



Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology

Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

ISSN 1012-2354

Cilt (Volume): 28, Sayı (Issue): 2, Mart/March-2012

<http://fbe.erciyes.edu.tr/>



Mikro ve mini hidroelektrik santralleri için mikrodenetleyici tabanlı bir elektronik governor sisteminin tasarımı

Adem DALCALI*, Emre ÇELİK, Serdal ARSLAN

Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi Bölümü, ANKARA

Anahtar Kelimeler:

Governor kontrol,
Ayar kanatları,
Mikro ve Mini HES

ÖZET

Bu çalışmada, mikro ve mini hidroelektrik enerji santrallerinde (HES) kullanılmaya uygun, şebeke frekansı referans alınarak türbin giriş suyu ayarını yapabilen elektronik bir kontrol sisteminin prototipi gerçekleştirilmiştir. Mikrodenetleyici tabanlı bu sistemde alternatörün frekansı sıfır geçiş devresi ile ölçülmektedir. Tasarlanan governor sistemi, santrallerin enterkonnekte sisteme bağlanmasını kolaylaştıracak ve sistemdeki frekans dalgalanmalarını çok kısa sürede giderecektir. Bu sistemde mikrodenetleyici kullanılarak mekaniksel kayıplar ile tepki süresi en aza indirilmiş ve PLC ile karşılaştırıldığında maliyet açısından daha uygun bir kontrol sistemi ortaya konmuştur. Önerilen governor sistemi ile sistemin toplam verimi, donanım ömrü, esneklik ve sistemin güvenilirliği artırılmıştır.

Design of a microprocessor based electronic governor system for micro and mini hydroelectric power plants

Keywords:

Governor control,
Setting wings,
Micro and Mini HPP

ABSTRACT

In this study, a prototype of an electronic control system that is suitable for use in micro and mini hydroelectric power plants (HPPs) and capable of setting the turbine inlet water by reference to the grid frequency has been carried out. In this microprocessor-based system, the frequency of the alternator is measured with a zero-crossing circuit. The designed governor system will simplify the connection of power plants to the interconnected system and will eliminate the frequency fluctuations in the system in a very short of time. In this system, using the microprocessor, the mechanical losses and response time are minimized and when compared with PLC in terms of cost, a more appropriate control system has been introduced. The total efficiency, equipment life, flexibility and reliability of the system are increased with the proposed governor system.

1. Giriş

Nüfus artışı ve gelişen teknoloji sonucu ortaya çıkan enerji gereksinimini karşılamak için enerji kaynaklarına duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Fosil yakıtların çevre kirliliğine sebep olması ve tükenmesi nedeniyle yeşil enerjinin popülaritesi artmıştır. Ucuz, yerel ve çevre dostu temiz enerji kaynaklarından faydalanmak için bütün dünyada yoğun çalışmalar yürütülmektedir. Temiz enerji kaynakları arasında en önemli olanı hidroelektrik enerjidir. Türkiye'nin sahip olduğu hidroelektrik enerji potansiyeli güvenilir, sürekli, kaliteli, çevreye etkisi en az olan, ucuz, yerel ve sürdürülebilir üretimi ile hayati bir öneme sahiptir [1]. HES'lerin yıllık enerji üretim miktarı, kaynağa gelen su miktarıyla doğru orantılı olduğundan ve bir yıl boyunca gelen su, tam kapasite çalışmaya yetmeyebileceğinden, genel olarak puant santrali olarak çalıştırılırlar. HES'lerin devreye alınışı ve devreden çıkarılışı kolay ve hızlı olduğundan, su rejimine bağlı olarak enerji gereksiniminin çok olduğu puant saatlerde çalıştırılarak enerjiye az gereksinim olduğu zamanlarda da devre dışı bırakılırlar. Tam kapasite çalışmada, türbin kanatlarının önündeki su giriş kapakçıkları tamamen açıktır ve geçen su miktarı en üst düzeydedir. Ancak sistemden çekilen enerji, kullanıcıların devreye girme ve çıkmalarına göre değişir. Sisteme anlık olarak istenilen enerjinin verilmesini, üretim ünitesindeki regülasyon sistemi sağlar [2]. Regülasyon sisteminin en önemli parçası governordur.

Su gücünden faydalanarak elektrik enerjisi üretilen hidroelektrik santrallerde generatörden elde edilen elektrik enerjisinin istenilen frekansta ve istenilen güç değerinde elde edilmesi gerektiği kaçınılmaz bir gerçektir. Suyun türbine giriş miktarının kontrolü dolayısıyla elde edilen enerjinin frekans ve güç değerlerinin kontrolü governor mekanizmaları yardımıyla gerçekleştirilir. Governor sisteminin görevi türbine giren suyun miktarını ayarlayarak türbin devir ve gücünün kontrolünü sağlamaktır. Daha fazla güce ihtiyaç duyulduğunda türbin girişine ayar kanatları yardımıyla daha fazla su verilmesi sağlanır. Benzer şekilde daha az güce ihtiyaç duyulduğunda ayar kanatları belirli derecede kapatılarak daha az miktarda suyun türbine geçişine imkân tanır. Bu şekilde frekansta istenilen değerlerde elde edilir.

Yarıiletken teknolojinin gelişimine paralel, HES'lerde otomasyon elemanı olarak PLC, mikrodenetleyici, sayısal işaret işlemcilerinin kullanılması yaygınlaşmaktadır. Bu elemanların kullanılması ile mikrodenetleyicinin sistemi denetlemesi ve maksimum gücün çekilmesi, programlama mantığının geliştirilmesi ile mümkün olur [3].

Governor sistemlerinin kontrolü konusunda literatürde bazı çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, Ryu ve ekibi geliştirmiş olduğu genişletilmiş integral tabanlı governor sisteminde yaptıkları simülasyonlar sonucunda oluşturdukları sistemin klasik PI (Proportional-Integral, Oransal-İntegral) kontrol sistemlerinden daha iyi olduğunu ifade etmişlerdir [4]. Eker yaptığı çalışmada, hidrolik türbinlerde hız kontrol regülâtörü için tek giriş-çok çıkış tasarım yaklaşımını sunmuştur. Elde ettiği sonuçlarda, geleneksel PI ve PID (Proportional-Integral-Derivative, Oransal-İntegral-Türevsel) tasarımları ile karşılaştırılıp, zaman ve frekans düzleminde sunmuştur. Önerilen governor mekanizmasının sistemin performansını iyileştirdiğini belirtmiştir [5]. Stefopoulos ve arkadaşları yaptıkları çalışmada governor-türbin modellerinin belirlenmesi için evrimsel hesaplama tekniklerini kullanmışlardır. Optimizasyon aracı olarak gerçek bir kodlanmış genetik algoritma ile çalışmışlardır. Önerdikleri yöntemin üstünlükleri; doğruluk, esneklik ve giriş verisi olarak az sayıda bilgi girişi gerektirmesidir. Ancak sistemin en büyük dezavantajı ise yürütme hızının yavaş olmasıdır [6]. Rock ve ekibi ise PLC tabanlı governor sistemi ile çalışmışlardır. Bu çalışmalarında PLC kullanımının analog sistemlere göre türbin kontrol etkinliğini arttırdığını, aşırı hızlara karşı koruma sağladığını belirtmişlerdir [7]. Bu çalışmada literatürden farklı olarak sıfır geçiş devresi ile frekans değeri okunarak referans frekans ile karşılaştırılmış ve mikrodenetleyici yardımıyla kapak açma ve kapama komutları üretilmiştir.

2. Mikro ve mini hidroelektrik santraller ve kullanılan governor sistemleri

Mevcut kullanılan enerji üretim sistemlerin yetersizliği, ya da farklı kaynak arayışları alternatif enerji kaynaklarının doğmasına öncülük etmektedir. Bu da yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talebi gün geçtikçe arttırmaktadır [8]. Yüksek petrol fiyatları, fosil yakıtların çevresel etkileri üzerine duyulan endişeler, dünyanın pek çok ülkesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının arttırılmasına yönelik verilen teşvikler, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha geniş oranda kullanımının yolunu açmaktadır. 2035 yılına kadar dünya genelinde hidroelektrik ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketiminde yıllık % 3,2'lik artış beklenmektedir. Enerji kaynaklarındaki reel bazda fiyat artışlarına bakıldığında; 2000-2009 arasında petrol fiyatlarında %76, doğalgaz fiyatlarına %114, kömür fiyatlarında ise %136'lık artışlar yaşanmıştır. Yapılan tahminlere göre başta petrol fiyatları olmak üzere, doğalgaz ve kömür fiyatlarının sürekli biçimde artması beklenmektedir [9]. Bu artışları göz önüne aldığımızda yakıtını doğadan sağlayan yani yakıt maliyeti olmayan

yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmenin doğru olabileceğini söyleyebiliriz.

Farklı enerji kaynak arayışlarına bir alternatif olarak nehir kenarına veya nehir boyuna inşa edilen mikro ve mini hidroelektrik santrallerin kullanılabilirliği düşünülebilir. Mikro ve mini hidroelektrik santralleri, özellikle diğer enerji santrallerinin yapılamadığı kırsal bölgelerde artarak kullanılan alternatiflerdir [10]. Ülkelerin başlıca yenilenebilir enerji kaynağı olan hidroelektrik potansiyelinin değerlendirilebilmesi için, yakıt masrafı olmayan, yük taleplerine kolaylıkla uyum sağlayan büyük HES'lerin yapılması gerektiği kadar yapımı daha kısa süren ve kurulum maliyeti düşük olan mikro ve mini HES'lerin de çoğaltılması büyük önem taşımaktadır. Mikro ve mini suların değerlendirilmesi buldukları yöreye enterkonnekte şebekenin ulaşma zorunluluğunu ortadan kaldıracığından, iletim hatlarındaki kayıplarda önemli bir azalma meydana getirecektir. Küçük hidroelektrik santraller, Birleşmiş Milletler Sanayi ve Kalkınma Organizasyonu sınıflamasına göre 1MW ile 10MW arası kurulu güçlere sahip santralleri kapsamaktadır. 1MW'dan daha küçük kapasiteli hidroelektrik santrallere de mini HES denilmektedir. Akarsular üzerinde kurulacak HES'ler hem enterkonnekte şebekenin yükünü hafifletecek, hem de iletim ve dağıtım kayıplarını azaltıcı ve ulusal şebekenin kalitesini arttırıcı bir rol oynayacaktır [11-13].

Hidroelektrik santrallerinde amaç suyun potansiyel enerjisini türbin ve generatör yardımıyla elektrik enerjisine çevirmektir. Santrallerde üretilen güç, suyun debi ve düşüsü ile orantılıdır ve Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanır [14].

$$P = Q \cdot H \cdot \eta \cdot \gamma \quad (1)$$

Burada P güç (W), Q debi (m^3/s), H düşü (m), η toplam verimi ve γ suyun özgül ağırlığını ifade etmektedir. Mikro ve mini hidroelektrik santraller genellikle şebeke ile paralel çalışacak şekilde, yani ürettiği enerjiyi bağlı bulunduğu indirici merkez üzerinden şebekeye aktaracak biçimde tasarlanır. Diğer yandan mikro ve mini HES'ler istenildiği ve gerekli koşulları yerine getirdiği takdirde bulunduğu bölgedeki yükleri, şebekeden bağımsız bir şekilde besleyebilir [15].

Geleneksel kontrol sistemlerinde işlem akışı aynı kalmakla beraber, gelişen sayısal teknoloji ile birlikte elektromanyetik rölelerin yerlerini yarı iletken devre elemanları almıştır. Sayısal kontrol sistemleri, geleneksel kontrol sistemlerine göre daha geniş ölçekte bilgi toplanması, değerlendirilmesi, saklanması ve kayıt edilmesi imkânlarını vermektedir [14].

Governor mekanizmaları güç sistemlerinde türbin-generatör hızlarını düzenlemek için kullanılır. Governor

fikri ilk olarak 19. Yüzyılda Clark Maxwell tarafından analitik olarak çalışılmıştır. Governor sistemi, gelişiminde üç evre geçirmiştir. Bu evreler; mekanik-hidrolik hız regülâtörü, analog elektro-hidrolik hız regülâtörü ve sayısal elektro-hidrolik hız regülâtörüdür. Sayısal elektro-hidrolik governor sistemi iki tipe ayrılır, bunlardan ilki tam sayısal kontrol diğeri ise hidrolik kısmının analog kontrollü, elektriksel kısmının sayısal olduğu governor sistemleridir. 20 yy. ortalarına kadar kullanılan mekanik-hidrolik hız regülâtörlerinde hız algılaması sarkaç tarzında bir mekanik mekanizma yardımıyla sağlanmaktaydı. Mekanik-hidrolik governorların kontrol mekanizmaları karmaşık, bakım gerektiren ve ilk kuruluş maliyeti yüksek olan sistemlerdir. Elektro-hidrolik governor sistemlerinde hız algılaması, hız-çıkış ayarları elektriksel olarak kontrol edilerek mekanik bileşenlerin kullanımı en aza indirilmiştir. Bu şekilde sistemin toplam verimi, donanım ömrü ve sistemin güvenilirliği artmaktadır. Bu tip governor sistemlerinin koruma ve hız algılama ünitelerinin maliyeti yüksek olduğundan büyük kapasiteli HES'lerde kullanılması daha uygundur. Sayısal governor sistemleri günümüzde en çok kullanılan governor mekanizmalarıdır. Bu sistemlerin üstünlükleri; geçici durumlar için hızlı tepki verebilmesi, uzak yerlerden de kontrol edilebilmesi, bir komut ile sistemi başlatma ve devreden çıkarılabilme ve şebeke frekansına göre çıkış gücünün kontrol edilebilmesidir [5,16-18].

Governor sistemlerinde generatörün frekansı sıfır geçiş devresi yardımıyla veya generatörün dakikadaki devir sayısı yardımıyla Eşitlik 2 kullanılarak bulunabilir.

$$f = \frac{n \times P}{120} \quad (2)$$

Eşitlik 2'de P kutup sayısını, n generatörün devir sayısını (devir/dakika) ve f generatörün ürettiği gerilimin frekansını (Hz) ifade etmektedir.

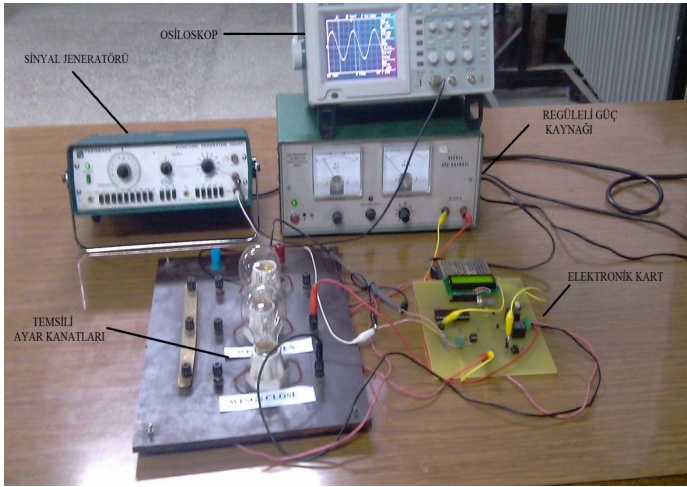
Tam kapasite çalışmada, türbin kapaklarının önündeki su giriş kanatları tamamen açıktır ve geçen su miktarı en üst düzeydedir. Ancak türbin-generatör sisteminin aktif olarak çalışması esnasında enerji tüketicilerinin talebinde olan değişiklikler sonucunda, generatör üniteleri mevcut durumundan daha fazla yük altına girebilir veya çıkabilirler. Grubun üzerindeki yükün değişmesi aynı anda türbin hızına da etki eder. Türbin üzerindeki yükün artması türbin hızının düşmesine, azalması ise türbin hızının yükselmesine neden olacaktır. Türbin hızının değişmesi ise generatör kısmında üretilen gerilimin frekansının değerini değiştirir. Bu durum enterkonnekte sistemde çalışma için uygun olmayan, elektrik üretiminde istemeyen bir durumdur.

Türbin-generatör ünitesi çalışırken üzerindeki yükün artması veya yükten çıkması gibi durumlarda generatörde

üretileen gerilimin frekansının referans frekansa eşit olması için türbin çarkına giren tahrik suyunun artması ya da azalması gerekir. Örneğin, bir grup yük şebekeden ayrıldığında generatörün hızında bir artma meydana gelir ve bu hız artışına müdahale edilmezse hız, tehlikeli boyutlara ulaşabilir. Burada hızın artışı frekansın değişimine sebep olduğu gibi türbin-generatör sistemine de ciddi zararlar verebilir. Bu gibi durumları önlemek için çarkı tahrik eden suyun miktarını, ayar kanatlarının yardımıyla azaltmak gerekir.

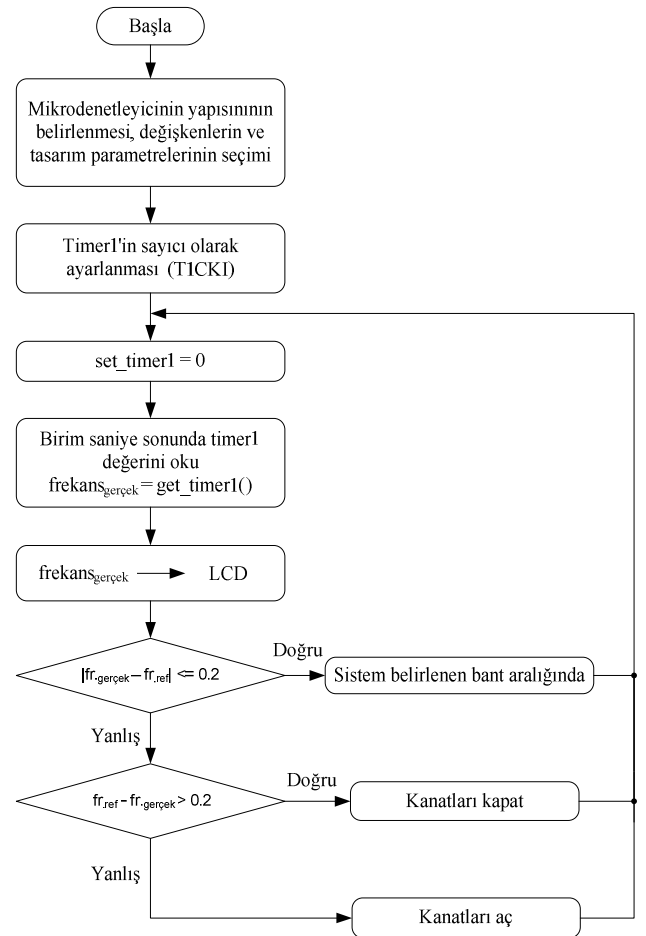
3. Geliştirilen governor sistemi

Tasarımı ve prototipi gerçekleştirilen sistem Şekil 1'de verilmiş olup mikrodenetleyici tabanlı bir governor mekanizmasına sahiptir. Tasarlanan governor sistemi generatörün çıkış frekansını ölçerek referans frekansla bir mikrodenetleyici yardımıyla karşılaştırır ve bu karşılaştırma sonucunda suyun türbine hangi miktarda gireceğini belirleyen ayar kanatlarının pozisyonunu ayarlar. Elde edilen gerilimin frekans değeri referans değerden büyük ise mikrodenetleyici ayar kanatlarının kapanması için, değer küçük ise ayar kanatlarının açılması için gerekli bilgiyi gönderir.



Şekil 1. Prototipi gerçekleştirilen mikrodenetleyici tabanlı governor mekanizması.

Şebekede olacak ani yüklenmeler veya yüklerin aniden şebekeden ayrılması durumunda şebekenin zarar görmemesi için sistemin bu ani durumlara hızlı tepki vermesi gerekir. Bu tepkilerin algılanması ve düzeltmelerin yapılması önemlidir. Bunun en kısa sürede gerçekleşmesi için bu sistemde mikrodenetleyici olarak PIC 18F452 işlemcisi kullanılarak daha hızlı veri iletişimi sağlanarak daha hızlı kontrol sinyali üretilmektedir.

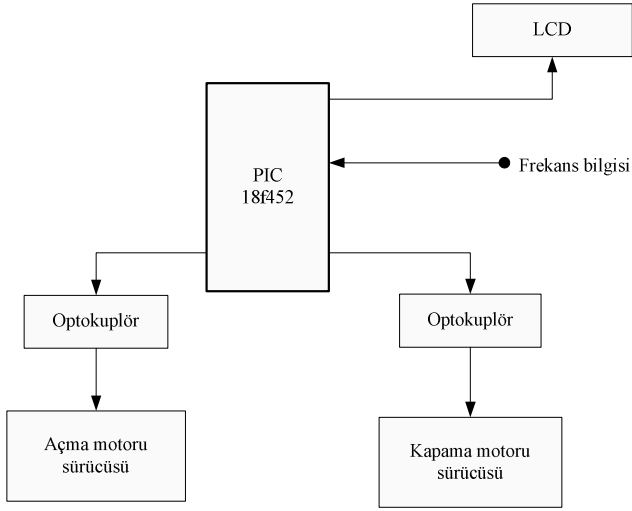


Şekil 2. Gerçekleştirilen governor sisteminin akış diyagramı

Geliştirilen mikrodenetleyici sisteminin akış diyagramı Şekil 2'de verilmektedir. Akış diyagramına göre ilk olarak mikrodenetleyicinin giriş-çıkış pinlerinin ayarlamaları, değişken atamaları ve harici donanım Sayıcı1, TICK1 pininden gelen yükselen kenar tetiklemelerini sayacak şekilde ayarlanmıştır. Program içerisinde gerilim sıfır geçiş devresinden gelen dijital sinyallerin yükselen kenarları her bir saniyede program tarafından okunmaktadır. Frekans birim saniyedeki sayıkl sayısı olduğundan, birim saniyede gerilim sıfır geçiş devresinden aynı miktarda pals okunmaktadır.

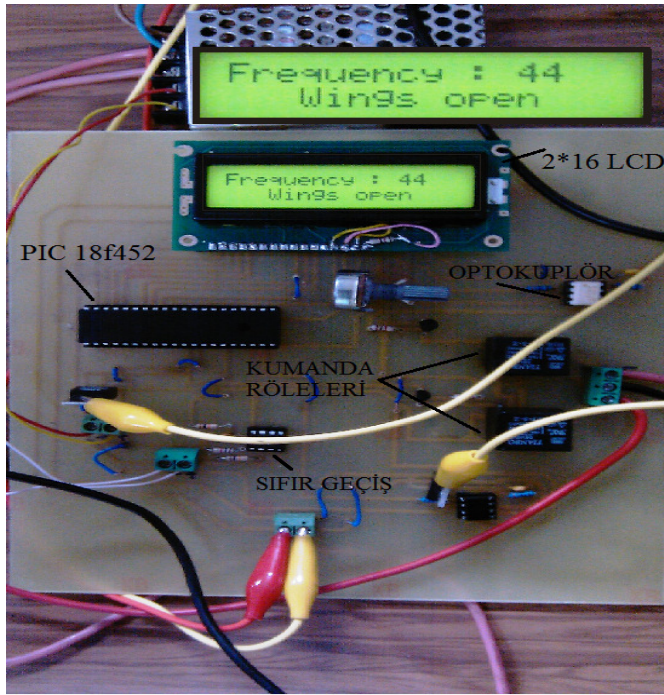
Dolayısıyla Sayıcı1 değeri doğrudan frekans bilgisini vermektedir. Elde edilen bu frekans bilgisi referans frekans bilgisi ile karşılaştırılmaktadır. Elde edilen farkın mutlak değeri 0,2'den küçük veya eşit olduğu müddetçe sistem belirlenen bant aralığında olduğu kabul edilmiş ve ayar kanatlarına herhangi bir kontrol sinyali gönderilmemektedir. Hata sinyali 0,2 değerini aştığında ayar kanatlarına açma komutu gönderilerek kademeli olarak türbine giren su miktarının artırılması sağlanmaktadır. Yukarıda durumların dışında yani hata negatif 0,2'den büyük olduğunda ise ayar kanatlarına kapama kontrol sinyali gönderilerek kademeli olarak

türbine giren su miktarı azaltılmaktadır. Bu işlemler bir döngü içerisinde sürekli tekrarlanmaktadır. Frekansın okunma sıklığı 1 saniye olarak ayarlanmıştır. Sistemin kapalı devre şeması Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Prototipi geliştirilen sistemin kapalı devre şeması

Şekil 4'de görülen deney ortamında referans frekans değeri 50 Hz olarak ayarlanmıştır. Bu durumda, ölçülen gerçek frekans değeri 44 Hz olarak okunmuştur. Generatör frekansının 50 Hz değerine oturması mikrodnetleyici tarafından algılanmış ve kapakların açılması mikrodnetleyici ile kısa sürede otomatik olarak ayarlanmıştır. Gerçekleştirilen sisteme ait düzenek, deney ortamı ile birlikte Şekil 4' de verilmiştir.



Şekil 4. Generatör çıkış frekansı ve üretilen sinyalin LCD ekranda gösterimi.

4. Sonuç ve öneriler

Mikrodnetleyici tabanlı olarak gerçekleştirilen bu sistemin diğer sistemlere göre avantajları; daha yüksek güvenilirliğe, tasarım esnekliğine ve yazılım üzerinden istenilen müdahaleyi gerçekleştirebilme seçeneğine sahip olmasıdır.

Geliştirilen governor sistemi, alternatörün frekansını sürekli (1 saniye aralıklarla) ölçerek 49,8 ile 50,2 bant aralığında tutmaktadır. Alternatörün frekansı 49,8 Hz ile 50,2 Hz aralığında ise sisteme herhangi bir müdahale yapılmamaktadır. Alternatör yüklediğinde frekansı, anma frekansı olan 50 Hz değerinden aşağıya düşmektedir. Mikrodnetleyici tarafından sıfır geçiş devresi ile algılanan bu durum da türbine giren su miktarı kademeli olarak artırılarak alternatör frekansının kabul edilebilir değerler arasında olması sağlanır. Aynı şekilde generatörden yük ayrıldığında frekans anma frekansından fazla olacaktır. Bu durumda da türbine giren su miktarı kademeli olarak azaltılarak frekans ayarlanan değerlerde olması sağlanır.

Çalışma sırasında mikrodnetleyicinin manyetik gürültülerden etkilendiği ve okunan frekans değerlerinde tutarsızlıklar olduğu gözlenmiştir. Bu amaçla sisteme izolasyon devresi eklenmiş ve bu sorun giderilmiştir.

Tasarlanan bu sistem ile mekanik parçaların miktarı azaltılarak bu sistemlerde oluşacak verim kaybının önüne geçilmiştir. Ayrıca bu sistemlerin maliyeti PLC ile gerçekleştirilen sistemlere nazaran çok daha ekonomiktir. Tablo 1'de, kullanılan mikrodnetleyici ve farklı modellerdeki PLC'lerin fiyatları sunulmuştur.

Tablo 1. Kullanılan mikrodnetleyici ve farklı tipteki PLC'lerin fiyatları

18F452	S7-200 CPU22	S7-300 CPU 314C-2DP
10 €	119 €	1017 €

5. Kaynaklar

1. Bakış, R., Altan, M., Gümüşlüoğlu, E., Tuncan, A., Ayday, C., Önsoy, H., Olgun, K., Porsuk Havzası Su Potansiyelinin Hidroelektrik Enerji Üretimi Yönünden İncelenmesi, Eng&Arch. Eskişehir Osmangazi University, Vol: XXI, No: 2, 2008.
2. Özbay, E., Gençoğlu, M.T., Hidroelektrik Santrallerin Modellenmesi, V. Yenilenebilir Enerji

- Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır, 108-115, Haziran 2009.
3. Demirci, E., Şenlik, İ., Atalay, T., Hidrolik Enerji Üretimi için Bir Uygulama Çalışması, IV Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Gaziantep, s. 93-97, Kasım 2007.
 4. Ryu, H-S., Min, K-I., Lee, J-G., Moon, Y-H., Extended Integral Based Governor Control for Power System Stabilization, 0-7803-7519-X/02, 2002 IEEE.
 5. Eker, İ., Robust Governor Design for Hydro Turbines Using a Multivariable-Cascade Control Approach, The Arabian Journal for Science and Engineering, Vol. 28, Num.2B, October 2003.
 6. Stefopoulos, G.K., Georgilakis, P. S., Hatziargyriou, N.D., An Evolutionary Computation Solution to the Governor-Türbine Parameter Estimation Problem, 1-59975-028-7/05, 2005.
 7. Rock, P., Bauman, T., Granzin, B., PLC-Based Turbine Governor System, Conference Record of the 2006 IEEE IAS Pulp and Paper Conference, 2006.
 8. Tarımer, İ., Sakar, S., Dalcalı, A., Computer Aided Design of Permanent Magnet Linear Synchronous Generator, Przegląd Elektrotechniczny, s.230-234, March 2010.
 9. Elektrik Üretim Sektör Raporu 2010, <http://www.euas.gov.tr/Ocak> 2011.
 10. Kömürcü, M.İ., Akpınar, A., Hydropower Energy Versus Other Energy Source in Turkey, Energy Sources: Part B; Economics, Planning and Policy, 185-198, May 2010.
 11. Gençoğlu, M.T., Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14/2, s. 57-64, Aralık 2002.
 12. Uzlü, E., Filiz, M.H., Kömürcü, M.İ., Akpınar, A., Yavuz, O., Doğu Karadeniz Havzası'ndaki Mikro ve Mini Hidroelektrik Santrallerin Durumu, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Aralık 2008.
 13. Gençoğlu, M.T., Cebeci, M., Büyük Hidroelektrik Santraller ile Mikro ve Mini Hidroelektrik Santrallerin Karşılaştırılması , Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, İzmir, Ocak 2001.
 14. Öztürk, M., Yanıkoğlu, E., Çavuş, T.F., Metin, A., Mikro ve Mini Hidroelektrik Santralleri Gücünün Bulanık Mantık Yöntemiyle Tahmini, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, BURSA, Aralık 2006.
 15. Güner, E., Tör, B.O., Altın, M., Nadar, A., Mikro ve Mini Hidrolik Santrallerin Projelendirilmesinde Göz Önünde Bulundurulması Gereken Bazı Temel Hususlar, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, Bursa, 26-30 Kasım, 2008.
 16. Codrington, J., The Hydro Turbine Governor and Why it is Important to Understand it, Electrical Power and Energy Conference, Canada, August 2010.
 17. Tai, J., Simulation Study on the Digital Electro-Hydraulic Servo System of Speed Governor System of Turbine, IEEE Computer Society, 2010 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, 2010.
 18. Guide For Selection of Turbine and Governing System for Small Hydropower, Alternate Hydro Energy Centre Indian Institute of Technology, ROORKEE, May 19, 2008.