



Akarsu Tipi Hidroelektrik Santraller ve Bu Santrallerde Kullanılan Türbin-Generatörler

Run of river Hydroelectric Power Plants and Turbine-Generators Used In These Power Plants

Mehmet Semih ÖZDEMİR^a , Adem DALCALI^a , Cemil OCAK^b 

^aBandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bandırma/Balıkesir, Türkiye

^bGazi Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Ankara

msemihozdemir@hotmail.com, adalcali@bandirma.edu.tr,
cemilocak@gazi.edu.tr

Araştırma Makalesi/Research Article

ARTICLE INFO

Article history

Received :22 September 2020

Accepted :20 October 2020

Keywords:

River type HEPP, renewable energy, Turbine, Hydroelectric power plant

ABSTRACT

With the increasing population and developing technology, the energy demand is increasing day by day. There is an increasing interest in using renewable energy sources in order to ensure energy supply security and diversify energy. Hydroelectric power, which is a type of renewable energy sources has attracted attention for their potential in Turkey. In hydroelectric power plants, the hydraulic turbine and generator are the most important parts of the system. The proper selection of these elements affects the total efficiency of the system. While selecting and sizing the turbine, technical details such as head, flow rate and specific speed are taken into consideration, as well as the cost and condition of the installation site. In this study, the energy outlook in Turkey has been investigated. Then, hydroelectric power plants are classified according to their power and river type power plants examined in detailed. Finally, the issues to be considered in the selection of turbines and generators in power plants and the operating characteristics of the turbines are given.

© 2020 Bandırma Onyedi Eylül University, Faculty of Engineering and Natural Science. Published by Dergi Park. All rights reserved.

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihleri

Gönderim :22 Eylül 2020

Kabul :20 Ekim 2020

Anahtar Kelimeler:

Nehir tipi HES, yenilenebilir enerji, Türbin, Hidroelektrik santral

ÖZET

Artan nüfus ve gelişen teknoloji ile enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Enerji arz güvenliğinin sağlanması ve enerjinin çeşitlendirilmesi amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına olan ilgi artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının bir türü olan hidroelektrik enerji Türkiye'deki potansiyeli açısından dikkat çekmektedir. Hidroelektrik santrallerde, hidrolik türbin ve generatör sistemin en önemli parçalarındandır. Bu elemanların doğru bir şekilde seçimi sistemin toplam verimini etkilemektedir. Türbin seçimi ve boyutlandırılması gerçekleştirilirken düşü, debi, özgül hız gibi teknik detaylar dikkate alındığı gibi maliyet ve kurulum sahasının durumu da dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada ilk olarak Türkiye'nin enerji görünümü incelenmiştir. Hidroelektrik santraller güçlerine göre sınıflandırılarak akarsu tipi santraller detaylı olarak incelenmiştir. Santrallerde, türbin ve generatör seçiminde dikkat edilecek hususlar ve türbinlerin çalışma özellikleri verilmiştir.

© 2020 Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi. Dergi Park tarafından yayınlanmaktadır. Tüm Hakları Saklıdır.

1. GİRİŞ

Fosil yakıt kaynaklarının tükenme eğiliminde olması, artan çevresel kaygılar ve nüfus yoğunluğu nedeniyle enerji kaynaklarına duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bu artış nedeniyle enerji arz güvenliği kritik bir sorun haline gelmiştir. Yenilenebilir enerji; ucuz, yerel ve çevre dostu olan bir enerji türü olarak enerji arz güvenliğinin ve enerji çeşitliliğinin sağlanması için önemli bir kaynaktır. Yenilenebilir enerji yeryüzünde sürekli halde devam eden atmosferik olaylardan ve bu olaylara etkisi olan diğer etmenlerden elde edilen bir enerji çeşididir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr, jeotermal, gelgit, biyokütle, güneş, hidrolik kaynakları doğada sürdürülebilir olarak bulunur [1].

2019 yılında ilk olarak Çin'in Wuhan şehrinde görülen ve kısa sürede tüm dünyayı etkisi altına alan Covid-19 pandemisi, yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretiminin ne kadar önemli olduğunu ortaya koymuştur. Pandeminin tüm dünya genelinde bir anda yayılması ve ülkelerin aldığı sıkı tedbirlerden sonra çevre kirliliği oranındaki büyük azalış insanoğlunu sağlıklı bir dünya yaşamı için yenilenebilir enerji kullanımına yönlendirmektedir. Temiz enerji olarak dile getirilen bu sistemlerinin az bakım personeli ile enerji üretimini gerçekleştirmesi, kaynakların önemini daha da arttırmaktadır. Bu süreçte sistem kurulumu için gerekli olan ekipmanların tedariki konularını sorunları yaşansa da yine de mevcut yenilenebilir sistemler enerji üretimlerindeki yerlerini korumuşlar ve yenilenebilir enerji sektörü yatırım ve yatırıma yönelim planlaması yukarı yönde ivme kazanmıştır [2]. Yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi konusunda hidrolik sistemlerin tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de enerji üretiminde ön planda bulunmaktadır [3]. Hidroelektrik santraller (HES) güçlerine göre büyük ve küçük ölçekli olarak sınıflandırılırlar. Büyük ölçekli HES'lerin ilk yatırım maliyetinin yüksek, inşaat sürelerinin uzun olması ve su depolama alanlarının bölgedeki yaşamı olumsuz etkilemesi gibi dezavantajları mevcuttur. Küçük HES'lerde ise baraj inşa etmek gibi bir durum söz konusu olmadığından büyük HES'lere nazaran daha düşük maliyet ve inşaat zamanı avantajı bulunmaktadır. Ayrıca bu santrallerde baraj gölü için depolama olmadığından çevreye daha az zarar verilmektedir [4,5].

Çalışmanın ikinci kısmında Türkiye'nin mevcut enerji durumu incelenmiştir. Üçüncü bölümde hidroelektrik enerji ve akarsu tipi HES'lerin özellikleri ve Türkiye'deki durumu hakkında bilgi verilmiştir. Bir sonraki bölümde hidroelektrik santrallerde türbin seçim kriterleri değerlendirilmiş ve generatör seçimi hakkında teknik detaylandırılmada bulunmuştur. Çalışmanın son kısmında genel bir değerlendirme yapılmıştır.

2. TÜRKİYE'DE ENERJİNİN GÖRÜNÜMÜ

Türkiye'nin enerjiye olan ihtiyacı nüfus, sanayileşme, kalkınma ve gelişme hızıyla doğru orantılı olarak artmaktadır. Nüfus ve sanayi üretimindeki artış önümüzdeki on yıl içerisinde enerji ihtiyacının mevcut değerlere göre %4,5 artması öngörülmektedir [6]. 2015–2019 yılları arasında Türkiye'nin toplam kurulu güç ve yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretim tesislerinin kurulu güçleri Tablo 1'de verilmiştir [7].

Tablo 1. Türkiye'nin Kurulu Gücü

Yıllar	Yenilenebilir Enerji (GW)	Toplam (GW)
2015	31	73
2016	34	78
2017	38	85
2018	42	90
2019	42	91

Son 5 yıla ait kaynak bazlı enerji üretim miktarı ve toplam üretimdeki payı Tablo 2'de verilmektedir [8].

Tablo 2. Yıllara Göre Enerji Üretim Miktarları

Yıllar	Yenilenebilir Kaynaklar (GWh)	Fosil kaynaklar (GWh)
2015	81653,89	174187,67
2016	88526,53	181272,48
2017	81264,19	205787,15
2018	90137,744	202907,48
2019	121512,75	167861,85

Yenilenebilir kaynaklarından enerji üretiminin 2015 yılında toplam enerji üretimindeki oranı %32 iken bu oran 2019 yılında %42 olarak gerçekleşmiştir. Yenilenebilir kaynaklardan enerji üretim oranının artıyor olması temiz ve yerel bir kaynak olması açısından önem arz etmektedir. 2020 yılı içerisinde temmuz ayı itibariyle kümülatif olarak elektrik enerjisi üretiminin kaynak bazlı dağılımı Tablo 3'te sunulmuştur [8]. Kaynak bazında kümülatif olarak elektrik üretiminde fosil kaynaklı yakıtlardan enerji üretimi oranı %62 iken yenilenebilir kaynaklardan elektrik enerjisi üretimi %38 oranında gerçekleşmiştir.

Tablo 3. 2020 Yılı Temmuz Ayı İtibariyle Kümülatif Enerji Üretim Kaynakları

	Kaynak türü	Üretim Miktarı (MWh)	Üretimdeki Payı (%)
Fosil kaynaklar	Doğalgaz	115107,39	17
	İthal kömür	174770,44	26
	Linyit	118243,34	17
	Asfaltit Kömür	6385,23	1
	Taş Kömürü	7903,32	1
Yenilenebilir kaynaklar	HES (Akarsu)	41536,25	6
	HES (Barajlı)	105589,67	16
	Rüzgâr	70138,72	10
	Jeotermal	27629,9	4
	Atık	11674,49	2

Türkiye gelişmekte olan bir ülke olarak, enerjiye olan talebini de sürekli arttırmaktadır. Bu durum, dışa bağımlı olduğu fosil enerji kaynaklarının sürekli ve daha fazla ithalatına dolayısıyla da cari açığın artmasına neden olmaktadır. Toplam ithalatımız içerisinde büyük bir paya sahip olan doğalgaz ithalatı 2019 yılı için yaklaşık 45211 milyon Sm³ olarak gerçekleşmiştir [9]. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ile cari açığın azalmasına katkı sağlanabilir. Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları açısından yeryüzünde coğrafi konumu elverişli olan bir ülkedir. Orta iklim kuşağında ve üç yanının denizlerle çevrili olması güneş, rüzgâr, akarsu ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları yönünden zengin olmasını sağlamaktadır [10]. Dağların ortalama yükseltisinin fazla olması, kuzey ve güney dağlarındaki yüksek eğim oranı ve bol derecede su kaynağına sahip olması, Türkiye’de hidrolik kaynaklardan elektrik enerjisi üretimini doğru bir karar olarak ön plana çıkarmaktadır. 2020 Temmuz ayı kümülatif elektrik enerjisi üretiminde hidrolik sistemlerden elektrik üretimi toplam üretimin yaklaşık %22’sidir. Bu oranın yaklaşık %16’lık kısmını baraj tipi HES’ler oluştururken, geri kalan %6’lık kısmını ise akarsu tipi HES’ler oluşturmaktadır [8]. Akarsu tipi HES’ler, baraj tipi HES’lerden farklı ve daha düşük güç değerlerine sahip hidroelektrik santrallerdir.

3. HİDROELEKTRİK ENERJİ VE AKARSU (NEHİR TİPİ) HES’LER

Elektrik enerjisi tüketim miktarı ülkelerin kalkınma düzeyleri, gelişmişlikleri, refah düzeyleri hakkında bilgi sağlamaktadır. Gelişmekte olan ülkelerin enerji üretimleri, kurulu güçleri talebi karşılamak amacıyla sürekli artış göstermektedir. Bu artışın karşılanması ve enerji arz güvenliğinin sağlanması için kaynakların çeşitlendirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesi önemlidir. Fosil kaynakların hızla tükenmesi ülkeleri sahip oldukları yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmiştir [11]. Yenilenebilir kaynaklar içerisinde hidroelektrik enerji ülkemiz için en önemli kaynaklardan biridir. Hidroelektrik enerji santralleri dünyada en fazla kullanılan santrallerdir. Dünyadaki elektrik enerjisinin %19’luk kısmını sağlamaktadır [12,13]. Türkiye 2018 yılı içerisinde 1085 MW yeni hidroelektrik enerjisi üretim sistemleri kurulumu ile dünyada 4’üncü sırada, 2019 yılında ise 219 MW’lık yeni kurulum ile dünyada ilk on ülke içerisinde yer almıştır. Dünyanın toplam kurulu hidroelektrik kapasitesi 2020 yılı itibariyle yaklaşık 1300 GW’tır [14]. Hidroelektrik enerjinin elde edilmiş şekli literatürde iki şekilde açıklanmaktadır. İlki, suyun bir gölette toplanıp, depolanarak; baraj oluşturularak elde edilmesi, diğeri ise baraj kurulmadan sadece akarsuların akış hızından faydalanarak elde edilmesidir. Türkiye genelinde hidroelektrik santrallerden enerji üretimi yaygın olup, baraj tipi ve akarsu tipi santraller ülke geneline yayılmış durumdadır. 2020 yılı itibariyle Türkiye’de bulunan santrallerin enerji kaynakları bakımından adetleri, kurulu güç toplamları Tablo 4’te verilmiştir [15].

Tablo 4. 2019 Aralık Sonu İtibariyle Santral Kurulu Güçleri

	Kaynak Türü	Ülkemizdeki Santral Sayısı	Kurulu Güç (MW)
Fosil kaynaklar	Doğalgaz	332	25902
	İthal kömür	15	8966
	Fuel Oil	11	305
	Linyit	48	10101
	Taşkömür	4	810
	Asfaltit	1	405
Yenilenebilir Kaynaklar	HES Akarsu	558	7860
	HES Barajlı	124	20642
	Biyokütle	181	801
	Güneş (Fotovoltaik)	6901	5995
	Jeotermal	54	1514
	Rüzgâr	275	7591

Tablo 4 hidroelektrik enerji açısından incelendiğinde akarsu tipi hidroelektrik santrallerin kurulu gücünün toplam hidroelektrik santrallere oranının yaklaşık %28 ve ülkedeki toplam kurulu güce oranının ise yaklaşık %8 olduğu görülmektedir. Türkiye'nin teorik hidroelektrik potansiyel yaklaşık 433 milyar kWh seviyesindedir ve bu potansiyel ile Türkiye, Avrupa Birliği içerisindeki toplam potansiyelin yaklaşık %18'ine sahiptir [16].

Hidroelektrik santralleri güçlerine göre sınıflandırılabilir. Literatürde gücü 100 MW'dan fazla olanlar büyük güçlü hidroelektrik santral, 15-100 MW aralığında orta güçlü hidroelektrik santral, 1-15 MW aralığında küçük güçlü hidroelektrik santral, 100 kW-1 MW aralığında mini güçlü hidroelektrik santral, 5kW-100 kW aralığında mikro hidroelektrik santral ve kurulu gücü 5 kW'dan az olan santraller ise piko hidroelektrik santraller olarak sınıflandırılmaktadır [17-19].

Su kaynaklarının dağınık olması, debisi, dağ ya da vadi eğimlerinin durumu, jeolojik koşullar gibi pek çok doğal etken hidroelektrik santrallerin barajlı ya da depolamasız (akarsu tipi) türde olmasını belirlemektedir. Bu doğal etkenlerin yanı sıra kullanım amaçları, enerji iletim hatlarının maliyeti gibi teknik ve mali sebepler de bu konuda belirleyici olabilmektedir. Depolamalı tip hidroelektrik santrallerin sayısı 2019 yılı sonu itibarıyla 124 olup, kurulu gücü ise yaklaşık 21 GW'tır [14]. Ülkemizde önemli su kaynakları üzerine kurulan depolamalı santraller, büyük havzalardaki su potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesiyle elektrik enerjisi elde edilmesini sağlamaktadır [20]. Yüksek debili olan akarsularda, ırmaklar üzerinde veya büyük akarsuların kolları üzerinde bulunan nehirlerde, eğimin de varlığıyla birlikte hidrolik enerji genel olarak depolamasız olarak akarsu tipi santrallerde değerlendirilebilir. Depolamasız hidroelektrik santraller akarsu, dalga ve gel-git gibi hareket halindeki su kaynaklarından yararlanarak çalıştırılır. Ancak yaygın kullanım alanı akarsulardır. Akarsu santrallerde su, baraj veya depolama yapılmadan bir kanal ya da tünel yardımıyla hız kazanarak türbin üzerine düşürülür. Türbin üzerine düşürülen suyun kinetik enerjisi türbin-generatör sistemi ile elektrik enerjisine çevrilir. Akarsu tipi HES'ler, genelde küçük güçlü enerji üretim santralleridir. Enerji ulaştırmanın zor olduğu dağlık, engebeli bölgelerde akarsu tipi hidroelektrik santraller diğer enerji üretim çeşitlerine göre avantaj sağlamaktadırlar. İnşaat süresi kısa ve kuruluş maliyeti düşük olan akarsu tipi HES'ler enterkonnekte sistemin yükünü hafifletirler ve uzun iletim hatlarında meydana gelecek enerji kayıplarını da önlerler [21]. Türkiye'de 2019 yılı sonu itibarıyla 558 adet kayıtlı akarsu tipi hidroelektrik santral bulunmaktadır. Akarsu tipi HES'lerin doğal yaşama zararları depolamalı tipi HES'lere nazaran çok daha azdır. Kuruluş maliyetlerinin düşüklüğü, bölgesel uygulanabilirliği, doğa dostu olmaları bu tip santrallerin sayısının her geçen gün arttırmaktadır [15].

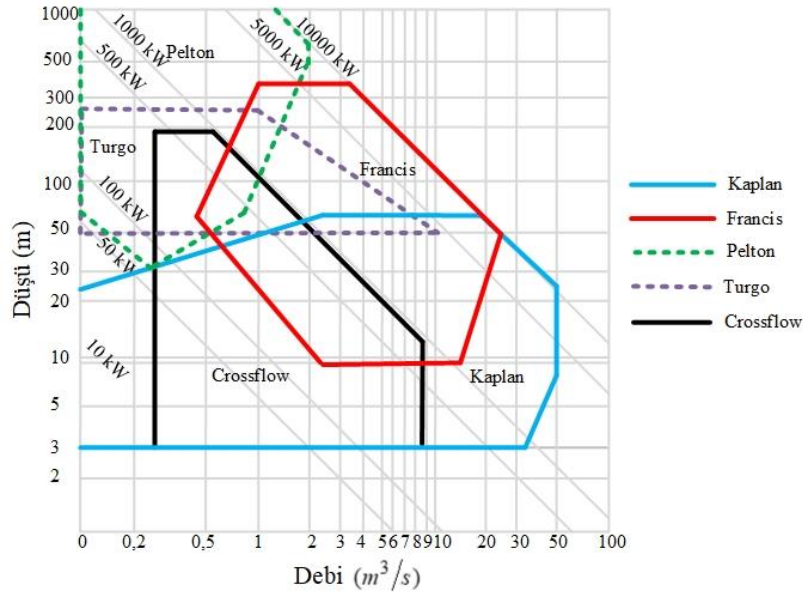
4. AKARSU TİPİ HES'LERDE KULLANILAN TÜRBİN-GENERATÖRLER

Hidrolik enerji üretim tesislerinde, suyun kinetik enerji hidrolik türbin vasıtasıyla mekanik enerjiye dönüştürülür. Hidrolik sistemlerde kullanılan türbinler düşüye, türbin çıkış güçlerine, türbin milinin durumuna, suyun akış doğrultusuna ve suyun etki şekline göre sınıflandırılabilir. Hidrolik türbinler kullanım amaçlarına göre etki ve tepki tipi türbinler olarak sınıflandırılabilir. Etki tipi türbinler; Pelton, Turgo, Banki tipi türbinler iken tepki tipi türbinler; Kaplan ve Francis türbinleridir. Etki tipi türbinlerde kanatlar suyun içinde bulunmaz ve boru / kanal vasıtasıyla getirilen su püskürtme şeklinde türbine aktarılır, dönme kuvveti oluşturularak türbin çalıştırılır. Tepki (reaksiyon) tipi türbinler, etki türbinlerine göre aynı düşü ve debide daha hızlı dönerler. İmalatları daha güç olan bu türbinler etki türbinlerine göre daha kompleks yapıdadır ve bu sebepten küçük güçlerdeki hidroelektrik santrallerde tercihi azdır. Yüksek debili santrallerde ve akarsularda verimi yüksektir [22-24].

Akarsu tipi santrallerde suyun depolanması söz konusu olmadığından, elektrik enerjisinin üretimi nehirden yeterli su mevcut olduğundan üretilir. Bu santraller; şebekeden bağımsız olabileceği gibi şebeke ile bağlantılı olarak da çalışabilir. Akarsu tipi hidroelektrik santrallerde türbin ve generatör seçimi hususunda; suyun debisi, düşüş yüksekliği, eğimi, kurulacak santralin büyüklüğü, proje kurulu güç hesapları gibi faktörler etkilidir [25]. Santrallerde üretilen güç Denklem 1 yardımıyla hesaplanır [21].

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

Denklemden P türbin güç (W), η toplam verim, H düşü (m), Q debi (m^3/s), γ suyun özgül ağırlığını ifade etmektedir. Denklem 1'e göre hidroelektrik güç suyun debisi ve düşüsü ile doğrusal orantılıdır. Su akımından elde edilebilecek hidroelektrik enerji potansiyelini değerlendirebilmek için, su debisinde yıl içinde meydana gelebilecek değişimlerin ve elde edilebilecek düşünün bilinmesi gerekir. Debi ve düşü değerlerine göre türbin seçimi Şekil 1'de verilen çalışma bölgeleri dikkate alınarak seçilebilir [26].



Şekil 1. Debi ve düşü değerine göre türbin seçim kriterleri

Pelton tipi türbinler 50-1300 m, Turgo tipi türbinler 50-250m, Banki tipi türbinler 5-200 m, Francis tipi türbinler 25-350 m ve Kaplan tipi türbinler 2-40 m düşüde kullanılabilirler. Türbin seçimi gerçekleştirilirken sadece debi ve düşü değerleri dikkate alınarak teknik bir seçim yapmak yeterli bir adım değildir. Bununla birlikte santrallerin kurulum sahasının özellikleri türbin seçimini büyük oranda etkilemektedir. Türbin seçiminde önemli olan diğer bir parametrede n_s olarak ifade edilen ve Denklem 2’de verilen özgül hızdır.

$$n_s = \frac{n\sqrt{P \times 1.358}}{H^{5/4}} \quad (2)$$

Denklemden n_s türbinin özgül hızı (d/d), n türbinin anma hızı (d/d), P türbin gücü (kW), H düşüyü (m) ifade etmektedir [26]. Özgül hız değerlerine göre türbin çeşitlerinin sınıflandırılması Tablo 5’te verilmiştir [27].

Tablo 5. Türbinlerin özgül hıza göre sınıflandırılması

Türbin Tipi	Özgül Hız (d/d)
Pelton	12-30
Turgo	20-70
Banki	20-80
Francis	80-400
Kaplan	340-1000

Akarsu tipi hidroelektrik santraller için tablodaki değerler göz önüne alınarak özgül hızı düşük yerlerde Pelton, Banki ve Turgo tipi türbinlerin kullanımı uygun olacaktır. Akarsu tipi hidroelektrik santrallerde ayrıca hızı daha yüksek olan yerlerde Francis türbinler de kullanılabilir. Türbinin dönüş hızı, suyun türbine düştüğü yüksekliğin karekök oranıyla doğru orantılı olarak değiştiğinden dolayı literatürde genel olarak 10 metre düşü yüksekliğinin altındaki hidroelektrik santrallerde alçak düşü kabul edilir ve tepki türbinleri seçilir. Daha yüksek düşü ile çalıştırılması düşünülen santrallerde ise etki türbinlerinin kullanılması uygun görülür. Genel olarak büyük hidroelektrik santrallerde ve mikro uygulamalı sistemlerde Pelton tipi türbin, alçak düşü ve küçük kurulu güce sahip santrallerde Banki tipi türbinler tercih edilir. Turgo tip türbinler Pelton türbinlere göre kanat yapılarının bir avantajı olarak daha fazla su tutup, daha yüksek devirli sistemlerde kullanılabilirler [24]. Düşü, debi ve özgül hızın dışında türbinin verimlilik eğrisi de türbin seçiminde önemli bir kriterdir. Tepki tipi türbinler, düşük yükler için yüksek verimlilik, Pelton tipi türbinler ise geniş yük aralığında yüksek verimlilik sağlamaktadırlar. Francis ve kaplan türbinleri dar yük aralığında anma yükü ve üstünde yüksek verimlilik sağlamaktadırlar. Banki tipi türbinler, genel olarak en düşük verim değerini sergileyen türbinlerdir [25].

Akarsu tipi HES’lerde elektrik üretimi için kullanılacak generatörün seçimi ise kurulması planlanan santralin gücüne ve kullanılacak türbin hızına göre belirlenir. Özellikle düşük hızlı türbinlere sahip mini ve mikro ölçekli

(1000 kW, 100 kW) santrallerde çıkık kutuplu senkron generatörler yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda ise sürekli mıknatıslı senkron generatörlerin kullanımı hızla artmaktadır. Sürekli mıknatıslı senkron generatörlerin kullanıldığı santrallerde şebeke entegrasyonu, generatörün anma gücünden küçük olmayacak güç değerlerindeki eviriciler vasıtası ile sağlanmaktadır. Böylelikle hız ve yüke bağlı gerilim ve frekans değerleri şebeke değerlerine sabitlenebilmekte ve hemen hemen her hız ve yük değerinde şebekeye enerji aktarılabilir. Evirici kullanımı santralin toplam enerji üretim miktarını arttırmakla beraber yüksek ilk kurulum maliyetine sebep olmaktadır. Mikro ve piko ölçekli santrallerde kullanılan diğer bir generatör çeşidi ise asenkron generatörlerdir. Kısa devre çubuklu asenkron generatörler düşük maliyetleri, kolay temin edilebilmeleri ve çoğu zaman ise standart bir motorun generatör olarak kullanılması sebebi ile tercih edilmektedir. Bu generatörlerin kullanıldığı santrallerde gerilim ve frekans kararlılığı sağlanabilmesi için balast (genellikle rezistif yük grubu) yükleri ve bu yükleri kontrol eden bir kumanda panosu bulunmaktadır. Türbin seçmek söz konusu olduğunda bir diğer yünden türbin ve generatörün hızı da önem arz etmektedir. Türbin ve generatör hızlarının aynı olması durumunda ikisi arasında bir kavrama yapılarak birbirine montaj edilirler. Büyük güçlerde ise rotorun yavaş dönmesine karşılık 50 Hz frekansa sahip gerilim elde etmek için generatörün kutup sayısı artırılır ve türbin generatöre bağlanır. Mini ve mikro HES’lerde senkron, asenkron ve doğru akım generatörleri tercih edilirler. Senkron veya asenkron generatörlerle ulusal enterkonekte sisteme enerji akışı sağlanabilir. Daha küçük kırsal projelerde ise genelde doğru akım generatörler projelerde yer alır [28, 29].

5. DEĞERLENDİRME

Enerji tüketiminin gün geçtikçe arttığı dünyamızda fosil kaynakların tükenme eğiliminde olması, çevre kirliliğinin artması, küresel düzeyde iklim değişiklikleri ülkeleri yeni ve temiz enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. 2019 yılının son aylarında hayatımıza giren Covid-19 pandemisi bizlere yeryüzünü tahrip etmenin doğuracağı sonuçları bir kez daha açıkça göstermiştir. Doğa dostu, temiz ve yerel enerji kaynakları ile enerji üretimi yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlanabilmektedir. Türkiye, su kaynaklarının bol olduğu ve hidrolik kaynaklı elektrik üretimine uygun olan bir konumdadır. Su kaynakları ülke geneli yayılmış durumda olup küçük akarsular ve büyük nehirlerden oluşmaktadır. Enerji üretiminde hem akarsu tipi hem de depolamalı tip hidroelektrik santraller ülkemizde kullanılmakta olup enerji ihtiyacını yüksek oranda karşılamaktadırlar. Akarsu tipi santraller inşaat süresi ve maliyet açısından depolamalı santrallere nazaran avantajlı durumdadır. Bu santrallerin kurulumunda türbin ve generatör seçimi toplam sistem verimini etkilemektedir. Türbin seçimi ve boyutlandırılması gerçekleştirilirken düşü, debi, özgül hız gibi teknik detaylar dikkate alındığı gibi maliyet ve kurulum sahasının durumu da dikkate alınmalıdır. Akarsu tipi HES’lerde generatörün seçimi yapılırken ise santralin gücü ve kullanılacak türbin hızına göre generatör tipi belirlenir. Düşük güç ve hız değerlerine sahip HES’lerde çıkık kutuplu senkron generatörler sıklıkla tercih edilmektedir. Bu santrallerde maliyet faktörü göz ardı edildiğinde sabit mıknatıslı senkron generatör tipleri de yüksek verim ve kompakt bir yapı sunduğundan tercih edilebilmektedir. Maliyet eksenli kurulumlarda ise asenkron generatörler, sağlamlık ve kolay erişebilirlik avantajı sunmaktadırlar.

KAYNAKÇA

- [1] A. L.R Jackson, “Renewable energy vs. biodiversity: Policy conflicts and the future of nature conversation” Global Environmental Change, vol. 21, no. 4, pp. 1195-1208., October, 2011.
- [2] H. Özbay and A. Dalcalı, “COVID-19 effect on electric energy consumption in Turkey and ANN based short term forecasting”, unpublished.
- [3] W. Ali, H. Farooq, A.U. Rehman, M. Jamil, Q. Awais, A. Mohsin, Grid interconnection of micro hydro power plants: major requirements, key issues and challenges. International Symposium on Recent Advances in Electrical Engineering, Islamabad, 2018.
- [4] L. Belhadji, S. Bacha, D. Roye, “Modeling and control of variable-speed micro-hydropower plant based on axial-flow turbine and permanent magnet synchronous generator (MHPP-PMSG)”, 7th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Melbourne, 2011.
- [5] S. Zeb, M. Ali, A. Mujeeb, H. Ullah, “Cost efficient mini hydro plant with low water head whirlpool design methodology for rural areas (micro hydro whirlpool power plant)”, 2nd International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies, Pakistan, 2019.
- [6] EPDK, “Elektrik piyasası sektör raporu.” Ankara, 2018.
- [7] TEİAŞ, “Türkiye elektrik üretim iletim istatistikleri.” Ankara, 2015-2019.
- [8] EİGM, “İstatistik raporları.” Ankara, 2019.
- [9] EPDK, “2019 yılı doğalgaz piyasası sektör raporu.” Ankara, 2019.
- [10] M.Yılmaz, “Türkiye’nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi”, Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, cilt 4, sayı 2, syf. 33-54, 2012.

- [11] International Energy Agency (IEA), “Renewables 2019”, October, 2019.
- [12] J.A. Laghari, H. Mokhlis, A.H.A. Bakar, H. Mohammad, “A comprehensive overview of new designs in the hydraulic, electrical equipments and controllers of mini hydro power plants making it cost effective technology”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 20(C), pp. 279-293, 2013.
- [13] J.L.S. Villarreal, P.G. Avalos, F.J.D. Mota, “Estimate electrical potential of municipal wastewater through a micro-hydroelectric plant”, IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing, Mexico, 2018.
- [14] International Hydropower Association (IHA), “2019 hydropower status report.”, May, 2019.
- [15] TEİAŞ, “Aralık 2019 kurulu güç raporu.” Ankara, 2019.
- [16] Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), “2018 yılı faaliyet raporu” Ankara, 2019.
- [17] YEGM, “Hidrolik Enerji Nedir?”, Ankara, 2019.
- [18] S.O. Anaza, M.S. Abduazeez, Y.A. Yisah, Y.O. Yusuf, B.U. Salawu, S.U. Momoh, “Micro hydro-electric energy generation-an overview”, American Journal of Engineering Research (AJER), vol. 6, no. 2, pp. 5-12, 2017.
- [19] C.P. Jawahar, P.A. Michael, “A review on turbines for micro hydro power plant”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol.72, pp 882-887, 2017.
- [20] Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), “Hidroelektrik Enerji”, Ankara, 2020.
- [21] A. Dalcalı, E. Çelik ve S. Arslan, “Mikro ve mini hidroelektrik santralleri için mikrodenetleyici tabanlı bir elektronik governor sisteminin tasarımı”, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, cilt 28, sayı 2, syf. 130-135, Nisan, 2012.
- [22] European Small Hydropower Association, “Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant”, 2004.
- [23] H. Sharma and J. Singh, “Run off river plant: status and prospects”, International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, vol. 3, iss. 2, pp. 210- 213, July, 2013.
- [24] B.Mercan “Orta ölçekli hidroelektrik enerji tesislerinin incelenmesi için örnek bir çalışma -bağışlı regülatörü ve HES”, İTÜ, İstanbul, Türkiye, 2014.
- [25] V. Yıldız, “Numerical simulation model of run of river hydropower plants: concepts, numerical modeling, turbine system and selection, and design optimization”, M. Sc. Thesis, University of California, California, USA, 2015.
- [26] S.Sangal, A.Garg, D.Kumar, “Review of optimal selection of turbines for hydroelectric projects”, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, vol. 3, no. 3, pp. 424-430, March, 2013.
- [27] O.Bınarbaşı, “Mikro hidroelektrik santraller için mikro işlemci tabanlı hız regülatörü sisteminin gerçekleştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2015.
- [28] Y. Aslan, C. Yaşar, M. Ç. Karabörk., “Bir mikro-hidro örneği: Kayaboğazı barajı”, ELECO International conference on electrical and electronics eng., Aralık, 2004.
- [29] M.T. Özdemir, A.Orhan, M.Cebeci “Çok küçük hidroelektrik potansiyellerin enerji üretim amacı ile yerel imkanlarla değerlendirilmesi”, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu 2011.