

SANTRİFÜJ POMPALARIN HİDROLİK TÜRBİN OLARAK KULLANILMASI

E. Cezmi Nurşen

Standart Pompa ve Mak. San. Tic. A.Ş. İstanbul, Türkiye
cnursen@standartpompa.com

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Yeğin

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
mustafa.yegin@kocaeli.edu.tr

Prof. Dr. K. Süleyman Yiğit

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye
kyigit@hotmail.com

Özet

Dünyanın enerji gereksinimi, artan nüfus ve talep ile orantılı olarak artmaktadır. Bu durum, enerjinin birim fiyatını artırmakla beraber enerji üreticilerini birim maliyeti düşürmek için çalışmalara sevk etmektedir. Rotadinamik pompaların ters çalıştırılarak hidrolik olarak kullanılması literatürde bilinen teknik bir konudur ve PaT (Pump as Turbine) olarak da adlandırılırlar. Uygulamada türbin olarak kullanılan pompa tiplerinden en sık görülenleri uçtan emişli norm pompalar, çift emişli pompalar veya kademeli pompalardır. Pompaya basma flanşından giren su çark içinden ters yönde geçerek emme flanşından pompayı terk ettiğinde, çark ters yönde dönerek bir hidrolik türbin olarak kullanılabilir. Aynı zamanda pompa tahrikinde kullanılan asenkron motorlar, pompa türbin olarak kullanıldığında jeneratör gibi davranmakta ve elektrik üreterek şebekeyi ters olarak enerji ile besleyebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında Standart pompa tarafından üretilmiş 100 kW gücünde 2 kademeli düşey santrifüj pompa ve asenkron elektrik motor grubu, net düşüsü 95 m, debisi 432 m³/h olan içme suyu arıtma tesisi girişine yerleştirilmiş ve test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki pompa-türbin sistemi (PaT) bu çalışma şartlarında %67 genel verimle sorunsuz olarak elektrik üretmekte ve şebekeyi elektrikle beslemektedir.

Anahtar Kelimeler: Rotadinamik Pompa, Hidrolik Türbinler, Senkron Jeneratör, Asenkron Jeneratör

Summary

The energy requirement of the world is increasing in proportion to the population and demand. While this increases the unit price of energy, it drives energy producers to work to reduce the unit cost. The hydraulic operation of rotodynamic pumps using reverse operation is a known technical issue in the literature and is also called PaT (Pump as Turbine). In the application, the pump types used as turbines are generally end suction type norm pumps, double suction types or multistage type pumps. When the incoming water from the discharge flange passes through the impeller in the opposite direction and leaves the pump from the suction flange, the pump can be used as a hydraulic turbine by turning in the opposite direction. At the same time, asynchronous motors used in the pump drive act as a generator when the pump is used as a turbine and it generates electricity and supply energy in reverse to the grid.

Within the scope of this study, a 100 kW 2-stage vertical centrifugal pump and asynchronous electric motor group produced by Standard Pompa was placed and tested at the inlet of the drinking water treatment plant with a net head of 95 m and a flow rate of 432 m³ / h. The results show that the pump -turbine system (PaT) is supplying electricity to the grid without any problem in these operating conditions with 67% overall efficiency.

Keywords: Rotodynamic Pump, Hydraulic Turbines, Synchronous Generator, Asynchronous Generator.

1. GİRİŞ

Hidroelektrik, dünyadaki en büyük yenilenebilir elektrik kaynağı olup, dünya elektriğinin yaklaşık %16'sı bu kaynaklardan üretilmektedir.[1] Türbin olarak kullanılan pompa (PaT) teknolojisi, nispeten daha küçük kurulu güçlerdeki hidro-enerji veya enerji geri kazanım uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu makinalar, basınç kırımı yaparken aynı zamanda elektrik enerjisi üretimi yapmak için şehir içi su dağıtım şebekelerine kurulabilir.[2]

Pompa türbinlere olan talep günden güne artarak yükselmektedir. Hidrolik türbinlerin kullanılmadığı düşük kurulu güçlü birçok yerde kullanılabilme hususiyetleri sayısız avantajları arasındadır. Çok fazla sayıda pompa üretimi olması nedeniyle, pompadan dönüştürülmüş türbinin standardizesi hidrolik türbin tasarımından çok daha düşük maliyetlidir. [3] Düşük maliyetli oluşunun yanında pompa türbinler çok daha başka avantajlara sahiptir. Bunlar, bıçak eğim değişikliği olmaması sebebiyle kolay kontrol sağlanması, kolay montaj, kimyasal ve sıcak proses sıvılarına hızlı adaptasyon sağlaması gibi üstünlüklerdir. Pompa türbin sisteminin kullanım alanları arasında içme suyu şebekeleri ve kırsal alanlardaki mikro ölçekli hidroelektrik santralleri gelmektedir. Ayrıca içme suyu dağıtım sistemlerinde net düşünün yüksek olduğu bölgelerdeki su dağıtımında basıncın vanalar ile kırılması ile enerji kullanılmadan atılmak yerine pompa türbin ile enerjinin kazanımı söz konusudur. Kırsal kesimlerde elektrik dağıtım şebekelerinden uzakta bulunan bölgelerdeki elektrik ihtiyacını karşılamak için pompa türbin sistemleri, geleneksel türbinlerle kıyaslandığında daha ekonomik bir çözüm olabilmektedir.[4]

Hidrolik türbinler, santrifüj pompalar ile fiyat olarak karşılaştırıldıklarında oldukça pahalı kalmaktadırlar. Bu nedenle mevcut santrifüj pompaların yeniden tasarımı ile türbin modunda verimli olarak kullanılması oldukça ekonomik ve de pratik olmaktadır.

2. YÖNTEM

Proje tasarımı hedeflenen pompa türbinin ön fizibilite çalışmaları sonucu yapılabilirliği belirlendikten sonra hidrolik tasarım aşamasına geçilir. Pompa türbinler farklı özgül hızlarda, farklı hidrolik ve mekanik yapıda olan makinalardır. Yapılan çalışma kapsamında pompa türbin araştırması sırasında; -Pompa çarkları türbin modunda çalışırken, hidrolik performansları hesaplamalı akışkanlar mekaniği yöntemlerinden hareketle, iyileştirilerek, türbin modunda çalışmak için yapılabilecek değişiklikler belirlenerek çark ve salyangozda yapılması gereken modifikasyonlar belirlenmiş ve gerekli model üretimleri veya tadilatları yaptırılmış, döküm ve ardından talaşlı imalatla üretilerek prototip üzerinde deneysel olarak performans ölçümleri yapılmıştır.

Pompa türbinler, ekonomik güç kaynağı olarak günden güne artan taleple yükseliştir. Normal hidrolik türbinlerin kullanılmadığı birçok yerde kullanılabilme hususiyetleri sayısız avantajları arasındadır. Çok fazla sayıda pompa üretimi olması nedeniyle, pompadan dönüştürülmüş türbinin standardizesi hidrolik türbin tasarımından çok daha düşük maliyetlidir. Düşük maliyetli oluşunun yanında pompa türbinler çok daha başka avantajlara sahiptir. Pompa türbin sisteminin kullanım alanları arasında içme suyu şebekeleri ve kırsal alanlardaki mikro ölçekli hidroelektrik santralleri gelmektedir. Ayrıca içme suyu dağıtım sistemlerinde net düşünün yüksek olduğu bölgelerdeki su dağıtımında basıncın vanalar ile kırılması ile enerji kullanılmadan atılmak yerine pompa türbin ile enerjini kazanımı söz konusudur. Kırsal kesimlerde elektrik dağıtım şebekelerinden uzakta bulunan bölgelerdeki elektrik ihtiyacını karşılamak için pompa türbin sistemleri, geleneksel türbinlerle kıyaslandığında daha ekonomik bir çözüm olabilmektedir.

Pompaların Türbin Olarak Kullanılmasında (PaT) Genel Özellikler

- PaT durumunda akışkan girişi pompaya göre terstir.
- Çark dönme yönü pompa durumuna göre terstir.
- Verimler genelde PaT durumunda, pompa durumuna kıyasla %2-3 mertebesinde düşüktür.
- PaT için kullanılan elektrik motoru (veya alternatör) genelde 4, 6 veya 8 kutuplu olarak seçilir.
- Ambalman hızları genelde senkron devir hızının 1.3–1.4 katıdır
- PaT durumunda, pompa durumuna göre debi daha yüksektir.
- PaT durumunda, pompa durumuna göre basınç (basınç kırımı) daha yüksektir.

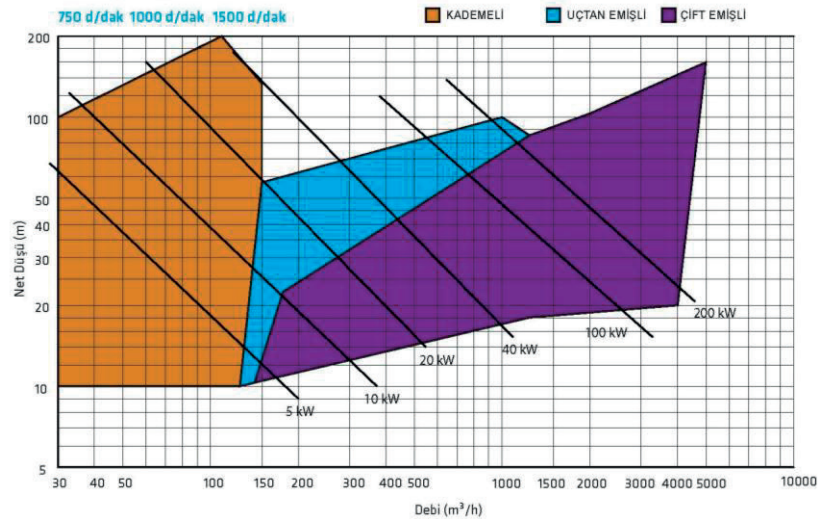
Türbinler ile PaT Karşılaştırılması

TÜRBİN
• Kurulu güç çok yüksek. 10.000 MW mertebelerine kadar çıkabilir • Verimleri yüksek • İlk yatırım maliyetleri yüksek • 1-2 MW mertebesindeki türbinlerin amortisman süreleri 4-5 yıl gibi • Kompleks yapıya sahiptirler

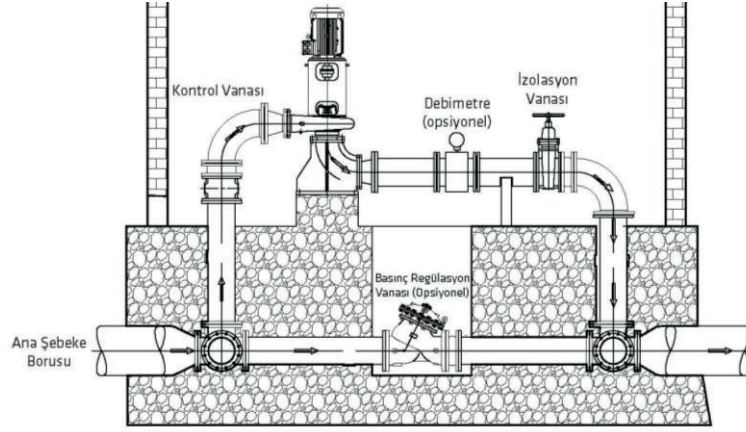
PaT
• Kurulu güç çok düşük. Genelde max 1-2 MW mertebesinde • Verimleri türbinlere nazaran düşük • İlk yatırım maliyetleri düşük • 1-2 MW mertebesindeki PaT'ların amortisman süreleri max 1 sene • Basit yapıya sahiptirler

PaT Çalışma Aralıkları ve Bağlantı Şekli

Türbin olarak kullanılacak pompaların çalışma aralıkları ve seçim kriterleri düşü ve debiye göre aşağıdaki grafikte görülmektedir. Yüksek düşüli uygulamalarda kademeli pompa, nispeten orta yükseklik ve orta debilerde uçtan emişli, debinin yüksek olduğu uygulamalarda ise çift emişli pompaların türbin olarak kullanılması verimlilik açısından daha uygundur.



Şekil 1: Türbin olarak kullanılan farklı türde pompaların çalışma aralıkları



Şekil - 2: Türbin dairesi, türbin, jeneratör, boru hattı ve ekipmanların genel görünüşü

Örnek bir uygulama olarak temiz su arıtma tesisi girişine konulabilecek bir PaT sisteminin genel görünüşü Şekil 2’de görülmektedir. PaT sisteminde herhangi bir arıza olduğunda su basınç düşürücü vanaya yönlendirilmekte, arıtma tesisi susuz kalmamaktadır. Basınç bilgisi belirli bir değerin altına düşünce hidrolik ağırlıklı kontrol vanasının kapatılması suretiyle türbini devre dışı bırakmaya ve iğne vananın açılıp suyun By-Pass hattına yönlendirilmesine yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda türbin sisteminin güç verim hesaplarının online takip edilebilmesi için sistem üzerinde bulunan debi ölçerden gelen analog bilgi ile basınç transmitterinden gelen bilgi panel üzerinde görüntülenerek uzaktan izlenmesinde, hesaplanmasında ve kaydedilmesinde kullanılmaktadır.

Şekil 3’te görülen ve türbin olarak kullanılan pompa ile ilk çalışma sırasında kendisini tahrik eden elektrik motoru, kritik bir debi değeri PaT içerisinden geçmeye başladığında dönme sayısı senkron devir üzerine çıkmakta ve asenkron motor elektrik üretmeye ve şebekeye sorunsuz elektrik beslemeye başlamaktadır. Elektrik şebekesinde meydana gelebilecek herhangi bir arıza durumunda (yük atması) türbin devri ve buna bağlı elektrik motoru devri artmaya başlamakta, PaT sisteminin daha fazla hızlanması önlenerek şekilde PaT girişi vana kapatılarak sistemin kendini korumaya alması sağlanmaktadır.

On-Grid sitemi olarak tasarlanan ve Trabzon’da kurulu bulunan bir içme suyu arıtma tesisi önüne konulan mikro hidro elektrik santral grubuna ait değerler ve hidro-elektrik sistemi izleme panosu Şekil 3’te görülmektedir.

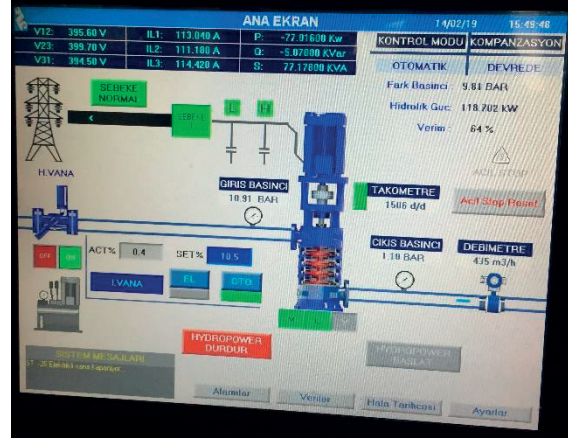
3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Pompa türbin sistemi ön denemeleri üretim yapılan firmada yapıldıktan sonra tüm sistemin devreye alma ve kabul test denemeleri Trabzon’da kurulu bulunan temiz su arıtma tesisi girişine konulan sistem üzerinde tekrarlanmıştır. Pompa türbinden geçen debi değiştirilerek buna karşılık gelen türbin giriş ve çıkış basınç değerleri ölçülmüş, elektrik panosu üzerinde elektrik motoruna ait akım, gerilim, güç faktörü, üretilen aktif-reaktif güç değerleri okunmuş, bununla ilgili ölçülen değerler ve yapılan hesaplamalar sonucu çizilen performans grafiği Şekil 4’te sunulmuştur. Elde edilen veriler ve hesaplama sonuçları Standart Pompa Mak. San. ve Tic. A.Ş. tarafından fabrikada yapılan performans grafikleri üzerinde işlenmiş ve karşılaştırma yapıldığında her iki sonucun birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür. Arıtma tesisinde yapılan deneysel çalışmalar sırasında PaT grubu ve basınç düşürücü hat ayrı ayrı çalıştırılıp enterkonnekte şebeke ile paralel devreye sokulmuştur. Mikro hidro-elektrik santral grubunun sorunsuz bir şekilde elektrik ürettiği ve şebekeyi beslediği görülmüştür. Denemeler sırasında herhangi bir aksaklıkla karşılaşılmamıştır.

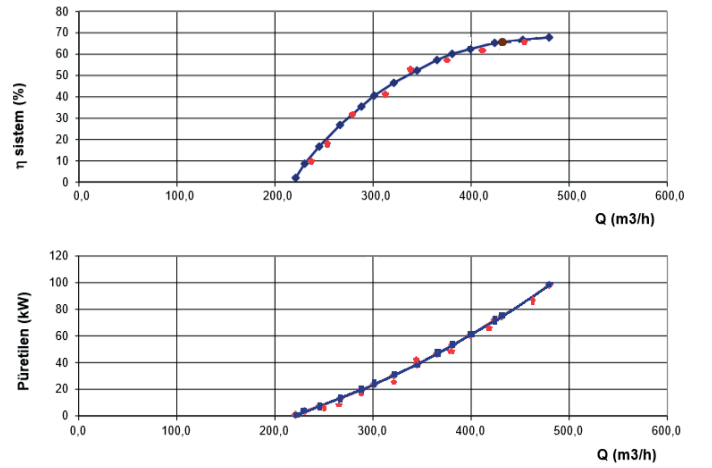
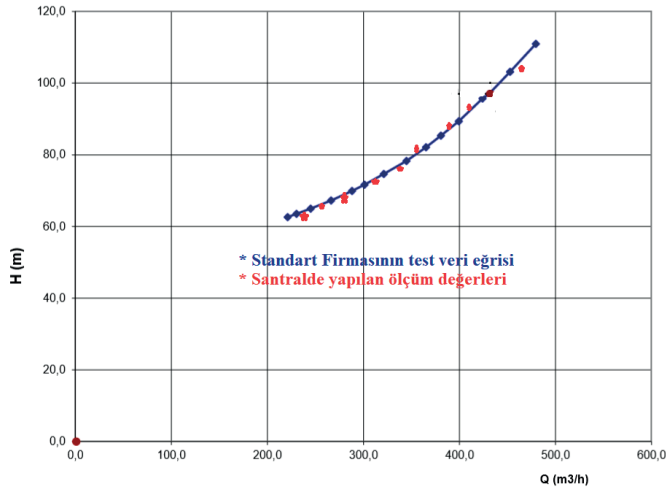


ON-GRID SİSTEM UYGULAMASI

Uygulama Yeri : Trabzon-Türkiye
 Uygulama Sahası: İçme Suyu Arıtma Girişi
 Debi : 230 -480 m³/h
 Basınç Kırımı : 65-110 m
 Kurulu Güç : 132 kW
 Üretilen Güç : 3-100 kW
 Pat Tipi : Düşey Çok Kademeli



Şekil 3: PaT santral ve online izleme sistemi genel görünüşü



Şekil 4: Standart Pompa fabrikasında yapılan test eğrileri ile sistemin kurulduğu yerde yapılan ölçüm değerlerinin karşılaştırılması

4. SONUÇ

İçme suyu arıtma tesisi girişindeki 132kW kurulu güçte bulunan 1 adet düşey 2 kademeli mikro hidro-elektrik santrali yerinde incelenerek farklı yüklerde ve debilerde testler, yük atma ile ilgili deneyler yapılmış ve türbin olarak kullanılan pompanın, ilk yatırım maliyetleri göz önüne alındığında amortisman süresinin 1 yıldan az olması, sorunsuz çalışması, şebekeye giriş çıkışların sorunsuz olması nedeniyle fizibil olduğu, elektrik üretimi için alternatör yerine asenkron elektrik motoru kullanılıyor olması ve direkt olarak elektrik şebekesine bağlandığı için regülasyon problemi yaşanmaması nedeniyle PaT tipi mikro hidro-elektrik santralının sorunsuz elektrik üretimi için tercih edilebilir olduğu anlaşılmıştır.

Kaynaklar

- [1] Hydropower International Energy Agency, <https://www.iea.org/topics/renewables/hydropower/>
- [2] M. Rossi, M. Righetti, M. Renzi, Pump-as-Turbine for energy recovery applications: the case study of an aqueduct, Energy Procedia 01 (2016) 1207–1214
- [3] Williams, A.A., —Pumps As Turbines for Low Cost Micro Hydro Powerl, WREC; pp. 1227-1234, 1996
- [4] T. Agarwal “Review of Pump as Turbine (PAT) for Micro-Hydropower “ International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering (ISSN 2250-2459, Volume 2, Issue 11, November 2012) 163
- [5] N Raman, I Hussein, K Palanisamy and B Foo, An experimental investigation of pump as turbine for micro hydro application, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 16 (2013)12064