

BİR HİDROELEKTRİK SANTRALDA SÜREKLİ TİTREŞİM İZLEME SİSTEMİ UYGULAMASI

Emre ORHON

ÖZET

Üretimin sürekliliği enerji santrallerinin en büyük önceliğidir. Ani arızalardan kaynaklanan beklenmeyen duruşlar ciddi üretim kayıplarına yol açabilir. Bunun önüne geçebilmek için, makinanın dinamik davranışı ile ilgili bilgi veren parametrelerin sürekli olarak izlenmesi ve analizi sayesinde olası arızalar erkenden tesbit edilir, hasar gerçekleşmeden önce bakım planlaması yapılır. Bu çalışma kapsamında 672 MW toplam güce sahip Birecik Hidroelektrik Santralında kurulan “sürekli titreşim izleme sistemi” tanıtılacak, mekanik ve elektrik montaj ayrıntılarına değinilecek, verilerin izlenmesi ve sürekli gösteriminin ne şekilde yapıldığı anlatılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Titreşim, sürekli izleme, hidroelektrik, elektromanyetik, eddy akımı, sensör

ABSTRACT

Uptime is the most important fact for the power plants. Unexpected breakdowns may result in large amount of production loss. In order to prevent this, early fault detection is performed by the online monitoring and analyzing the parameters that relates to the dynamic characteristics of the machine. In this study, an online vibration monitoring system that has been installed in a hydropower plant of 672 MW total power will be introduced, mechanical and electrical installation details will be given and the online monitoring techniques will be presented.

Key Words: Vibration, condition monitoring, hydropower, electromagnetic, eddy-current, sensor.

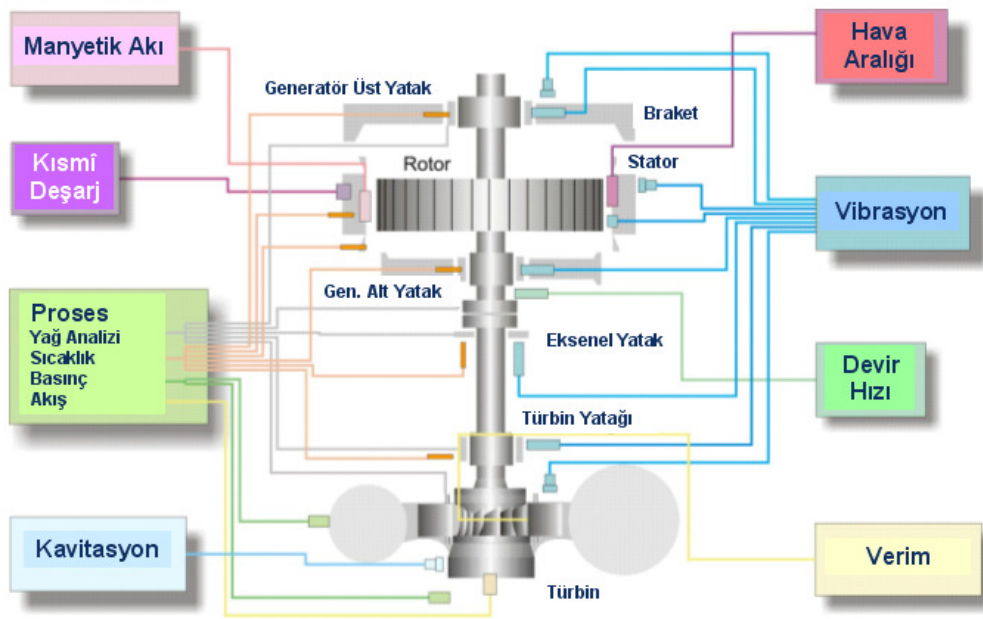
1. GİRİŞ

Türbin-Generatör sistemlerinin sürekli olarak izlenmesinde kullanılan “Türbin Denetleme ve Gözetleme Sistemleri”, makinaları koruma ve arızalar gerçekleşmeden önce erken uyarı verme özelliğine sahiptirler. Bu kapsamda, titreşim (vibrasyon) başta olmak üzere, generatör hava aralığı, manyetik akı, kısmî deşarj, eksenel yatak pozisyonu, devir hızı, faz, proses değerleri ve verim gibi parametrelerin izlenmesi ve analizi sayesinde türbin sürekli olarak kontrol altında tutulmaktadır.

Makina arızaları ile ilgili erken uyarı verme özelliğine sahip en önemli parametre titreşimdir. Balanssızlık, kaplin ayarsızlığı, mekanik gevşeklik, yatak yağlama problemleri, çatlak oluşumu gibi arızalar ilk baş gösterdikleri andan itibaren makinanın titreşim imzasında kendilerini göstermektedirler. Bu tip arızalar genellikle aniden oluşmamakta, zaman içerisinde gelişen bir seyir izlemektedirler. Titreşim seviyeleri sürekli olarak takip edilerek, hasara sebebiyet verilmeden ve makinanın duruşunu gerektirecek titreşim seviyelerine ulaşılmadan arızalar erkenden tespit edilebilmektedir. Arıza analizi sonucunda sorunlu olduğu teşhis edilen makina parçalarının yedeklerinin temin edilerek zamanında değiştirilmeleri ile üretim kesinti süresinin en aza indirilmesi ve ikincil arızaların azaltılması sağlanır. Bu sayede fabrika üretimi en az kayba uğramış olur.

“Koruyucu Sürekli Titreşim İzleme Sistemleri” makinalara zarar verebilecek anlık titreşim değişimlerinin hızla belirlenmesi ve önlem alınmasını sağlamaktadırlar. Bunu gerçekleştirebilmek için makina üzerine kalıcı olarak yerleştirilen sensörlere ve bu sensörlerden gelen toplam titreşim seviyelerinin önceden belirlenen alarm limitleriyle sürekli karşılaştırılmasına ihtiyaç vardır. Bu limitlerin aşılması halinde sistem çeşitli ikaz veya trip (acil kapatma) rölelerini aktive ederek makinaı durdurur ve bu sayede büyük bir hasarın önüne geçilmiş olur.

Hidrolik makinalardaki arızaların büyük çoğunluğu titreşim izleme yoluyla tesbit edilebilmekte olup, akış ve elektromanyetik kökenli arızaların teşhisi için titreşim beraberinde ilave bazı ölçümlere başvurulmaktadır. Bunların başlıcaları; generatörde “Hava Aralığı”, “Kısmî Deşarj” ve “Manyetik Akı”, türbinde ise “Kavitasyon” izleme teknikleridir. Özellikle büyük güce sahip türbinlerde bu ölçümlerin tümüne başvurulmaktadır. Bunun yanı sıra yağ analizi, basınç, sıcaklık, debi ve verim gibi proses parametreleri, tüm diğer ölçümlerle ilişkilendirilerek arıza teşhisi amaçlı analizleri daha efektif hale getirmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Hidrolik türbin-generatörde kurulabilecek sürekli denetleme ve gözetleme sistemine ait ölçüm parametreleri.

Hidrolik makinalarda karşılaşılabilen arızalar “mekanik”, “elektrik” ve “hidrolik” olarak 3 grupta toplanmaktadır. Tablo 1’de, hidrolik türbin-generatör sisteminde karşılaşılabilecek arızaların neler olabileceği ve bunları teşhis edebilmek için hangi izleme yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir [1].

Tablo 1. Hidrolik türbin-generatör sisteminde karşılaşılabilecek arızalar ve izleme teknikleri.

Olası Arızalar		İzleme Teknikleri						
		Vibrasyon	Hava Aralığı	Kısmi Deşarj	Manyetik Akı	Proses (Yağ, sıcaklık, basınç, akış)	Performans	Kavitasyon
Mekanik	Dengesizlik (mek., elektr., hydr.,)	✓					(✓)	
	Kaplin Ayarsızlığı	✓						
	Rotor sürtünmesi	✓					✓	
	Gevşek dengeleme kütleleri	✓						
	Rezonans	✓					✓	
	Temel problemleri	✓	✓					
	Sismik ve yerleştirme problemleri	✓	✓					
Generatör	Oluk ve korona deşarjı, ark oluşumu			✓		✓		
	Stator çekirdek titreşimleri	✓						
	Stator çubuk titreşimleri	(✓)		✓		✓		
	Gevşek/kısa devreli stator çubukları				✓	✓		
	Tabakalararası çekirdek kısa devreleri		(✓)			✓		
	Stator çub. bir kısmının hava aralığı içinde olması		✓					
	Çekirdek havalandırması					✓		
	Dönel çekirdek akımları				✓			
	Hava aralığında anormallikler		✓		✓	✓		
	Rotor kutbunun çemberden sapması		✓					
	Hava aralığına kutup/gubuk göçü		✓					
	Statorun çemberden sapması		✓					
	Kısa devreli alan sargısı/çubuk sargıları/teller				✓			
	Stator gerçesinin hareketi	✓						
Yatak	İkazda hava aralığı	✓						
	Eksenel yatakta (thrust) aşınma	✓						
	Gevşek yataklar	✓						
	Yağ kirlenmesi ve girdabı	✓				✓		
Türbin	Yağlamada eksiklik	(✓)						
	Gevşek çark	✓					✓	
	Kirik kanat	✓						
	Ayar kanadı kırılması	✓				✓		
	Su kapısı aşınması	(✓)				(✓)		
	Türbin kanadında kavitasyon	(✓)					✓	✓
Performans	Performansta azalma	(✓)	✓			✓	✓	
	Hidrodinamik problemler	✓				✓	✓	

2. HİDROELEKTRİK MAKİNALAR İÇİN TİTREŞİM SINIRLARI

ISO 7919-5 ve ISO 10816-5 uluslararası standartlarında, hidroelektrik santrallardaki türbinlerde ve pompa istasyonlarındaki makina gruplarında titreşim izlemenin ne şekilde yapılması gerektiği açıklanmaktadır [2, 3]. Türbinin her yatağında izafi şaft titreşimleri ve mutlak yatak titreşimi ölçümleri önerilmektedir.

ISO 7919-5 standardında tanımlanan izafi şaft titreşimleri, birbirlerine 90 derece açı yapacak şekilde radyal olarak yerleştirilmiş, yatak ile şaft arasındaki izafi yer değişimini ölçen “yer değişimi sensörleri” ile ölçülmektedir. Bu sensörler şafta temas etmemekte olup, eddy-akımı (eddy-current) prensibi ile çalışmaktadırlar. Yatağa monte edilen birbirine dik iki sensör sayesinde “kinetik şaft yörüngesi (orbit)” ölçülebilmektedir.

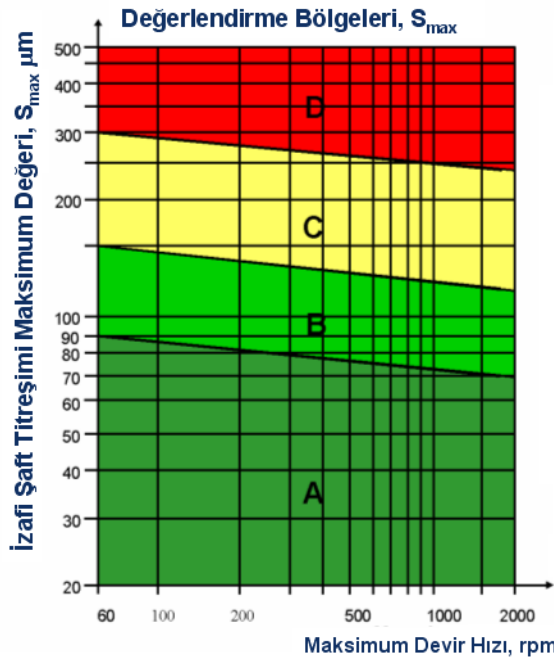
ISO 7919-5 standardında şaftın merkez noktasının maksimum yerdeğişimi genliği S_{max} olarak tanımlanmaktadır ve farklı devir hızlarına sahip makinalarda S_{max} titreşim seviyesinin mikrometre cinsinden hangi limitler dahilinde olması gerektiği 4 farklı bölge (zone) tanımlanarak verilmiştir (Şekil 2).

A bölgesi: Yeni devreye alınmış makinaların titreşimleri normal olarak bu bölgede olmalıdır.

B bölgesi: Bu bölgedeki titreşimler, makinanın uzun dönem durmaksızın çalışması için kabul edilebilir seviyededir.

C bölgesi: Makinanın titreşimlerinin bu bölgede olması, makinanın uzun dönem çalışması için elverişli değildir. Genelde makina bu bölgede kısa süre çalıştırılır ve ilk fırsatta durdurularak bakıma alınır.

D bölgesi: Bu bölge dahilindeki titreşimler makinede kalıcı hasar oluşturmak için yeterli düzeyde olup, makinanın bu bölgede çalışmasına izin verilemez.



Şekil 2. ISO 7919-5 uluslararası standardında tanımlanan S_{max} titreşim seviyesine ait değerlendirme limit bölgeleri.

S_{max} parametresine ilaveten, makina bloğuna yerleştirilen sensörlerle mm/s RMS cinsinden “mutlak yatak titreşimleri” ölçülmesi önerilmektedir. Bu ölçümler de ISO 10816-5 standardında tanımlanmıştır. Hidroelektrik türbinler genellikle düşük devirde dönmektedirler. Devir hızındaki ilk harmonik bileşeni sağlıklı bir şekilde ölçebilmek için, düşük frekanslarda ivmeölçerlere kıyasla çok daha yüksek elektrik sinyali üreten elektromanyetik hız sensörleri kullanılmalıdır. İvmeölçerlerin düşük frekans bölgesinde kullanımı, sinyalin gürültü eşiği altında kalmasına ve dolayısıyla yanlış ölçümlerin alınmasına yol açabilmektedir. Elektromanyetik hız sensörlerinin kullanılamayacağı tek bölge statorun içidir. Hız sensörleri stator içerisindeki elektromanyetik dalgalardan etkilenmektedir. Dolayısıyla, stator içerisinden alınacak “stator çekirdek titreşimlerinin” ölçümünde ivmeölçer (accelerometer) kullanılması gerekmektedir.

ISO 10816-5 standardında titreşim sınır değerleri makina tipine göre dört gruba ayrılmıştır. Grup 1; rijid temel üzerine kurulu ve 300 dev/dak üzerindeki hızlarda çalışan yatay makineler, Grup 2; yatakları makina bloğundan destek alan ve 300 dev/dak altındaki hızlarda çalışan yatay makineler, Grup 3; yatakları temelden destek alan ve 60 dev/dak ile 1800 dev/dak devir hızı aralığında çalışan dikey makineler, Grup 4 ise; alt yatakları temelden destek alan, üst yatağı ise sadece generatör statorundan destek alan ve 60 dev/dak ile 1000 dev/dak devir hızı aralığında çalışan dikey makineler olarak tanımlanmıştır. Radyal doğrultuda ölçülen titreşimlerin alarm sınır değerleri - mm/s RMS cinsinden olmak üzere - Grup 1 için 2.5 (uyarı), 4.0 (trip), Grup 2 için 4.0 (uyarı), 6.4 (trip), Grup 3 için 2.5 (uyarı), 4.0 (trip) ve Grup 4 için üst yatakta 4.0 (uyarı), 6.4 (trip), diğer yataklarda 2.5 (uyarı), 4.0 (trip) şeklindedir.

3. PROJE VE UYGULAMA

Türkiye’de Şanlıurfa ili sınırları içerisinde Fırat nehri üzerinde bulunan Birecik Hidroelektrik Santrali her biri 112 MW güce sahip 6 adet dikey tip Francis türbinine sahiptir. 2001 yılında kurulumu tamamlanmış olan santral Verbundplan Birecik Barajı İşletme Ltd. Şti. tarafından işletilmektedir [4]. Santraldaki türbinlerin titreşimlerinin uzun süreli izlenmesi ve kayıt altına alınması amaçlı kurulan

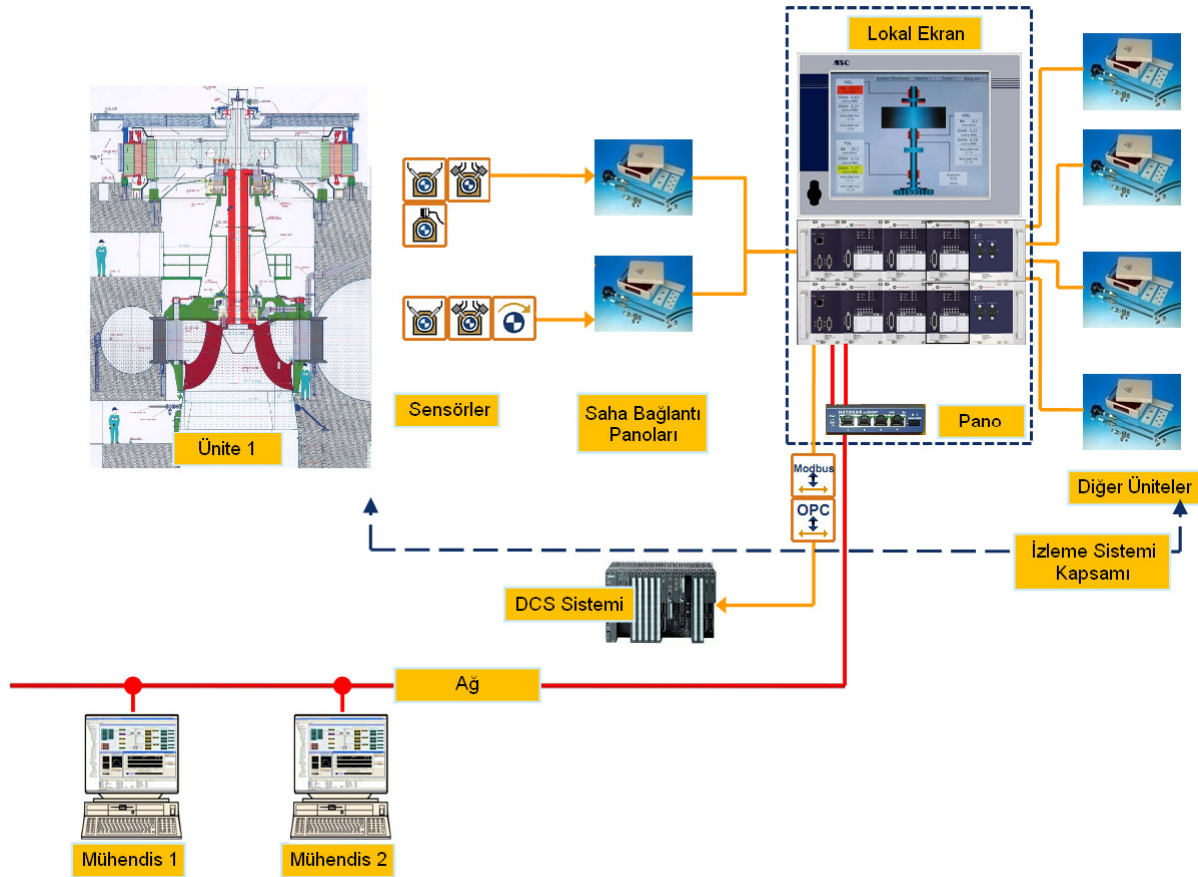
Sürekli Titreşim İzleme Sisteminin montajı 2011 Ağustos ayında 10 iş günü içerisinde gerçekleştirilmiş olup, bu bildirinin yayınlandığı tarih itibarıyla sistem devreye alma aşamasındadır.

3.1. Sistemin Genel Yapısı

Sistem bileşenleri aşağıda listelenmiştir:

1. **Eddy-akımı titreşim yer değişimi sensörleri:** Şaft ile yatağın izafi yer değişimini ve izafi titreşimlerini ölçmektedir.
2. **Elektromanyetik titreşim hız sensörleri:** Makina bloğunun mutlak titreşimlerini ölçmektedir.
3. **Sensör montaj blokları:** Sensörlerin montajında kullanılan kaideleri ve özel ayar gereçlerini kapsar.
4. **Saha bağlantı panoları:** Sensör sinyal kabloları ile çoklu sinyal kabloları arasındaki bağlantıyı sağlayan elektrik panolarıdır.
5. **Çoklu sinyal kabloları:** Sensörlerden gelen sinyali izleme ünitelerine taşıyan çift ekranlı kumanda kablolarıdır.
6. **İzleme üniteleri:** Sensörlerden gelen sinyali değerlendirerek analiz eden, titreşim seviyelerini anlık olarak ölçerek alarm seviyeleri ile karşılaştıran, alarm seviyeleri aşıldığında uyarı ve trip rölelerini aktive eden ve DCS sistemi ile sürekli dijital veri iletişimde bulunan cihazlardır.
7. **Ağ bağlantı aygıtı (switch):** İzleme ünitelerinin yerel ağı bağlanmalarını sağlar.
8. **Sürekli izleme yazılımı:** İzleme ünitelerinden gelen ölçüm verilerini sürekli olarak görüntüler.

Aşağıdaki şekilde sistem bileşenleri ve birbirleriyle bağlantıları şematik olarak görülmektedir.



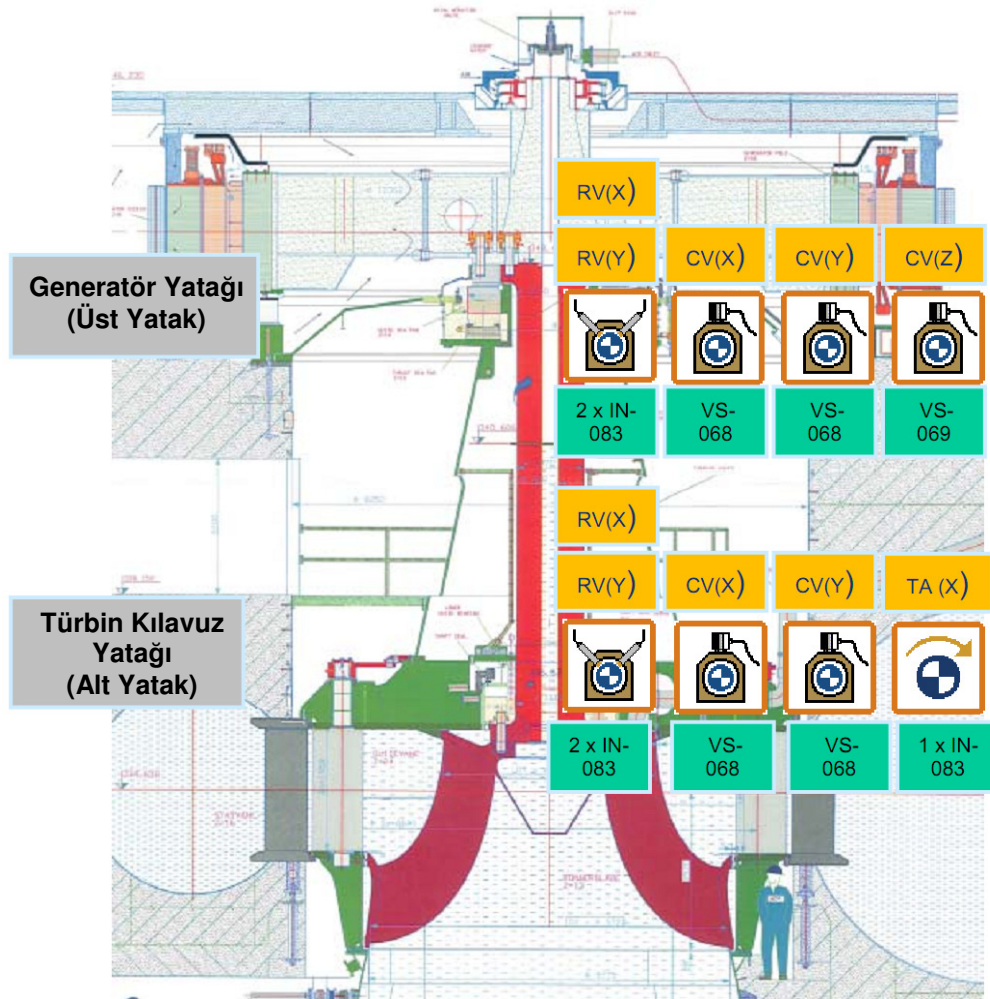
Şekil 3. Koruyucu Sürekli Titreşim İzleme Sistemi bileşenleri.

Türbin yataklarına monte edilen titreşim ve devir hızı sensörlerinin kabloları “saha bağlantı panolarına” bağlanmaktadır. Türbin başına 2 adet saha bağlantı panosu mevcut olup her panoya 5 adet sensör bağlıdır. Sinyaller, saha bağlantı kutularından ana panodaki “izleme ünitelerine” çoklu sinyal kabloları ile taşınmaktadır. Bu sinyal kabloları özel çift ekranlı kumanda kablolarıdır. Kabloların çift ekranlı olması, dışarıdan gelebilecek elektromanyetik gürültüyü ve kabloların birbiri arası etkileşimini engellemek içindir.

Sinyallerin izleme üniteleri tarafından değerlendirilmesiyle elde edilen ölçüm parametreleri, OPC protokolü vasıtasıyla santralda kurulu bulunan DCS sistemine sürekli olarak aktarılmaktadır. DCS sistemi bu verileri depolamakta ve yazılımında çeşitli parametreler aynı grafikte zamana bağlı olarak çizdirebilmektedir. Buna ilaveten, izleme sistemine ait yazılım vasıtasıyla yerel ağa bağlı bilgisayarlar tüm ölçüm değerlerini sürekli olarak görüntüleyebilmektedir.

3.2. Sensörlerin Yerleşimi

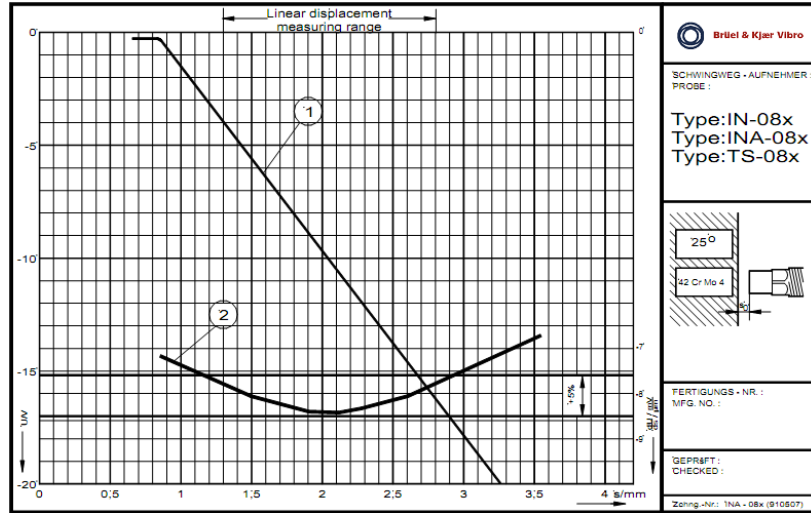
Türbinin su giriş doğrultusundaki eksen X, buna yatayda 90 derece dik olan eksen Y, şaft dikey ekseni ise Z olmak üzere eksen takımı belirlenmiştir. Türbinin her bir yatağına X ve Y doğrultularında izafi titreşim yer değişimi sensörleri yerleştirilmiştir. Üst yatağa X, Y ve Z doğrultularında, alt yatağa ise X ve Y doğrultularında elektromanyetik titreşim hız sensörleri monte edilmiştir. Titreşime ilaveten, devir hızı ve harmoniklerinin genlik ve faz bilgisinin ölçülebilmesi için 1 adet devir hızı sensörü yerleştirilmiştir. Şekil 4, sensör dağılımını göstermektedir.



Şekil 4. Sensör dağılımı.

3.3. İzafi Titreşim Yer Değişimi Sensörleri ve Montajı

Projede kullanılan izafi titreşim yer değişimi (veya diğer adıyla izafi şaft titreşimi) sensörleri 1.5 mm ölçüm aralığına sahip, eddy-akımı prensibiyle çalışan entegre osilatörlü sensörlerdir. Sensör duyarlılığı şaft malzemesine göre değişiklik göstermekte olup, 42CrMo4 çeliği için duyarlılık değeri $-8\text{mV}/\mu\text{m}$ şeklindedir. Sensör, -24 VDC gerilim ile beslendiğinde, ölçüm aralığı boyunca lineer olarak, şafttan uzaklığı ile doğru orantılı bir voltaj sinyali üretir. Bu yöntemle sensör, şaftın yatağa göre izafi olarak hem statik konumunu hem de titreşimini ölçmektedir. Sensör duyarlılık grafiği aşağıdaki şekilde gibidir [5].



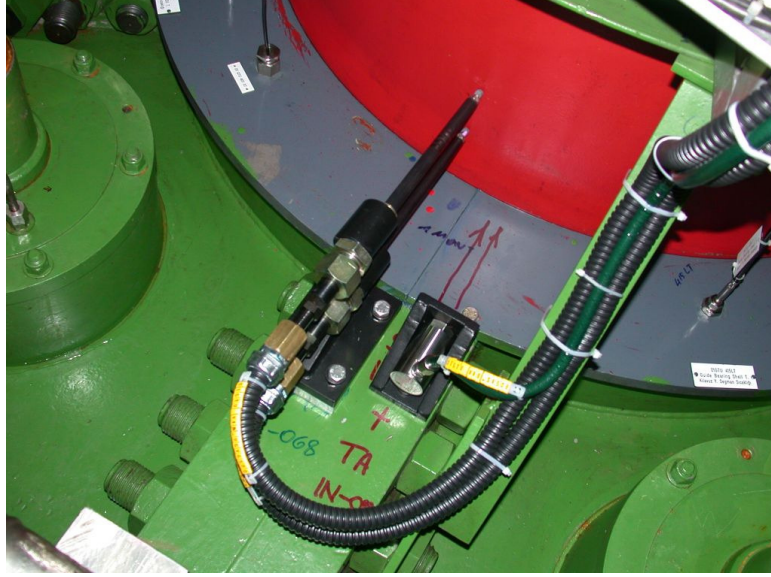
Şekil 5. İzafi yer değişimi sensörü duyarlılık grafiği.
(1): Duyarlılık transfer karakteri, (2): Doğrusallıktan sapma karakteri.

Sensör yerleşimi için gerekli tüm sensör montaj blokları ve ayar aparatları Türkiye'de imal edilmiştir. Şekil 6'da görülen sensör montaj-ayar aparatı, montaj esnasında sensör kablolarını döndürmeden sensörü ileri geri hareket ettirebilmeyi ve ayar noktasına sabitlemeyi sağlamaktadır. Sensör ucunun şafta dik uzaklığı yaklaşık 2 mm olarak ayarlandığında, sensör çıkış voltajı -10 VDC şeklinde olacaktır.



Şekil 6. Eddy-akımlı titreşim yer değişimi sensörü (sol üstte) ve sensör montaj-ayar aparatı

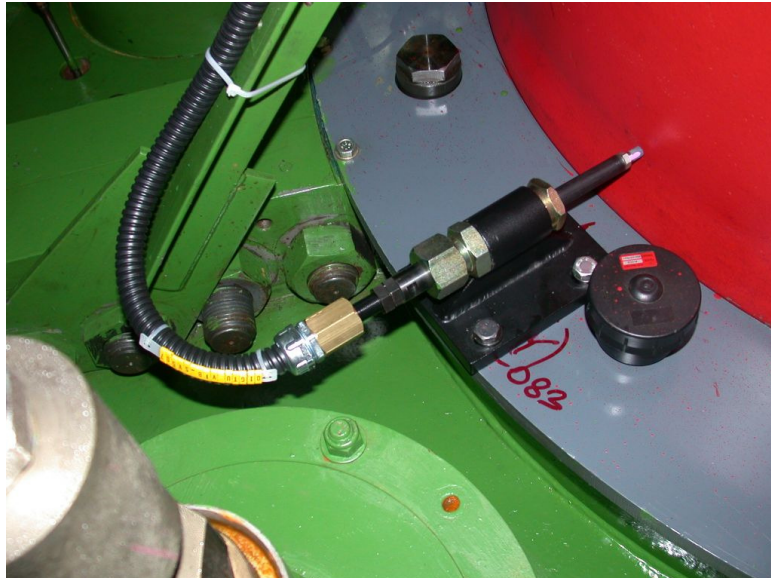
Şekil 7’te türbin kılavuz yatağına X doğrultusunda yerleştirilen izafi yer değişimi sensörü, devir hızı sensörü ve mutlak yatak titreşimi sensörü görülmektedir. Soldaki montaj bloğunda alttaki sensör X yönündeki izafi yer değişimini (dinamik olarak da izafi şaft titreşimini), üstteki sensör ise devir hızını ölçmektedir.



Şekil 7. Türbin yatağı X yönü titreşim sensörleri ve devir hızı sensörü.

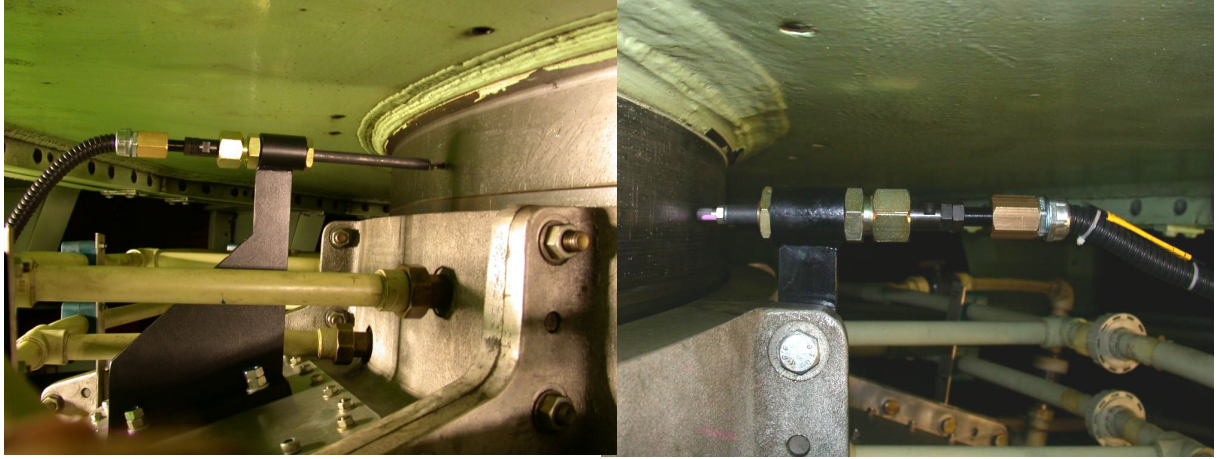
Devir hızı sensörü de titreşim sensörü ile aynı tiptedir. Devir hızını ölçebilmek için şafta sensör hizasına gelecek şekilde ince bir alüminyum bant yapıştırılmıştır. Şaft dönerken alüminyum bant sensörün önünden her geçtiğinde, malzeme değişikliği nedeniyle sensör sinyali çıkışında bir elektriksel darbe meydana gelmektedir. İzleme üniteleri bu darbeleri sayarak devir hızını ölçmektedirler.

Türbin yatağı Y doğrultusuna yerleştirilen izafi şaft titreşimi sensörü Şekil 8’de görülmektedir.



Şekil 8. Türbin yatağı Y yönü izafi şaft titreşimi sensörü.

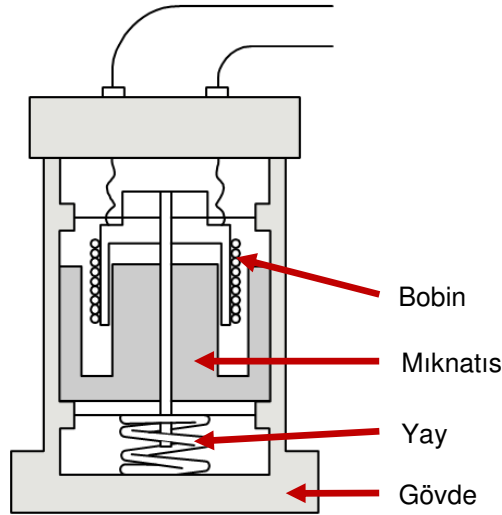
Üst yatak izafi titreşim yer değişimi sensörleri, generatör kılavuz ve eksenel kombine yatağı muhafazasına özel imal edilen montaj blokları ile monte edilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Generator yatağı izafi şaft titreşimi sensörleri (solda: X yönü, sağda: Y yönü).

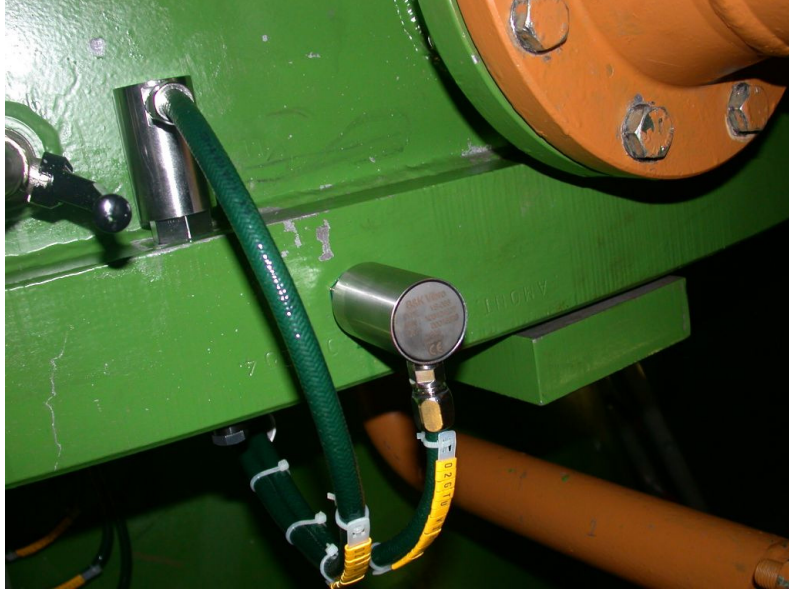
3.4. Titreşim Hız Sensörü ve Montajı

Projede kullanılan titreşim hız sensörleri elektromanyetik prensiple çalışmaktadırlar. Sensör iç yapısı Şekil 10'da görülmektedir.



Şekil 10. Elektromanyetik Prensiple Çalışan Titreşim Hız Sensörü

Makinaya sabitlenen sensör gövdesi titreştiğinde yay-mıknatıs sistemi sabit bobin üzerinde doğrusal titreşim hareketi yapar. Bu hareket nedeniyle endüklenen bobin, titreşim hızı ile doğru orantılı bir elektrik sinyali üretir. Titreşim hız sensörleri yatay ve düşey ölçüm için farklı mekanik bileşenlere sahip olarak tasarlanırlar. Düşük frekanslarda yüksek genlikli elektrik sinyali verebildikleri için hidroelektrik santrallardaki türbinlerde tercih edilirler. İçlerindeki yay-kütle mekanizması dolayısıyla bir doğal frekansa sahiptirler. Projede kullanılan sensörlerin doğal frekansı 8 Hz'tir. İzleme üniteleri sensörün doğal frekans bölgesinde doğrusallaştırma filtrelerine sahiptirler. Şekil 11, yatay ve düşey titreşim hız sensörlerinin generator yatağındaki montaj şeklini göstermektedir. Tüm sensör kabloları izoleli çelik spirallerden geçirilerek koruma altına alınmıştır.

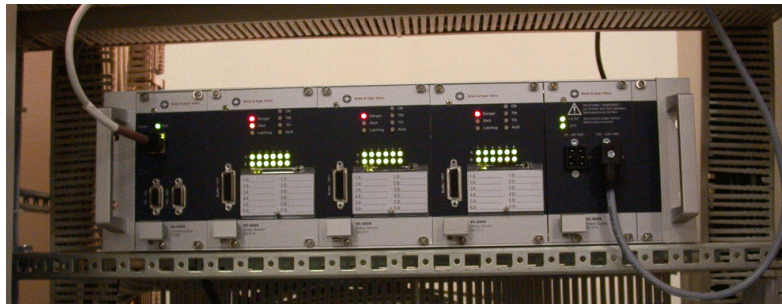


Şekil 11. Generator yatağı X yönü ve Z yönü mutlak titreşim sensörleri.

3.5. İzleme Üniteleri

Projede kullanılan izleme üniteleri sensörlerden gelen veriyi sürekli olarak değerlendirerek elde ettiği ölçüm sonuçlarını alarm limitleri ile karşılaştırmakta, limit aşımı durumunda alarm rölelerini aktive etmektedir. Aynı zamanda OPC protokolü vasıtasıyla DCS sistemine ve bilgisayara sürekli veri aktarımında bulunmaktadır. İzleme ünitelerinin ölçüm konfigürasyonu bilgisayar programı vasıtasıyla yapılmaktadır. Koruyucu izleme (safety monitoring) özelliğine sahip bu üniteler, bilgisayardan bağımsız çalışmaktadırlar. Dolayısıyla bilgisayar bağlantısı kesilse dahi üniteler ölçüme ve koruyucu izlemeye devam etmektedirler. Enerji kesilmesi ve geri gelmesi durumunda izleme üniteleri bilgisayar bağlantısına gerek duymaksızın kendi kendilerine tekrar çalışmakta ve izleme işlevine devam etmektedirler.

Her bir izleme ünitesi bir adet güç kaynağı modülüne, bir adet veri iletişim modülüne ve her biri bir adet türbini izlemekle görevli 3 adet izleme modülüne sahiptir. 6 ünite için 2 adet olan izleme üniteleri elektronik odasındaki iki ayrı panoda bulunmaktadır. Her biri bir IP adresine sahip olan üniteler yerel ağa bir ağ bağlantı aygıtı (switch) ile bağlıdır.



Şekil 12. İzleme Ünitesi.

3.6. Sürekli İzleme Yazılımı

İzleme üniteleri ile OPC protokolü vasıtasıyla veri iletişimini sağlayan sürekli izleme yazılımı, Windows tabanlı işletim sisteminde çalışmaktadır. Yerel ağ üzerinde herhangi bir Windows bilgisayara kurulu OPC sunucusu yazılımı cihazdan gelen verileri ağa bağlı diğer bilgisayarlarda kurulu bulunan sürekli izleme yazılımına iletmektedir. Yazılım ekranındaki değerler saniyede bir güncellenmektedir.

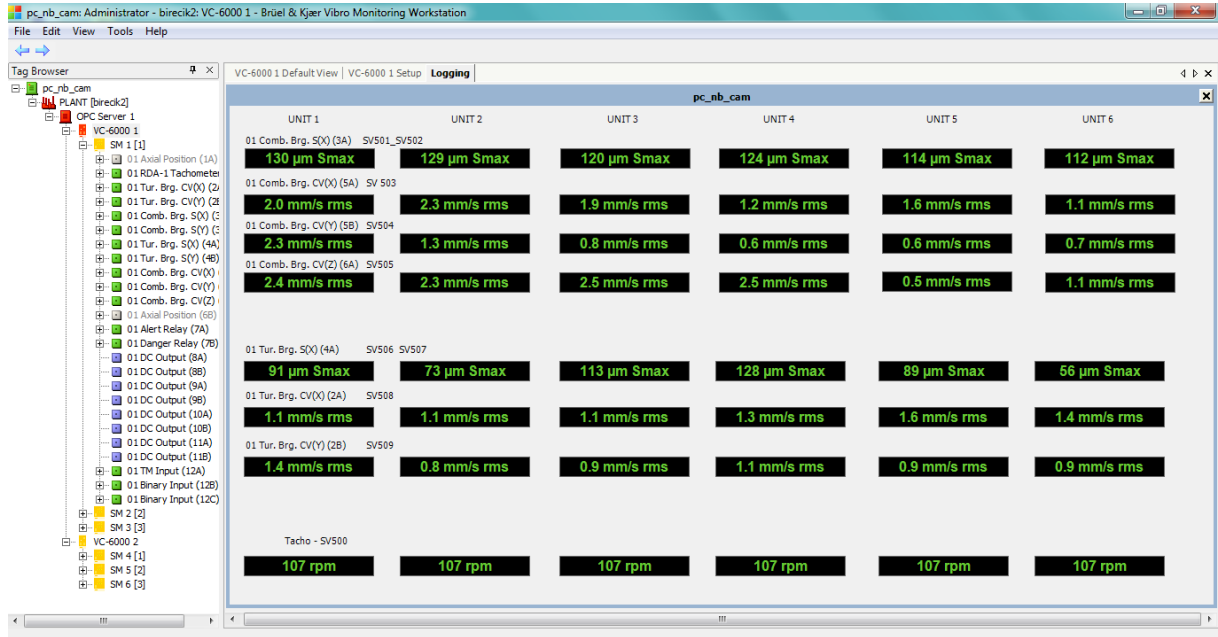
Yazılım aşağıda listelenen değerlerin sayısal ve sütun grafiği gösterimini yapmaktadır:

1. İzafi shaft titreşimi, Smax [μm]
2. Mutlak yatak titreşimi [mm/s RMS]
3. İzafi yer değişimi sensörü aralığı (gap) [mm]
4. İzafi yer değişimi sensörü aralık gerilimi (gap voltage) [V]
5. Titreşimin 1'inci, 2'nci, 3'üncü ve 4'üncü harmonikleri için genlik ve faz değerleri
6. Devir hızı

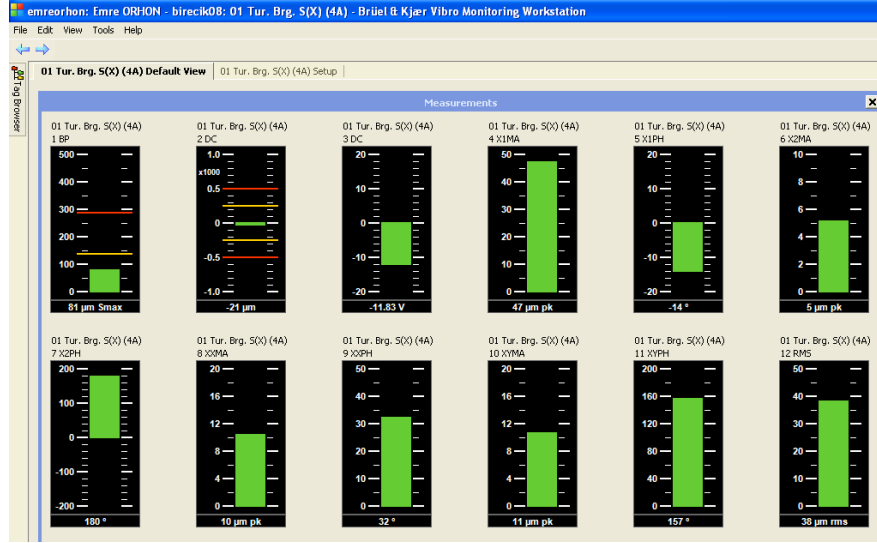
Ekranın sol tarafındaki bölmede tesis, makina grupları, sensörler ve ölçüm parametreleri hiyerarşik olarak görülebilmektedir. Ölçüm ekranları arası geçiş bu kısımdan sağlanmaktadır. Sağ bölmede ise sürekli ölçüm parametrelerinin görüldüğü ekranlar mevcuttur.

Görsel uyarı için renkler kullanılmaktadır. Sütun grafiklerinde alarm seviyeleri uyarı için sarı, tehlike için ise kırmızı çizgilerle gösterilmektedir. Alarm seviyeleri aşıldığında, ölçüm değeri ve grafik bu doğrultuda renk değişmektedir. Ölçüm zincirindeki sensör, kablo, izleme sistemi arızaları veya ölçümün aşırı yüklenmesi gibi durumlarda ölçüm kanalı mavi renk almaktadır.

Şekil 13'te, tüm ünitelerden elde edilen ölçüm değerlerinin sürekli gösterimi için kullanılan ekran görülmektedir (anlık ekran görüntüsü, izleme sisteminin testleri sırasında tüm üniteler 60 MW civarında üretim yaparken alınmıştır). Ayrıca her bir sensörden gelen sinyalin analiziyle elde edilen ölçüm parametreleri için ayrıntılı sütun grafiği ekranı örneği de Şekil 14'te bulunmaktadır.



Şekil 13. Sürekli İzleme Yazılımı ekranından bir görüntü. Tüm ünitelerin skaler ölçüm değerlerinin sürekli gösterimi (üniteler 60 MW civarında üretim yaparken).



Şekil 14. Sürekli İzleme Yazılımı ekranından bir görüntü. Tek bir sensörden gelen sinyalin analiziyle elde edilen farklı ölçüm parametreleri için ayrıntılı sütun grafiği gösterimi.

SONUÇ

Bu bildiri kapsamında anlatılan proje, Türkiye'deki bir hidroelektrik santralde yerli yüklenici tarafından güncel teknolojiyi ve azami ölçüde yerli imkanları kullanarak yapılan ilk geniş kapsamlı proje olma özelliğine sahiptir. Sürekli titreşim izleme sisteminin Birecik Hidroelektrik Santralının üretim sürekliliği ve verimliliğine getireceği uzun vadeli fayda, bu tür sistemlerin benzer diğer santrallarda da kurularak yaygınlaşması için bir örnek teşkil edecektir.

KAYNAKLAR

- [1] SCHÜBL, A., HASTINGS, M., "Integrated Vibration and Process Monitoring at Momina Klisura, Bulgaria", Hydropower & Dams Journal, Vol.15, Issue 2, 2008.
- [2] ISO 7919-5, "Mechanical vibration -- Evaluation of machine vibration by measurements on rotating shafts -- Part 5: Machine sets in hydraulic power generating and pumping plants".
- [3] ISO 10816-5, "Mechanical vibration -- Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating shafts -- Part 5: Machine sets in hydraulic power generating and pumping plants".
- [4] <http://www.verbundplanbirecik.com.tr>
- [5] <http://www.bkvibro.com>

ÖZGEÇMİŞ

Emre ORHON

1978 yılı İstanbul doğumludur. 1999 yılında İTÜ Makina Fakültesini bitirmiş olup, aynı üniversitede "Makina Dinamiği Titreşim ve Akustik" yüksek lisans programını 2009 yılında tamamlamıştır. 2000 yılından bu yana Pro-Plan firmasında titreşim ve akustik konularında çalışmakta olup, bu süre zarfında birçok sanayi tesisinde titreşim izleme sistemi kurulumları ve titreşim ölçüm-analiz eğitimleri gerçekleştirmiştir.