlenebilmesi için gerekli donanımlar tasarlanmıştır. Şebeke akımının izlenebilmesi için akım ölçme kartı, gerilimin değerinin okunabilmesi için gerilim ölçme kartı, akım-gerilim sıfır geçiş anı tespit kartları ve izolasyon amacıyla optokuplörle röle kartı tasarlanmıştır. Tasarlanan kartların test edilmesi için geçici olarak mikrodenetleyici tabanlı analog okuma devresi kurulmuş ve kartların optimizasyonu sağlanmıştır.

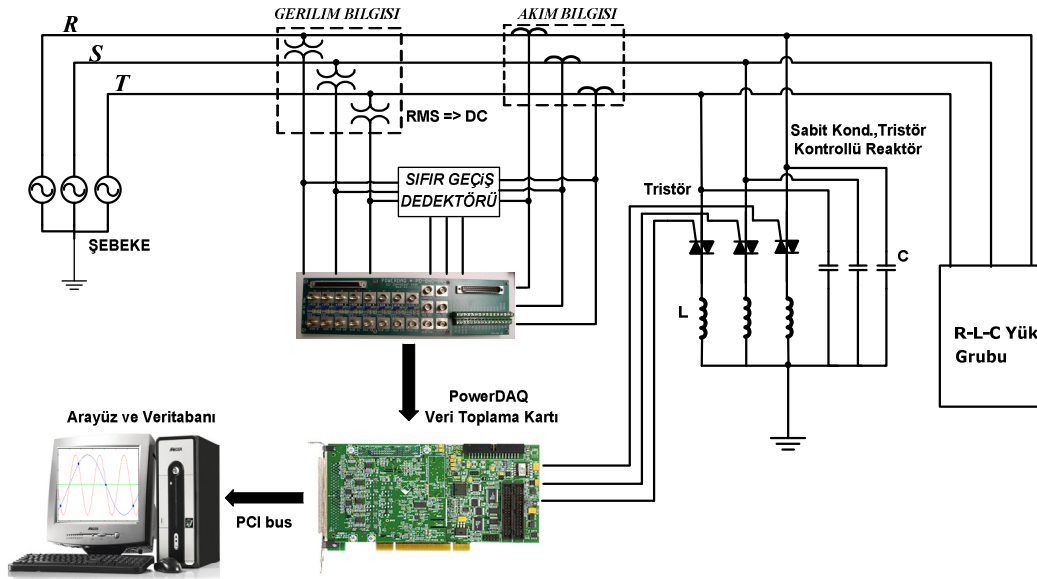
Projenin ikinci basamağında, ölçme kartlarından gözlemlenen verilerin Veri Toplama kartı ile toplanarak analiz edileceği ve kaydedileceği bilgisayara aktarılması gerçekleştirilmiştir.

Projenin üçüncü basamağında, çeşitli görsel ara yüz hazırlama yazılımları denenerek kullanıcı dostu, özgün bir kullanıcı ara yüz programı hazırlanmıştır.

Projenin son basamağında, sistemden alınan aktif ve reaktif güç verileri ışığında Sabit kondansatörlü tristör kontrollü reaktör devresi için gerekli anahtarlama oranları hesaplanıp güç katsayısı optimum değerlere getirilerek güç kalitesi artırılmaktadır.

Projenin Sonuçları / Bulguları (En fazla 5 sayfa olmalıdır.)

Şebekeden kullanıma sunulan enerjinin yönü ve şiddeti sürekli değişen sinüsoidal alternatif akım dalga formundadır. Enerjinin izleme sistemleriyle takip edilmesi istendiğinde bazı işlemlerin uygulanması gerekmektedir. Öncelikle verilerin genliği ölçülebilir aralığa indirgenmelidir. Dalga şekli alternatif akımdan doğru akıma dönüştürülmelidir. Bu bölümde enerji parametrelerinin izlenmesi için yapılan uygulama devreleri ve açıklanmıştır.



Şekil 1.1. Gerçekleştirilen çalışmanın blok diyagramı

Şekil 1.1’de gerçekleştirilen uygulamanın blok diyagramı görülmektedir. Şebekeden çekilen gerilim ve akımlar sensörler yardımı ile akım gerilim okuma kartlarına girilerek analog değerlerin denetleyicinin algılayabileceği seviyelere getirilmesi sağlanmıştır. Sıfır geçiş detektörü sistemin faz farkının algılanması için sinüzoidal dalgaları kare dalga biçimine çevirmiştir.

Veri Toplama Kartı

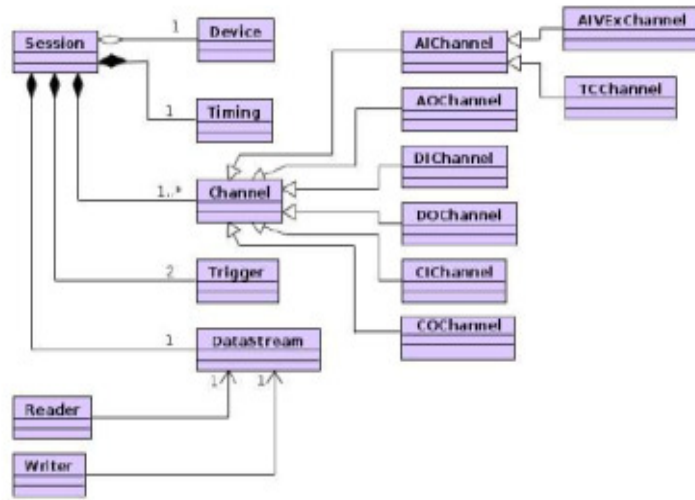
Bu çalışmada PIC ve PLC lere göre daha hızlı işlem yapabilen, eş zamanlı örnekleme alma özelliği ve çözünürlüğünün yüksek olması sebebi ile veri toplama kartı tercih edilmiştir. Çalışmada kullanılan veri toplama kartının özellikleri şu şekildedir;

- Bilgisayarın PCI bus kanalından çalışır.
- Bağımsız eş zamanlı örnekleme alan 8 Analog/Dijital kanalı vardır.
- 16 bit çözünürlükte dönüşüm gerçekleştirir.

- 500 kS/s veri örnekleme oranına sahiptir.
- 2 adet 12 bitlik analog çıkışa sahiptir.
- 32 dijital giriş çıkış kanalı vardır.
- 3 Adet 16 bit sayıcı mevcuttur.
- Windows XP uyumlu. Visual Basic, C++, Delphi, LabView, DasyLab, MATLAB DAQ Toolbox yazılımlarına uyum sağlamaktadır.

Bilgisayarın PCI-Express yuvası çok yüksek hızda (~ 2 Gbps) seri yolları çalıştırmaktadır. PCI Express her yönde bu seri bağlantıların 16 kadarına izin verir. Tam bir PCI Express uygulamasının toplam olası veri aktarım hızı her iki yönde 32 Gbps olmaktadır. Analog girişler, sıcaklık, basınç, debi, gerilme gibi voltaj ve akım direkt ölçümü gibi ölçümleri içerir. Analog girişler bir A / D (Analog-dijital) çevirici tarafından ölçüm yaparlar. Analog bir giriş sinyaline bağlanır, analog girişi ölçer ve daha sonra bilgisayar tarafından kullanım için uygun sayısal bir forma dönüşümü sağlar. Bir A / D giriş kanalının çözünürlüğü farklı olası ölçüm sayısı veya aralığı tanımlar. 16-bit çözünürlük 2^{16} veya 65,536 sayısına karşılık gelir. Ölçümlerde en ufak değişim bir bittir. Mühendislik birimlerinde çözünürlüğü belirlemek için, giriş aralığını çözünürlük değerine böleriz. 0-10 Volt giriş aralığı ile 16-bitlik bir giriş, $10 \text{ V} / 2^{16}$ veya 152,6 mikrovolt sağlar.

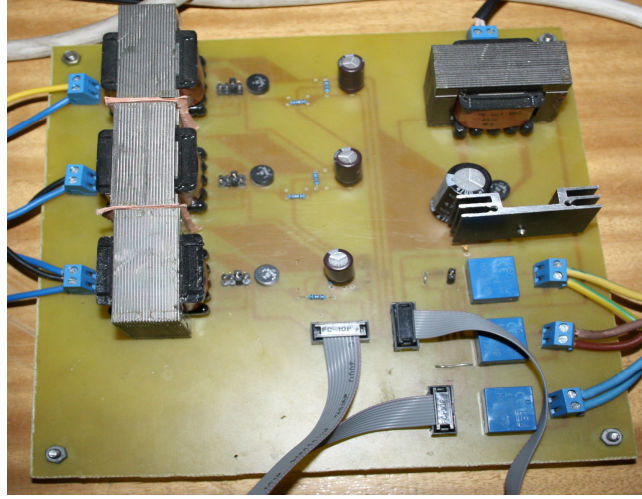
Üç faz akım ve gerilimlerin algılanması için 6 adet analog kanala ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca diğer denetleyicilere göre yüksek çözünürlüklü analog değer okunması sebebi ile daha hassas akım ve gerilim ölçümleri gerçekleştirilmektedir. Veri toplama kartının yüksek hızlı çalışması ile sistem parametrelerinin hızlı algılanması sağlanarak sistemde meydana gelen değişikliklerin anlık olarak izlenmesi sağlanmaktadır. Şekil 1.4'de kartın yazılım üzerinden çalıştırılması için tanımlanması gereken yapılar görülmektedir.



Şekil 1.4. Veri Toplama Kartının Framework Yapısı

Akım Gerilim Okuma Devresi

Analog okumanın gerçekleştirilebilmesi için giriş sinyalleri denetleyicinin algılayabildiği forma ve aralığa uyarlanmaktadır. Analog gerilim ölçüm seviyesinin maksimum 10 V olması nedeniyle okunacak alternatif gerilimlerin genliklerinin bu aralığa düşürülmesi gerekmektedir. Şekil 1.5’de gerilimlerin genliklerinin düşürülmesi için tasarlanmış uygulama devresi görülmektedir.

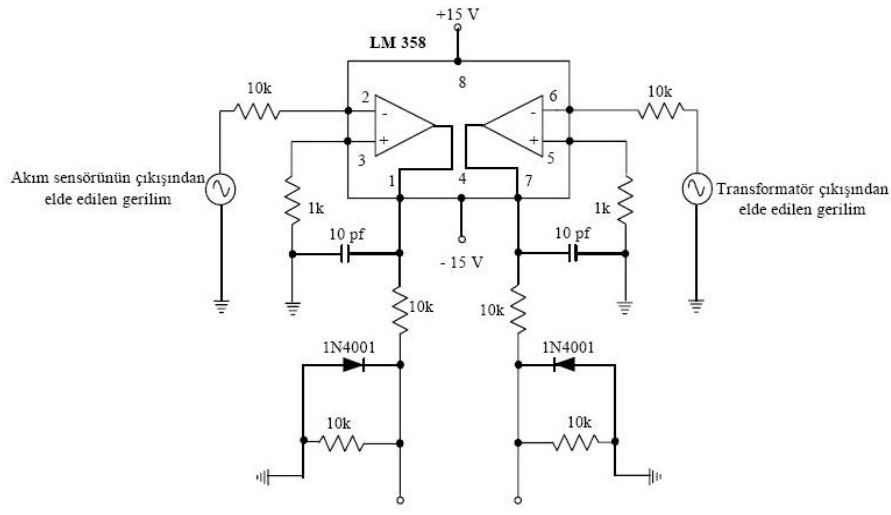


Şekil 1.5. Akım - gerilim algılama ve dönüştürme ünitesi

Alternatif gerilimlerin frekansını değiştirmeden genliklerinin değiştirilmesi gerektiğinden her faz için ayrı 240V/5V dönüşüm oranlı gerilim transformatörleri kullanılmıştır. Kullanılan veri toplama kartının analog dijital dönüşüm kanallarının negatif gerilim uygulanmasında zarar görmemesi için gerilimlerin öncelikle doğru gerilim yapısına çevrilmesi gerekmektedir. Üç faza ait gerilim sinyalleri, veri toplama kartının analog girişlerine uygulanarak besleme gerilimlerinin etkin değerleri ölçülmüştür. Akım-gerilim algılama ünitesi üzerinde bulunan LEM HXS-50-NP tipi hall etkili akım sensörleri ile yükler tarafından çekilen faz akımları, gerilim ölçümünde kullanılan aynı yöntemle ölçülmektedir. Sensörlerin girişlerine uygulanan akım değeri 50A olduğunda çıkış sinyalinin değeri en fazla 5V alternatif akım olmaktadır.

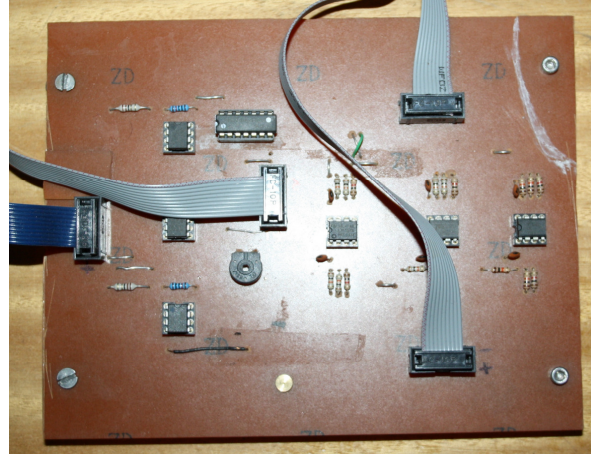
Sıfır geçiş detektörleri

Güç katsayısının ölçülmesi işlemlerinde gerilim ve akım bilgilerinin sıfırdan çıkış anları OpAmlar tarafından algılanılarak ölçümler yapılmaktadır. Tasarımı gerçekleştirilen sıfır geçiş detektörünün devre şeması Şekil 1.6’da görülmektedir. Şebeke frekansındaki sinyallerin sıfır geçiş anları tespit edileceği için devrede eski nesil ve daha yavaş çalışan bir işlemsel yükselteç kullanılarak sistemin yüksek frekanslarda tepki vermesi engellenmiştir. Ayrıca, devre şeklinde gösterilen P ayarlanabilir direnci ile sıfır geçiş anlarına göre kalibrasyon yapılabilir. Böylece manyetik bozulma gibi çevresel etkilerin giderilmesi kullanıcı kontrollü olarak düzeltilebilmektedir.



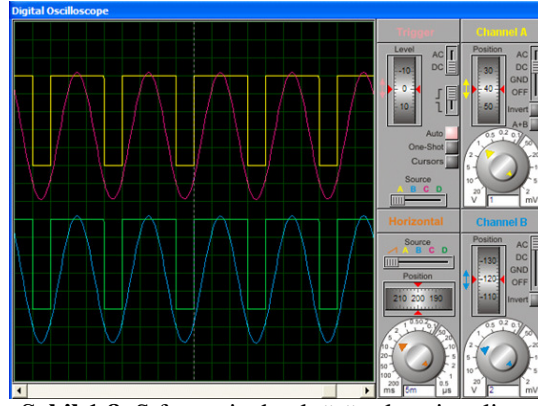
Giriş uçlarına uygulanan kare dalga çıkış
Şekil 1.6. Sıfır geçiş detektörünün devre şeması

Endüktif karakterdeki alıcıdan elde edilen akım ve gerilim bilgileri sıfır geçiş detektörü ile kare dalga formatına getirilir. LM358 entegresinin 2 ve 6 numaralı pinlerinden giriş yapılmıştır. LM358 entegresinin besleme gerilimi + 15 ve – 15 volt doğru gerilimdir. LM358 entegresine alternatif bir sinyal uygulandığında, alternatif sinyalin sıfır anlarında entegre çıkışı lojik olarak 1 (5 volt), alternatif sinyalin farklı olduğu anlarda ise lojik 0 (0 volt) çıkış verir. Tasarımı gerçekleştirilen sıfır geçiş devresi Şekil 1.7’de görülmektedir.



Şekil 1.7. Sıfır geçiş devresi görüntüsü

Sıfır geçiş detektörü ile elde edilen sinyaller Şekil 1.8’de görülmektedir. Şekilden de açıkça görüldüğü gibi detektör, gerilim sinyalinin pozitif kısmını kare dalgaya çevirerek denetleyici tarafından ölçülebilecek şekle getirmektedir.



Şekil 1.8. Sıfır geçiş detektörü çıkış sinyali

Kare dalgaya dönüştürülen gerilim sinyalinin pozitif kenarları arasındaki zaman farkı veri toplama kartı tarafından algılanarak periyot süresi tespit edilmektedir. Aynı durum akım sinyalleri için de geçerlidir. Çekilen akımın pozitif kısma geçtiği anda kare dalga üretilerek sıfırdan geçiş anı tespit edilmektedir. Bu iki kare dalga arası geçen süre hesaplatılarak aradaki farkın derece karşılığı bulunur. Bulunan derecenin 'cos' değeri alınarak da güç katsayısına ulaşılır.

Ara yüz Tasarımı

Bu bölümde donanım altyapısı geliştirilen sistemde analog sinyallerin algılanması için geliştirilen ve bilgisayar üzerinden sistem parametrelerinin izlenmesine olanak sağlayan ara yüz sunulmuştur. Gerçekleştirilen çalışmada veri toplama kartının sistem parametrelerini algılaması ve bilgisayar ile donanım yapısı arasındaki bağın sağlanması için Profi-Lab platformunda bir ara yüz geliştirilmiştir. Çift yönlü haberleşme sağlanarak bilgisayardan veri toplama kartına ve veri toplama kartından bilgisayara veriler gönderilmektedir.

Ara yüz üzerinde R,S,T faz gerilimlerinin anlık değerleri, aynı şekilde üç faza ait çekilen akım değerleri sayısal olarak ve grafiklerle kullanıcıya sunulmaktadır. Benzer şekilde aktif, reaktif ve görünür güç değerleri gösterilmektedir. Enerji sisteminde meydana gelen Gerilimin genliğinin azalması, yükselmesi ya da kesintisi gibi durumlarda kullanıcı ara yüzünde uyarı olarak sunulmaktadır. Başlat butonuna basıldığında veri toplama kartının okuma yazılımı aktif edilmekte, Dur butonu ile okuma sonlandırılmaktadır.

TCR Çalışması

Şebekeye çeşitli reaktif güç tüketicileri bağlanarak değişen yükler karşısında güç katsayısının hedeflenen değerde tutulması amaçlanmaktadır. Kapasitesi sabit tutulan bir kondansatör ile akımı kontrol edilen bir reaktörden oluşur. Tristörlerin yardımıyla reaktör akımı gerekli olan değerlere ayarlanarak sistemin güç katsayısı sürekli olarak ayarlanabilir. Endüktif değer için sistemden reaktif güç çekilirken, kapasitif çalışma durumunda ise sisteme reaktif güç enjekte edilir. Kontrol işleminde, kontrol edilen gerilim referans gerilimi ile karşılaştırılarak hata işareti kontrol elemanına gönderilir. Hata sinyalinin büyüklüğüne göre yeni tetikleme açısı belirlenir. Tetikleme açısına göre TCR ile sisteme aktarılan veya sistemden çekilen reaktif güç değeri değiştirilerek sistem geriliminin kontrolü yapılır.

SVC reaktif gücü;

$$Q_{SVC} = \frac{V^2}{X_V}$$

Burada X_V , TCR reaktansıdır. SVC tasarımında öncelikle kapasitör değeri belirlenir. Sistemde SVC yok iken gerilimin belirlenen minimum değerde tutulması için gerekli olan kapasitif reaktif güç hesaplanır. Gerekli olan bu güç, SVC'nin maksimum kapasitif gücüdür. Kapasitör değeri pu olarak belirlenir.

$$X_{C[pu]} = \frac{0.95^2}{Q_{\max C[pu]}}$$

Sonra SVC'nin endüktif ve kapasitif çalışma aralığına göre belirlenen X_C/X_L oranına bağlı olarak TCR endüktansının reaktansı belirlenir.

Tetikleme açısı minimum değerine ulaştığında referans gerilim değeri artırılarak kontrole devam edilir. Tetikleme açısı maksimum değerine ulaştığı zaman referans gerilim başlangıç değerinin altına çekilerek kontrole devam edilir.

Her iki durum referans gerilimin başlangıç değerine eşitleninceye kadar devam ettirilir. Gerilimin $V_{\min}$ - $V_{\max}$ aralığında kontrolü, reaktif gücün $Q_{\max C}$ ile $Q_{\max L}$ ve akimin $I_{\max}$ aralığında değişmesine neden olur.

2. PROJE BÜTÇESİ ÖZET BİLGİLERİ

Proje Süresi: 12 Ay				
Başlama Tarihi	Bitiş Tarihi	Ek Süre (Ay)	Ek Süre Dahil Bitiş Tarihi	Toplam Proje Süresi (Ay)
11.07.2011	11.07.2012	6	11.01.2013	18

Proje Bütçesi: 8000 TL		
Harcanan	Kalan	Ek Bütçe
8000 TL	0 TL	1600 TL

3. PROJE ÇIKTILARI

Yazılı Ürünler

Proje kapsamında oluşturulan deneysel çalışma altyapısı ile hazırlanan ve EK 1’de görülen “Monitoring The Quality of Electrical Energy and Improving It Using Thyristor Controlled Reactor” başlıklı bildiri “International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA 2012)” konferansında 11-14 Kasım 2012 tarihlerinde sunulmuştur. İlgili yayına IEEE Explorer sayfasından DOI:10.1109/ICRERA.2012.6477326 numarası ile de erişmek mümkündür.

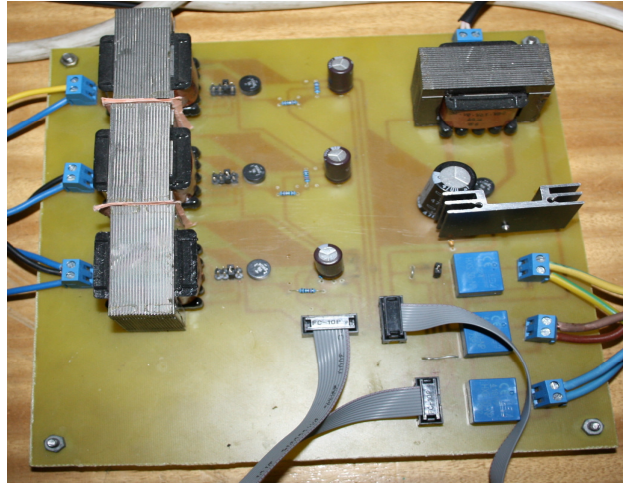
Proje Konusu Olarak Yüksek Lisans veya Doktora Konusu Olan Tezler

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Eğitimi Bölümünde devam etmekte olan “Elektrik Enerji Kalitesinin İzlenmesi ve Güç Katsayısının Tristör Kontrollü Reaktör üzerinden düzeltilmesi” başlıklı yüksek lisans tezinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır.

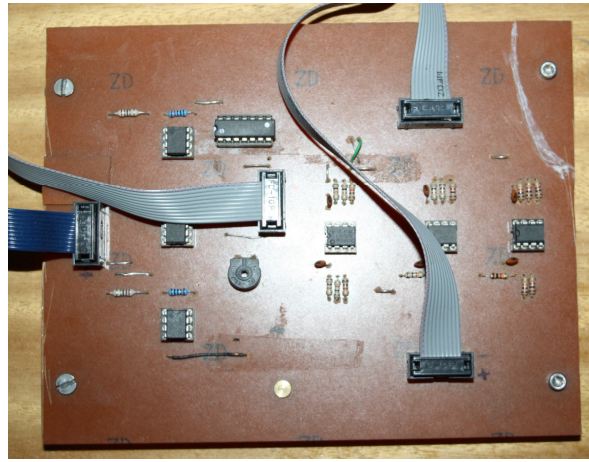
Yazılım ve Donanım Ürünleri;

(Proje sonucunda ortaya çıkan yazılımlar listelenerek, donanım ürünleri ise şema veya resimlendirilerek sunulmalıdır.)

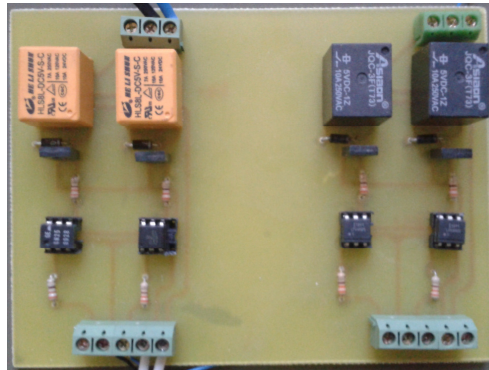
Akım Gerilim Okuma Kartı



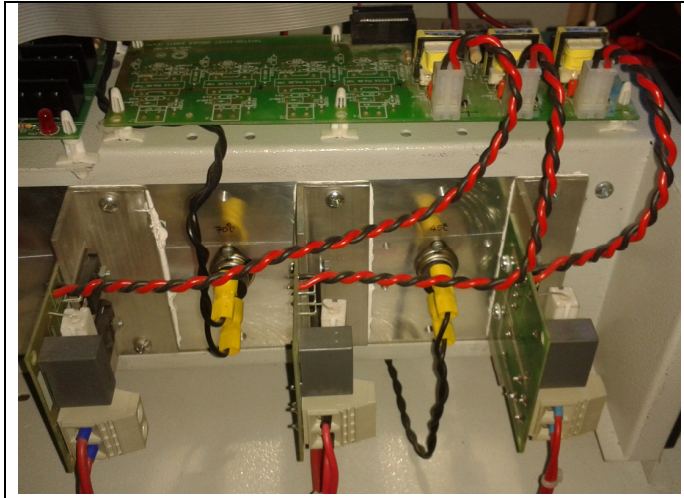
Sıfır Geçiş Kartı



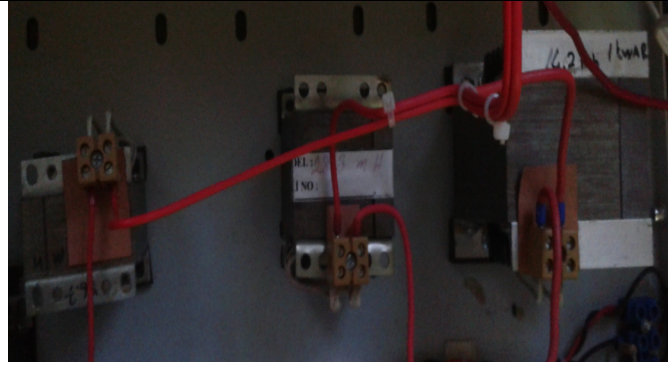
OptoKuplörlü İzolasyon Kartı



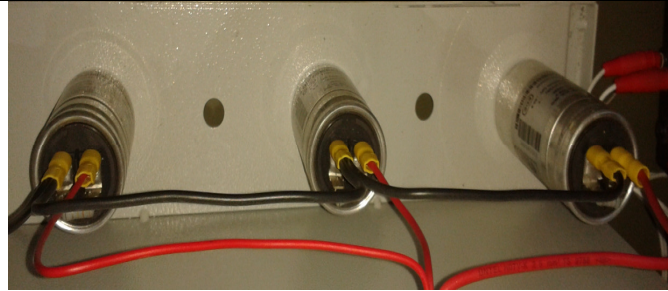
Tristör Kontrollü Reaktör Devresi



Tristörler ve sürücüleri



Reaktörler



Kondansatörler

Proje Sonunda Ortaya Çıkan Ürün Hakkında Bilgiler

(Proje sonunda ortaya çıkan ürüne ait teknik resim, prototip fotoğrafları, uygulama şekilleri ve teknik özellikleri belirtilir.)

Üniversiteye, Ülkeye ve/veya Bilime Sağlanan Katkılar

Bu bölüme proje faaliyetleri neticesinde elde edilen yararlar eklenmelidir

4. PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ TARAFINDAN YAPILACAK GENEL DEĞERLENDİRME

(Bu bölümde, projenin kabulünden itibaren geçen süre ve süreçler, elde edilen bilgiler, bulgular, çıktılar ve sonuçlar genel olarak değerlendirilir. Bu kısmın sonunda BAP süreçleri ile ilgili öneriler de BAP Komisyonuna iletilmek üzere sunulabilir.)

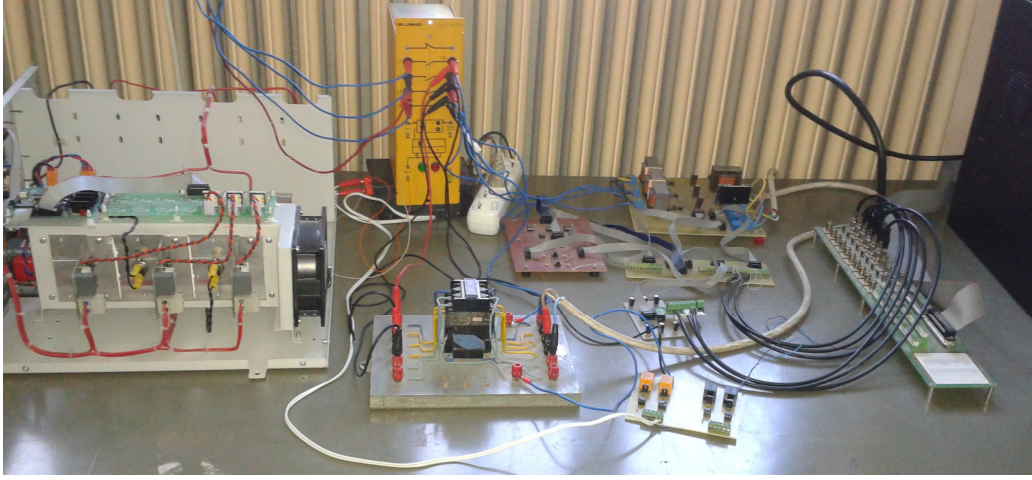
Bilgisayarın PCI bus haberleşme portu üzerinden alınan veriler yazılım tarafından anlık izlenerek, analiz edilip grafiksel ve görsel şekilde kullanıcıya sunulmakta ve belli periyotlarla kaydedilmektedir. Ölçüm yapılan güç sistemine ait gerilim ve akım eğrileri, gerilim ve akıma ait etkin değerler zamana bağlı olarak ekranda görüntülenmektedir. Bunlara ilave olarak, güç faktörü tespit edilerek ve güç değerleri hesaplanarak bunların zamana bağlı olarak ekranda gösterilmesi sağlanmıştır. Veri tabanında kaydı tutulan değerlerin geriye dönük raporları, yazıcıdan çıktıları alınabilir.

Tasarlanan çalışmada, literatürdeki çalışmalardan farklı olarak kablolu takip yapılarak, diğer tüm çalışmaların tamamı sağlanmakla birlikte sistemde hassasiyet, işlevsellik ve görsellik ön planda tutulmaya çalışılmaktadır. Bu nedenle yüksek oranda örnekleme alabilme özelliğine sahip DAQ kullanılmaktadır. Ayrıca ara yüz tasarımı için yeni nesil yazılımlar kullanılarak kullanıcı dostu, özgün bir enerji izleme ekranı tasarlanmıştır. Bilgisayar ara yüzü ve sistem arasında çift yönlü, hızlı ve güvenli iletişim sağlamak için OPC server haberleşme yapısından faydalanılmaktadır. Gerçek zamanlı olarak ölçüm, analiz ve izlemenin yanı sıra aynı zamanda kullanıcının kontrol etmesine imkan sağlamaktadır. Raporlama sistemi sayesinde kullanıcı bilgisayar başında bulunmadığı zamanların enerji değerlerini kolayca inceleyebilme olanağına sahip olacaktır. Enerji kalitesinin artırılması amacıyla güç sistemi dalgalanmalarını etkili bir şekilde söndüren ve sistem kararlılığını artıran TCR ile kompanzasyon gerçekleştirilmektedir.

Yarı iletkenlerin kullanılmasıyla gerçekleştirilen SVC elemanının çalışma prensibi; kondansatör ve/veya reaktörlerin, hesaplanan tetikleme açılarına bağlı olarak şebekeye sokup çıkarılarak, değişken değerli şönt empedans elde etmeye dayanır. Uygun tetikleme ile statik VAR generatörünün bağlı olduğu barada maksimum kapasitif reaktif güç değerinden, maksimum endüktif reaktif güç değerine kadar geniş bir aralıkta reaktif güç ayarı yapılabilir.

1. EKLER

EK 1. Devrenin Genel Görünüşü



EK 2. Yayınlar



Monitoring The Quality of Electrical Energy and Improving It Using Thyristor Controlled Reactor

Abstract - In this paper, an experimental application focused on energy quality observation is developed and power factor correction for the electrical power systems is simulated. The required parameters are obtained from the system by electronic cards and then transferred to the computer. As the controller a (DAQ) Data acquisition card is used and also a user-friendly interface is prepared for computing and managing all of the information to show power quality, event detection and power metering. The interaction between user interface and the system is supplied via OPC server communication. Powerful capabilities for the measurement, analysis and monitoring of electrical energy has been obtained by using real-time data.

Keywords ; Energy quality, DAQ, OPC server, Power factor correction.

Introduction

Power Quality has been a problem ever since the conception of electricity, but in the last three decades it has received considerable attention from researchers and industry. Increasing integrated circuit densities, faster processor and communication speeds, increasingly sensitive equipment,

commonly usage of Programmable Logic controllers, energy-efficient lighting, adjustable Variable Speed Drives and Shunt Capacitors for Power Factor correction are simultaneously the major causers and the major victims of power quality problems. There is an awareness of power quality issues by end-users that put an additional pressure to power utilities. The ultimate reason for increased awareness of Power Quality issues is an economic value [1-2].

Definition of energy quality in electric power systems is used for the changes and deformities of voltage, current and frequency waveforms. The electric utility companies should supply their customers with a supply having a constant frequency equal to the fundamental frequency, 50/60 Hz, and having a constant magnitude. The presence of harmonics in the voltage or current waveform leads to a distorted signal for voltage or current, and the signal becomes non-sinusoidal signal. These non-sinusoidal quantities can create serious harmonic distortions in transmission and distribution systems. Recently, parallelly with the widespread usage of modern and sensitive loads in the production and consumption processes, impact of deformities in the waveform on these systems is

getting increase. Harmonic distortion, the effect of the notch, voltage sag, voltage rise, short/long interruptions can be given as examples of power quality disturbances in power systems and they cause particularly sensitive loads to malfunction, an increase of energy losses in transformers and motors and circuit protection elements on malfunction. Before taking the necessary cautions, supplies and reasons of such distortions should be specified. Especially if the type of degradation is classified correctly the effects of it can be described, the source can be analyzed and appropriate solution methods can be developed [3]. Various projects around the world are under way and they are looking at how to collect data to detect and analyze power quality problems by using microcontroller, DSP, PLC, FPGA or DAQ [4-5].

Possibly the best way of presenting results of voltage monitoring is to use CBEMA curve. Any event that may lead to equipment malfunction is clearly shown as the point outside the CBEMA envelope created by the Computer and Business Equipment Manufacturer's Association. This standard specifies the minimum withstanding capability of computer equipment to voltage sags, micro interruptions and over voltages [1-2].

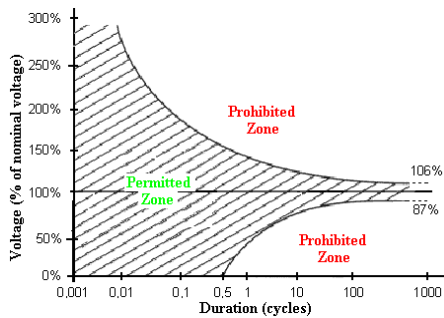


Figure 1. CBEMA curve

This curve, although substituted recently by ITIC Information Technology Industry Council curve (ITIC) is a reference in the area of PQ. As shown in Fig. 2 when the voltage is within the limits determined by the shaded zone, the equipment should function normally. When the voltage is comprised on the zone below the permitted zone, the equipment may malfunction or stop. When the voltage is comprised in the upper prohibited zone, besides equipment malfunction, damage on the equipment may occur[1-2].

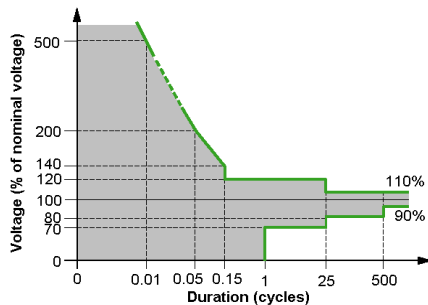


Figure 2. ITIC curve

Other standardization organizations (IEC, CENELEC, IEEE, etc) have developed a set of standards with the same

purposes. In Europe, the most relevant standards in PQ are the EN 50160 (by CENELEC) and IEC 61000.

In this study, energy parameters are gathered from the system via a data acquisition card and sent to user interface by the help of OPC server communication structure. Over the interface, the parameters of current, voltage, power factor and power values of the three phase energy system are observed. Also a static VAR compensator examined for various operational conditions. Not only to meet the demand for electrical energy but also to improve its quality the thyristor-controlled reactor configuration is searched. Use of a static compensator with a thyristor-controlled reactor (TCR) has been known to be an effective and reliable means to ensure power system voltage stability.

The paper is organized as follows. Section 2 presents some Matlab simulations and results of the compensation system. In section 3 description of the project is given with details of study and monitoring carried out. And conclusions are given in Section 4.

Thyristor Controlled Reactor Design

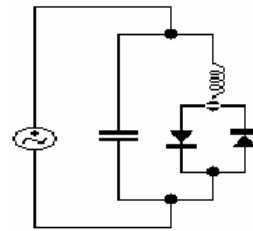


Figure 3. A basic model of the TCR

Equivalent impedance can be changed as adjusting the firing angle of thyristors between specified limits as inductive or capacitive. Reactor current is controlled triggering angle of thyristors. A voltage in the form of $V = V_m \sin(\omega t)$ is applied as a source, the reactor voltage becomes:

$$V_1 = L \cdot di/dt \quad (1)$$

As long as the thyristor is conductive V_1 becomes equal to V . The current in circuit for any firing angle:

$$I = (V_m / \omega L) (\cos \alpha - \cos \omega t) \quad (2)$$

The load current is followed 90° back from the voltage while AC chopper is triggered between the $0 < \alpha < 90$ range. In this case, the effective value of load current is

$$I_L = V / (\omega L) \quad (3)$$

This current is the effective value of the main harmonic in the Fourier analysis. Current control can only be adjust in the $90 < \alpha < 180$ ranges. The increasing firing angle makes the current waveform away from Sinus. The effective value of inductance:

$$L_e = V / (\omega I_L) \quad (4)$$

As a result, the following equation is obtained [6-11] :

$$I_L(\alpha) = (2 \pi \alpha - \sin 2\alpha) \cdot V / (\pi \omega L) \quad (5)$$

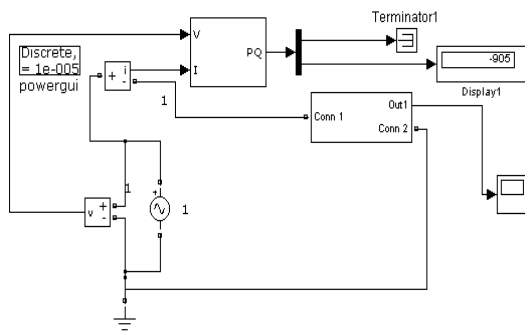


Figure 4. A simulink model of the capacitive charactered circuit without compensation

As shown in the Fig 4, the circuit without compensation provides high amount of reactive power to network. To test the simulation some reactive loads are added to the network during specified time intervals.

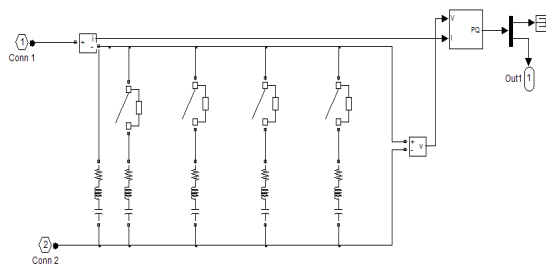


Figure 5. Load group of the system

TABLE 1. LOAD VALUES

<i>Load</i>	<i>P</i> (W)	<i>QL</i> (VAr)	<i>QC</i> (VAr)	<i>T</i> (seconds)
1	10	10	100	0.2
2	10	20	200	0.5
3	10	25	300	1
4	10	30	400	1.5

Loads are being added to system with time delays. For example as shown in the Table 1, final load which is the most capacitive has been activated 1.5 seconds after the system started. The results when the loads that is shown in Table 1 was added to the system with intervals is shown in Fig 5.

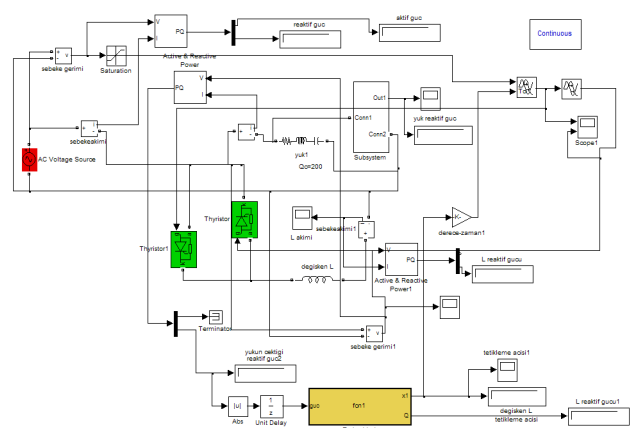
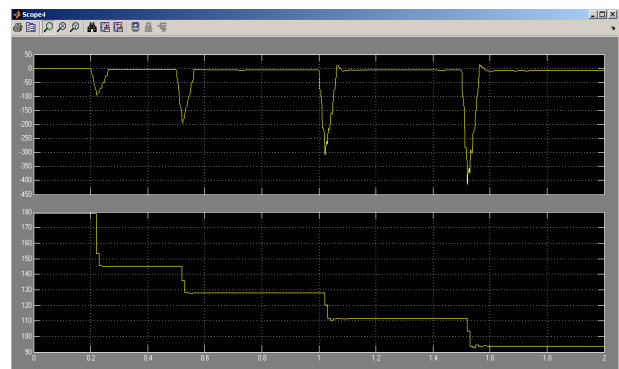


Figure 6. A simulink model of the compansed circuit with compensation

With load installs which is particularly activated in specific seconds power consumption of the total load changes. For each changes of this value firing angle of thyristors must be calculated again to compansate the reactive power consumption. In this case, to meet the changing capacitive power the embedded matlab function block calculates and generates the alpha trigger angle which produces inductive power as shown in Fig 7.



Application of the system and Experimental studies

A) HARDWARE STRUCTURE

A measurement circuit is designed to reduce current and voltage signals to the appropriate level of DAQ. Circuit of the designed measurement card is shown in Fig 8. To obtain required current signals, three HXS-50-NP model hall effect current sensors which are the product of the LEM firm are used in the circuit. Nominal current value of this current sensor is 50A. When the current value applied to the primer is 50A, the seconder output should be designed for a maximum 5V AC voltage. Also voltage transformers that have a 240V / 5V conversion rate is used for the voltage measurements.

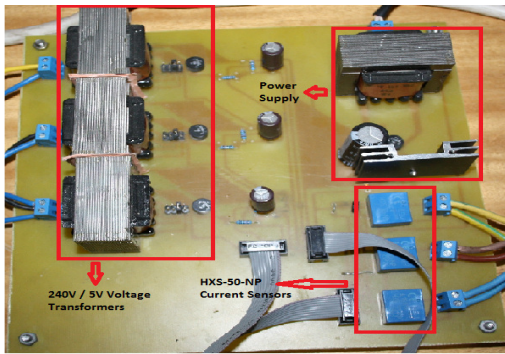


Figure 8. Three-Phase Current and Voltage Measurement Card

After the signals are reduced to measurable level they are converted into square wave signals with the help of a zero crossing detector. While the voltage signals of each phase passing from zero point, this detector generates logic-1 signal. These converted square signals are applied to the DAQ input channels and power factor values between the voltage and current signals are calculated by the software during the operation.

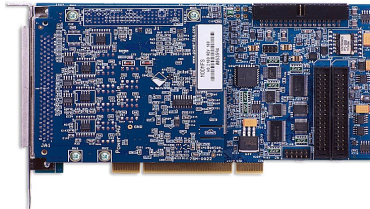


Figure 9. The PD2-MFS-8-500/16DG model PowerDAQ

In order to provide measurement and control operations over the user interface, required signals are gathered with high data speed and simultaneously by the PowerDAQ PD2-MFS-8-500/16DG model data acquisition card which is a product of Universal Electronic Industries and shown in Fig 9. Multi-function PowerDAQ cards maintains a built-in Digital Signal Processor, and thanks to this feature, real-time transactions can be made on all I/O sub-systems provided without the intervention of an external software or hardware. The card is attached to the PCI bus and capable of 8 channel simultaneous sampling analog input. It has 500 Ks sampling rate per second and 8 analog input channels that uses 16-bit converter, 2 analog output channels, 16 digital output channels, 16 digital input channels, and 3 counter/timer system that can be used independently.

B) SOFTWARE STRUCTURE

1. Profi-Lab Expert Program

The interface program establishes a communication between PC and DAQ in real-time via the OPC Server and it is prepared with the Profi-Lab Expert software package. This program provides a real-time monitoring of the process via OPC Server and the intervention procedures are performed from the centers as needed, either directly or within a program. The images of objects used at the interface (for instance measuring instruments) are identical to those used in industry.

Therefore it makes the program valuable from other similar programs. Its visualities make a good contribution to computer-controlled systems. Profi-Lab Expert program can communicate with internal / external DAQ cards or PLCs via OPC server, an external hardware through serial port or parallel port easily and offers the user a visual interface preparation. Apart from the other programming languages such as C#, Java or Delphi, there is no need to write any code, this software provides creating projects just drawing wiring diagrams simply. Thereby it provides the ease of usage with many different toolbox and allows to develop complex digital or analogue measuring technology projects. The data exchange in this software is quite fast and safe. In addition, it offers the opportunity to make an electronic circuit simulation as like Orcad, Proteus programs.

2. OPC (Ole for Process Control)

OPC is a software interface that allows industrial devices to communicate with each other. The communication block of OPC Server is shown in Fig 10. It allows both read and write operations simultaneously. Additionally it can be operated with an integrated form with the interface programs such as C++, Visual Basic, Delphi, Java, Visual C# programming languages.

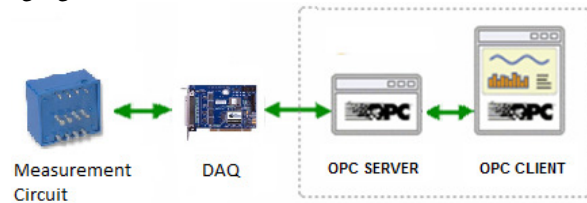


Figure 10. Communication Block of OPC Server

The products of different companies can be communicated with each other in a same platform and decrease the cost of the systems and also reduces the complexity of the code.

APPLICATION

When user open the interface, before running the program the interface screen is shown Fig 11. It displays parameters of power grid and shows the operating status of the energy system such as voltages, currents and power factors of the phases, active-reactive-apparent power values of the system and faulties. These faulties comprises voltage sags or spikes, interruptions, current unbalances. User can observe the parameter changes momentarily.

When user runs the Profi-Lab program, user interface establishes the connection with DAQ via OPC server and parameters of energy system begin to come with intervals of 100 miliseconds and seen in user interface both graphically and digitally as seen on the Fig 12.

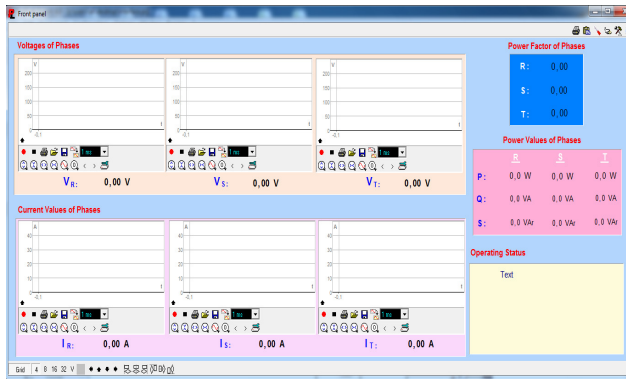


Figure 11. User Interface screen before running the system

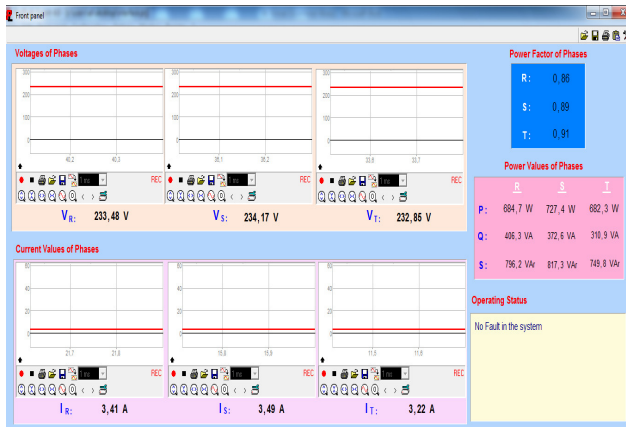


Figure 12. User Interface screen after the OPC server connection established

In this interface, user can observe current, voltage, power factor of three phase energy system. Thanks to Profi-Lab's flexible program structure and effective display components, the graphics are zoomable and recordable. Also, the system operating situations are being detected by the result of some advanced programming techniques. Block diagram of the system is shown in Fig 13.

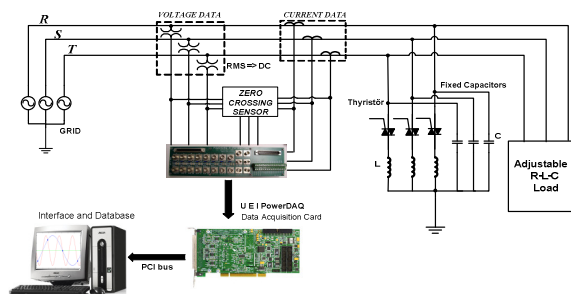


Figure 13. Block diagram of the realized system

CONCLUSION

Increasing energy demand and the need to provide the necessary power quality requires some extensive works. The development of power electronics leads the development of

compensation techniques and these systems are also becoming increasingly intelligent.

In this study, instantaneous events, power factors, current and voltage waveforms in a power system are continuously monitored and reactive power compensation is simulated. The data is collected in real time from the system and demanded values are shown graphically and numeric on the user interface. The required firing angle for thyristor is calculated after the collected data is analyzed.

Consequently, the reactive power compensation which is using the contactor causes deteriorative effects for the network such as excessive currents and voltages, harmonics but thyristor controlled static VAR systems eliminates such these negative effects.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Gazi University Scientific Research Projects Unit under the project number 07/2011-33.

References

- [1] J.V.Milanovic, M.Negnevitsky, "Power Quality Problems and Solutions: Current Understanding", 8th Int. Conf. on Harmonics and Quality of Power ICHQP 98, Athens, Greece, October, 1998
- [2] A. de Almeida, L. Moreira, J. Delgado, "Power Quality Problems and New Solutions", Inter. Conf. on Renew. Power and Power Quality '03 Vigo, April 9-11, 2003
- [3] Math H J Bollen, "Understanding Power Quality Problems-Voltage Sags and Interruptions", IEEE Press, 2000, pp 2-5.
- [4] G. R. Rey and L. M. Muneta, "Power Quality Harmonics Analysis And Real Measurements Data", Published by InTech Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia, November 2011.
- [5] V. Alekseev, I. Maslov, K. Savinov, G. S. Zinoviev, "Measuring Instrument of Parameters of Quality of Electric Energy", 7th Int. Siberian Workshop and Tutorials EDM'2005, Session VII, July 1-5, pp. 342-344, ERLAGOL.
- [6] Sameh K. M. K., Canizares C. A., Mehrdad K., "Reactive current control through SVC for Load Power Factor Correction" Electric Power Systems Research, Ekim,2005
- [7] Parihar P., Karady G., "Characterization of a Thyristor Controlled Reactor", Electric Power Systems Research 41 pp141-149, 1997
- [8] Mathur R. Mohan, Varma Rajiv K., "Thyristor-Based FACTS Controllers for Electrical Transmission System", IEEE Pres Series On Power Engineering, 2002
- [9] Ö. Akgün, "Desing of Static Var Compensator and Thyristor Controlled Reactor", Master Thesis, Natural and Applied Sciences, Department of Electrical and Electronics Engineering, Nigde University, 2006 .
- [10] E. Kara, M. O. Güler, "Static Var Systems and Application Of Simulink", Engineering Design Project, Electrical and Electronics Engineering , Sakarya University, 2009
- [11] G. C. Montanari, M. Loggini, A. Cavallini, L. Pitti, and D. Zaninelli, "Arc-furnace model for the study of flicker compensation in electrical networks," IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 9, no. 4, pp. 2026-2034,1994.

