

Kanal Tipi Hidroelektrik Santral'in PLC-SCADA Uygulaması ve Prototipinin Yapılması

The Prototype of the Runoff River Hydropower Plant with PLC and SCADA

*¹Hüseyin Altınkaya, ²Ali Ersayan ve ³Mustafa Yılmaz

*¹ Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karabük Üniversitesi, Türkiye

²Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karabük Üniversitesi, Türkiye

³Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karabük Üniversitesi, Türkiye

Özet

Dünyamız ve ülkemiz için yenilenebilir enerji kaynaklarının ve bu konu ile ilgili yapılan çalışmaların önemi her geçen gün artmaktadır. Son yıllarda Türkiye'de nehir ve/veya kanal tipi hidroelektrik santrallerinin sayısı hızla yükselmektedir. Bu çalışmada, kanal (nehir) tipi bir hidroelektrik santralin (NTHES) prototipi ve otomasyonu gerçekleştirilmiştir. Birçok sistemde ve hidroelektrik santrallerde kullanılmakta olan PLC (Programmable Logic Controller) ve SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) kullanılarak prototipin kontrolleri sağlanmıştır. Gerçek bir NTHES'in çalışma şartları SCADA ortamında oluşturulmuştur. Prototip üzerinde su akış oranı, devir sayısı ve su seviyesinin ölçümü ve kontrolü sağlanmıştır. Su akış oranı ve devir sayısındaki değişimlerim üretilen gerilimi nasıl etkilediği gözlemlenmiştir. Yapılan prototip PLC-SCADA ve NTHES konularında bir eğitim metaryeli olarak kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: Nehir tipi HES, PLC, SCADA

Abstract

Renewable energy sources, as well as the studies being conducted regarding these energy sources, are becoming increasingly more important for our world and country. In Turkey, in recent years, the number of runoff river hydropower plants has been increasing rapidly. In this study, a runoff river hydropower plant (RRHPP) prototype has been set up and built automation. The prototype has been controlled by using PLC (Programmable Logic Controller) and SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) used in hydroelectric plants and many systems. The real working conditions of the RRHPP has been formed in the SCADA environment. On the prototype, the water flow rate, the speed (rpm) and the water level have been controlled and measured. It has been observed how the change of the water flow rate and the speed affect the voltage. The prototype can be used as a training material in courses related to PLC-SCADA and RRHPP.

Key words: Runoff river hydropower plant, PLC, SCADA

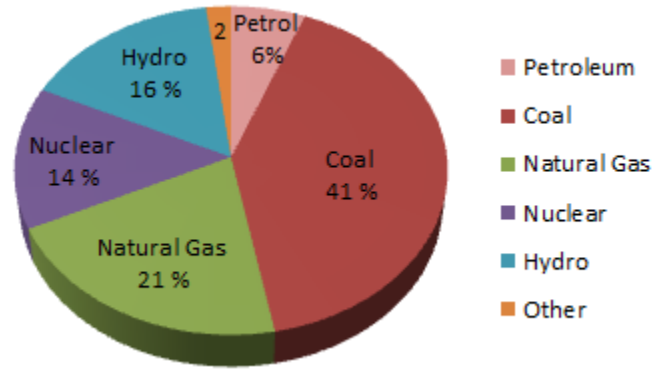
1. Giriş

Günümüzde ülkelerin kalkınma göstergeleri içerisinde önemli bir yeri olan elektrik enerjisi, çok farklı alanda kullanılır duruma gelmiştir. Toplumsal refah düzeyi yükseldikçe ve teknolojinin hızla gelişmesi elektrik enerjisine olan talep artmakta, bu da daha fazla elektrik üretimini zorunlu hale getirmektedir. Dünyada enerji talebinin büyük bir çoğunluğu fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Ancak bu kaynaklar hızla azaldığından, en iyimser tahminler bile önümüzdeki elli yıl içinde rezervlerin büyük ölçüde tükeneceğini ortaya koymaktadır. Diğer yandan fosil kaynaklardan elde edilen yakıtların kullanımı dünya ortalama sıcaklığını son bin yılın en yüksek değerlerine ulaştırmış, sanayileşmenin yoğunlaştığı sahalarda ortaya çıkan çevre kirliliğinin yanı sıra maddi hasarlara yol açan sel, taşkın ve fırtına gibi doğal felaketler belirgin bir şekilde artmıştır. Benzer sorunların yakın gelecekte daha da artacağı tahminlerinden hareketle toplumların temiz enerji kaynaklarına yönelmesi kaçınılmazdır [1].

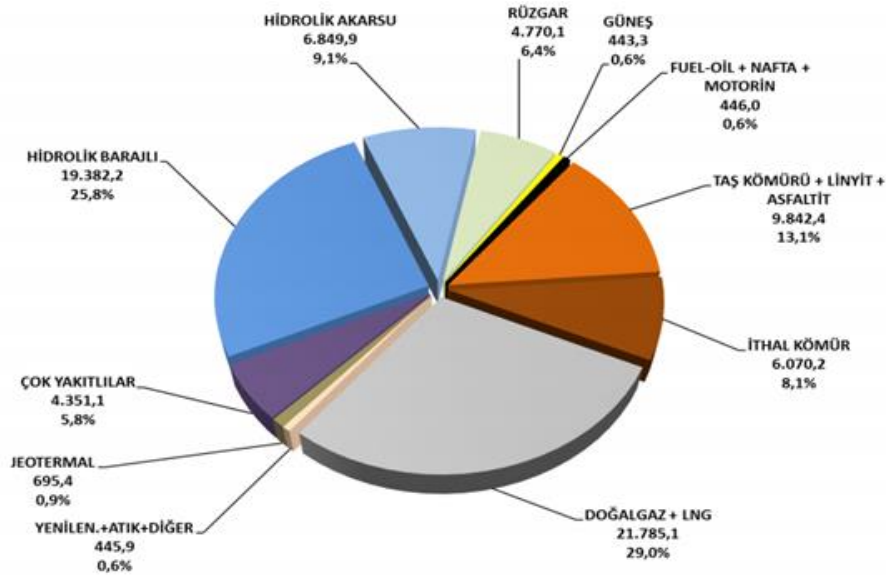
Elektrik enerjisi Türkiye'nin kısa ve orta vadede çözmesi gereken temel sorunlarından. Sorunun çözümü kapsamında üzerinde durulan önemli seçeneklerden biri, su gücü potansiyelinden daha etkin ve yaygın bir şekilde yararlanmaktır. Bu çerçevede yakın zamana kadar pek dikkate alınmayan küçük ve orta ölçekli hidrolik kaynakların nehir tipi santrallerle değerlendirilmesi fikri ön plâna çıkmıştır. Genel olarak bakıldığında Türkiye'nin son yıllarda artan elektrik enerjisi talebini karşılamada daha ziyade doğalgaza yöneldiği, öz kaynaklarını harekete geçirmekte geç ve yetersiz kaldığı görülür. Ayrıca yerli kaynakların en başında gelen su gücünden elektrik enerjisi üretiminde yakın zamana kadar baraj tipi santraller ön plânda tutulmuş nehir (kanal) tipi küçük santrallere fazla önem verilmemiştir. Ancak son yıllarda nehir (kanal) tipi santrallere karşı gerek dünyada, gerekse Türkiye'de giderek artan bir ilginin olduğu gözlenmektedir. Türkiye nehir (kanal) tipi santrallerle elektrik üretebilecek dikkate değer bir hidrolik potansiyele sahiptir. Toplam potansiyel 50.000 GWh/yıl, teknik potansiyel 30.000 GWh/yıl ve ekonomik potansiyel 20.000 GWh/yıl kadardır [1].

Özellikle doğalgaz termik santrallerinin yaygınlaşması nedeniyle elektrik üretiminde giderek dışa bağımlı hale gelen Türkiye'nin, ekonomik olarak işletilebilir nitelikteki hidrolik kapasitesinin tamamını değerlendirme zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Diğer yandan toplam finansman ihtiyaçlarının nispeten az olması, daha kısa bir süre içinde inşa edilebilmeleri, yürürlükte olan devlet teşvikleri ve düşük işletme giderleri gibi avantajları nedeniyle nehir (kanal) tipi santral yatırımları cazip hale gelmektedir.

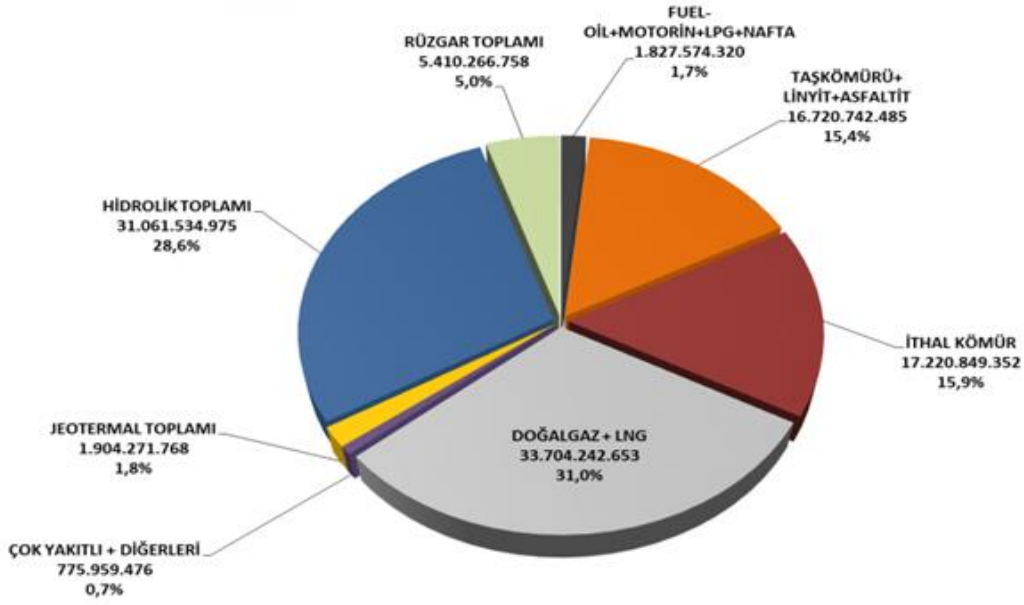
Literatür incelendiğinde nehir tipi santraller ve barajlı HPP lerle ilgili yapılan çalışmaların HPP lerin su biriktirme kapasitelerinin tahmin edilmesi, baraj su seviyesinin tahmin edilmesi, hangi tür türbinlerin nehir tipi santraller için uygun olduğu, bir nehir tipi santralin optimal boyutlarının bulunması, küçük hidroelektrik santrallerin projelerinin maliyetinin değerlendirilmesi, uzman sistemlerle HPP nin yönetimi vb. konular üzerinde çalışıldığı görülmektedir [2-12].



Şekil 1. 2011 yılında kaynakların dünya elektrik üretimindeki payı (IEA Int Energy agency)



Şekil 2. Türkiye'de elektrik enerjisi kurulu gücü mayıs 2016

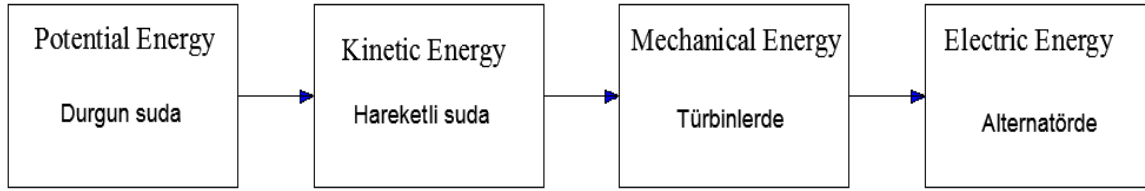


Şekil 3. Türkiye’de elektrik üretimi Mayıs 2016

Şekil 1, 2, 3’ten de görülebileceği gibi dünyada ve Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payı fosil yakıtlı kaynaklara göre oldukça azdır [13,14]. Türkiye’de elektrik üretiminde en büyük paya sahip enerji kaynağı doğal gaz iken hidro kaynaklar üçüncü sırada yer almaktadır. Türkiye doğal gaz ve petrol ithal eden bir ülkedir ve bu nedenle hidro kaynakların efektif kullanımı daha çok önem kazanmaktadır. Dikkat çekici bir durum da barajlı ve nehir tipi HES’lerin kurulu güce göre toplam %34,9 luk bir orana sahipken üretimdeki payının %28,6 olmasıdır. Buradan barajlı ve nehir tipi HPP lerin önemli miktarda, kapasitelerinin altında çalıştığı görülmektedir. HPP lerin üretim kapasiteleri doğrudan su miktarıyla ilgilidir. Bu nedenle özellikle yağış miktarı gibi meteorolojik parametreler HPP lerin fizibilite çalışmalarında dikkate alınmalıdır. Bu parametreler bir barajı olmayan ve suyu direkt olarak kullanan nehir tipi santraller için daha çok önem kazanmaktadır.

2. Nehir Tipi HES’lerin Çalışma Prensibi

Nehir tipi hidroelektrik santralleri suyun akarsu yatağından alındıktan sonra düşüş sağlanabilecek uzaklıkta belirli bir yükseklikten düşürülmesiyle su türbinlerinin döndürülmesi ve bu sayede elektrik üretimi sistemine dayanmaktadır. Nehir tipi hidroelektrik santraller depolamasız (baraj gölü olmayan) santrallerdir. Su toplamak için nehrin içine bir set çekilmekte ve nehir suyu kanal veya tünelle santrale yönlendirilip elektrik üretilmektedir. Şekil 4’te HES’lerde enerji dönüşümü blok diyagramı verilmiştir.



Şekil 4. HES'lerde enerji dönüşümü

Çoğu nehir tipi santralda elektrik enerjisinin üretilme prosesi şu şekildedir: Bir nehir üzerine kurulan bent-weir (regülatör) vasıtasıyla nehir suyu kanala aktarılır. Su, kanalla yükleme havuzuna (forebay) taşınır. Yükleme havuzunda durgun halde bekletilen su cebri borular vasıtasıyla türbinlere aktarılır ve türbin kanatları dönmeye başlar. Bir shaft ile türbine bağlı olan generatörün rotoru da döner. Sonuç olarak sudaki potansiyel enerji cebri borular (penstock) vasıtasıyla kinetik enerjiye, kinetik enerji türbinler vasıtasıyla mekanik enerjiye ve mekanik enerji de alternatör ile elektrik enerjisine dönüştürülür. Alternatörde üretilen elektrik enerjisi trafolarla yükseltilerek enerji nakil hatlarına aktarılır. Şekil 5'te nehir tipi santralların proses prensip şeması verilmiştir.



Şekil 5. Kanal tipi hidroelektrik santrali

HES'lerin üretim proseslerinde çok sayıda ekipman ve ara safhalar bulunmaktadır. Burada ayrıntılara girilmeden en önemli elemanlar arasında sayılan türbinler, alternatörler ve güç kontrol sistemleri hakkında bilgiler verilecektir.

Türbinler, cebri borular vasıtasıyla yüksek seviyeden alçak seviyeye hareket eden sudaki kinetik enerjiyi kanatları vasıtasıyla mekanik enerjiye dönüştürür. Türbin tipi, türbini döndürecek suyun basıncına ve debisine göre seçilir. Bütün türbinlerde duran kısma salyangoz, dönen kısma rotor denir. Günümüzde kullanılan yaygın üç tip türbin vardır: Kaplan, Francis ve Pelton türbinleri.

Generatör türbin milindeki mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren senkron makinelerdir. Sabit manyetik alan içinde hareket eden endüvide (rotor) indüklenen gerilim prensibine göre çalışır. HPP lerde kullanılan generatörlerin rotorları genellikle düşey milli ve çıkıntılı kutuplu olarak imal edilirler. Rotorlarının devir sayıları 32-1000 d/dk arasındadır. Soğutma sistemleri küçük generatörler için açık çevrim hava soğutmalı, büyük generatörler için kapalı çevrim su soğutmalıdır. Senkron generatörler günümüzde kendinden uyarımlı (self excited) tiptir ve uyarım akımı genellikle bir AC/DC doğrultmaç devreye sağlanır.

Santral binasında genellikle şu ekipmanlar bulunur: Valf, türbin, generator, kontrol sistemi, kondanser, koruma sistemleri, DC güç kaynağı.

Önceden tanımlanan gerilim, frekans vb. değerler sürekli kontrol edilir ve referans değerlere göre ayarlanırlar. Çalışma esnasında generator yüklendiğinde türbin hızı yavaşlar. Türbin hızı ve generator frekansını istenen değere ayarlamak için türbin ayar kanatları ve valfler ile su akış miktarını artırmak gerekir. Yük azalması durumunda ise tam tersi olarak türbin ayar kanatları ve valfler ile su akışı azaltılmalıdır. Modern hız kontrollerinde PID control sistemleri kullanılmaktadır. PLC-SCADA ile sistem sürekli olarak izlenir ve veriler veritabanına kaydedilir.

HPP ler güç kapasitelerine göre büyük kapasiteli (> 50 MW), küçük kapasiteli (10-50 MW), mini (0.1-10 MW) ve mikro (0.1 MW tan küçük) şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Klasik olarak potansiyeli, kinetik enerji ve güç formülleri aşağıdaki gibidir.

$$E_p = m \cdot g \cdot h, \quad E_k = 1/2 \cdot m \cdot v^2$$

Burada E_p potansiyel enerji (J); m, cisimlerin kütlesi (kg); g, yerçekimi ivmesi (9,81 m/s²); h, yükseklik (m) , E_k kinetik enerji (J); v ise hızdır. (m/s)

HES' lerde elde edilen elektriksel güç şu formülle bulunur: $P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \cdot \eta$

Burada P, elektriki güç (W); ρ , suyun özgül ağırlığı (1000 kg/m³); Q, su türbinine gelen suyun debisi (m³/s); h, net düşü yüksekliği (su giriş ağız ile su çıkış ağız arasındaki kot farkı, m); η , sistemin verimi (cebri boru, türbin, jeneratör verimlerini içeren toplam verim, %) Eğer formülde ρ kullanılmazsa bulunacak güç değerinin birimi KW olur.

3. Nehir (Kanal) Tip Bir HES'in Prototip Uygulaması

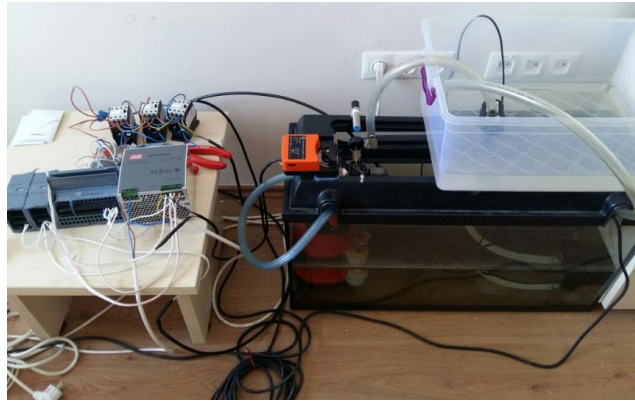
Türkiye'de Karabük il sınırları içinde bulunan nehir (kanal) tipi Filyos Enerji Yalnızca Elektrik Santralinin prototipi yapılmıştır. Santral toplam 15 MW kurulu güce sahiptir ve 5'er MW lık üç üniteden oluşmaktadır. Yalnızca HPP Yenice (Filyos) ırmağı üzerine kuruludur. Yaklaşık 2 km uzunluğundaki kanal ve tünelle, su santrale ulaşmaktadır. Cebri boruların çapı 2,75 m, uzunluğu yaklaşık 43 m dir. Bir cebri boru için debi 25 m³/s dir. Yükleme odası su kotu (rakım) 221.6 m, kuyuksuyu kanalı su kotu 199.2 m. Santralda net düşü yüksekliği ortalama 22 m. dir. Alternatörlerin (jeneratörler) nominal gücü 5100 KW, gerilimleri 6.3 KV, nominal akımları 550 A, devir sayıları 333.3 d/dk ve frekansları 50 Hz dir. Santral tam otomasyonlu olup SCADA sistemiyle kontrol ve takip edilmektedir.

Prototip, finansal ve fiziki kısıtlar nedeniyle gerçek sisteme göre oldukça basitleştirilerek yapılmıştır. Prototipin kontrolü PLC ve SCADA ile gerçekleştirilmiştir.

3.1. Sistemde kullanılan malzemeler

3.1.1. Hazne (Akvaryum)

Sistemde kullanılan suyun depolanmasını sağlar. Sensörler ve mini alternatör akvaryumun üzerine yerleştirilmiştir. Gerçek sistemdeki yükleme havuzunun ve cebri boruların görevini üstlenmektedir.



Şekil 6. Prototip genel görünüm

3.1.2. Dalgıç pompalar

Sistemde bir adet büyük ve iki adet küçük olmak üzere üç adet dalgıç tipi su pompası mevcuttur. Büyük dalgıç pompa sistem kapalı bir çevirim üzerine kurulduğundan, suyun haznede devir daim etmesini ve belirli bir basınçta suyu mini türbine ileterek çarkı döndürmesini sağlamaktadır. Mini dalgıç pompalar ise gerçek sistemlerdeki dış etmenleri oluşturabilmek amacıyla başka bir haznedeki suyu ana hazneye, ana haznedeki suyu başka bir hazneye pompalayarak sistemdeki su seviyesini artırmakta ve azaltmaktadır. Bu sayede günümüzdeki bazı hidroelektrik santrallerdeki

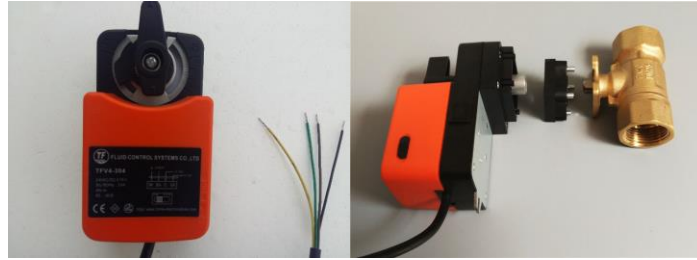
yükleme havuzunda olduğu gibi su belirli bir seviyeye ulaştıktan sonra sistem devreye girmekte, belli seviyenin altında ise devreden çıkmaktadır.



Şekil 7. Büyük ve küçük dalgıç pompalar

3.1.3. Oransal vana

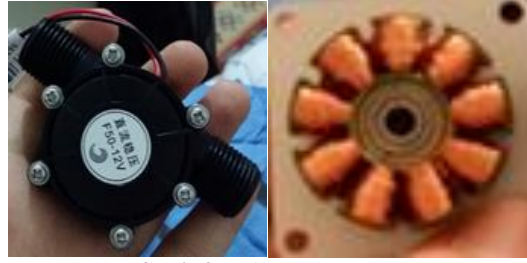
Oransal vananın görevi mikro turbine/alternatöre gönderilen su debisini oransal olarak (0-%100) ayarlamaktır. Çalışma gerilimi DC 24 V, analog kontrol sinyali 0-10V'tur. Dönme açısı 90°, çapı ½ inçtir.



Şekil 8. Oransal vana

3.1.4. Mikro türbin & jeneratör

Mikro ölçüde olan bu parça hem bir türbin hem de bir jeneratör görevi görmektedir. Suyun çarpmış olduğu çark yapısı ve çıkış gücümüzü aldığımız sargılar arada yalıtkan madde olmakla birlikte birleşik bir yapıdadır. Mikro turbin yapısını değiştirerek çark kısmında bağlı metal bir parça eklenmiştir. Bu sayede ucuna eklemiş olduğumuz pervane ve indüktif sensör yardımı ile çark devri ölçülebilmektedir. Aynı zamanda içerisinde yer alan invertör sökülerek çıkış gerilimi 2 fazdan 3 faza çıkartılıp AC çıkış vermesi sağlanmıştır.



Şekil 9. Mikro alternator

3.1.5. Devir (indüktif) sensörü

İndüktif sensör elektromanyetik bir alan oluşturur. Bu alanın içerisine yaklaştırılan metal veya mıknatıs cismin olduğunu temasız bir biçimde algılamaktadır. Algılan cisim ile birlikte manyetik alandan dolayı çıkış sinyali üretir. Çıkış sinyalini PLC tarafından değerlendirilmesi ve takibi yapılabilmektedir. İndüktif sensörün kullanım amacı mikro türbinin devrini ölçmektir. Mikro türbinin çarkına bağlı metal çubuk (shaft) uzantısı monte edilerek ucuna iki kanatlı bir pervane yerleştirilmiştir. Çarkın dönmesiyle eş zamanlı olarak ucundaki bağlı olan pervanede dönmektedir. Pervanenin ucundaki metal kısım her bir tur atığında sensörün algılama mesafesinden geçerek çıkış sinyali vermektedir. PLC ye gönderilen bu sinyal HSC (High Speed Counter) yani yüksek hızlı sayıcı yardımı ile değerlendirilmektedir



Şekil 10. İndüktif sensör

3.1.6. Su (hidrostatik) seviye sensörü

Hidrostatik su seviye sensörü, suyun bulunduğu kısım içerisinde tabana uygulamış olduğu hidrostatik basınç ile seviye ölçümü yapar. Su miktarının artması veya azalmasıyla değişen basınç değerlerini 4-20 mA arasında analog sinyalle çevirerek PLC ye akım sinyali gönderir ve bu sayede anlık olarak ölçüm yapılabilmektedir. Daldırma tipli olan bu sensörler günümüzdeki hidroelektrik santrallerin yükleme havuzundaki suyun seviyesini ölçebilmek için kullanılmaktadır.



Şekil 11. Hidrostatik su seviye sensörü

3.1.7. PLC

Sistemin kontrolü için Siemens S7-1200 CPU 1215C DC/DC/DC marka/model PLC kullanılmıştır.

3.2. Sistemin çalışma mantığı

Bir nehir tipi hidroelektrik santralde elektrik üretme aşamalarına bakılacak olursa; su belirli bir seviyeye ulaşana kadar yükleme havuzunda depolanır ve potansiyel enerji elde edilmiş olur. Suyun ilk önce belirli bir seviyeden akışı sağlanarak potansiyel enerjiyi kinetik enerjiye dönüştürülür Çarka kadar ulaşan su, ayar kanatları yardımı ile su miktarı ayarlanarak çarkı döndürüp turbine çarptırarak mekanik enerji elde edilmesi sağlanmış olur. Çark belli bir devire ulaşana kadar ayar kanatlarıyla kontrolü sağlanır. Oluşan mekanik enerji jeneratör yardımı ile elektrik enerjisine dönüştürülmüş olur.

Yapılan prototipin çalışma mantığı ise;

Suyu belirli bir basınçta mikro türbinin çarklarına vurdurmak için dalgıç tipi su pompası haznedeki (akvuryumdaki) suyu pompalar. Pompalanan basınçlı su oransal vanadan geçirilerek istenilen miktarda suyun geçişi ayarlanmış olur. Oransal vanadan geçen su türbin çarkını döndürüp çıkış kısmından hazneye dökülür. Bu sayede kapalı bir döngü içerisinde aynı miktardaki su kullanılmış olur.

Çarkın dönmesi çarka bağlı olan pervaneyi eş zamanlı döndürmüş olur. Pervanenin her bir tur atmasıyla ucundaki metal parçayı indüktif sensör algılar ve PLC'ye çıkış sinyali gönderir.

Hidroelektrik santrallerdeki dış etmenlere benzer bir ortam oluşturabilmek için ikinci bir haznedeki mini dalgıç pompa yardımı ile ana hazneye aktarılır. Gerçek sistemlerde ünitelerin devreye girebilmesi için yükleme havuzundaki suyun belli bir seviyeye gelmesi gerekmektedir. Kullanılan ikinci haznenin amacı ana haznede bir yükleme havuzu ortamı oluşturabilmek içindir. Bu sayede ana haznede hidrostatik su seviye sensörü ile kontrol edilerek, su belirli bir seviyeye gelip ancak sistem o seviyede devreye girebilmektedir.

Aynı zamanda kullanılan sensörler PLC ye bağlantıları yapılarak kontrolü ve SCADA programı üzerinden de takibi bilgisayar ortamından yapılmaktadır.

Yapılan bu sistemi gerçek sistem ile ilişkilendirirsek;

Dalgıç pompa; yükleme havuzunda depolanan suyu cebri boru yardımıyla basınçlı bir şekilde çarka vurdurulması görevini yapmaktadır.

Oransal vana; türbin su miktarını ayarlamak için kullanılan ayar kanatları görevini yapmaktadır.

Mini türbin & jeneratör; suyun türbinden geçmesini ve jeneratörün rotorunu döndürüp elektriğin üretilmesi görevini yapmaktadır.

İndüktif sensör; dönen çarkın devrini ölçmek ve anlık devir bilgisini gönderme görevini üstlenmektedir.

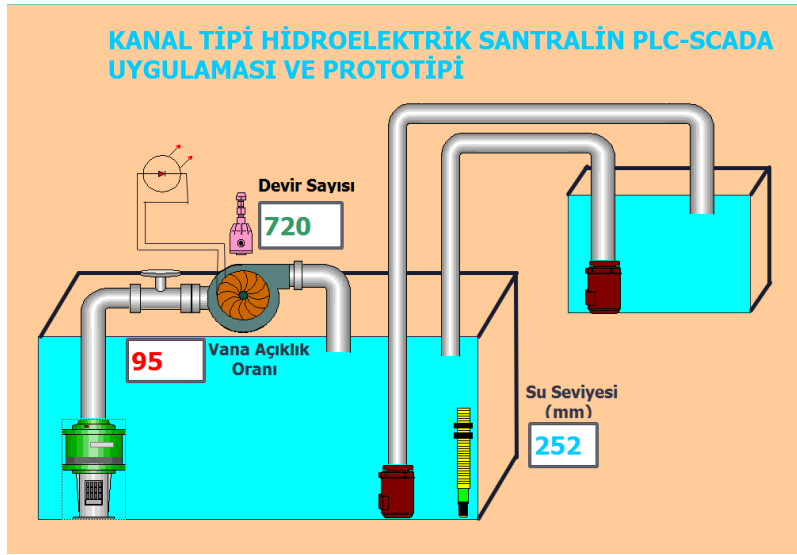
Mini dalgıç pompa; yükleme havuzunda suyun birikmesi, dış etmenler görevini üstlenmektedir.

3.2. SCADA ekranı

Yapılan prototipin PLC ladder diagramı ve SCADA ekranı yukarıda açıklanan genel çalışma prosedürüne ve aşağıda belirtilen senaryoya göre oluşturulmuştur. Sistemin senaryosu şu şekilde belirlenmiştir:

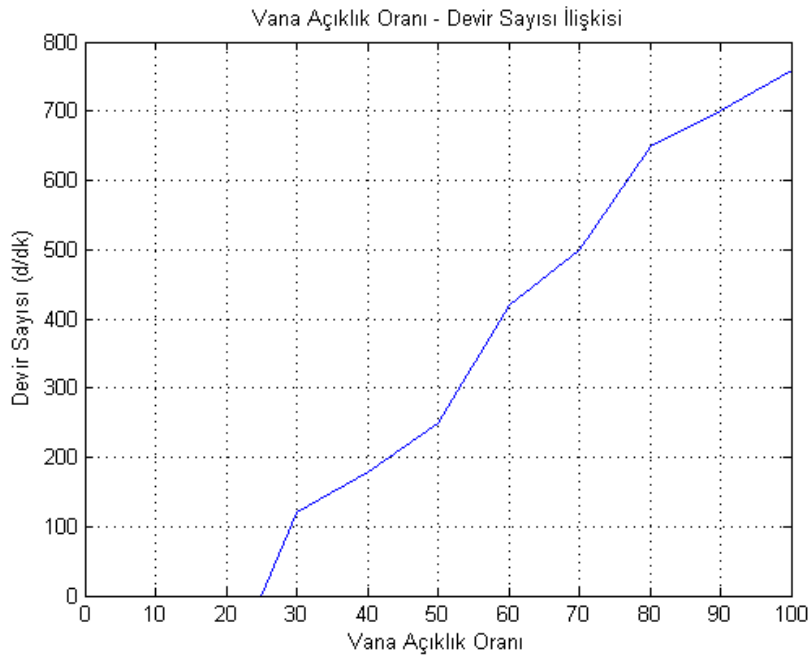
- Ana haznedeki su seviyesini artırmak için ikinci haznedeki suyu mini dalgıç pompa ile ana haznede istenilen seviyeye kadar pompalamakta ve daha sonra devreden çıkmaktadır.
- Su seviyesi istenilen değere (25cm) ulaştıktan sonra oransal vana %25 açıklığa gelmesi için çıkış sinyali göndermekte ve 10 sn sonra büyük dalgıç pompa devreye girmektedir. Buradaki 10 sn fark oransal vananın %25 açıklığa kavuşabilmesi için gerekli olan süreden kaynaklanmaktadır.
- Büyük dalgıç pompa suyu %25 açıklık seviyesinden türbin kısmına pompalamaktadır. Su türbinin çarkına kadar ulaşmakta fakat çarkı döndürebilecek kadar bir basınç olmadığından devreye girmeyecektir. Bunun amacı ise aradaki su basıncını dengelemektir.
- Basıncın dengelendiğinden ve sistemde herhangi bir problem olmadığından emin olduktan sonra istenilen devir sayısına ulaşana kadar oransal vana açıklığını artırmaya başlamaktadır. 720 devir/dk ulaşana kadar oransal vana açmaya devam etmekte ve sistem bu devire ulaştığında sabitlenmektedir. Bunun amacı ise günümüzdeki HES sistemlerinde yapılan frekans, gerilim, devir sabitleme işlemini temsili olarak gösterebilmektir.

- Sistem bu şekilde 10 dk. çalışmaktadır. Bu sürenin sonunda ikinci mini dalgıç pompa devreye girmekte ana haznedeki su seviyesini azaltmakta, aynı zamanda sistem su seviyesi 15cm'e düşene kadar çalışmaya devam etmektedir.. Buradaki amaç, sistem kapalı bir döngü içerisinde olduğundan normal şartlarda su seviyesinde herhangi bir azalma olmayacağından bu şekilde su seviyesini alt sınıra indirmektir. Böylece ana haznede yeterli su seviyesi olmadığında, sistem devreden çıkarılmış olur.



Şekil 11. SCADA ekran görüntüsü

Şekil 12 ve şekil 13'te %10' ar aralıklarla %0 ile %100 arasındaki vana açıklıklarında devir sayısının ve gerilimin değişimi grafik olarak gösterilmiştir. %25 vana açıklığına kadar devir sayısı ve gerilim değeri sıfır olmaktadır. %100 vana açıklığında 760 d/dk devir sayısı ve 5,6 V gerilim elde edilmiştir. Devir grafiği görece doğrusaldır. %60 ile %100 arasındaki vana açıklıklarında gerilim değerindeki değişim %25 ile %60 arasındaki değişime göre daha azdır. Bu veriler ve grafikler debi ile devir sayısının ve gerilimin nasıl değiştiğini göstermektedir. Burada kullanılan elemanlar gerçek bir mikro HES'te kullanılan elemanlardan çok çok küçüktür. Dolayısıyla debi-devir ve debi-gerilim grafiklerinin çok benzer çıkması beklenmeyebilir. Ancak yine de bir bakış açısı sağlamaktadır.



Şekil 12. Vana açıklık oranı devir sayısı ilişkisi



Şekil 13. Vana açıklık oranı gerilim ilişkisi

Sonuçlar

Bu çalışmada ülkemizde her geçen gün sayısı artmakta olan ve yerli kaynak kullanılarak enerji üretilen bir kanal tipi hidroelektrik santralin prototipi yapılmış ve PLC-SCADA ile kontrolü sağlanmıştır. Projede nehir tipi bir hidroelektrik santral hem fiziksel hem de yazılımsal olarak simüle edilmeye çalışılmıştır. Prototip, eğitim metaryeli olarak da kullanılması düşünüldüğünden fiziki olarak küçük bir platform (orta büyüklükteki bir akvaryum) üzerine kurulmuştur. Prototip, gerçek kanal tipi bir HES'in en temel parametrelerinden olan su seviyesi/basıncı ile devir sayısı/frekans ve gerilim arasındaki ilişki esas alınarak tasarlanmıştır. Gerçek HES'lerde mevcut olan diğer karmaşık birçok proses mali ve fiziki kısıtlar nedeni ile gözardı edilmiştir. Gerçek başlangıç koşulları sadece SCADA ekranında temsili olarak gösterilmiştir. Bu kısıtlarına rağmen prototipte bu temel parametreler fiziki ve yazılımsal olarak gerçeğine uygun şekilde simüle edilmiştir.

Oransal vana açıklığı %25 olduğunda mikro alternatörün dönmeye başladığı, vana açıklığı %100 olduğunda devir sayısının 780 d/dk olduğu; aynı vana açıklıklarında gerilim değerlerinin 2,3V ve 5,6V olduğu gözlemlenmiştir. Bu değerler, diğer ara değerlerle birlikte HES'lerdeki debi-devir (frekans) ve gerilim ilişkisini anlamaya yardımcı olmaktadır.

Yapılan bu proje üniversitelerde ve mesleki, teknik eğitim veren okullarda kullanılarak bir hidroelektrik santralin çalışma mantığını gözlemleyerek laboratuvar eğitimlerine oldukça katkı sağlayacaktır. Prototip, Enerji Üretimi, Endüstriyel Otomasyon, Elektrik Makineleri vb.derslerde eğitim aracı olarak kullanılabilir.

Yapılan prototip fiziksel ve yazılımsal olarak geliştirilmeye açıktır. İleri çalışmalarda sistemin kısıtlarını azaltacak çalışmalar yapılması hedeflenmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde katkıları bulunan Filyos Enerji Yalnızca Elektrik Santrali personeline ve projeyi 2209-B- Sanayi Odaklı Lisans Bitirme Tezi Destekleme Programı kapsamında destekleyen TÜBİTAK BİDEB birimine teşekkürü bir borç biliriz.

Referanslar

- [1] Karadeniz V, Akpınar E, Başıbüyük A. Nehir Tipi Hidroelektrik Santraller Ve Çevresel Etkileri (Reşadiye Hidroelektrik Santraller Örneği). Doğu Coğrafya Dergisi, Erzincan Üniversitesi, Eğitim Fakültesi ,Sosyal Bilgiler , Erzincan, Ocak 2012.
- [2] Fereidoon M, Najimi M, Khorasani G. Simulation of hydropower systems operation using artificial neural network. International Journal of Emerging Science and Engineering, 2013;Volume-1, Issue-12, 86-89.

- [3] Yadav D, Sharma V. Artificial neural network based hydro electric generation modeling. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2010; Volume-1, No-3, 343-359.
- [4] Csiki SJC, Rhoads BL. Influence of four run-of-river dams on channel morphology and sediment characteristics in Illinois, USA. *Geomorphology*. 2014;206, 215–229.
- [5] Mishra S, Singal SK, Khatod DK. Optimal installation of small hydropower plant—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011;15, 3862-3869.
- [6] Singal SK, Saini RP, Raghuvanshi CS Analysis for cost estimation of low head run of-river small hydropower schemes. *Energy for Sustainable Development*. 2010; 14, 117-126.
- [7] Ardizzon G, Cavazzini G, Pavesi G. A new generation of small hydro and pumped hydro power plants: Advances and future challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014; 31, 746-761.
- [8] Kumar D, Katoch SS. Sustainability indicators for run of the river (RoR) hydropower projects in hydro rich regions of India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014; 35, 101-108.
- [9] Molina JM, Isasi P, Berlanga A, Sanchis A. Hydroelectric power plant management relying on neural networks and expert system integration. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2000; 13, 357-369.
- [10] Pérez-Díaz JI, Fraile-Ardanuy J. Neural networks for optimal operation of a run-of river adjustable speed hydro power plant with axial-flow propeller turbine. 16th Mediterranean Conference on Control and Automation Congress Centre, Ajaccio, France. 2008; 25-27, 309-314.
- [11] Salhi I, Doubabi S, Essounbouli N, Hamzaoui A. Frequency regulation for large load variations on micro-hydro power plants with real-time implementation. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2014; 60, 6-13.
- [12] İnallı K, Işık E, Dağtekin İ. The prediction of efficiency and production parameters in Karakaya hpp using the artificial network. *Dicle University Engineering Faculty*. 2014; Journal, 5, 59-68.
- [13] IEA, International Energy Agency report. 2013.
- [14] TEİAŞ, Turkish Electricity Transmission Co. report. 2016.