

BİLGİSAYAR KONTROLLÜ KATODİK KORUMA TRAFO-REDRESÖR ÜNİTESİ TASARIMI VE UYGULAMASI

M. Ali AKCAYOL

Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06570,
Ankara, TÜRKİYE, akcayol@gazi.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, korozyonu önlemek için yaygın olarak kullanılan dış akım kaynaklı katodik koruma sistemindeki otomatik trafo-redresör (TR) ünitesinin bilgisayarla kontrolü gerçekleştirilmiştir. TR üniteleri uygulama alanına bağlı olarak çok uzak noktalarda bulunmaktadır. Bu yüzden arıza denetimi ve bakım maliyeti artmakta ve oluşan arızaları giderebilmek için her TR ünitesine bir uzman personelin gitmesi gerekmektedir. Bu çalışmada geliştirilen bir program aracılığıyla TR ünitesine ait akım ve gerilim çıkış değerleri bilgisayarda gerçek zamanlı olarak izlenebilmekte ve çalışma değerleri değiştirilebilmektedir. Herhangi bir arıza oluşması durumunda bilgisayar ekranına uyarı gönderilmektedir. Böylece hem TR ünitesinin gerçek zamanlı izlenmesi gerçekleştirilmiş hem de arızaların tespiti ve giderilmesi için gereken süre ve maliyet azaltılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mikrodenetleyici, katodik koruma, trafo-redresör

COMPUTER CONTROLLED CATHODIC PROTECTION TRANSFORMER- RECTIFIER UNIT DESIGN AND APPLICATION

ABSTRACT

In this study, automatic transformer-rectifier (TR) unit of impressed current cathodic protection rectifiers, broadly used for corrosion control, has been implemented. The TR unit has been controlled by using computer. TR units have been established long distance point depend on application field. For this, error check and cost of repair have been increased and it has been required that one expert person must go each TR unit to fix errors. Current and voltage of the TR unit have been observed on-line and changed working values with computer by using a program, developed in this study. If any error has been occurred, a message is displayed on the PC. In this way, both TR unit has been observed on-line and requiring time and cost for determine and fix errors have been decreased.

Key Words: Microcontroller, cathodic protection, transformer-rectifier

1. GİRİŞ

Korozyon malzemelerin buldukları çevrenin etkisiyle aşınması veya kimyasal, elektro-kimyasal reaksiyonlarla bozularak kullanılamaz hale gelmesidir (1). Korozyonu önlemek için çok sayıda yöntem kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan yöntem dış akım kaynaklı katodik korumadır (2). Bu yöntemde korozyona maruz kalan malzemeye dışarıdan harici bir elektrik devresi kullanılarak akım uygulamak yeterli olmaktadır. Böylece metal üzerinde anot ve katot gibi farklı potansiyel oluşmamakta ve korozyon önlenmektedir.

Günümüzde korozyon kayıplarını en aza indirmek için çok sayıda araştırma ve uygulama yapılmakta ve etkin çözümler bulunmaktadır. Katodik koruma korozyonla mücadelede en etkin ve ucuz yoldur (2). Önceleri katodik koruma sadece boru hatlarına uygulanırken son zamanlarda gemiler, iskeleler, köprü ayakları gibi çok farklı alanlarda uygulanmaya başlanmıştır (1).

Katodik koruma uygulaması ilk olarak 1824 yılında Sir Humpry Davy tarafından Samarang isimli bir gemide denenmiştir (2). Bu uygulama sonuçları başarısız olarak değerlendirilmiş ve yaklaşık yüzyıl hiçbir alanda uygulanmamıştır. 20. yüzyılın başlarında petrol boru hatlarına ve 1950'li yıllardan sonrada gemiler, tanklar, su depoları gibi farklı yapılara uygulanmıştır (2).

Günümüzde kullanılan dış akım kaynaklı katodik koruma TR üniteleri, koruyacağı yapının yakınına kurulmakta ve çok geniş bir alana dağılmaktadır. TR ünitelerinin arıza kontrolleri için bir uzman personelin her bir TR ünitesine gitmesi gerekmektedir. Bu işlem çok zaman ve maliyet gerektirmektedir. Bu çalışmada yapılan TR ünitesi, kendisinden uzakta bulunan bir bilgisayara çalışma değerleri ile ilgili bilgileri iletmekte ve herhangi bir arıza gerçek zamanlı olarak bilgisayar ekranından görülebilmektedir. Böylece hem arızalar meydana geldiği anda görülmekte hem de sadece arıza yapan TR üniteleri için personel görevlendirilmektedir.

2. KATODİK KORUMA

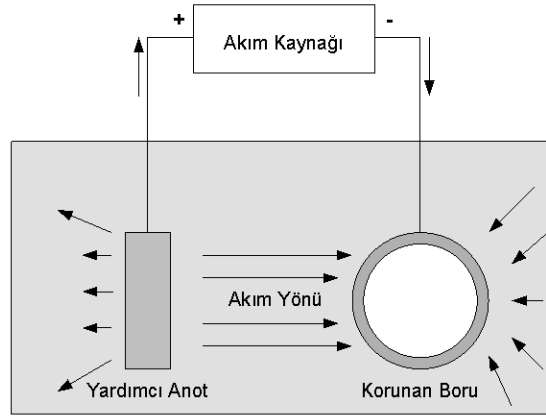
Katodik koruma korunacak metali oluşturulacak bir elektro-kimyasal hücrenin katodu haline getirerek metal yüzeyindeki anodik akımların önlenmesi işlemidir. Metale dıştan uygulanan akım ile verilen elektronlar, metal yüzeyinde yürümekte olan anodik reaksiyonları tam olarak durdururken katodik reaksiyonun hızını artırır. Anot reaksiyonları korunmakta olan metal yüzey yerine katodik koruma devresinde bulunan yardımcı anot üzerinde gerçekleşir. Bu yöntemde dış akım kaynaklı katodik koruma yöntemi denilmektedir (3).

Galvanik anotlu katodik koruma yönteminde ise korozyona uğramakta olan metale kendisinden daha aktif bir metal bağlanır. Böylece katot reaksiyonu için gerekli olan elektronlar galvanik anot olarak adlandırılan aktif metalin kendiliğinden yürüyen yükseltgenme reaksiyonu ile karşılanır. Korunan metalin yüzeyindeki bütün anodik reaksiyonlar tamamen durur (4).

2.1. Dış Akım Kaynaklı Katodik Koruma

Dış akım kaynaklı katodik korumada herhangi bir elektrot anot olarak kullanılabilir. Anot olarak seçilen elektrot bir doğru akım kaynağının (+) ucuna, korunacak metal ise akım kaynağının (-) ucuna bağlanır. Bu şekilde bir elektrolitik ortam içerisinde iki elektrot yerleştirilmiş olur. Ancak anot üzerinden çekilen akım bir dış kaynak ile sağlandığından anot elektrodu doğrudan reaksiyona girmez ve anot üzerinde bir kütle kaybı oluşmaz. Böylece anodu korozyona uğratmadan korumak için gereken yapı oluşturulur (2).

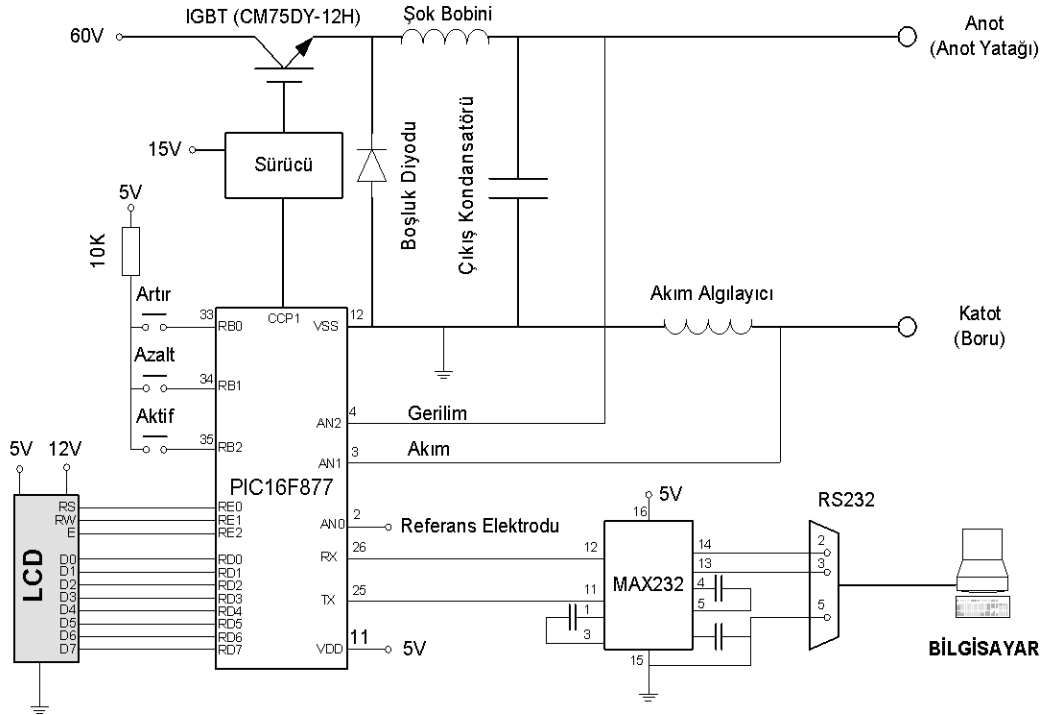
Bir çelik boru hattını dış akım kaynaklı katodik koruma yöntemiyle korumak için bir doğru akım kaynağının (-) ucunu korunacak metale, (+) ucunu da bir yardımcı anoda Şekil 1'deki gibi bağlamak yeterli olmaktadır (1).



Şekil 1. Dış akım kaynaklı katodik koruma

3. UYGULAMA DEVRESİ

Bu çalışmada, PWM (Pulse Width Modulation) ve kapalı döngü denetimi ile çalışan bir TR ünitesi gerçekleştirilmiş ve bilgisayarla iletişimi sağlanmıştır. Anahtarlama elemanı olarak IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) ve denetleyici olarak PIC16F877 mikrodenetleyici kullanılmıştır. TR ünitesi bilgisayarla seri port aracılığıyla veri alışverişini yapabilmektedir. Ayrıca bilgisayar kullanılarak referans gerilim girişi belirlenebilmektedir. Veri iletişimi için RS232 seri port kullanılmıştır. RS232 seri port doğrudan bilgisayara bağlandığında veri iletişimi 15m mesafeye kadar iyi bir şekilde yapılabilmektedir (5). Daha uzak mesafeler için RS232 tekrarlayıcı (repeater) üniteleri kullanılmaktadır. Çok uzun mesafelerde ise bilgisayarın seri portuna takılan radyo modemler kullanılarak veri iletişimi yapılmaktadır. Şehirlerarası veya ülkelerarası mesafelerde ise GSM (Global System for Mobile) modemler kullanılarak GSM tabanlı SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemleriyle veri iletişimi yapılmaktadır. Bu uygulamada yapılan TR ünitesi doğrudan bilgisayara bağlanarak çalışması incelenmiştir. Bu çalışmada kullanılan sistemin komple şeması Şekil 2'de görülmektedir.

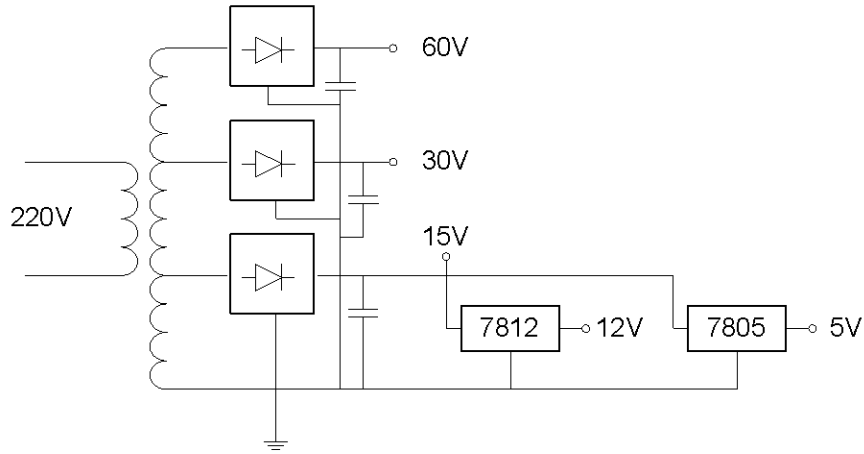


Şekil 2. Bilgisayar kontrollü TR ünitesi

Sistem besleme devresi, denetleyici devresi, step-down regülatör, tuş takımı ve LCD (Liquid Crystal Display) gösterge ile veri alışverişi birimlerinden oluşmaktadır. Uygulama devresi anot yatağı için maksimum 60V gerilim beslemesi yapmaktadır. Referans elektrot ile okunan gerilim seviyesinin 0,8V-1,2V aralığındaki değişimine uygun olarak anot yatağına uygulanan gerilim seviyesi ayarlanmaktadır. Dış akım kaynaklı katodik koruma sisteminde iyi bir koruma sağlamak için anot yatağına uygulanması gereken gerilim seviyesi çalışılan ortamın özelliklerine bağlıdır. Herhangi bir ortamda anot yatağına 60V uygulanması durumunda bile referans elektrottan istenen referans gerilimden daha düşük değer elde edilirse uygulama devresinin maksimum gerilim seviyesinin artırılması gerekir. Bunun için sadece sistem besleme devresinde ve IGBT anahtarlama elemanında değişiklik yapmak yeterlidir. Ayrıca çıkış geriliminde dalgalanma miktarını en aza indirmek için şok bobininin sarımının da değiştirilmesi gerekmektedir. Besleme devresinde maksimum gerilim çıkışını sınırlayan transformatör ve köprü diyot elemanıdır. Transformatörün istenen gerilim seviyesine uygun olarak değiştirilmesi ve köprü diyotun belirlenen yeni gerilim seviyesinde doğrultma yapabilecek elemanla değiştirilmesi gerekmektedir. Çok düşük gerilim seviyelerinden (2,5V) çok yüksek gerilim seviyelerine kadar (15KV) çıkış üreten transformatörler ve diyotlar piyasada bulunmaktadır. IGBT anahtarlama elemanını da transformatörde yapılan değişikliğe bağlı olarak değiştirmek gereklidir. Bu devrede kullanılan IGBT 75A akım ve 600V gerilim seviyesine kadar anahtarlama yapmaktadır.

Besleme devresi

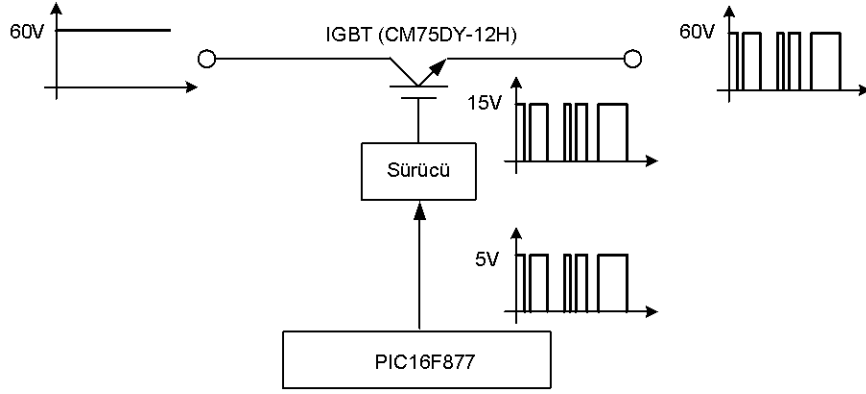
Besleme devresi mikrodenetleyici, IGBT ve IGBT sürme devrelerinin gerilimlerini sağlamaktadır. AC gerilimi köprü diyotlarla ve kondansatör ile DC gerilime dönüştürmektedir. IGBT kollektör ucuna 60 V, IGBT sürme devresine 15 V, mikrodenetleyici devresine 12V ve 5V ile göstergelere 5V gerilim besleme devresinden elde edilmektedir. Şekil 3'de besleme devresine ait açık şema görülmektedir.



Şekil 3. Besleme devresi

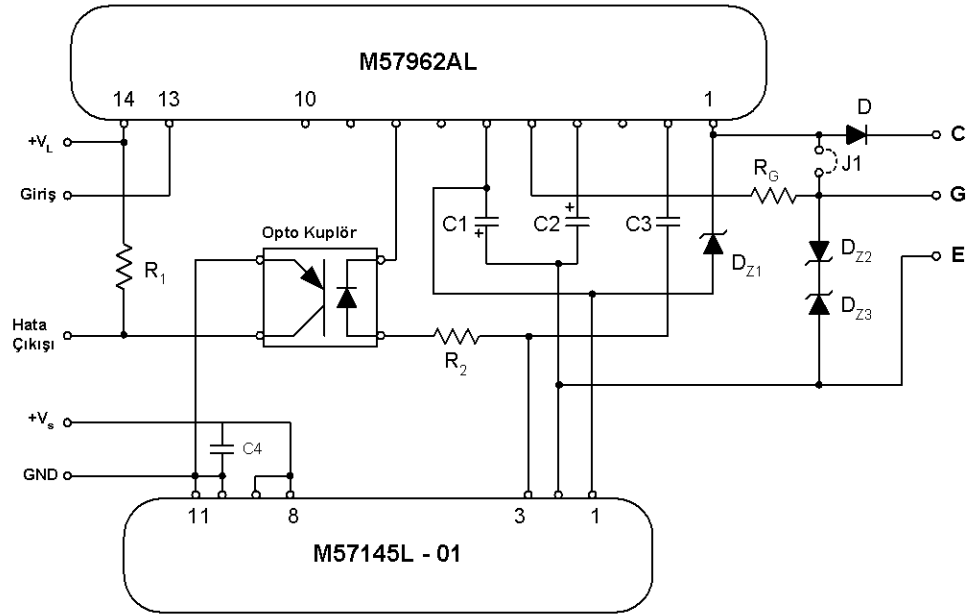
Denetleyici devresi

Denetleyici devresinin temel elemanı PIC16F877 mikrodenetleyicidir. PIC16F877 okunan referans gerilim ile istenen referans gerilimi karşılaştırarak uygun denetim işaretini üretir. Bu denetim işareti çıkış gerilimini artırmak veya azaltmak şeklinde olmaktadır. PIC16F877 herhangi bir arıza durumunda sistemi kapatarak LCD display üzerinde hata mesajı oluşturmakta ve aynı zamanda bilgisayara hata mesajı göndermektedir. PIC16F877 denetim sinyalini PWM işaretinin görev zamanını (duty cycle) değiştirerek IGBT sürücü devresine aktarır. IGBT sürücü devresi bir sonraki periyot için IGBT'yi yeni belirlenen süre kadar açık ve kapalı tutar (6). Böylece Şekil 4'deki giriş ve çıkış sinyalleri elde edilir.



Şekil 4. Denetleyici devresi giriş ve çıkış sinyalleri

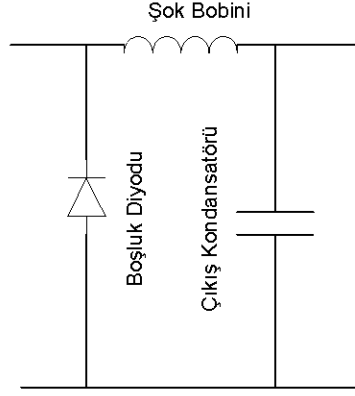
Bu çalışmada PWM frekansı 20 KHz olarak alınmıştır. Sürücü devre herhangi bir hata durumunda kendisini koruyarak hata çıkışı üretir (6). Kullanılan IGBT sürücü devresi Şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 5. IGBT Sürücü devresi

Step-Down Regülatör Devresi

Denetleyici devre tarafından 20 KHz'de kıyılarak oluşturulan PWM sinyalinin kullanılabilmesi için analog sinyale dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlem için step-down regülatör kullanılmıştır. Bu regülatör bir şok bobini, bir kondansatör ve bunların deşarjı için gereken ters besleme diyodundan oluşmaktadır. Step-down regülatörü, denetleme devresi çıkışındaki PWM sinyalini DC besleme akımına çevirerek anot-katot devresine uygulanacak hale getirir (7, 8). Şekil 6'da step-down regülatör devresi görülmektedir.



Şekil 6. Step-down regülatör devresi

Tuş takımı ve LCD gösterge

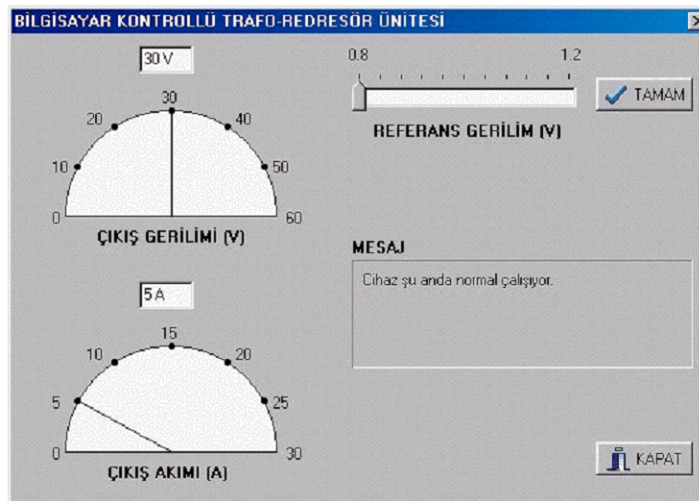
TR ünitesinin referans gerilim girişi bir tuş takımı kullanılarak belirlenmektedir. Tuş takımı artırma, azaltma ve girilen değeri aktif hale getirmek için üç tuşa sahiptir. LCD gösterge ise mikrodenetleyici tarafından herhangi bir arıza durumunda oluşturulan hata mesajını görüntülemek için kullanılır. LCD göstergede, hata olmadığı zaman referans elektrot tarafından okunup mikrodenetleyiciye girilen referans gerilim değeri görüntülenmektedir.

Haberleşme devresi

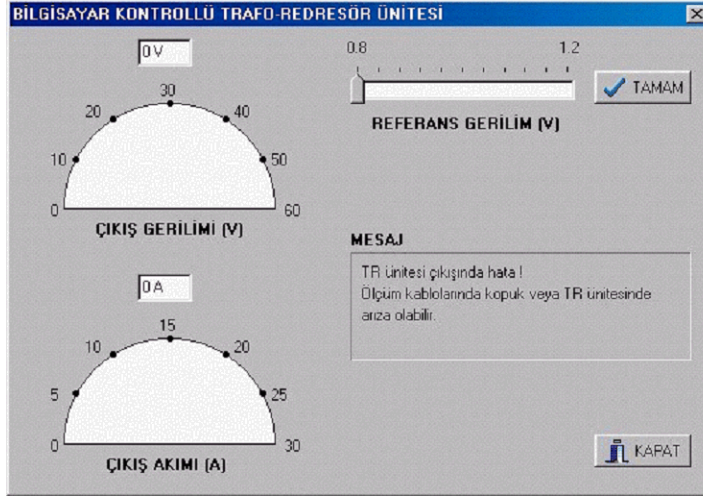
Haberleşme devresi TR ünitesi ile bilgisayar arasındaki iki yönlü veri iletişimini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. MAX232 entegresi bilgisayar ile mikrodenetleyici arasında veri iletişimini kontrol etmektedir.

4. YAZILIM

Gerçekleştirilen TR ünitesinin bilgisayarla izlenmesi ve kontrolü için bir program geliştirilmiştir. Program Windows ortamında Delphi programlama diliyle hazırlanmıştır. TR ünitesinin normal çalışma durumundaki program ekranı Şekil 7'de görülmektedir. Herhangi bir arıza durumunda verilen mesaj ve program ekranı Şekil 8'de görülmektedir.

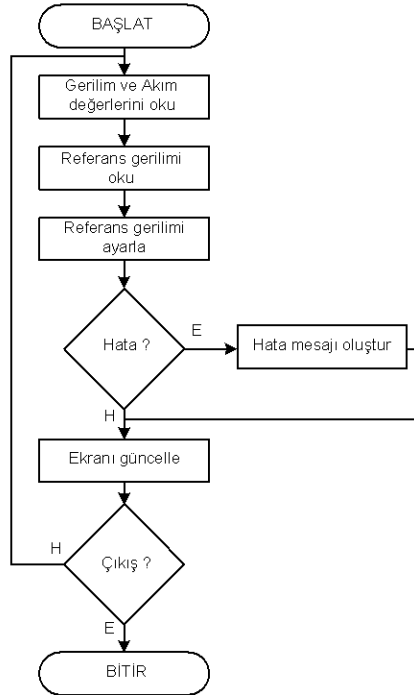


Şekil 7. TR ünitesi normal çalışırken program ekranı



Şekil 8. TR ünitesinde hata durumunu gösteren program ekranı

TR ünitesinin referans giriş gerilimi program ekranından değiştirilebilmektedir. Referans giriş geriliminin katodik korumanın yapılabilmesi için 0,8 V - 1,2 V aralığında alınması gerekmektedir (1). Referans giriş gerilimi, referans elektrot kullanılarak ölçülen gerilim değeriyle karşılaştırılarak çıkış geriliminin kontrolü sağlanmıştır. Referans giriş gerilimi belirlendikten sonra "TAMAM" düğmesine basılarak seçilen değer aktif hale getirilmektedir. TR ünitesinin gerilim ve akım çıkışları gerçek zamanlı olarak izlenebilmekte ve herhangi bir hata durumunda ekranda ilgili hata mesajı görüntülenmektedir. Ekranın sol kısmında çıkış gerilimi ve çıkış akımı değerlerine ait olan göstergeler ve göstergelerin üstünde ise rakamla ifadeleri yer almaktadır. Programın akış şeması Şekil 9'da görülmektedir.



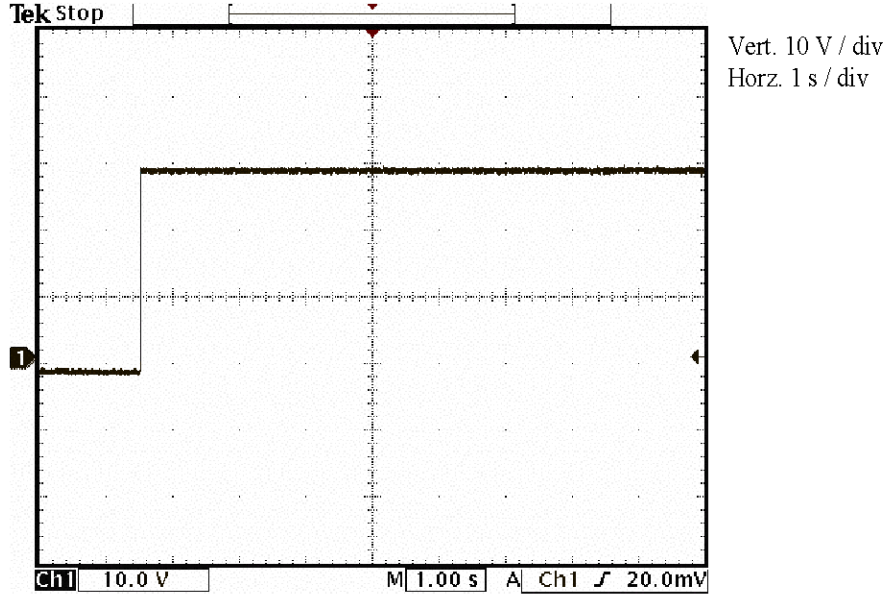
Şekil 9. Program akış şeması

Program kullanıcı tarafından kapatılıncaya kadar sürekli döngü halinde çalışmaktadır. Öncelikle çıkış gerilimi ve çıkış akımı değerleri okunmaktadır. Ardından istenen referans gerilim değeri okunmakta ve referans elektrot üzerinden okunan gerçek değer bu değere eşit olacak şekilde çıkış

gerilimi ayarlanmaktadır. Bu işlemden sonra TR ünitesinde hata olup olmadığı belirlenmektedir. Eğer herhangi bir hata var ise ilgili hata mesajı bilgisayar ekranında görüntülenmektedir.

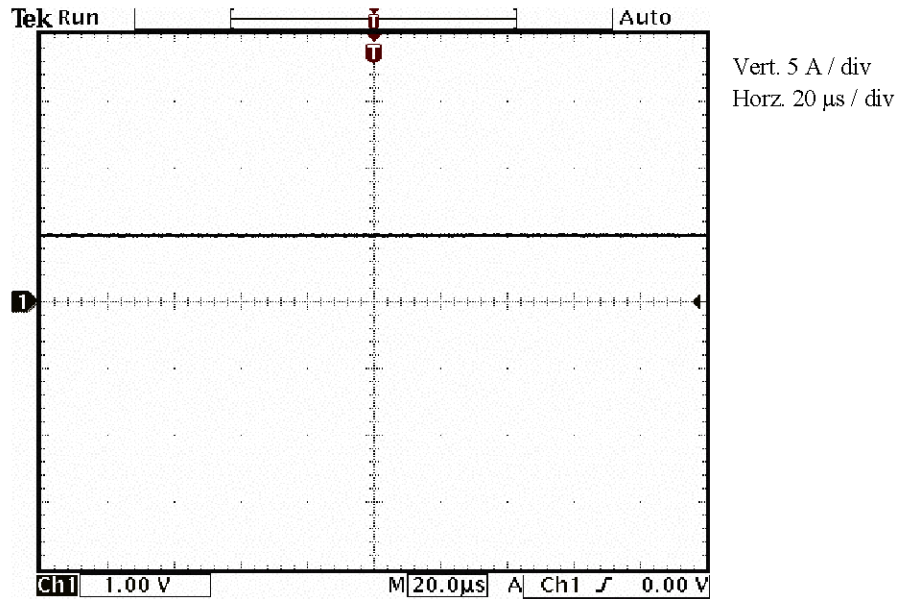
5.DENEYSEL SONUÇLAR

Deneysel sonuçlar 6Ω sabit yük kullanılarak alınmıştır. TR ünitesi besleme giriş gerilimi 60 V olarak alınmıştır. 6Ω sabit yük altında iken mikrodenetleyici referans gerilimi katodik korumanın yapılabilmesi için gerekli olan 0,8 V - 1,2 V arasında tutmuştur. Şekil 10'da çıkış gerilimi, bilgisayardan girilen referans gerilime bağlı olarak 0 V ile başlamış ve 30 V olmuştur.



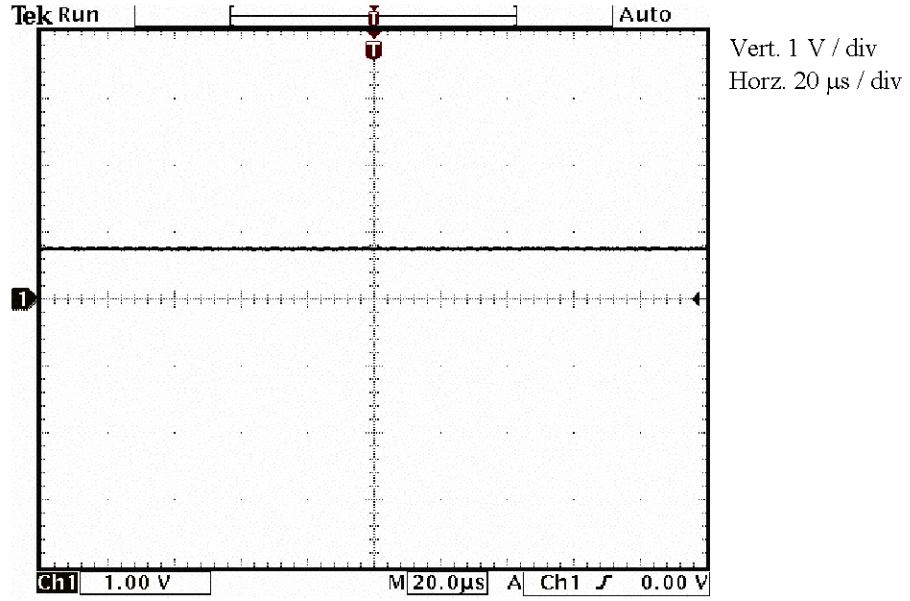
Şekil 10. Çıkış gerilimi

Şekil 11'de ise çıkış akımının bilgisayardan girilen referans gerilime göre aldığı değer görülmektedir. Çıkış akımı, akım algılayıcı üzerinden 5A olarak ölçülmüştür.



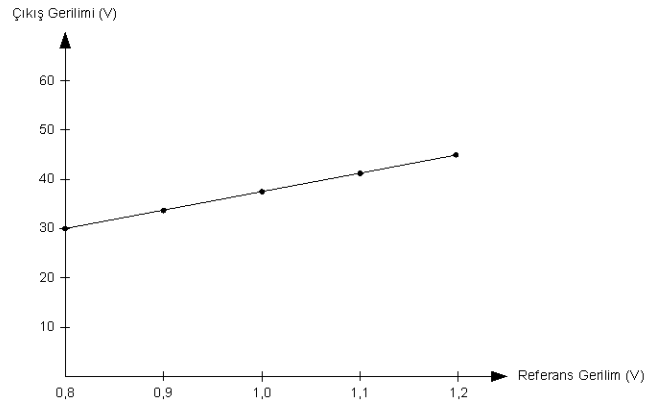
Şekil 11. Çıkış akımı

Mikrodenetleyiciye referans gerilim girişi 0,8 V olarak uygulanmıştır. Şekil 12'de referans gerilim girişi görülmektedir.

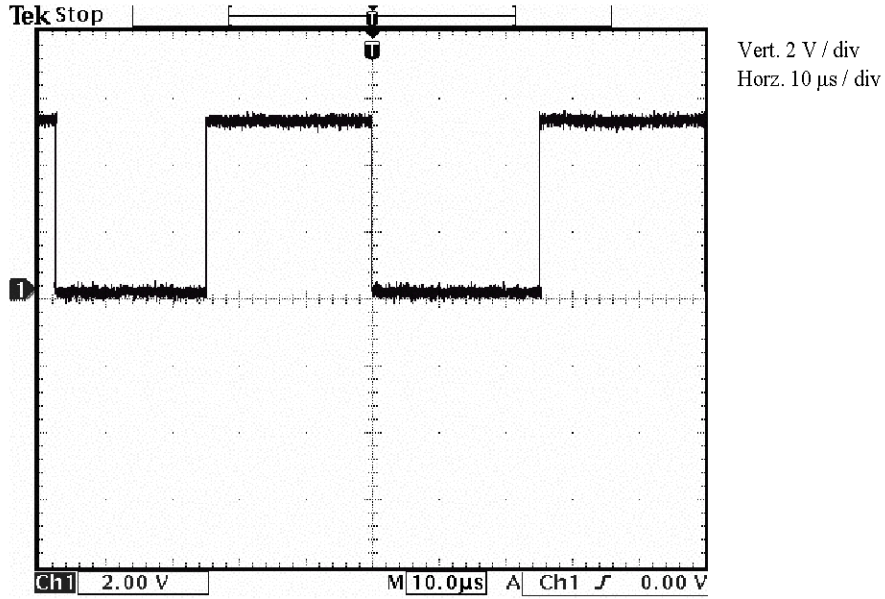


Şekil 12. Referans giriş gerilimi

Referans giriş gerilimi 0,8 V olarak alındığında çıkış gerilimi 30 V olarak ayarlanmış ve 6 Ω yük üzerindeki akım değeri 5 A olmuştur. Çıkış akım değeri, çıkış gerilim değerinin yük direncine bölünmesiyle bulunabilmektedir. Şekil 13'te 6 Ω sabit yük için referans giriş gerilimine göre çıkış gerilimi değişimi görülmektedir. Referans giriş geriliminin 0,8V-1,2V aralığı için çıkış gerilimi $V_{\text{ç}} = V_{\text{ref}} * 37,5$ olarak ifade edilebilir. Çıkış akımı değişimi ise $I_{\text{ç}} = V_{\text{ç}} / R$ eşitliğiyle bulunabilmektedir.

Şekil 13. 6 Ω sabit yük için referans giriş gerilimine göre çıkış gerilimi değişimi

Şekil 14'te IGBT sürücü devre giriş sinyali görülmektedir. Sürücü devre girişi 5 V seviyesinde kare dalga olarak mikrodenetleyicinin PWM çıkışından alınmaktadır.



Şekil 14. IGBT sürücü devre giriş sinyali

Şekildeki 0 V ile 5 V arasındaki değişimler çıkış gerilimi üzerinde yapılan ayarlamaları göstermektedir. Referans gerilim girişinde yapılan değişikliğe bağlı olarak çıkış gerilimi değişimi için PWM sinyalinde görev zamanı ayarı yapılmaktadır.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada bilgisayar ile kontrol edilebilen ve gerçek zamanlı izlenebilen bir TR ünitesi gerçekleştirilmiştir. PWM sinyali mikrodenetleyici kullanılarak elde edilmiş ve kontrol işareti 20KHz'lik frekansla yenilenmiştir. Böylece çıkış gerilimi dalgalanma oranı % 0,5'in altına indirilmiştir.

Geliştirilen TR ünitesinin akım ve gerilim değerleri RS232 seri port aracılığıyla bilgisayara aktarılmış ve gerçek zamanlı izlenmesi sağlanmıştır. Bilgisayar programından girilen referans gerilim değeri TR ünitesine RS232 seri port kullanılarak iletebilmekte ve referans elektrodun zamanla oluşabilecek ölçüm hataları gözönüne alınarak bilgisayar ile referans gerilim değerinin güncellenmesi yapılabilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Yalçın, H., Koç, T., "Katodik koruma", *Palme Yayınları*, 1:100-125 (1999).
2. Koç, T., Yalçın, H., "Korozyon ve katodik koruma", *Gazi Üniversitesi*, Ankara, 1:90-110 (1995).
3. Işık, H., Akcayol, M.A., "SCADA tabanlı katodik koruma trafo-redresör terminali tasarımı ve uygulaması", *VIII. Uluslararası Korozyon Sempozyumu*, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, 343-352 (2002).
4. Uhlig, H.H., "Corrosion and corrosion control", *John Wiley and Sons*, 1: 40-72 (1971).
5. Axelson, J., "Serial Port Complete", *Lakeview Research* (1998).
6. Motto, E.R., "Hybrid circuits simplify IGBT module gate drive", *Powerex Inc. Youngwood*, Pennsylvania, USA, 1:1-10 (1999).
7. Mohan, N., Underland, T.M., Robbins, W.P., "Power electronics", *Wiley*, USA, 1:120-125 (1995).
8. Pullock, B., Williams, W., "Power converter circuits for switched reluctance motors with the minimum number of switches", *IEE Proc.*, November, 137(B-6): 374-384 (1990).